OLLEGTION 19030303

CEA-N 826

- Note CEA-N 826 -

Département de Physique Nucléaire Service de Physique Nucléaire à Basse Energie

METHODE D'ANALYSE DES RESONANCES INDUITES PAR LES NEUTRONS S DANS LES EXPERIENCES DE TRANSMISSION PAR TEMPS-DE-VOL ET AUTOMATISATION DE CES METHODES SUR ORDINATEUR IBM 7094 II

Chapitre 1

par

Charles CORGE

-

- Octobre 1967 -

Département de Physique Nucléaire Service de Physique Nucléaire à Basse Energie

METHODE D'ANALYSE DES RESONANCES INDUITES PAR LES NEUTRONS S DANS LES EXPERIENCES DE TRANSMISSION PAR TEMPS-DE-VOL ET AUTOMATISATION DE CES METHODES SUR ORDINATEUR IBM 7094 II

Chapitre 1

par

Charles CORGE

TABLE DES MATIERES

,

pages

Chapitre I	- GENERALITES	1
I. 1	- INTRODUCTION GENERALE	1
I. 2	- LE FORMALISME DES REACTIONS NUCLE-	
	AIRES. L'APPROXIMATION DES FORMULES	
	A UN NIVEAU	13
	I.2.1 - Généralités	ž3
	I.2.2 - La théorie de la matrice R	15 [°]
	I.2.3 - Approximation de la formule 3 un	
	niveau	29
I. 3	- LA METHODE DU TEMPS DE VOL ET	
	SON APPAREILLAGE	3'7
	I.3.1 - La méthode du temps de vol	37
	I.3.2 - Dispositif expérimental et appareillage	40
	I.3.2.1 - La source de neutrons pulsée	41
	I.3.2.2 - L'ensemble de détection	42
	I.3.2.3 - L'appareillage électronique	43
I.4	- EFFET DOPPLER	49'
I.5	- EFFET DE RESOLUTION	57 (
I.G	- LES METHODES D'ANALYSE ET LEUR	

- ii -	•
	pages
I.6.1 – Méthodes d'analyse sans terme d'in-	
terférence	83
I.6.1.1 - Méthode des formes	83
I.6.1.2 - Méthode du minimum de trans-	
mission	88
I.6.1.3 - Méthode des aires	91
I.6.1.4 - Méthode des aires partielles	97
I.6.1.5 - Méthode de la mi-largeur à	
rni-profondeur	101
I.6.2 - Méthodes d'analyse avec terme d'in-	
terférence	103
I.6.2.1 - Méthode des aires	103
I.6.2.2 - Méthode des aires pseudo-	,۱
corrigées	124
I.6.2.3 - Méthode des aires A_{IR}^{\star}	137
I.6.2.4 - Méthodes des aires partielles	142
I.6.3 - Méthodes d'analyse des multirésonances	149
Chapitre II - TRAITEMENT NUMERIQUE DES DONNEES	
EXPERIMENTALES CODE SPNBE 084	158
II.1 - INTRODUCTION	158
II.2 - EFFET DE GROUPEMENT	169
II.3 - TEMPS MORT	178
II.3.1 - Evaluation des pertes de comptage	°179
II.3.2 - Correction de temps mort	186
II.4 _ DETERMINATION DE LA LOI DU	
ERUIT DE FOND	194
II.4.1 - Considérations physiques	194
II.4.2 - Calcul de la loi du bruit de fond	198

II.5 - CALCUL DES DIFFERENTES TRANSMIS-

SIONS EXPERIMENTALES 206

	paiges
II.5.1 - Calcul de la transmission totale	206
II.5.2 - Calcul de la transmission interféro-	
résonnante	21,8
II.5.3 - Tracé de la courbe de transmission	
interféro-résonnante expérimentale	223
II.6 - LOGIQUE DU CODE	225
II.7 - SPECIFICATIONS DU CODE SPNBE 084	242
II.7.1 – Nomenclature	242
II.7.1.1 – Liste des sous-programmes	242
II.7.1.2 - Glossaire des variables symbo-	
liques	244
II.7.2 – Présentation des données	252
II.7.3 - Présentation des résultats	256
II.8 - LISTE DU CODE SPNBE 084	258
Chaptre III - DETERMINATION DES GRANDEURS D'ANA	× 000
LYSE, CODE SPINEE 085	* 490
$111.1 - INTRODUCTION \dots DD I A I JOHT DD$	298
111.2 - DETERMINATION DE LA LIGNE DE	801
	301
111.2.1 - Méthode du spectre des alles	303
III.2.2 - Méthode itérative	305
III.3 - DETERMINATION DES PARAMETRES EXPE	•
RIMENTAUX	316
III.4 - DETERMINATION DES GRANDEURS D'ANA-	•
LYSE	325
III.4.1 - Aires partielles	326
III.4.2 - Largeurs à f de la profondeur	. 330
III.5 - LOGIQUE DU CODE	333

- **ii**i -

-

٠ ۲

- iv -

pages

•

•

,

III.6 - SPECIFICATIONS DU CODE SPNBE 085	339
III.6.1 - Nomenclature	339
III.6.1.1 - Liste des sous-programmes	339
III.6.1.2 - Glossaire des variables symbo-	
liques	342
III.6.2 - Présentation des données	348
III.6.3 - Présentation des résultats	349
III.7 - LISTE DU CODE SPNBE 085	352
Chapitre IV - DETERMINATION DES PARAMETRES DE	
RESONANCE. CODE SPNBE 082	375
IV.1 INTRODUCTION	375
IV.2 - ETUDE ANALYTIQUE DES FONCTIONS	
D'ANALYSE	379
. IV.2.1 - La fonction d'aire	382
IV.2.2 - La fonction de transmission ou de	
forme	384
IV.2.3 - La fonction du minimum de transmission.	384
IV.2.4 - La fonction des largeurs de trapsmis-	
sion	389
IV.3 - CALCUL NUMERIQUE DES FONCTIONS D'ANA-	
LYSE ET DE LEURS DERIVEES	389
IV.3.1 - La fonction d'aire	389
IV.3.2 - La fonction de transmission ou de	
forme	395
IV.3.3 - La fonction du minimum de transmission	396
IV.3.4 - La fonction des largeurs de transmission	397
IV.4 - DETERMINATION DES PARAMETRES DE	

.

pages

-

•

1

IV.4.1 - Méthode des moindres carrézβ	398
IV.4.2 - Adaptation numérique	402
IV.4.3 - Recherche des valeurs approchées	406
IV.4.3.1 - Résolution d'un système réduit	406
IV.4.3.2 - Fonctions de Bessel asympto-	
tiques	408
IV.4.3.3 - Cheminement dans la vallée	409
IV.4.3.4 - Remarque sur les méthodes de	
recherche des valeurs approchées.	410
IV.5 - LOGIQUE DU CODE	412
IV.5.1 - Opportunité du calcul des matrices de	
fonctions ψ_{ik} et Φ_{ik}	412
IV.5.2 - Structure générale	416
IV.5.2.1 - Première suite	416
IV.5.2.2 - Deuxième suite	418
IV, 5.3 - Sous-programme DECIS	428
IV.6 - SPECIFICATIONS DU CODE SPNBE 082	
IV.6.1 - Nomenclature	
IV.6.1.1 - Liste des sous-programmes	
IV.6.1.2 - Glossaire des variables symboliques	
IV.6.2 - Présentation des données	451
IV.6.3 - Présentation des résultats	452
IV.7 - LISTE DU CODE SPNBE 082	455
	v
Chapitre V - PROCEDURE DE VERIFICATION CODE	400
	492
V.I - STRUCTURE DU CODE SPINEE 109	492
v.1.1 - Description generate	493

- V -

•

pages V.1.2 - Sous-programme TRANS 495 V.1.3 - Sous-programme TRACE 497 V.1.4 - Utilisation d'un traceur digital 498 V.2. - SPECIFICATION DU CODE SPNBE 109 V.2.1 - Nomenclature V.2.1.1 - Liste des sous-programmes ... V.2.1.2 - Glossaire des variables symboliques V.2.2 - Présentation des données 506 V.2.3 - Présentation des résultats 507 - LISTE DU CODE SPNBE 109 **V.**3 508 Chapitre VI - ANALYSE DES RESONANCES PAR UNE FORMULE MULTINIVEAUX 520 **VI.1** - LE FORMALISME DES REACTIONS NUCLE-AIRES. FORMULE MULTINIVEAUX 520 VI.1.1 - Aménagement de la formule à un niveau 521 VI.1.2 - Formalisme de Humblet et Rosenfeld. 523 VI.1.3 - Le formalisme multiniveaux de la • 527 matrice R CALCULS NUMERIQUES ET LOGIQUE VI.2 DU CODE 530 - SPECIFICATIONS DU CODE SPNBE 415..... **VI.3** 535 VI.3.1 - Nomenclature 535 VI.3.1.1 - Liste des sous-programmes .. 535 VI.3.1.2 - Glossaire des variables symboliques 535

- vi -

•

.

VI.3.2 - Présentation des données	541
VI.3.3 - Présentation des résultats	541
VI.4 - LISTE DU CODE SPNBE 415	543
Chapitre VII - BILAN D'UTILISATION DES CODES, APPORT	
DE L'AUTOMATISATION	552
VII.1 - REMARQUES SUR LE CHOIX DES METHO-	
DES D'ANALYSE POUR LA DETERMINA-	
TION DES PARAMETRES σ_0 et Γ	553
VII.2 - DETERMINATION DE J	557
VII.2.1 - Détermination de J à partir du couple	
de valeurs (م ₀ , ۲)	557
VII.2.2 - Détermination de J à partir de la	
considération du terme d'interférence	
entre résonances de même spin	558
VII.2.3 - Détermination de J à partir des	
valeurs du maximum et du minimum	
de transmission	559
VII.3 - DETERMINATION DE LA SECTION EFFI-	
CACE POTENTIELLE 5	561
VII.4 - DETERMINATION DU CARACTERE s ou	
p des RESONANCES	552
VII.5 - PROPRIETES STATISTIQUES DES RESO-	
NANCES DE NEUTRONS	564
VII.5.1 - Espacements moyens des niveaux	
<d>et leur distribution</d>	565
VII.5.2 - Fonctions densités	565
VII.5.3 - Estimation du nombre des résonances	
omises	567

- vii -

pages

VII.G – BILAN	567
BIBLIOGRAPHIE	571
LECENDE DES FIGURES	577

CHAPITRE I

GENERALITES

I.1 - INTRODUCTION GENERALE

Durant ces quinze dernières années, et plus particulièrement pendant cette dernière décennie, la spectrométrie de neutrons s'est révélée être la source d'une moisson considérable d'informations sur les états fondamentaux des noyaux et leur structure. Elle a permis ainsi une meilleure compréhension du mécanisme des réactions nucléaires et fourni un support expérimental solide aux théories concernant les modèles, essentiellement le modèle optique.

D'uilleurs les neutrons en tant que particules incidentes présentent en eux mêmes un grand avantage. Ils n'ont cure de la barrière coulombienne sans effet sur eux. Aussi, la traversant

aisément, leur est-il facile d'exciter des niveaux correspondant à des états quantiques bien définis du système composé noyau + neutron. Les niveaux ainsi excités apparaissent sur les courbes de section efficace sous la forme de résonances de la manière schématisée a la figure I.1.1.

L'analyse des résonances, lorsqu'elle est possible, a pour but d'en déterminer les paramètres caractéristiques, paramètres à partir desquels on dégagera le portrait des niveaux correspondants en établissant leurs propriétés, c'est-à-dire, leur énergie d'excitation, leur probabilité de désexcitation par émission de rayonnement gamma, par émission de neutron ou par fission, leur spin, leur parité, ... etc.

Notre propos est de décrire les méthodes que nous avons élaborées et développées, celles que nous avons améliorées et adaptées, les schémas de calcul et les algorithmes que nous avons mis en œuvre pour que de telles analyses puissent être effectuées entièrement sur calculateur électronique à partir d'un ensemble de données brutes recueillies lors d'expériences dites de temps de

- 2 -

vol faites auprès de l'accélérateur linéaire du Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay. Nous limiterons volontairement le champ de nos préoccupations aux seules mesures de transmission. On sait que par leur intermédiaire on peut avoir accès à la section efficace totale. Mais en fait on ne saurait les dissocier complètement des expériences de capture radiative.

Le travail exposé ici représente donc une partie de l'effort accompli dans le domaine de l'automatisation du traitement des données expérimentales et de leur analyse. Si l'on peut affirmer aujourd'hui que l'analyse sur calculateur s'est imposée par son succès, qu'elle est vraiment entrée dans les moeurs depuis environ trois ans, il convient d'ajouter cependant que cet effort s'est échelonné sur plusieurs années et que les premières tentatives furent vouées à l'échec. D'ailleurs la structure de certains programmes, en particulier celle du code décrit au chapitre II, témoigne et de l'évolution des idées et de celle de l'instrumentation nucléaire, elle porte en elle la marque des adaptations successives qu'elle a dû subir pour suivre ces évolutions, et il n'est pas douteux qu'une refonte de certains codes s'imposerait dans la mosure où elle s'avèrerait rentable eu égard à l'investissement de travail et de temps qu'elle exige. Ce n'est pas le cas actuellement en ce qui nous concerne.

Il fut une époque où les données expérimentales alors peu nombreuses pouvaient être relevées manuellement à partir d'une matrice de numérateurs et tenir sur un simple imprimé agencé à cette fin. Un spectre de temps de vol était fait de cent comptages à peine, car tel était le nombre maximum de canaux disponibles sur un analyseur en temps. La résolution était mauvaise, les taux de comptage faibles, les calculs peu ambitie*u*x par la force des choses

La nécessité d'avoir recours à un calculateur électronique s'est fait sentir, pour nous, dès 1958. L'exploitation manuelle des données recueillies devenait en effet de plus en plus difficile et complexe, le nombre des canaux étant passé à 1000 ou 1024 par analyseur, avec des largeurs variables par zones. Ainsi, déjà, l'obtention d'une courbe de transmission d'un échantillon d'épaisseur donnée impliquait la manipulation d'environ 4000 données pour un seul analyseur.

Depuis, cette nécessité s'est faite encore plus impérieuse, tant parce que les intensités de faisceaux incidents de neutrons sont

- 4 -

1

plus grandes, que parce que, pour répondre aux exigences expérimentales toujours croissantes, l'appareillage électronique présente aujourd'hui des performances plus élevées. Les spectres de temps de vol comportent désormais 4096 canaux, certains 8192, mais ils pourraient en avoir 65,536.

S'il est évident que de telles améliorations des conditions expérimentales permettent d'effectuer davantage d'expériences pour une même statistique, mettant ainsi l'expérimentateur en présence d'une quantité encore plus grande de données, il faut aussi souligner, et c'est là sans doute le point le 'plus important, que, la résolution devenant de plus en plus fine, d'une part, le domaine d'exploration peut couvrir des énergies de plus en plus élevées atteignant des régions où les spectres présentent des configurations de plus en plus tourmentées, d'autre part, certaines approximations ne suffisent plus et des corrections d'effets naguère négligeables s'avèrent désormais indispensables pour ne pas compromettre la qualité des mesures. En bref, il y a plus de résonances à traiter dans des conditions plus difficiles.

Pourtant l'avènement du calculateur dans notre domaine n'a pas été sans heurts. On peut trouver à cela deux raisons différentes

- 5 ..

qui ne sont pas sans interférer entre elles.

Sur le plan de la conception et de la mise en œuvre des programmes il faut concilier la rigueur inéxorable de la machine avec les aléas qui accompagnent toute expérience, la stricte définition des options de branchement avec les nuances d'interprétation humaine, la progression pas à pas avec la vue d'ensemble du phénomène. Les problèmes de lissage illustrent ces difficultés [1.1.1]. En bref, la machine manque de qualités humaines et ignore la petite histoire de l'expérience, elle ne discerne pas les défaillances de l'appareillage.

Cette situation ne revêt pas qu'un aspect négatif, tant s'en faut, car en retour elle aide à mettre en relief certaines imperfections des méthodes expérimentales et pose avec acuité les problèmes d'implantation de l'expérience et de calage des instruments. Se révélant intransigeant quant à certaines conditions expérimentales, sinon toutes encore, le calculateur devient un guide dans la conception du schéma expérimental et la conduite de l'expérience. C'est pourquoi il doit se déplacer vers le site de l'expérience en adaptant sa structure pour trâvailler an ligne avec efficacité. Le sujet est d'importance mais il est hors de question de l'aborder ici.

- 6 -

Sur le plan pratique, si on n'y prend garde, le calculateur peut éloigner le physicien de son expérience et risque de s'interposer entre eux comme une bôste noire et mystérieuse, dévoreuse de données numériques et discrète sur la manière dont elle les digère pour donner les résultats finals.

Pour éviter cette situation fâcheuse il faut doter les calculateurs, en ligne ou non, de moyens de communication spéciaux qui facilitent le dialogue entre l'homme et la machine en lui donnant une forme aussi proche que possible de sa forme naturelle. En écrivant cela nous pensons plus particulièrement aux consoles d'exploitation équipées d'unités de visualisation qui donnent à l'onformation un aspect topologique autorisant un retour par pointage précis ou dessin d'un contour global, et que nous souhaiterions voir adaptées à la physique nucléaire. C'est d'ailleurs l'objet de nos préoccupations actuelles.

En ce qui concerne les moyens de calcul dont nous disposions, qui sont ceux offerts par le Service de Calcul Electronique équipé d'ordinateurs IBM 7094 II, et étant donné le mode de gestion imposé

- 7 -

- ,

-21 * 1 * 1 * 1 * 1

par l'importance d'un tel ensemble, nous avons tenté de maintenir le physicien en contact avec son expérience en divisant l'analyse en plusieurs phases, chacune d'entre elles constituant une étape intermédiaire lui permettant de se faire une opinion sur la qualité de l'expérience, l'évolution des calculs, lui permettant de réfléchir, d'intervenir, de corriger éventuellement ou de rejeter ce que son sens physique lui interdit d'accepter.

C'est pourquoi nous décrirons plusieurs codes, chacun jouant un rôle différent et faisant l'objet d'un chapitre séparé. Mais auparavant nous poursuivrons ce premier chapitre par l'exposé des généralités indispensables à leur compréhension. En premier lieu nous examinerons très brièvement les fondements théoriques des foruules à partir desquelles on essaye de rendre compte du comportement de la section efficace, puis nous parlerons de la technique du temps de vol et de l'appareillage qu'elle met en jeu. Ensuite nous consacrerons deux paragraphes à deux effets fondamentaux inéluctables qui déforment l'allure du phénomène physique. C'est d'abord l'effet Döppler qui, intervenant au niveau de la cible, élargit et aplatit les résonances de la courbe de section efficace; c'est ensuite l'effet de résolution dû au spectromètre de temps de vol

- 8 -

.

constitué par l'ensemble de l'appareillage, accélérateur compris, qui remplit et élargit les creux de transmission du spectre de temps de vol. Enfin, nous passerons en revue quelques méthodes d'analyse en suivant leur évolution à mesure qu'elles prétandent devenir plus précises et aborder des cas de figure plus difficiles. Parmi elles, nos propres méthodes telles qu'elles étaient pratiquées avant leur automatisation.

٤.

Au chapitre II nous détaillerons la première phase de l'analyse, celle du traitement numérique des données expérimentales brutes, à la fin de laquelle on disposera de la transmission expérimentale, avec son erreur, en tous les points du spectre. Le code correspondant, SPNBE 084 de son nom, doit être très proche de l'expérience, très souple, très ouvert aux modifications et interpréter tous les affichages et constantes de l'expérience. Il peut prendre en charge des spectres de 65 536 points. Y sont traités les problèmes de corrections instrumentales telle la correction du temps mort et les problèmes de correction de bruit de fond. Le code assure l'association des différents spectres, point à point, et fournit une représentation graphique des résultats.

- 9 -

~ ,

Le chapitre III, réservé au code SPNBE 085, explique comment on peut déterminer les grandeurs d'analyse en les séparant de tout support instrumental. Chose nouvelle : la ligne de référence, habituellement mise en place empiriquement, à la main, est ici ajustée itérativement sur calculateur, même en présence d'interférence. La liste des grandeurs, établie par résonance, est accompagnée d'une représentation graphique de la résonance.

Le chapitre IV a pour objet la description du code SPNBE 082. Ce code effectue l'analyse proprement dite des résonances en mettant en oeuvre une ou plusieurs inéthodés simultanément, à la discrétion du physicien qui choisira la combinaison la mieux adaptée Δ la nature des résonances étudiées. Ainsi quatre méthodes sont fondues en un seul programme, celle des aires partielles que nous avons développée, celle des formes que nous avons adaptée, celle du minimum de transmission que nous avons élargie et celle des mi-largeurs Δ f de la profondeur que nous avons inventée. Autre trait caractéristique de ce code : il peut travailler sur plusieurs épaisseurs d'échantillon simultanément.

Au chapitre V est dépeint le code SPNBE 109 qui exécute la dernière phase, celle de la vérification, sous forme de contrôle

- 10 -

graphique, et dont on verra qu'elle peut à elle seule servir elle-même ; de moyen d'analyse. C'est même désormais le plus utilisé.

La procédure d'analyse décrite au chapitre IV n'est applicable que dans la mesure où l'on peut faire l'approximation de la formule dite 1 un niveau pour rendre compte d'une résonance, c'est-d-dire, lorsque les niveaux analysés peuvent être considérés comme isolés et n'interfèrent avec aucun autre niveau.

Le chapitre VI est donc consacré au code SPNBE 415 dont la conduite des calculs est fondée sur une formule multiniveaux qui tient compte de cette interférence. Ce code compare graphiquement la courbe de transmission théorique et la courbe expérimentale.

Enfin le chapitre VII nous servira de conclusion en le consacrant à l'exposé de quelques résultats tirés d'expériences faites à l'accélérateur linéaire de Saclay. Les traveux dont ils sont l'aboutissement montrent l'étendue du champ d'application de tels programmes et illustrent leur apport dans le domaine de la spectrométrie de neutron par temps de vol.

Chaque description de programme comporte au moins un paragraphe portant sur la logique du code explicitée par des diagrammes

- 11 -

- 12 -

ou des organigrammes, un paragraphe définissant les spécifications et un paragraphe constitué par la liste écrite en langage FORTRAN II.

Les conventions d'organigrammes sont, pour la plupart, inspirées de la référence [I.1.2]. Elles sont groupées sur la figure I.1.2 et comprennent

- les cases de fonction (a)
- les cases de choix (b)
- les cases d'initialisation (c)
- les cases de substitution (d) qui initialisent une boucle
- les cases d'entrée-sortie (e)
- les cases d'arrêt ou de retour (f)
- les cases d'avertissement ou de commentaire (g)
- les connecteurs fixes (h)

- les connecteurs variables qui représentent soit la logique de la conjonction (i_1) , soit celle de la disjonction (i_2) .

Les données que sont les comptages enregistrés par les chaines d'électronique nucléaire ont pour support, à l'origine, le ruban de papier perforé à cinq moments avec pour code le code international n°2. Elles sont ensuite transcodées sur des cartes perforées conformément aux différents modèles de lecture indiqués dans les

spécifications du programme SPNBE 084.

1.2 - LE FORMALISME DES REACTIONS NUCLEAIRES -

L'APPROXIMATION DES FORMULES A UN NIVEAU

I.2.1. - Généralites

Pour expliquer l'existence des résonances étroites et bien séparées observées sur les courbes d'excitation des réactions nucléaires 1 basse énergie N.Bohr, dès 1936 [I.2.1], émit l'hypothèse du noyau composé. Dans le cadre de cette hypothèse le mécanisme des réactions nucléaires se présente comme la succession de deux processus indépendants, la formation d'un noyau composé suivie de sa décomposition pour donner les produits finals, la probabilité d'occurence du dernier processus étant indépendante du premier.

Au même moment, par analogie avec l'émission résonnante de la lumière par les atomes, Breit et Wigner [1.2.2] développèrent une théorie quantitative des résonances qui aboutit à une formule dont le succès n'est plus à faire tant elle s'est révélée vérifiée. Depuis, de nombreux efforts ont été faits pour doter la théorie d'un support plus spécifiquement nucléaire. Ils ont conduit à l'élaboration

- 13 -

•

de ce qui est communément appelé la théorie formelle des résonances.

1

Bien qu'il ne soit certainement pas réaliste de traiter les forces nucléaires comme des perturbations, les expressions écrites par Breit et Wigner et, plus tard, par Bethe [1.2.3] se révèlèrent pourtant correctes en ce qui concernait leur dépendance en énergie, alors qu'il s'agissait, en dernier, d'une théorie des perturbations indépendantes du temps. La raison en est que, par hypothèse, la réaction passe par un état intermédiaire isolé, considéré comme stable. Or un tel état nucléaire rigoureusement défini par son énergie, sa parité et son moment angulaire n'a pas souvenir de son histoire passée et constitue une coupure dans le temps. Dès lors un quelconque système nucléaire passant par cet état a devant lui un avenir complètement indépendant du passé, et ceci est d'autant plus vrai que les niveaux sont plus étroits et mieux séparés.

Cette situation ne pouvait satisfaire les esprits et c'est à Kapur et Peierls [I.2.4] qu'il revient d'avoir élaboré en 1938 une théorie rigoureuse, indépendante de toute image physique particulière, tel le mécanisme du noyau composé, en même temps que dépouillée d'approximations mathématiques peu sûres. Le trait

- 14 -

27 CH

essentiel de cette théorie est l'existence d'un ensemble complet d'états formels définis, i l'intérieur d'un volume comparable i celui du noyau, par l'imposition de certaines conditions aux limites. Capable de décrire les différents mécanismes de réaction, elle s'adapte particulièrement bien i la description de celui du noyau composé par identification des états formels i ceux de ce dernier.

Après Kapur et Peierls, Breit [1.2.5] et Wigner [1.2.6]s'efforcèrent également d'apporter plus de rigueur i la théorie des réactions nucléaires. A l'inverse de Breit, Wigner profita de la présence de certains paramètres dans les expressions de la section efficace pour introduire par leurs choix particuliers des informations physiques dans la théorie. C'est vrai en particulier de la théorie de la matrice R exposée en premier par Wigner et Eisenbud $[\overline{1}.2.7]$ et que nous allons sommairement décrire maintenant en nous inspirant de $[\overline{1}.2.8]$, $[\overline{1}.2.9]$ et $[\overline{1}.2.10]$.

I.2.2 - La théorie de la matrice R

La théorie de la matrice R repose sur la séparation de l'espace de configuration en une région, dite intérieure, limitée par une surface en deçi de laquelle tous les nucléons groupés occupent

- 15 -

un volume de la dimension d'un noyau, et une région, dite extérieure ou région des voies, dans laquelle les nucléons se trouvent séparés en deux groupes pour lesquels toute interaction mutuelle relève d'un potertiel exprimable seulement en fonction de la distance qui les sépare.

Elle consiste essentiellement à représenter la fonction d'onde dans la région intérieure par un développement en série dont les fonctions de base sont des solutions de l'équation de Schrödinger satisfaisant, dans chacune des voies et sur la surface nucléaire, à certaines conditions aux limites. Ces conditions définissent des valeurs propres dont la connaissance, jointe à celle des amplitudes des fonctions propres prises dans chacune des voies sur la surface nucléaire, permet l'établissement d'expressions formelles rigoureuses pour les sections efficaces.

Plus explicitement si on considère une réaction nucléaire X(a,b)Y dans laquelle une particule incidente a interagit avec un noyau cible X pour donner les produits finals byY, on a coutume de définir une voie de réaction comme l'ensemble constitué par les deux groupes de nucléons séparés, telles les paires (a,X) ou (b,Y),

- 16 -

.

caractérisés par un état quantique bien défini. Si on la désigne par α , une telle voie sora complètement définie par l'ensemble des nombres quantiques.

$$c \equiv \left\{ \alpha \ell s m \mu \right\}$$
 (I. 2.1)

1

dans lequel

On peut changer le mode de représentation en couplant le spin de la voie i son moment orbital pour obtenir le spin total J de la voie, de composante M. Dans ce cas $\overline{J}^2 = \overline{s}^2 + \overline{\ell}^2$, et la voie est définie par l'ensemble de nombres quantiques

- 17 -

·

$$c \equiv \left\{ \alpha \ell \ s \ J \ M \right\}$$
 (I.2.2)

Par ailleurs nous désignerons par S_c la surface de séparation de la voie c. Sur cette surface la variable radiale relative r_c aura la valeur a_c du ray on de la voie. Nous désignerons par S la surface totale donnée par

$$\mathbf{S} = \sum_{\mathbf{c}} \mathbf{S}_{\mathbf{c}}$$
(1.2.3)

Introduisons

 $E_{c} \equiv E_{\alpha} , \text{ l'énergie du mouvement relatif des fragments} \\ \alpha_{1}, \alpha_{2}; \\ M_{c} \equiv M_{\alpha} , \text{ la masse réduite } M_{\alpha_{1}} M_{\alpha_{2}} / (M_{\alpha_{1}} + M_{\alpha_{2}}); \\ k_{c} \equiv k_{\alpha} , \text{ le nombre d'onde de la voie } (2M_{\alpha} | E_{\alpha}|)^{1/2} ; \\ \lambda_{c} \equiv \lambda_{\alpha} = k_{\alpha}^{-4} , \text{ la longueur d'onde de la voie }; \\ \hat{\Lambda}_{c} \equiv \hat{\Lambda}_{\alpha} = (\theta_{\alpha}, \Psi_{\alpha}); \\ \Psi_{c} \equiv \Psi_{\alpha} = \hbar k_{\alpha} / M_{\alpha} , \text{ la vitesse relative des fragments} \\ f_{c} \equiv f_{\alpha} = k_{\alpha} r_{\alpha} \end{cases}$

Ceci étant, dans la région extérieure, la fonction d'onde complète Ψ_c dans la voie c apparaît, après séparation du mouvement

du centre de masse, comme le produit de deux fonctions d'onde, l

l'une de spin, l'autre orbitale. Ainsi peut-on écrire, dans la

- 19 -

•

représentation (I.2.1), la fonction d'onde Ψ_c sous la forme

$$\Psi_{c} = \langle \vec{r} \sigma | c \rangle = \langle q | \alpha s \mu \rangle \langle \vec{r} | \alpha \ell m \rangle \qquad (I.2.4)$$

•

Dans cette expression la fonction d'onde de spin est donnée par la relation

$$\langle \sigma | \alpha s H \rangle - \sum_{\substack{\mu \alpha_1 + \mu \alpha_2 = \mu}} | \alpha \beta_{\alpha_1} \beta_{\alpha_2} \alpha_{\alpha_1} \alpha_{\alpha_2} \rangle \langle \alpha_{\alpha_1} \beta_{\alpha_2} \beta_{\alpha_1} | \alpha_{\alpha_2} \beta_{\alpha_2} \rangle | \rangle (1.2.5)$$

où conventionnellement

.

$$|\alpha b\alpha_1 b\alpha_2 t\alpha_1 t\alpha_2 \rangle = |x b\alpha_1 t\alpha_1 \rangle |\alpha b\alpha_2 t\alpha_2 \rangle \qquad (I.2.6)$$

Cette relation exprime le couplage des kets $| \alpha \Delta_{\alpha_1} | \alpha_{\Lambda} >$ et $| \alpha S_{\alpha_2} / \alpha_2 >$ qui décrivent les états internes respectifs des fragments α_1 et α_2 .

La fonction d'onde orbitale, quant i elle, est définie par

$$\langle \vec{\mathbf{r}} \rangle \langle \boldsymbol{\mu} \rangle = \frac{1}{r_{\chi}} u_{\ell}(\mathbf{r}_{\chi}) \mathcal{Y}_{m}(\hat{\boldsymbol{\Lambda}}_{\chi})$$
 (I.2.7)

où les fonctions $u_{\ell}(r_{\alpha})$ sont les solutions radiales de l'équation . de Schrödinger

$$\left[\frac{\mathrm{d}^{2}}{\mathrm{d}r_{\alpha}^{2}}-\frac{\ell\left(\ell+1\right)}{r_{\alpha}^{2}}-\frac{2\mathrm{M}_{\alpha}}{\hbar^{2}}\left(\mathrm{V}_{\alpha}-\mathrm{E}_{\alpha}\right)\right]\mathrm{u}_{\ell}\left(\mathrm{r}_{\alpha}\right)=0 \qquad (1.2.8)$$

dans laquelle le potentiel V_{α} se réduit au seul potentiel d'interaction coulombienne. Les fonctions $\mathcal{Y}_{m}^{\ell}(\widehat{\mathbf{n}}_{\alpha})$ sont construites i partir des harmoniques sphériques $Y_{m}^{\ell}(\widehat{\mathbf{n}}_{\alpha})$ pour introduire un choix des facteurs de phase bien adapté au renversement du temps. En fait

$$\mathcal{Y}_{m}^{\ell}(\hat{\Omega}_{\alpha}) = i^{\ell} Y_{m}^{\ell}(\hat{\Omega}_{\alpha}) \qquad (I.2.9)$$

Compte tenu de ce qui vient d'être dit le ket $|\Psi_c \rangle$ décrivant l'état de la voie c s'écrira, en mettant en évidence la partie radiale de la fonction d'onde

$$|\psi_{c}\rangle = \frac{1}{r_{\alpha}} \mu_{\varrho}(r_{\alpha}) |c\rangle \qquad (I.2.10)$$

La solution générale $u_{\ell}(\mathbf{r}_{\mathbf{q}})$ de l'équation (I.2.8) s'écrit sous la forme d'une combinaison linéaire de deux fonctions radiales généralement notées $u_{\ell}^{(-)}(\mathbf{r}_{\mathbf{q}})$ et $u_{\ell}^{(+)}(\mathbf{r}_{\mathbf{q}})$, dont l'étude montre qu'il leur correspond deux fonctions d'onde $|-\rangle$ et $|+\rangle$ dont le comportement asymptotique i l'infini s'interprète comme la description d'une onde purement entrante et d'une onde purement sortante. Plus précisément en normalisabt les fonctions radiales i un flux unité de particules α_1 sortant d'une sphère quelconque centrée sur α_2 , ou vice versa, les fonctions d'onde entrante et sortante ont pour expression

$$\langle \vec{r}\sigma | - \rangle = v_{\alpha}^{-1/2} r_{\alpha}^{-1} u_{\ell}^{(-)}(r_{\alpha}) \langle \Omega | \alpha \ell m \rangle \langle \sigma | \alpha \beta \mu \rangle \quad (I.2.11)$$

$$\langle \vec{r}\sigma | + \rangle = \sqrt{a^{-1/2}} r a^{-1} \mu_{\ell}^{(+)}(r a) \langle \Omega | a \ell m \rangle \langle \sigma | a \delta \mu \rangle$$
 (I.2.12)

de sorte que le ket $| \Psi_c >$ pert aussi être représenté par

$$|\Psi_{c}\rangle = \pi_{\alpha}^{-1/2} r_{\alpha}^{-1} \left[\mu_{c}^{(-)}(r_{\alpha}) | - \gamma - \mu_{f}^{(+)}(r_{\alpha})(+ \gamma) \right]$$
(I.2.13)

D'autre part les fonctions d'onde extérieures Ψ_c doivent, sur la surface S, se raccorder aux fonctions d'onde intérieures. Il est

donc récessaire de considérer les valeurs et les dérivées normales des fonctions d'ondes radiales $u_{\ell}(r_{\alpha})$ sur cette surface. Dans ce but il est commode de poser

$$\langle c | V \rangle = \left(\frac{\frac{\hbar^2}{2M_{cac}}}{2M_{cac}}\right)^{1/2} u_{e}(a_{c})$$
 (I.2.14)

et

•

$$\langle c \mid D \rangle = \left(\frac{a_{c} t_{h}^{2}}{2M_{c}}\right)^{1/2} \left[\frac{du_{\varrho}(r_{\alpha})}{dr_{\alpha}}\right]$$
 (I.2.15)
 $r_{\alpha} = a_{c}$

ce que l'on peut écrire autrement compte tenu de (I.2.13)

$$= \left(\frac{\hbar^{2}}{2M_{c}a_{c}U_{c}}\right) \left[u_{\ell}^{(-)}(r_{\alpha}) < c \mid -> - u_{\ell}^{(+)}(r_{\alpha}) < c \mid +> \right] \qquad (I.2.16)$$

$$\langle \mathbf{c} \mid \mathbf{i} \rangle = \left(\frac{\mathbf{a}_{\mathbf{c}} \uparrow^{2}}{2M_{\mathbf{c}} \mathcal{V}_{\mathbf{c}}}\right)^{1/2} \left[\frac{d\mathbf{u}_{\mathcal{Q}}^{(-)}(\mathbf{r}_{\alpha})}{d\mathbf{r}_{\alpha}} \langle \mathbf{c} \rangle - - \frac{d\mathbf{u}_{\mathcal{Q}}^{(+)}(\mathbf{r}_{\alpha})}{d\mathbf{r}_{\alpha}} \langle \mathbf{c} \rangle + \right] \qquad (\mathbf{I}, \mathbf{2}, \mathbf{17})$$

Il convient également de considérer les dérivées logarithmiques

•

$$\langle c | L | c \rangle = L_c = S_c + i P_c = \frac{a_c}{u^{(+)}(a_c)} \qquad \left(\frac{du^{(+)}(r_{\alpha})}{dr_{\alpha}}\right) \qquad (I.2.18)$$

où S et P sont respectivement les parties réelle et imaginaire de L $_{\rm C}$,

$$\langle c | L | c \rangle^{*} - L_{c}^{*} = S_{c} - i P_{c} = \frac{a_{c}}{u_{\ell}^{(-)}(a_{c})} \left(\frac{du^{(-)}(r_{\alpha})}{dr_{\alpha}} \right)$$
 (I.2.19)

et le rapport

$$\langle c | \Omega | c \rangle = \Omega_c = \left[\frac{(-)}{\eta_{\ell}} (a_c) / \frac{u_{\ell}^{(+)}}{\eta_{\ell}} (a_c) \right]^{1/2}$$
 (I.2.20)

Dans la région intérieure on peut définir un ensemble d'états propres $|\lambda\rangle$ solutions de l'équation aux valeurs propres E_{λ}

$$\Pi | \lambda \rangle = E_{\lambda} | \lambda \rangle \qquad (I. 2. 21)$$

ļ

en imposant des conditions aux limites sur la surface de la voie c obtenues en la fermant. Ces conditions seront formulées dans le schéma (I.2.2.). Pour cela désignons par μ_{λ_c} (a_c) la valeur de la fonction radiale de la voie c prise, dans l'état $|\lambda\rangle$ sur la surface de la voie, et posons par analogie avec (I.2.14) et (I.2.15)

- 23 -

et

$$\langle c | D_{A} \rangle = \left(\frac{\frac{1}{h}^{2}a_{c}}{2M_{c}}\right)^{A/2} \begin{bmatrix} \frac{du_{A_{c}}(r_{\alpha})}{-dr_{\alpha}} \end{bmatrix}$$
 (I.2.23)
 $r_{\alpha} = a_{c}$

Définissons $\Delta_{\mathcal{H}_{\mathcal{C}}}$ par

$$\Delta_{\lambda_{c}} = \left(\frac{2M_{c}a_{c}}{\frac{1}{5}2}\right)^{1/2} \langle c \mid V_{\lambda} + D_{\lambda} \rangle \qquad (I.2.24)$$

Avec les notations ci-dessus les conditions de fermeture de la voie c s'écrivent

$$\Delta_{\lambda_{c}} = B_{c} u_{\lambda_{c}} (a_{c})$$
 (1.2.25)

étant des nombres réels quelconques qui peuvent dépendre ${}^{\mathrm{B}}\mathbf{c}$ de α , ℓ , s, J mais non pas de M.

Les kets propres |>> forment un ensemble complet orthonormal. Toute fonction d'onde complète Ψ dans la région intérieure

est une superposit on de fonctions d'onde ψ_{JM} afférentes) un J

et un M donnes. Dès lors ces composantes, écrites en omettant les

- 25 -

•

indices J. M, peuvent être développées dans la base $| \lambda >$ selon

$$|\Psi\rangle = \sum_{\lambda} A_{\lambda}|\lambda\rangle$$
 (I.2.26)

•

les coefficients Λ_{λ} étant donnés par

$$A_{\lambda} = \langle \lambda | \Psi \rangle \qquad (1.2.27)$$

On peut les obtenir en appliquant un théorème de Green généralisé à plusieurs voies. Ainsi

$$A_{\lambda} = \frac{1}{E_{\lambda} - E} \sum_{c} \gamma_{\lambda c} \langle \lambda | D - B_{c} \rangle \rangle \qquad (1.2.28)$$

d'où

-

•

$$|\psi\rangle - \sum_{c} \left[\sum_{\lambda} \frac{\gamma_{\lambda c}}{E_{\lambda} - E} \right] \langle \lambda | D - B_{c} \rangle \langle \lambda | \lambda \rangle$$
 (1.2.29)

et

$$\langle c' | V \rangle = \sum_{c} \langle c' | \dot{R} | c \rangle \langle c | D - B_{c} V \rangle$$
 (1.2.30)

avec

$$\langle \mathbf{c}' | \mathbf{R} | \mathbf{c} \rangle = \sum_{\mathbf{z}} \frac{\gamma_{\mathbf{A}} \mathbf{c}' \gamma_{\mathbf{A}} \mathbf{c}}{\mathbf{E} \mathbf{A} - \mathbf{E}}$$
 (I.2.31)

La relation (I.2.30) est la relation fondamentale de définition de la matrice R. Cette matrice est réelle et symétrique.

- 26 -

Ceci étant, replaçons nous dans la région extérieure. La fonction complète la plus générale s'obtient en sommant sur toutes les voies les fonctions d'onde Ψ_c . Ainsi à part r de la relation (1.2.13) on peut écrire

$$|\Psi\rangle = \sum_{\mathbf{c}} |\Psi_{\mathbf{c}}\rangle = \sum_{\mathbf{c}} \mathbf{v}_{\mathbf{c}}^{-1/2} \mathbf{r}_{\mathbf{c}}^{-1} \left[\mathbf{u}^{(-)}(\mathbf{r}_{\mathbf{c}}) |\mathbf{c}\rangle \langle \mathbf{c} | -\rangle - \mathbf{u}^{(+)}(\mathbf{r}_{\mathbf{c}}) |\mathbf{c}\rangle \langle \mathbf{c} | +\rangle \right]$$

$$(\mathbf{I}, 2, 32)$$

Les nombres $\langle c | - \rangle$ sont les amplitudes des ondes entrantes dans les voies c, les $\langle c | + \rangle$ sont celles des ondes sortantes. Le rôle de la matrice de collision est d'exprimer les $\langle c | + \rangle$ en fonction des $\langle c | - \rangle$. Ainsi

$$\langle c' | + \rangle = \sum_{c} \langle c' | U | c \rangle \langle c | - \rangle$$
 (I. 2. 33)

La matrice U est définie ici dans le schéma (I.2.1), mais on utilisera plutôt la représentation (I.2.2) dans la suite. Il faut cependant noter que la matrice de collision est indépendante de M.

۲۹ ۲۰۰۶ - ۲۳۳ (۲۵۰۰ ۲۰۰۶ - ۲۰۰۲ ۲۰۰۶ - ۲۰۰۲

64 - 542 - 44 3 - 4 Elle est unitaire et symétrique.

Pour relier la matrice U à la matrice R il suffit de remarquer que les relations (I.2.16) et (I.2.17) doivent satisfaire la relation fondamentale de définition de la matrice R, (1.2.30), ce qui conduit par identification avec la relation de définition (I.2.33) de la matrice U ... l'équation matricielle

$$U = \Omega^{2} + 2i\Omega P^{1/2} (1 - RL^{\circ})^{-1} RP^{-1/2} \Omega \qquad (I.2.34)$$

Οù

.

$$L^{O} = L - B \qquad (I.3.35)$$

Les matrices L, Ω , P sont diagonales. Leurs éléments diagonaux ont été définis en (I.2.18) et (I.2.20). Les deux premières représentent les interactions non polarisantes à longue portée entre \ll_1 et \ll_2 , \sim l'opposé de la matrice R qui rend compte de toutes les autres interactions internes. La matrice B est la matrice diagonale des conditions aux limites, dont les éléments non nuls sont les nombres B_c introduits en (I.2.25). Bien que la matrice R dépende des paramètres a_c et = B_c il n'en est pas de même de la matrice U.

- 27 -
Elle est unitaire et symétrique.

Pour relier la matrice U à la matrice R il suffit de remarquer que les relations (I.2.16) et (I.2.17) doivent satisfaire la relation fondamentale de définition de la matrice R, (I.2.30), ce qui conduit par identification avec la relation de définition (I.2.33) de la matrice U \dots l'équation matricielle

$$U = \Omega^{2} + 2i\Omega P^{1/2} (1-RL^{\circ})^{-1} RP^{1/2} \Omega \qquad (I.2.34)$$

Οù

e

$$L^{O} = L - \beta \qquad (I.3.35)$$

Les matrices L, Ω , P sont diagonales. Leurs éléments diagonaux ont été définis en (I.2.18) et (I.2.20). Les deux premières représentent les interactions non polarisantes à longue portée entre α_1 et α_2 , "l'opposé de la matrice R qui rend compte de toutes les autres interactions internes. La matrice B est la matrice diagonale des conditions aux limites, dont les éléments non nuls sont les nombres B_c introduits en (I.2.25). Bien que la matrice R dépende des paramètres a_c et B_c il n'en est pas de même de la matrice U.

Ceci étant, il est aisé, 1 partir de l'expression (I.2.32) de la fonction d'onde la plus générale ψ , d'écrire l'expression de la section efficace de réaction différentizlle qui fait passer de ' l'état $\ll s \mu \rightarrow 1$ 'état $\ll' s' \mu'$. Si on intègre cette section efficace sur tous les angles, en sommant sur toutes les orientations finales $\mu^{\prime},$ sur tous les s' et en faisant la moyenne sur toutes les orientations initiales μ et les spins s, on obtient la section efficace totale de réaction

$$\sigma(\alpha \rightarrow \alpha') = \pi \chi^{2}_{\alpha} \sum_{J \notin \ell' ss'}^{\prime} g_{J_{\alpha}} |\langle \alpha' \ell' s' J | U | \alpha \ell s J \rangle |^{2} (I.2.36)$$

 $g_{J_{\alpha}}$ étant le facteur statistique de spin donné par

$$g_{J_{\alpha}} = \frac{2J_{i}+1}{(2s_{\alpha} + 1)(2s_{\alpha} + 1)}$$
 (I.2.37)

Pour la section efficace de diffusion élastique on trouve

$$\sigma (\alpha \rightarrow \alpha) = \pi \tilde{\lambda}_{\alpha}^{2} \sum_{J} g_{J_{\alpha}} \sum_{\ell \text{ l'ss'}} \left| \delta_{\ell \ell'} \delta_{J \delta'} - \langle \alpha \ell' \text{s'} J | U | \alpha \ell \text{s} J \rangle \right|^{2}$$
(I. 9. 10)

(I. 2. 38)

;

1

٩

- 28 -

,

L'unitarité de la matrice U permet d'en déduire la section efficace totale sous la forme

$$\sigma_{\alpha} = 2\pi \lambda_{\alpha}^{2} \sum_{J} g_{J\alpha} \sum_{ls} (1 - \Re e \langle c(lsJ|U|\alpha lsJ\rangle) \quad (I.2.39)$$

I.2.3 - Approximation de la formule : un niveau

L'équation (I.2.34) implique l'inversion de la matrice 1-RL^O dont les dimensions sont égales au nombre de voies. Pour faire cette inversion on sépare la matrice R en deux parties correspondant au partage des niveaux en deux groupes

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}^{\mathbf{O}} + \mathbf{R}^{\mathbf{A}} \tag{1.2.40}$$

;

ł

1

;

ł

ł

;

Lorsque l'on se place à une énergie E voisine de E_{λ} le partage (I.2.40) répond au choix particulier

$$\langle c' | R^{\lambda} | c \rangle = \frac{\gamma_{\lambda_c}}{E_{\lambda}} - E}$$
 (I.2.41)

R^o étant la matrice de bruit de fond sur lequel vient se superposer

- 29 -

le terme résonnant ci-dessus.

•

- 30 -

A la matrice \mathbb{R}^{O} correspond la matrice de collision dite de bruit de fond \mathbb{U}^{O} .

L'approximation à un niveau consiste alors a prendre

$$R^{O}L^{O} = O$$
 (I.2.42)

ī

Ł

Il en résulte pour la matrice U^{O}

$$\langle c' | U'' | c \rangle = \exp \left[2i \left(\omega_c - \phi_c \right) \right] = \exp \left[- iK_c \right]$$
 (I.2.43)

où ω_c représente le déphasage coulombien et ϕ_c celui dû λ la diffusion élastique par une sphère impénétrable.

En ce qui concerne la matrice U on trouve

$$\langle \mathbf{c}' | \mathbf{U} | \mathbf{c} \rangle = \exp\left[-i\mathbf{K}_{\mathbf{c}}\right] \delta_{\mathbf{c}\mathbf{c}'} + i \frac{\exp\left[-i(\mathbf{K}_{\mathbf{c}} + \mathbf{K}_{\mathbf{c}'})/2\right] (\Gamma_{\mathbf{A}\mathbf{c}} \cdot \Gamma_{\mathbf{A}\mathbf{c}'})^{1/2}}{E_{\mathbf{A}} + \Delta_{\mathbf{A}} - E - 1/2 i\Gamma_{\mathbf{A}}}$$

$$(\mathbf{I}, 2, 44)$$

avec

$$\Gamma_{\lambda} c = 2 P_{c} \gamma_{\lambda c}^{2} \qquad (I.2.45)$$

$$\Delta \lambda = \sum_{c} \Delta_{\lambda c} \qquad (I.2.46)$$

$$\Gamma_{\lambda} = \sum_{c} \Gamma_{\lambda_{c}} \qquad (1.2.47)$$

 Les relations ci-dessus définissent respectivement

- $\Gamma_{C_{c}} : \text{ la largeur partielle du niveau } \lambda \text{ dans la voie c,} \\ \text{c''est-a-dire la probabilité par unité de temps de } \\ \text{désexcitation de ce niveau dans la voie c. Comme le } \\ \text{montre la relation (I. 2. 45) cette largeur s'exprime } \\ \text{en fonction du facteur de pénétration } P_{c} \text{ défini en } \\ (I. 2. 18) \text{ et de l'amplitude de largeur réduite définie } \\ \text{en (I. 2. 22).} \end{cases}$
- د : le décalage de l'énergie de résonance par rapport i celle du nreaution.

 Γ_{λ} : la largeur totale du niveau λ .

En reportant l'expression de l'élément de matrice de collision (I.2.44) dans celle de la section efficace totale (I.2.39), on trouve pour la section efficace totale afférente \therefore un niveau λ de spin J et de parité définie

$$\sigma_{\chi} = 2\pi \lambda_{\chi}^{2} \sum_{J'} g_{J'_{\chi}} \frac{\int_{e_{s}}^{e_{s}} \int_{e_{s}}^{e_{s}} \left[2 \sin^{2} \frac{K_{c}}{2} + \delta_{z} - E^{2} + \delta_{z}$$

- 31 -

1

ŧ

ì

٦,



•

- 32 -

Dès lors particularisons la voie \triangleleft en ne relenant pour particules \triangleleft_1 que les neutrons et écrivons la section efficace totale correspondante en nous plaçant \triangleleft une énergie E, au voisinage d'une résonance dont l'énergie $\mathbb{E}_{\mathbb{R}}$ est définie de la manière indiquée plus loin, de spin J et de moment angulaire ℓ . Pour cela notons que

$$\sum_{J'A} g_{J'A} = 2\ell + 1 , \quad K_{c} = K_{d\ell} = K \quad (I.2.49)$$

$$\delta_{JJ'}g_{J'} = g_{J} = \frac{1}{2} \frac{2J+1}{2s_{\alpha'}2^{+1}}$$
 (I.2.50)

avec pour l=0

$$J = S_{\chi_2} + \frac{1}{2}$$
, (1.2.51)

définissons E_{R} par

$$E_{\rm R} = E_{\lambda} + \Delta_{\lambda} \qquad (1.2.52)$$

et posons

$$\Gamma_{\lambda n} = \sum_{d} \Gamma_{\lambda c}, \quad \alpha = (n, d_2) \quad (I.2.53)$$

 $\vec{l} + \vec{b} = \vec{J}$

:

ŧ

$$\sigma_{\rm p} = 4\pi \lambda_{\rm q}^2 \sum_{\hat{\ell}} (2\ell+1)\sin^2 \frac{\mathrm{Kc}}{2} \simeq 4\pi \lambda_{\rm q}^2 \left[\sin^2 \frac{\mathrm{Kc}}{2} \right] \ell = 0 \quad (1.2.54)$$

$$\widetilde{\sigma}_{\rm o} = 4\pi \lambda_{\rm q}^2 g_{\rm J} \frac{\Gamma_{\rm Am}}{\Gamma_{\rm A}} \quad (1.2.55)$$

- 33 -

$$x = \frac{2(E - E_R)}{\Gamma_{\lambda}}$$
(1.2.50)

P

*

ور المراجع الم مراجع المراجع ا مراجع المراجع ا

÷

ر ، پر

ŧ

}

La largeur Γ_{λ_n} est appelée largeur de neutron de la résonance. c_p représente la section efficace de diffusion prentielle par une sphère impénétrable, ω_c étant nul. La définition (I.2.52) implique une approximation linéaire du décalage Δ_{λ} en fonction de l'énergie E, faite à partir du développement limité de Δ_{λ} en série de Taylor arrêtée au premier terme qui conduit à écrire

$$E_{\lambda} + \Delta_{\lambda} - E - (E_{R} - E) \begin{bmatrix} 1 - \frac{d \Delta_{\lambda}}{dE} \end{bmatrix}_{E=E_{R}}$$
 (I.2.57)

et en négligeant la dérivée. Cette approximation se justifie si Δ_{λ} est une fonction lentement variable de E. C'est pratiquement toujours le cas. La relation (I.2.48) donne alors

$$\sigma_{\alpha} - \sigma(\mathbf{x}) = \frac{\tilde{\sigma}_{o}}{1+x^{2}} \left[\cos K + x \sin K \right] + \sigma_{p} \qquad (I.2.58)$$

On peut écrire (I.2.58) différentment en posant

$$\sigma_0 = \pm \pi \lambda^2 g_J \frac{f_{\lambda n}}{r_{\lambda}} \cos K_c \qquad (1.2,59)$$

$$\sigma_{\alpha} = \sigma(\mathbf{x}) = \frac{\sigma_{\gamma}}{1+x^2} \quad [1+xtg\vec{K}] + \sigma_{p} \qquad (I.2.60)$$

Pour les neutrons s auxquels nous limitons notre attention, c'est-à-dire pour ℓ = o, on a

- 34 -

$$K = (2k_{c}a_{c})$$
 (I. 2.61)
 $c = (\alpha, k = 0)$

Lorsque les neutrons incidents sont doués d'une énergie suffisamment faible, disons inférieure au kiloélectron-volt, le déphasage K est lui-même généralement petit de sorte qu'il est loisible de le confondre avec son sinus. Ainsi (I.2.58) prend la forme encore plus simple

$$\sigma(\mathbf{x}) = \frac{\sigma_0}{1+\mathbf{x}^2} \begin{bmatrix} 1+\mathbf{x}\mathbf{K} \end{bmatrix} + \sigma_p \qquad (I.2.62)$$

Rappelons que les conditions de validité des relations (I.2.58) (J.2.60) et (I.2.62) s'énumèrent ainsi

, . .

1

· ·

.

1

-

t

(1.2.63)

(I. 2. 61)

$$|E - E_R| \leq D$$
 (I.2.65)

D étant l'espacement moyen des niveaux. Il faut d'ailleurs noter que l'approximation un niveau comporte une erreur intrinsèque de l'ordre de Γ_{λ}/D qui justifie de considérer, dans tout intervalle d'énergie $|E-E_{\rm R}|$ satisfaisant l'inégalité (I.2.65), la longueur d'onde de de Broglie λ , les largeurs Γ_{λ} et $\Gamma_{\lambda_{\rm R}}$, le déphasage K et les sections efficaces $\tilde{\sigma}_{0}$ ou σ_{0} comme des constantes prises égales à leurs valeurs respectives en $E_{\rm R}$.

- 35 -

Γ_λ ≪ D

K petit

Il convient de remarquer que quelle que soit la formule de Breit et Wigner choisie pour l'analyse des résonances expérimentales, la section efficace totale peut être considérée comme la somme des trois sections efficaces σ_R , σ_I , σ_p dont les deux premières sont définies par

$$\sigma_{\rm R} = \frac{1}{1+x^2} \quad \widetilde{\sigma}_{\rm o} \ \cos K \quad \text{ou} \quad \frac{\sigma_{\rm o}}{1+x^2} \tag{I.2.66}$$

$$\sigma_{\overline{l}} = \frac{1}{1+x^2} \qquad \begin{array}{c} \mathbf{x} & \mathbf{x} \\ \sigma_{\overline{l}} & \sigma_{\overline{l}} & \sigma_{\overline{l}} \\ 1+x^2 & 1+x^2 \end{array} \qquad \begin{array}{c} \mathbf{x} & \mathbf{x} \\ \mathbf{x} & \mathbf{x}$$

selon qu'il s'agit des formules (I.2.58), (I.2.60) ou (I.2.62), et la dernière σ_p par la relation (I.2.54)

- 36 -

Il en résulte que la transmission aux neutrons d'énergie E, c'est-à-dire, la transmission calculée en x; d'un échantillon présentant par unité de surface offerte normalement au faisceau n noyaux cibles responsables de la résonance λ , peut se mettre sous la forme condensée

$$T = T_R T_I T_p \qquad (I.2.68)$$

ł

Ŧ

;

,

ŧ

;

en posant

$$T_{R} = \exp\left[-n\sigma_{1!}\right] \qquad (1.2.69)$$

$$T_{I} = \exp\left[-n\sigma_{I}\right] \qquad (I.2.70)$$

$$T_{p} = \exp \left[-n\sigma_{p}\right]$$
 (I.2.71)

.

 T_R est la transmission résonnante, T_I la transmission d'interférence et T_p la transmission potentielle. Pour faciliter l'écriture nous

;•

poserons

$$T_{IR} = T_{I} T_{R} \qquad (I.2.72)$$

et nous parlerons de transmission interféro-résonnante pour nous reférer au produit (I.2.72).

- 37 -

La figure I.2.1 illustre l'influence du terme d'interférence. Elle se manifeste par une asymétrisation de la courbe de transmission d'autant plus importante que K augniente, c'est-à-dire, lorsqu'on se déplace en profondeur le long de la maquette. L'effet est constructif du coté des x positifs, destructif de l'autre. Il est rapporté à l'horizontale d'ordonnée unité matérialisée par la ligne de démarcation entre la partie supérieure blanche et la partie inférieure sombre de la maquette.

I.3 - LA METHODE DU TEMPS DE VOL ET SON APPAREILLAGE

I. 3.1 - La méthode du temps de vol

La section efficace totale nous est donc accessible par des expériences de transmission. On passe en effet aisément de la grandeur $\sigma(\mathbf{x})$ à la transmission $T(\mathbf{x})$ par la relation simple

$$T(x) = e^{-n\sigma(x)}$$
 (1.3.1)

dans laquelle n désigne le nombre de noyaux cibles offerts par cm² de surface d'échantillon exposée perpendiculairement au faisceau.

Les expériences de transmission sont simples, dans leur principe tout au moins. En effet, il suffit, pour déterminer la transmission, de compter le nombre de neutrons qui parviennent à un détecteur approprié après traversée d'un échantillon, et de rapporter ce nombre à celui des neutrons incidents.

En réalité, il est bien connu que les choses ne sont pas aussi simples et nous verrons plus loin les difficultés qui surgissent lors de ces exp⁴riences et de l'exploitation des résultats qu'elles fournissent.

Les expériences de transmission de neutrons que nous considérons sont faites par la méthode dite du temps de vol. Dans cette méthode l'énergie E du neutron incident est déterminée par la mesure de son temps de parcours sur une distance connue appelée base de temps de vol. Les neutrons parviennent au détecteur au bout d'un temps t, dit temps de vol.

> 1. 1.

- 38 -

Une relation simple permet de passer du temps de vol exprimé en microsecondes : l'énergie E exprimée en électron-volts. Cette relation s'écrit

$$E = 5226,9 \left(\frac{L}{t}\right)^2 \qquad (I.3.2)$$

L étant la longueur de la base mesurée en mètres.

Pour fixer les idées, rappelons qu'un neutron doué d'une énergie de 100 eV est caractérisé par un temps de vol de 7,23 μ s/m. C'est dire que, pour parcourir une des bases souvent utilisée dans les expériences considérées ici, longue de 53,75 mètres, un tel neutron mettrait 388,6 microsecondes.

Pou r une longueur de base de 103,02 mètres, également très souvent utilisée dans nos expériences, un neutron de 1 keV aurait un temps de parcours de 235,52 microsecondes.

Les temps de cet ordre de grandeur sont mesurables électroniquement avec grande précision. Cette mesure se fait a l'aide de sélecteurs ou de codeurs de temps de vol dont nous parlerons plus en détail plus loin. De tels appareils permettent de repérer dans quel intervalle de temps élémentaire, appelé canal en temps, l'impulsion de détection du neutron vient se classer par rapport

- 39 -

à un instant de déclenchement.

La mesure du temps de vol permet donc de reconnaître, à leur détection, les neutrons d'une énergie donnée au sein d'un faisceau polycinétique. Pour cela il est nécessaire que l'instant initial de déclenchement soit rattaché à l'instant de départ du neutron. Il y a plusieurs méthodes pour s'en assurer. L'une d'entre elles est de faire appel à des accélérateurs dont les faisceaux pulsés de particules engendrent, en bombardant des cibles convenables, des bouffées de neutrons polycinétiques dont on veut qu'elles soient aussi brèves que possible avec un taux de répétition approprié. C'est le cas en ce qui nous concerne. Une autre méthode classique est de hacher, à l'aide d'un spectromètre mécanique rapide, c'est-a-dire, une obturateur rotatif, un flux continu de neutrons émergeant d'un canal de pile atomique.

I.3.2 - Dispositif expérimental et appareillage

Avant d'aborder tout traitement numérique des données sous décrirons le dispositif expérimental pour autant qu'il intervient dans la définition de certains paramètres et qu'il impose leur structure aux programmes de calcul.

- 40 -

La figure I.3.1 le schématise. Il comprend dans son ensemble trois parties

- la source de neutrons pulsée,
- l'ensemble de détection,

- 41 -

- l'appareillage électronique.

I.3.2.1 La source de neutrons pulsée

Elle est constituée par l'accélérateur linéaire à électrons de Saclay [I.3.1], [I.3.2], dont le faisceau pulsé, tombant sur une cible d'uranium naturel, provoque, après la production de rayonnements gamma de freinage, l'émission . ; ;, de neutrons à partir des réactions (γ ,n) et (γ , f). Nous indiquerons ci-après quelques performances de l'accélérateur :

- énergie des électrons accélérés : 28 MeV ou 42 MeV(fin 1964) ;
- largeur des impulsions, au choix : 2 µl 1,5 µl 1µl 0,5 µl

0,25ps - 0,1ps - 0,060 ps -

•

ł

0,030 µs et 0,020 µs;

- fréquence des impulsions, au choix : 500 c/s - 250 c/s -125 c/s

Avant leur sortie de la salle des cibles vers les postes de

détection, les neutrons, alors rapides; sont ralentis dans des plaques

de substance hydrogénée mont-ées contre la cible. Il s'agit de nylon ou de polyéthylène.

On peut voir sur la figure I.3.1 les importantes collimations nécessaires pour abaisser autant que faire se peut le bruit de fond. Elles sont faites de paraffine mélangée à duccarbure de bore pour arrêter les neutrons rapides, et de plomb pour absorber les rayonnements gamma.

Les neutrons se propagent sous vide à l'intérieur de tuyaux fermés à leurs extrêmités par des flasques d'aluminium pur.

I.3.2.2 L'ensemble de détection

Il est constitué par un échantillon de ${}^{10}B$ que regardent quatre ou six cristaux de INa(T ℓ) associés à des photomultiplicateurs. L'efficacité totale de détection de l'ensemble est constante pour des neutrons incidents doués d'une énergie n'excédant pas 5 keV ; au dessus elle décroft lentement.

Rappelons pour mémoire que les neutrons sont indirectement détectés par l'intermédiaire des rayonnements gamma émis lors de

- 42 -

la réaction

I. 3. 2. 3 L'appareillage électronique

Chaque photomultiplicateur délivre deux impulsions dont l'une amplifiée et saturée sert à la détermination précise de l'instant de détection du neutron. Malgré cela on ne peut éviter une dispersion en temps. L'autre impulsion sert à l'analyse de l'amplitude.

Ł

Les impulsions d'analyse se distribuent autour d'une valeur moyenne correspondant à l'énergie de 478 keV des rayonnements gamma de la réaction (I.3.3). Ellès passent à travers un sélecteur en amplitude à une bande dont le rôle est de ne retenir que celles d'entre elles qui tombent dans le pic. Ainsi se trouve éliminée la plus grande part des impulsions parasites qui ne correspondent pas à la détection d'un neutron. Les impulsions, après coïncidence avec celles de définition de l'instant de détection, sont envoyées dans un ou plusieurs sélecteurs ou codeurs de temps.

La figure I. 3.2 illustre le schéma de montage de la chaîne électronique. En général les sélecteurs ou codeurs de temps se

- 43 -

composent

- d'une horloge, pilotée par un étalon de fréquence, qui délivre, à partir de l'instant t_o défini par l'accélérateur linéaire, un train d'impulsions de période Δt que l'on peut faire varier par bonds, et dont les impulsions sont décomptées par une échelle d'adresse attaquée par le train horloge ;

- d'un circuit de mise en phase de l'impulsion marquant l'instant de détection du neutron t_n avec une impulsion du train qui définit l'instant t'_n de prise en compte du neutron, ou encore, l'instant de détection nominale ;

- de circuits de sortie destinés à transmettre au bloc mémoire l'état de l'échelle d'adresse à l'instant t'_n . Pendant tout le temps du cycle de mémoire les circuits d'entrée sont bloqués. C'est dire que pendant tout ce temps l'appareil est insensible. La durée de cette insensibilité s'appelle le temps mort et nous verrons au paragraphe II.3 les corrections de comptage qu'il impose.

La mesure du temps de vol t est donnée par le nombre de Δt écoulés entre t_o et t'_n. Cette mesure se fait donc en unités $\Delta t = \ell_{j}$

- 14 -

.

• ₹

ł

où ℓ désigne la largeur des canaux avec au départ une précision égale au mieux à $\pm \frac{1}{2}\ell$. En fait l'ensemble des canaux vibre autour d'une position moyenne, ce qui leur confère une forme trapézoidale vue par le neutron. L'ampleur de cette vibration est indépendante de la largeur des canaux. Il en résulte que la déformation est d'autant plus grande que les canaux sont plus petits.

í

Remarquons, d'une part, que les blocs mémoires chargés de la statistique des mesures de temps ne comportent généralement pas plus de 12 digits d'adresse, d'autre part, que le domaine d'analyse est constitué d'un nombre de Δ t supérieur : cette capacité de l'échelle d'adresse. On définit ainsi la région d'analyse susceptible d'être placée n'importe où à l'intérieur du domaine d'analyse. En fait on découpe encore la région d'analyse en zones d'intérêt en dehors desquelles l'échelle n'est pas utilisée.

Ceci étant, les sélecteurs et codeurs de temps, considérés ici, se partagent, du point de vue des programmes, en trous catégories. Ce sont :

a) les sélecteurs que nous désignerons par les numéros 1,2 et 3, construits par la Société Intertechnique et dont les principales

- 45 -

caractéristiques sont résumées ci-après :

- domaine d'analyse : 10 000 ℓ ;

- 46 -

- région d'analyse : 1 000 l;

- nombre de zones d'intérêt : 3, à chacune desquelles peut correspondre une voic de mesure, comportant respectivement 100, 400 et 500 canaux, affichage par contacteurs en canaux ;

- largeurs des canaux : 16 largeurs différentes dont les plus petites, généralement utilisées, sont 0,5 - 1 - 2 - 2,5 μ , excepté pour le sélecteur 1 dont la plus petite largeur de canal est 1 μ .

> - capacité maximale par canal : 2^{15} - 1 événements ; - temps mort : $20 \mu^{\mu}$.

b) le sélecteur 2×3 [I.3.3], référencé 4, constitué en fait par un analyseur biparamétrique temps-amplitude, dont les possibilités dépassent celles exigées par une expérience de transmission et sont en fait mieux exploitées lorsqu'on l'utilise à l'étude des réactions (n,γ) . Il a pour mémoire une bande magnétique que l'on peut faire précéder d'une mémoire arithmétique intermédiaire, ou rythmeur, dont le but est de régulariser l'arrivée des informations sur la bande et de diminuer le temps mort. Ces informations, 1

1

ļ

- 47 -

1

1

1

ł

étant enregistrées sous forme élémentaire, c'est-à-dire, sous forme d'adresses, leur lecture se fait à l'aide d'un bloc d'exploitation des résultats comportant en particulier une mémoire totalisatrice de 1024 canaux et des organes de sortie. C'est le cycle de mémoire en lecture qui impose, en dernier ressort, le temps mort lorsque le bloc d'exploitation effectue la lecture en parallèle.

Les caractéristiques de cet appareil sont énumérées ci-après :

- domaine d'analyse : 16 000 ℓ si ℓ = 0,1 μ , 8000 ℓ dans les autres cas ;

- région d'analyse : 1024 l;

- nombre de zones d'intérêt : 8 comportant chacune 128 canaux, une seule voie de mesure pour l'ensemble, affichage par diodes ;

- largeurs des canaux : de 0,1 à 6,4 μ^4 en progression géométrique de raison 2 ;

- temps mort : $20\,\mu$ dans le cas le plus défavorable.

c) Les sélecteurs 5, 6, 7, dits du type accordéon [I.3.4] parce qu'entre l'horloge et l'échelle d'adresse se trouve intercalée

une échelle à coefficient de démultiplication variable qui permet de changer la largeur des canaux par zones

- domaine d'analyse : 999 unités de 1,6 - 3,2 ou 6,4 μ plus 2¹⁶ canaux ;

- région d'analyse : dépend de la capacité des blocs mémoires associés mais peut atteindre 2¹⁶ canaux ;

- nombre de zones d'intérêt : 16 au plus de largeurs différentes. On peut en inhiber. Affichage par diodes en unités de 1,6 - 3,2 ou 6,4 μ ;

- largeurs des canaux : de 0,05 à 3,2 μ en progression géométrique de raison 2 ;

ł

- capacité par canal : 10^5 - 1 évènements ;

- temps mort : 1 μ avec mémoire intermédiaire.

Enfin par suppression d'un digit il est possible de séparer, ou de dédoubler, la région d'analyse, en deux parties que l'on peut faire travailler en balancé sur deux voies de mesure.

Nous avons quelque peu insisté sur la description des sélecteurs en temps parce qu''ils interviennent pour beaucoup de par leur souplesse d'utilisation dans l'articulation des calculs et la conception du programme qui sera décrit au chapitre suivant.

- 48 -

- 49 -

I.4 EFFET DOPPLER

Toutes les expressions écrites jusqu'ici pour les différentes sections efficaces supposent essentiellement que l'interaction de neutron incident se fait avec un noyau cible parfaitement au repos dans le référentiel du laboratoire. En realité il n'en est pas ainsi. La cible se trouve en effet à la température ambiante, et : l'assemblage d'atomes qui la constitue est de ce fait soumis λ l'agitation thermique. Bethe, en 1937, a montré [I.4.1] que, dans l'hypothèse où l'on peut assimiler cet assemblage à un gaz monoatomique à la température θ , la partie résonnante de la section efficace totale $\sigma_{I\!\!R}$ peut s'écrire, au voisinage de l'énergie de résonance ${\rm E}_{R}$, sous la forme

$$\sigma_{\rm R} (\beta, \mathbf{x}') = \sigma_{\rm o} \Psi (\beta, \mathbf{x}') \qquad (I.4.1)$$

où la fonction $\Psi(\beta, \mathbf{x}')$ est donnée par

$$\Psi'(\beta,\mathbf{x}') = \left(\frac{1}{\beta\sqrt{\pi}}\right) \int_{-\infty}^{\mathbf{r}+\infty} \left(\frac{1}{1+\mathbf{x}''2}\right) \exp \left[\left(\frac{\mathbf{x}'-\mathbf{x}''}{\beta}\right)^2\right] d\mathbf{x}''$$

۲

(1, 4, 2)

avec

$$\beta = \frac{2\Delta}{\Gamma}$$
 (I.4.3)

1:

ł

△ étant défini par

$$\Delta = 2 \left(\frac{m}{M} \ k \Theta E_R \right)^{1/2}$$
(1.4.1)

expression dans laquelle m désigne la masse du neutron, M la masse du noyau cible, k la constante de Boltzmann.

Pour une température ambiante de 20°C, soit θ = 293°K, l'énergie k θ est de 0,0253 eV.

Le paramètre Δ est appelé la largeur Döppler.

La relation (I.4.1) implique que l'inégalité $\Gamma \gg \mathrm{E_R}$ est

satisfaite. Nous ferons l'hypothèse qu'il en est bien ainsi, et cela est parfaitement justifié dar le domaine d'énergie que nous considérons ici.

La fonction $\Psi(\beta, \mathbf{x})$ a été calculée pour certaines valeurs du couple (β, \mathbf{x}) par différents auteurs dès 1953, mais la table la plus complète en même temps que la plus récente et la plus exacte, en a été établie par le Service de Calcul Electronique du Centre d'Études Nucléaires de Salay [I.4.2]. Elle couvre le domaine $0 \le \beta \le 175$, $0 \le x \le 295$.

41

٦

i

ŧ

Lamb a par ailleurs étendu le calcul de l'élargissement Döppler au cas où les atomes de la cible sont pris dans un résrau cristallin [I.4.3]. Il a montré que le solide pouvait encore être caractérisé par une distribution des vitesses identique à celle qui caractérise les particules libres d'un gaz à condition de reimplaçer la température θ par une température effective θ eff. telle que

$$\theta_{\text{eff.}} = 3\left(\frac{\theta}{\tau}\right)^3 \theta \int_0^{\tau/\theta} \left(\frac{1}{e^{y}-1} + \frac{1}{2}\right) y^3 \, dy \qquad (1.4.5)$$

où τ désigne la température de Debye du cristal, et à condition que l'inéquation $\Gamma + \Delta \gg 2 \text{ k} \tau$ soit satisfaite.

La figure I. I. 1 représente la courbe θ_{eff}/θ en fonction de θ/τ . Elle a été obtenue à partir des valeurs [I.4.4] de la capacité calorifique atomique à volume constant C_{η} d'un solide due aux vibrations du réseau. Cette capacité calorifique est définie

- 51 -

par l'équation de Debye

$$C_{v} = 3R \left[12 \frac{\theta}{\tau} \int_{0}^{\frac{\tau}{\theta}} \frac{y^{3} dy}{e^{y} - 1} - \frac{3\tau/\theta}{e^{-\tau/\theta} - 1} \right]$$
(I.4.6)

dans laquelle R désigne la constante des gaz parfaits.

Au tableau I. 4.2 nous avons rassemblé quelques valeurs typiques de la température de Debye relatives : différents éléments. Ces valeurs ont été extraites de la référence [I.4.4].

De la même manière on doit écrire pour la section efficace d'interférence

$$\sigma_{\overline{I}}(\beta, x') = \sigma_{\overline{O}} \Phi(\beta, x') \operatorname{tg} K \qquad (I.4.7)$$

où la fonction $\hat{\Phi}(\beta,x')$ est donnée par

$$\oint (\beta, x') = \frac{1}{\beta \sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x''}{1 + x''^2} \exp \left[-\left(\frac{x' - x''}{\beta}\right)^2 \right] dx'' \quad (I, 4.8)$$

Notons qu'à parti des relations (I.4.2) et (I.4.8) il est aisé de montrer que la fonction ϕ vérifie l'équation aux dérivés partielles

- 52 -

-1 16 4 -194 -

1

1

56 - 24

4 j. ·

÷ ~,

, *r

<u>۲</u>

$$\Phi(\beta, \mathbf{x}^{\prime}) = \frac{1}{2} \beta^{2} \frac{\partial \Psi}{\partial \mathbf{x}^{\prime}} + \mathbf{x}^{\prime} \Psi(\beta, \mathbf{x}^{\prime}) \qquad (I.4.9)$$

Au total la section efficace interféro-résonnante σ_{IR} affectée de l'effet Döppler s'écrit

- 53 -

$$\sigma_{\mathrm{IR}} (\beta, \mathbf{x}^{\prime}) = \sigma_{\mathrm{o}} \left[\Psi(\beta, \mathbf{x}^{\prime}) + \tilde{\Psi}(\beta, \mathbf{x}^{\prime}) \operatorname{tg} \mathbf{K} \right]$$
(I.4.10)

ł

Les figures I.4.3 à I.4.5 représentent des surfaces $\sigma_{IR}(\beta,x')$ normalisées à σ_0 pour certaines valeurs choisies du déphasage K.

En fait ces surfaces sont silhouettées par un treillis de sections orthogonales perpendiculaires aux axes des β et x[']. Elles illustrent la déformation subie par la courbe de section efficace interféro-résonnante, pour certaines valeurs du déphesage K, en fonction de β . En particulier elles montrent l'abaissement relatif de la section efficace à l'origine, et aussi l'élargissement relatif de la même courbe, à mesure que la largeur Döppler augmente. On peut remarquer d'ailleurs que quelle one soit la valeur de K, la section des différentes surfaces par le plan x' = o a pour

- 54 -

équation

$$\frac{\sigma_{\text{IR}}(\beta,0)}{\sigma_{0}} = \Psi(\beta,0) = \frac{2}{\beta} \exp\left[-\beta^{2}\right] \int_{\beta-1}^{\infty} e^{-u^{2}} du$$

La figure I. 4, 6 représente cette section.

On peut expérimentalement diminuer l'importance de l'élargissement Döppler des résonances en abaissant la température Θ de l'échantillon par une circulation d'azote liquide, ou d'hélium liquide, dans un cryostat. Ainsi est-il loisible de constater qu'effectivement des résonances très rapprochées à température ambiante se trouvent mieux séparées lorsqu'on procède à un refroidissement énergique. Telle est la situation illustrée par la figure I.4.7, [I.4.5], où l'on peut voir dans quelle mesure la séparation des composantes du doublet de l'uranium aux environs de 21 eV, est améliorée par le refroidissement, à la température de l'azote liquide, d'un échantillon métallique enrichi à 93 % en 235 U.

Plus généralement la figure I.4.8 montre le gain que l'on peut théoriquement espérer sur β par rapport au β ambiant correspondant à $\theta = 300^{\circ}$ K, en fonction de la température de Debye. Ce gain diminue à basse température lorsque τ augmente. Il ne suit, en effet, une loi approximative en $\theta^{-1/2}$ que dans la mesure où l'on se situe sur la partie asymptotiquement horizontale de la courbe représentée à la figure I.4.1. Le calcul sous-entend, en tous les points i où il est fait, que la théorie de Lamb reste bien adaptée pour rendre compte des effets de structure cristalline. Il semble qu'il en est bien ainsi, car, par exemple, il a été vérifié que le modèle gazeux reste valable à la température de l'azote liquide, soit 77°K, pour l'or [I.4.6].

L'examen des courbes β_0/β_{300} indique donc qu'il faut descendre à des températures très basses pour atteindre un gain appréciable, et encore ne l'est-il que si l'échantillon est caractérisé par une température de Debye de faible valeur ; il se trouve vite limité lorsque l'on considère des corps pour lesquels cette température va croissant. Aussi le refroidissement perd-il beaucoup de son intérêt, d'autant qu'il s'accompagne de sujétions génantes. Cette tendance s'accentue davantage lorsqu'on explore des domaines d' d'énergies incidentes de plus en plus élevées, car alors l'effet de résolution, dont nous aborderons l'étude au paragraphe suivant.

- 55 -

as i essention, active mote as i der bins i otado tta paragraphic bartant,

l'emporte sur l'effet Döppler, au point de le rendre pratiquement négligeable dans la région située au dessus du keV.

.

٠

- 56 -

٠

~

I.5 - EFFET DE RESOLUTION

L'erreur que l'on peut commettre sur la définition de la longueur d'une base telle que celle indiquée plus haut est négligeable pour autant que détecteur et source de neutrons ont des épaisseurs convenables, de sorte que la précision sur l'énergie E dépend principalement de la précision sur la définition de l'instant de départ du neutron et de celle que l'on a sur son instant d'arrivée. Cette précision est caractérisée par la fonction de résolution qui résulte pour l'essentiel de la convolution, d'une part, de la distribution des neutrons autour de l'instant initial soit f_n (T_n), autrement dit de la forme de la bouffée, et d'autre part, de la forme du canal en temps décrite par la fonction $f_c(Tc)$. Dire cela, c'est évidemment supposer implicitement que le détecteur est suffisamment rapide pour que le temps de détection et ses fluctuations soient complètement négligeables et n'interviennent pas.

4

Les fonctions de résolution sont normalisées, et en toute généralité si f(T) est une telle fonction, on doit avoir

- 57 -

$$\int_{-00}^{+00} f(T) dT = 1 \quad \text{avec } f(T) = f_n(T) * f_c(T) \quad (I.5.1)$$

- 58 -

La plus simple est triangulaire. Elle correspond à une impulsion de neutrons rectangulaire et de même largeur. La figure I.5.1 montre aussi ce qu'il en advient lorsque les largeurs sont inégales.

Le calcul peut se faire de différentes manières. Soit, par exemple, en considérant f(T) comme la transformée de Fourier réciproque du produit simple $F_n(u)$. $F_c(u)$ dont les deux facteurs sont les transformées de Fourier respectives des fonctions $f_n(T)$ et $f_c(T)$, soit plus simplement, lorsque c'est possible, en évaluant l'aire commune aux deux surfaces sous-tendues par ces deux fonctions lorsqu'on les fait glisser l'une par rapport à l'autre parallèlement à l'axe des abcisses.

Plus généralement les fonctions de résolution sont constituées par une juxtaposition d'arcs de courbe qui se raccordent tel que l'indiquent les figures I.5.2 et I.5.3 pour lesquelles tout en conservant une forme rectangulaire J l'impulsion de neutrons .on a successivement considéré un canal en temps de forme triangulaire d'abord, trapézoïdale ensuite. Ce sont là des configurations

t

souvent rencontrées, mais la plupart du temps impulsion de neutrons et canal en temps sont tous deux trapézoïdaux. La figure 1.5.4 en est un exemple.

L'habitude de remplacer cet ensemble d'arcs par une approximation gaussienne est fortement suggérée par l'allure de la fonction f(T). Nous verrons un peu plus loin que cette façon de · voir se justifie pleinement. Ainsi est on conduit à écrire la fonction de résolution sous la forme

$$f(T) = \frac{1}{(R_T/2)\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{T^2}{2(R_T/2)^2}\right]$$
(I.5.2)

où R_T désigne la largeur totale à $e^{-1/2}$ du maximum.

Vue sous un autre angle, la fonction f(T) représente en fait la densité de probabilité pour que le temps de vol effectif d'un neutron détecté diffère de T du temps de vol nominal, c'est-à-dire du temps mesuré entre les instants marqués par les axes respectifs de l'impulsion de neutrons et du canal en temps, conférant ainsi au neutron considéré une énergie effective E' différente de l'énergie nominale E.

ł

- 59 -

Cette fonction de résolution f(T) n'est donc pas autre chose que la composition des densités de probabilité $f_n(Tn)$ et $f_c(Tc)$ des variables aléatoires indépendantes Tn et Tc dont T est la somme.

Dans ces conditions la variance $\frac{1}{4} R_T^2$ qui définit l'approximation gaussienne se détermine en appliquant les théorèmes relatifs d la composition des variances, autrement dit

$$R^{2}T = R^{2}Tn + R^{2}Tc$$
 (1.5.3)

Ainsi lorsque canal en temps et impulsione de neutrons sont tous deux de forme trapézoïdale, les bases étant indifféremment t_i avec i = 1,2,3,4, la largeur R_T est définie par

$$R^{2}_{T} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^{i=4} t^{2}_{i}$$
 (I.5.4)

Il est clair que l'expression (I.5.4) couvre les cas plus simples d'impulsions de neutrons ou canaux en temps rectangulaires ou triangulaires. Elle peut être éventuellement complétée de la même façon par des variances qui rendraient compte de facteurs

- 60 -

d'élargissement supplémentaires tels, par exemple, l'imprécision sur l'instant de définition de l'impulsion de détection, ou sur celui de l'impulsion de déclenchement appelée communément t_o. Ce sont là des fluctuations de nature électronique.

On écrira alors plus généralement la relation (I.5.3) sous la forme

$$R^{2}_{T} = \sum_{\alpha} R^{2}_{T\alpha} \qquad (1.5.5)$$

indiquant la nature du facteur d'élargissement.

La fonction de résolution f(T) est donc au total la densité de probabilité de la variable aléatoire T somme de toutes les : variables aléatoires indépendantes T_{α} . Nous allons supposer pour la simplicité du raisonnement que chacune des variables T_{α} est uniformément distribuée sur un intervalle de longueur finie τ_{α} . Il est alors loisible de faire subir à chacune de ces variables une transformation linéaire pour ramener leur intervalle de définition à l'intervalle (0,1).

- 61 -

Soient t_{α} les nouvelles variables aléatoires réduites et t leur somme

$$t = \sum_{i=1}^{i=m} t_{\alpha_{i}}$$
 (1.5.6)

,

ł

ļ

cChaque densité de probabilité correspondante satisfait aux relations

$$f(t_{\alpha_{i}}) = 1 \quad \text{si} \quad t_{\alpha_{i}} \in [0,1]$$

$$= 0 \quad \text{si} \quad t_{\alpha_{i}} \notin [0,1]$$

$$i = 1, \dots, m$$

$$(I.5.7)$$

et la densité de probabilité de la somme $f_m(t)$ est définie sur l'intervalle (0,m).

Le calcul par récurrence des densités de probabilité des sommes partielles de t $_{\varkappa}$ montre que l'on peut écrire

$$f_{m}(t) = \frac{1}{(m-1)!} \sum_{j=0}^{j=k} (-1)^{j} {\binom{m_{j}}{j}(t-j)}^{-m-1} \text{ pour } t \in (k,k+1)$$
(I.5.8.)
avec $k = 0, 1, \dots, m-1$
Au départ

$$f_{1}(t) = f(t_{\alpha_{1}}) = 1 \quad \text{pour } t \in [0,1]$$
(J. 5. 9)
$$f_{2}(t) = 1 - |1-t| \quad \text{pour } t \in [0,2]$$

On aura donc pour la densité de probabilité f(t) centrée à l'origine et de variance unité

- 63 -

$$f(t) = \sqrt{\frac{m}{12}} f_m \left(\frac{m}{2} + t\sqrt{\frac{m}{12}}\right)$$
 (I.5.10)

Lorsque m augmente, cette fonc⁺ion tend rapidement vers la loi de Laplace, [I.5.1] $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}$, ce qui justifie (I.5.2).

La figure I.5.5 illustre la suite des fonctions $f_m(t)$ pour m \neq 1,... et superpose la densité de probabilité gaussienne correspondant aux 4ème et 5ème fonctions de la suite.

La largeur de résolution telle qu'elle est définie en (I.5.5) est indépendante de l'énergie des neutrons détectés. Ceci tient au fait qu'implicitement nous avons identifié jusque là, du point de vue de la forme, impulsion de neutrons et impulsion machine. Mais

1

en réalité les performances de haute résolution désormais accessibles, tant du point de vue de l'impulsion machine que de la finesse d'analyse des sélecteurs en temps, obligent à reconsidérer cette attitude trop simpliste pour tenir compte du processus d'émission de la source.

Il ne faut pas oublier en effet que les neutrons intermédiaires auxquels nous limitons notre intér \mathcal{C} , c'est-à-dire les neutrons doucs d'une énergie allant de quelques électron-volts à plusieurs dizaines de keV, s'obliennent en ralentissant, à travers des plaques de substance hydrogénée, des neutrons rapides produits dans une cible sous l'impact de particules chargées qui la bombardent par à-coups.

Ce ralentissement, en même temps qu'une réduction d'intensité du faisceau de neutrons, apporte un facteur d'incertitude, non négligeable à haute résolution, sur leur instant de sortie hors du milieu rale**h**tisseur.

A titre d'exemple, pour le polyéthylène, la dispersion qui en résulte correspond, en première approximation, à une largeur

- 64 -

- 1

1

1

ł

1

d'impulsion de neutrons rectangulaire de 27 ms pour des énergies de sortie de l'ordre de 10 keV, valeur tout à fait comparable à celle des impulsions machine déjà atteinte de 50 ms, ou celle des largeurs de canaux de 20 ms. Encore faut-il préciser que ces dernières valeurs sont sur le point d'être notablement améliorées pour devenir respectivement 10 ms et 5 ms. Pour des neutrons de 1 keV la largeur d'impulsion serait de 86 ms ; pour des neutrons de 100 eV, elle serait de 270 ms.

Ces estimations s'évaluent en substituant à la fonction de répartition f_r (y) donnée ci-après en (I.5.11), une fonction de répartition rectangulaire de même valeur moyenne et de même variance (voir figure I.5.6).

$$f_r(y) = \frac{1}{2} y^2 e^{-y}$$
 (I.5.11)

ł

où y est la variable réduite définie par

$$y = \frac{Tr}{z}$$
 (I.5.12)

 T_r désignant l'instant de sortie des neutrons ralentis, repéré par rapport à l'instant d'entrée dans le ralentisseur, et où τ représente

- 65 -

le temps moyen de collision, c'est-à-dire, le quotient du libre

parcours moyen du neutron par sa vitesse de sortie.

Pour le polyéthylène $\tau = 0,45 \text{ E}^{-1/2} \mu \text{si}$ si l'énergie E de sortie est exprimée en électron-volts.

ł

La loi de répartition (I.5.11) est caractérisée par les propriétés suivantes.

valeur moyenne de Tr :
$$< Tr > = 3 \tau$$
 (I.5.13)
valeur de Tr : $\frac{1}{4} R^2 T_r = 3 \tau^2$ (I.5.14)

de sorte que, complétée par la fluctuation sur le temps de ralentissement, la largeur de résolution devient en toute généralité pour des neutrons d'énergie E

$$R^{2}T = \sum_{\alpha} R^{2}T_{\alpha} + 4a^{2}E^{-1}$$
 (I.5.15)

où a = 0,80 dans le cas du polyéthylène, R_T et les R_{T_X} étant exprimés en microsecondes, E en électron-volts.

La relation (I.5.11), a été obtenue par Groenewold et Groendjik [I.5.2] dans une étude sur le processus de ralentissement des

- 66 -

neutrons non relativistes en milieu infini hydrogéné. Pour y parvenir

ils ont fait quelques hypothèses simplificatrices raisonnables.

- le seul processus mis en cause est la diffusion élastique par les protons de l'hydrogène, et cette diffusion est isotrope dans le système du centre de masse. C'est dire que tout phénomène de capture par le milieu ralentisseur est absent.

- On ne considère que les neutrons dont l'énergie après ralentissement est au moins égale à un électron-volt, de sorte que sont négligeables l'énergie de liaison chimique des atomes d'hydrogène et l'agitation thermique des noyaux.

- le libre parcours moyen des neutrons est constant.

Ł

- la source est pulsée et monocinétique.

La méthode de calcul utilisée consiste à déterminer la densité de probabilité pour qu'à un instant t après son émission le neutron voit son énergie initiale dégradée jusqu'à une énergie finale donnée, et cela quel que soit le nombre de collisions subies.

La probabilité correspondante est la somme des probabilités pour que cette perte d'énergie s'effectue en un nombre de collisions quelconque. Il suffit donc de découper le temps de ralentissement en différents intervalles au bout de chacun desquels le neutron

- 67 -

perd une certaine quantité d'énergie par collision simple, sauf pour

le dernier où il n'en subit aucune, et de procéder ensuite à une intégration sur tous les intervalles et sur tous les bilans d'énergie restante par application de l'axiome des probabilités composées.

On facilite le calcul en introduisant la distribution de Dirac pour représenter le découpage en temps.

D'autres auteurs ont retrouvé le même résultat en partant de l'équation de Boltzmann.

Plus récemment Ribon et Michaudon [I.5.3] ont abordé l'étude du processus de ralentissement en milieu hydrogéné d'épaisseur finie en faisant appel à une méthode de Monte Carlo.

Les hypothèses simplificatrices sont au nombre de cinq.

- le milieu ralentisseur est une plaque d'épaisseur finie et constante sur toute sa surface dont les dimensions sont par ailleurs infinies ;

- comme précédemment, on ne considère que les neutrons doués d'une énergie supérieure à un électron-volt. Les chocs sont élastiques et ne se produisent qu'avec des noyaux libres. La diffusion est isotrope dans le système du centre de masse ;

- 68 -

.

ł

- le milieu ralentisseur est homogène, mais il peut être empoisonné par des noyaux absorbants. Cet empoisonnement est lui-même homogène sauf peut être localement lorsqu'on considère l'insertion éventuelle d'un écran mince de B¹⁰ dans l'épaisseur du milieu ; Y

ŧ

- le libre parcours moyen des neutrons quant à l'hydrogène est constant si leur énergie est inférieure à 35 keV ; il devient proportionnel à leur vitesse au delà ;

- la section efficace de diffusion des autres noyaux est constante.

Le but de cette étude était de définir la qualité du milieu ralentisseur en terme d'efficacité de ralentissement et d'effet de résolution, et d'en déduire quelques considérations pratiques utiles à la conception d'un ralentisseur bien adapté aux mesures faites par la méthode du temps de vol.

La discussion des résultats obtenus [I.5.4] conduit, en ce qui concerne le seul effet de résolution, aux conclusions suivantes.

L'angle d'incidence des neutrons rapides influe très peu sur la dispersion en temps des neutrons ralentis. Autrement dit, la

`

.

- 69 -

largeur de résolution R_{Tr} en est pratiquement indépendante.

٠

Tant que l'on se limite au domaine des faibles énergies de sortie des neutrons, on constate que la largeur R_{Tr} et le retard moyen $\langle T_r \rangle$ demeurent tous deux insensibles aux variations de l'énergie des neutrons incidents, mais, en revanche, ces grandeurs croissent avec cette dernière lorsqu'on considère des énergies de sortie élevées. Par exemple, R_{Tr} double si l'énergie de sortie passe de 300 keV à 3 MeV, pour un ralentisseur épais.

Par ailleurs la figure I.5.7 montre que $\langle T_r \rangle$ et R_{Tr} augmentent avec l'épaisseur du ralentisseur, et atteignent une valeur presque constante d'autant plus vite que l'énergie de sortie des neutrons est plus petite. Cette valeur varie, bien sûr, à l'inverse de l'énergie de sortie.

Enfin, et c'est là ce qui importe le plus à notre point de vue dans l'optique de ce paragraphe, le report sur la figure I.5.7 des valeurs $\langle T_r \rangle$ et $\frac{1}{2} R_{T_r}$ respectivement données par les relations (I.5.13) et (I.5.14), s'il révèle, pour des énergies de sortie de 100 keV, quelques différences entre les valeurs obtenues par la méthode de Monte Carlo et celle des probabilités, ce qui n'est pas tellement surprenant puisque dans cette dernière on

- 70 -

1

:

1

suppose le libre parcours moyen constant, exibe d'un autre côté, ce qui est tout à fait remarquable, un accord somme touteexcellent pour des énergies moins élevées, à condition que l'épaisseur du ralentisseur soit suffisante.

.

1

<

Ceci indique que pour les ralentisseurs d'épaisseur habituelle, et pour le domaine d'énérgie de sortie auquel nous nous intéressons, la loi de répartition écrite en (I.5.11) est une bonne approximation que nous retiendrons pour le calcul de la fonction de résolution globale.

La figure I.5.8 représente la convolution d'une impulsion machine rectangulaire définie par

$$f_n(T_n) = 1/2$$
 pour $|T_n| \leq \frac{1}{2}$
 $f_n(T_n) = 0$ pour $|T_n| > \frac{1}{2}$

avec la loi de répartition de ralentissement $f_r(T_r)$ dans laquelle on a successivement affecté plusieurs valeurs au paramètre τ .

En fait elle montre comment se déforme la fonction de résolution partielle résultante lorsque varie le rapport du temps

moyen de collision $\overline{}$ à la largeur de l'impulsion machine. Comme

- 71 -

on pouvait s'y attendre, elle se rapproche d'autant plus de l'impulsion machine que l'énergie de sortie est plus grande. Par ailleurs on retrouve naturellement pour le retard moyen

Dans les calculs il est plus commode d'interpréter ce retard comme un allongement effectif de la base équivalent à trois fois le libre parcours moyen constant λ_o des neutrons dans le ralentisseur, ce qui se vérifie aisément en écrivant de deux façons différentes l'énergie de sortie des neutrons

$$E_{s} = \frac{KL^{2}}{(t_{M} - \langle T \rangle)^{2}} = \frac{KL^{t^{2}}}{t_{M}^{2}}$$
(I.5.16)

où

L est la longuenr géométrique de la base,

- L' la longueur effective de la base,
- t_{M} le temps de vol mesuré,
- K une constante,

et en tenant compte de la relation existante entre ζ , λ_o et la vitesse de sortie des neutrons qui s'écrit



 $z = \lambda_0 \quad \frac{t_{\rm M} - \langle T \rangle}{2}$ (I.5.17) \mathbf{L}

Pour le polyéthylène l'allongement est de 1,86 cm.

73 -

Ceci étant, il faut exprimer la fonction de résolution (15.2) en prenant pour variable l'énergie plutôt que le temps. Le passage d'une variable à l'autre peut se faire linéairement si, considérant une résonance caractérisée par l'énergie E_R , on fait l'hypothèse que, sur l'intervalle de cette résonance, la fonction de résolution est indépendante de l'énergie. Ceci revient à admettre que, sur cet intervalle, du point de vue de la résolution, à des canaux en temps égaux correspondent des intervalles d'énergie égaux.

Dans ces conditions on a

$$T = \frac{t_{\rm R}}{2E_{\rm R}} (E-E')$$
 (I.5.18)

;

où t_R désigne le temps de vol correspondant à E_R .

Ainsi, en exprimant l'égalité de la probabilité élémentaire pour que la variable T appartienne à l'intervalle (T,T+dT) avec celle pour que l'énergie E soit comprise entre E' et E'+dE', c'ést-à-dire en écrivant

$$f(E-E') dE' = f(T) dT$$
 (I.5.19)

- 7.1 -

on obtient pour la densité de probabilité

.

$$f(E-E') = \frac{1}{(R/2)\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{E-E'}{R/2}\right)^{-2}\right]$$
(I.5.20)

où l'on a posé

$$R = 2 \frac{E_R}{t_R} R_T \qquad (1.5.21)$$

R représente encore la largeur de résolution mesurée à $e^{-1/2}$ du maximum. On peut encore transformer l'expression de la fonction de résolution (I.5.20) pour se placer dans l'espace plus commode des variables réduites

$$x = \frac{2(E-E_R)}{r^7}$$
 $x' = \frac{2(E'-E_R)}{r^7}$ (I.5.22)

en écrivant que la probabilité élémentaire se conserve, c'est-à-dire,

$$f(x-x') dx' = f(E-E')dE'$$
 (1.5.23)

D'où pour la densité de probabilité en variables réduites

$$f(x-x') = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-x'}{\varphi}\right)\right]^2 \qquad (1.5.24)$$

le parametre Ψ étant défini par

$$\Psi = \frac{R}{\Gamma}$$
(I.5.25)

1

La résolution a pour effet d'élargir les creux de transmission en même temps qu'elle en remonte les fonds, estompant ainsi les accidents du spectre, allant même, si elle est mauvaise, jusqu'à fondre en une seule ondulation ce qui, autrement, se présenterait comme des résonances séparées. La valeur du paramètre φ décrit bien la situation pour chaque résonance. Ainsi la figure 1.5.9 montre ce qu'il advient d'un doublet, normalement séparé, lorsqu'augmente la largeur de résolution. Pour la circinstance nous avons choisi un doublet à deux composantes égales, et nous avons supposé que l'effet Döppler était nul.

Les conditions expérimentales étant ce qu'elles sont, la largeur de résolution augmente avec l'énergie, pratiquement comme une

- 75 -

puissance 3/2 d'après la relation (I.5.21), à cela près que dans R_T figure la largeur de ralentissement R_{Tr} qui, elle, est en $E^{-1/2}$ d'après (I.5.14).

Il y a donc tout intérêt à augmenter la résolution, mais cela ne va pas sans impliquer certains compromis.

La première idée qui vient à l'esprit est, soit d'augmenter la longueur de la base, soit de réduire à la fois la largeur d'impulsion de neutrons et celle du canal en temps.

A plus d'un égard la seconde méthode est préférable.

En effet le taux de comptage par canal peut s'écrire en première approximation sous la forme

$$N(E) = \frac{R_{T_n} \cdot R_{T_c}}{L^3}$$
 . I. Cte (1.5.26)

où I désigne l'intensité du faisceau de neutrons émis.

Cette r'lation montre que toute amélioration de la résolution est sanctionnée par une diminution du taux de comptage. Elle montre que pour pouvoir conserver une même précision statistique, en dépit de cette diminution, il faudra consacrer plus de temps à

.

l'enregistrement des données dans des proportions égales au cube du facteur d'allongement de la base, ou au produit des facteurs par lesquels on divise les largeurs. Elle montre aussi que pour une résolution donnée, on atteint le meilleur taux de comptage lorsqu'on a égalité des largeurs d'impulsion de neutrons et de canal en temps.

.

Enfin si on veut améliorer la résolution et ne rien perdre en taux de comptage, il faut augmenter l'intensité du faisceau de neutrons, et ceci conduit, compte tenu de ce que sont les performances de l'accélérateur linéaire dont on dispose, à étudier le ralentisseur optimum défini par le plus grand facteur de qualité possible, c'està-dire, la valeur la plus élevée possible du rapport $n/R^2_{T_r}$, n étant l'efficacité de ralentissement [I.5.4].

Il faut toutefois se garder d'être trop hâtif dans le choix fait plus haut quant au meilleur moyen d'améliorer la résolution lorsqu'on considère des énergies incidentes élevées, car la relation (I.5.26) devient une approximation trop grossière. En effet, pour des énergies supérieures à 10 keV, la section efficace de diffusion des neutrons par 10 B devient comparable à celle de la réaction(I.3.3),

- 77 -

de sorte qu'une fraction non négligeable des neutrons est diffusée avant détection. Ceci introduit une cause d'incertitude sur l'instant de détection et cette incertitude croft avec l'épaisseur de l'échantillon de ¹⁰ D. Ainsi donc parmi les facteurs $R_{T_{\alpha}}$ de (I.5.15) apparaît celui de la diffusion multiple qui n'est plus négligeable et peut atteindre 2514 pour des neutrons de 60 keV. C'est là une valeur que nous empruntons à la référence [I.5.5] où l'on peut trouver une étude expérimentale des différentes largeurs de résolution. Cette étude montre que la résolution, définie dans la région des basses énergies par les deux facteurs prépondérants, effet du ralentisseur et imprécision sur la mesure du temps de vol est limitée, en revanche, par l'éffet de diffusion multiple dans le détecteur lorsqu'on atteint des énergies élevées.

- 78 -

.

I.6 LES METHODES D'ANALYSE ET LEUR EVOLUTION

Au paragraphe I.2, nous avons vu que, sous certaines conditions généralement remplies, la formule de Breit et Wigner à un niveau (I.2.60) décrivait bien les résonances observées sur les courbes de section efficace totale représentatives de l'ensemble des processus d'interaction d'un neutron incident avec un noyau cible. Ces conditions se résumaient en l'hypothèse d'une séparation suffisante des résonances et en celle d'un moment orbital nul pour le neutron. Une telle relation supposait aussi que les noyaux cibles se trouvaient parfaitement au repos, mais nous savons qu'il n'en est pas ainsi et au paragraphe I.4 nous avons étudié l'effet de la dispersion des vitesses relatives provoquée par l'agitation thermique. Cet effet se traduit par un élargissement naturel de la résonance au niveau même de la cible, c'est-à-dire, en amont de tout appareillage, en amont même du détecteur. C'est dire que, même sans l'intervention d'un quelconque ensemble de mesure, le phénomène de résonance apparaitrait déjà déformé, et que pour atteindre les paramètres qui le caractérisent il faudrait, malgré cette absence d'instruments,

ł

inverser les convolutions définies par les rel ations (I.4.2), (I.4.8) et (I.4.10). Mais ce ne sont pas les seules. A l'élargissement Döppler s'ajoute d'après les considérations du paragraphe I.5 un élargissement dû à la résolution finie de l'appareillage. Dans les expériences considérées ici, les variations de section efficace totale se manifestent par des variations correspondantes de transparence de la cible aux neutrons selon la relation (I.3.1). L'effet de résolution se fait donc sentir sur la courbe de transmission.

Ceci étant, on devrait alors pouvoir, en toute rigueur, rendre compte de la courbe de transmission expérimentale connaissant la courbe de section efficace en effectuant les convolutions liées aux effets Döppler et de résolution. Inversement on peut chercher à remonter de la courbe de transmission expérimentale aux paramètres caractéristiques du phénomène de résonance. C'est là l'objet de l'analyse des résonances qu'il serait en fait plus correct de qualifier d'analyse des creux de transmissions.

Les difficultés rencontrées lors de telles analyses sont de natures différentes. Elles atteignent des degrés divers selon la configuration du ou des spectres de temps de vol considérés et les

- 80 -

.

,

conditions expérimentales de leur em egistrement. Parmi ces difficultés il en est qui sont inhérentes au fait qu'il s'agit de comparer des grandeurs théoriques à leurs homologues expérimentales entachées d'erreurs, ce qui interdit à priori toute solution rigoureuse et impose le choix des critères de confiance. D'autres tiennent à la prise en compte de tout ce qui conditionne l'expérience. La reproductibilité des mesures, leur homogénéité, leur cohérence et leur qualité étant affaire de fiabilité du matériel, d'implantation et de calage, il reste à effectuer les corrections instrumentales tel le rétablissement des comptages perdus par temps mort, à définir la normalisation correcte des séquences d'enregistrement, à reconnaître ce qui appartient au phénomène physique de ce qui n'en relève pas, -c'est là le problème du bruit de fond -. Enfin, la difficulté majeure demeure celle de faire la part du rôle joué par le filtre instrumental et celle qui revient à l'effet Döppler.

Plus l'analyse est ambitieuse, plus il faut s'adonner à des calculs de complexité croissante pour lesquels le recours à un calculateur électronique devient nécessaire. Au début de nombreuses

- 81 -

1

hypothèses simplificatrices ont permis d'effectuer des analyses à peu de frais. Elles se justifiaient souvent d'autant que les techniques expérimentales d'alors interdisaient les expériences à haute résolution et à forts taux de comptage, et, de ce fait, limitaient le domaine d'énergie exploré à celui des faibles énergies où l'on pouvait espérer observer des résonances séparées et suffisamment marquées.

Nous nous proposons dans ce paragraphe de passer en revue quelques méthodes d'analyse choisies d'abord parmi les plus simples, puis de suivre leur évolution. Nous verrons que la plupart de ces méthodes, y compris certaines des plus perfectionnées parmi lesquelles se placent celles que nous avons développées nous-mêmes jusqu'à leur automatisation, avaient en commun la recherche graphique de la solution à l'aide d'abaques. Cette procédure interdisait de traiter les résonances autrement que séparément.

ţ

1

Nous examinerons d'abord le cas où le terme d'interférence entre la diffusion résonnante et la diffusion potentielle peut être négligé.

- 82

I.C.1 Méthodes d'analyses sans terme d'interférence

- 83 -

4

I.6.1.1 Méthode des formes

Le cas le plus simple que l'on puisse envisager est celui où la résolution de l'appareillage est excellente, ce qui se traduit par Ψ = o, ou tout au moins suffisamment bonne pour que l'on puisse négliger son effet.

Mais déjà si l'écran est mince, c'est-à-dire, si an $\sigma_0 \leq 1$, les choses se simplifient car on peut alors arrêter au terme du premier ordre le développement de l'exponentielle exprimant $T_R(\beta, \Psi, x), \beta, \Psi$ et x étant, rappelons le, définies respectivement en (I.4.3), (I.5.25) et (I.2.56). On écrira

$$T_R(\beta, \varphi, x) \simeq 1 - an \sigma_R(\beta, \varphi, x)$$
 (I.6.1)

ł

I

Dans ces conditions la courbe de transmission expérimentale peut fournir directement les renseignements nécessaires à la détermination des paramètres σ_0 et Γ . En effet elle donne directement la section efficace expérimentale $(\sigma_R)_{exp}$ vue à travers

le spectromètre à temps de vol, ainsi que la largeur expérimen-

tale \sqcap_{exp} . On peut alors essayer de décrire la forme de $(\sigma_R)_{exp}$ en la comparant à la fonction

$$\lambda(\beta, \Psi, x) = \frac{\sigma_{R}(\beta, \Psi, x)}{\sigma_{0}} \qquad (I.6.2)$$

2

1

ł

ζ,

où $\sigma_R(\beta, \Psi, x)$ tant en (I.6.1) qu'en (I.6.2) désigne la section efficace resonnante théorique déformée par effet Döppler et par la résolution. En ce qui concerne cette dernière le paramètre Ψ qui la caractérise peut s'écrire soit $\Psi = R/T$, soit $\Psi = L/P$ suivant qu'il s'agit de l'approximation gaussienne de la fonction de résolution (I.5.24) ou d'une approximation plus simple caractérisée par la largeur à mi-hauteur L.

La fonction χ s'écrit :

$$\chi(\beta, \Psi, \mathbf{x}) \neq \int_{-\infty}^{+\infty} \Psi(\beta, \mathbf{x}') f(\Psi, \mathbf{x}, \mathbf{x}') d\mathbf{x}' \qquad (I.6.3)$$

Sa largeur à mi-hauteur représente $\sqcap_D(\Psi)/\Gamma$ et se compare directement au rapport de la largeur totale expérimentale à la largeur totale vraie, la largeur \sqcap_D étant la largeur Γ déformée par

- 84 -

effet Doppler.

La fonction λ a été calculée [I.6.1] dans le cas très simple où β = o, la fonction de résolution étant rectangulaire. Dans ce cas elle s'écrit

$$\chi_{R}(o, \Psi, x) = \frac{1}{2} \left[\operatorname{arctg} (x + \Psi) - \operatorname{arctg} (x - \Psi) \right] \qquad (I.6.4)$$

i

•

Elle est également facile à calculer dans le cas où β étant toujours nul la fonction de résolution est triangulaire. On trouve [1.6.2]:

$$\chi_{\tau}(o, \Psi, x) = \frac{1}{4\Psi^2} \left[(x+2\Psi) \arctan(x+2\Psi) - (x-2\Psi) \arctan(x-2\Psi) - (x-2\Psi) - (x-2\Psi) \arctan(x-2\Psi) - (x-2\Psi) - (x-2\Psi)$$

On peut avoir une idée de l'influence de la forme de la fonction de résolution sur celle de la résonance, tout au moins en l'absence d'élargissement Döppler en considérant le tracé de χ_T et χ_R et le rapport χ_T/χ_R , pour différentes valeurs de Ψ . C'est ce que montrent les figures I.6.1, I.6.2 et I.6.3. En fait

٠,

les fonctions de résolution rectangulaire et triangulaire constituent, on le sait, des cas extrêmes et il est plus utile de considérer l'approximation gaussienne (I.5.24). Les figures citées plus haut donnent aussi le tracé de χ_G et la variation du rapport χ_T/χ_G qui lui correspond. Il faut préciser ici que χ_T et χ_G sont construites respectivement avec $\Psi = L/\Gamma$ et $\Psi = R/\Gamma$. χ_G construite avec $\Psi = L/\Gamma$ coîncide pratiquement avec χ_T de même Ψ . \$

;

Le calcul de $\chi_{T}(\beta, \Psi, x)$ pour des valeurs non nulles de β est plus difficile à faire, mais J.E.Lynn et E.R.Rae en out présenté quelques résultats sous forme de courbes dans la référence [I.6.3]. A partir de ces résultats ils ont construit les courbes $\sigma_{0}(\beta,\Psi)/\sigma_{0}$ et $\sqcap_{D}(\Psi)/\sqcap$ en fonction de Ψ pour différentes valeurs de β (figure I.6.4). Elles permettent de calculer les paramètres \sqcap et σ_{0} à partir de la largeur L et des données expérimentales $(\sigma_{0})_{exp}$ et \sqcap_{exp} que l'on compare directement $\therefore \sigma_{0}(\beta,\Psi)/\sigma_{0}$ et $\sqcap_{D}(\Psi)/\sqcap$. En effet le rapport

$$\frac{1}{\Psi} \cdot \frac{\Gamma_{exp}}{\Gamma} = \Gamma_{exp} / L$$

et une donnée connue, si bien que le lieu géométrique du point

- 86 -

 $(\Psi, \Gamma_D(\Psi)/\Gamma)$ pour la résonance étudiée est une droite qui passe par l'origine et dont on connait la pente, à savoir Γ_{exp}/L . 핶

ł

En coordonnées logarithmiques cette droite a une pente unité et passe par le point ($\Psi = L/\Gamma_{exp}$, $\Gamma_D(\Psi)/\Gamma = 1$). Elle coupe les courbes $\Gamma_D(\Psi)/\Gamma$ correspondant différentes valeurs β i de β en des points dont les abcisses Ψ_i correspondent à des valeurs β'_i calculées partir de la relation $\beta'_i = \Psi_i \frac{2\Delta}{r_i}$.

Si alors on construit le graphique représentant β' en fonction de β p our la résonance étudiée tel celui montré à la figure I.6.5, l'intersection de cette courbe avec la droite $\beta' = \beta$ fournit la vraie valeur de β et par la même celles de Γ et de Ψ . Il suffit ensuite de déterminer σ_0 à partir du réseau de courbes $\sigma_0 (\beta, \Psi) / \sigma_0$ en faisant $\sigma_0(\beta, \Psi) = (\sigma_0)_{exp}$.

La méthode d'analyse qui vient d'être exposée n'est applicable que dans la mesure où l'approximation de l'exponentielle décrivant la transmission par un développement arrêté au terme du premier ordre est justifiée, c'est-à-dire, lorsqu'on se trouve en présence d'un échantillon suffisamment mince pour qu'il en soit ainsi.

- 87 -

Cependant elle peut encore fournir de bons résultats lorsqu'on utilise des écrans plus épais à condition de lire les valeurs expérimentales Γ_{exp} et $(\sigma_0)_{exp}$ non plus sur la courbe expérimentale de transmission mais plutôt sur la courbe de section efficace expérimentale qui s'en déduit. J.E. Lynn et E.R. Rae [I.6.3] ont calculé l'erreur commise lorsqu'on compare la fonction LogT_{exp} à la fonction χ dans le cas où β est nul, pour différentes valeurs de x, an σ_0 et Ψ . Il en résulte que l'on peut espérer une précision de 1 % si an $\sigma_0 < 0.5$ et $\Psi < 0.5$. Cette estimation paraît quelque peu optimiste cependant.

I.6.1.2 Méthode du minimum de transmission

Les conditions d'application auxquelles doit satisfaire la méthode précédente, pour avoir une précision suffisante sur les résultats qu'elle fournit, ont pour effet de limiter assez sé ieusement le nombre de résonances auxquelles elle est susceptible de s'appliquer. Pour s'en libérer il a fallu attendre d'avoir les moyens d'effectuer les calculs complets avec effet Döppler et fonction de résolution gaussienne. Nous verrons plus loin comment cela a été

- 88 -

\$

réalisé dans nos programmes d'analyse étendus d'ailleurs au cas

où le terme d'interférence cesse d'être négligeable.

Pour le moment la fonction de forme s'écrirait explicitement

8

$$T_{R}(an\sigma_{o}, \beta, \Psi, x) = \frac{i}{\Psi\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x' \cdot x}{\Psi} \right)^{2} - an\sigma_{o} \Psi(\beta, x') \right] dx'$$
(I.6.6)

 $\boldsymbol{\Psi}$ étant la fonction définie en (I.4.2).

Il est clair que la fonction de forme telle qu'elle est écrite en (I.6.6) ne se prête pas à la comparaison directe avec les courbes de transmission expérimentales, sauf en un seul point, celui d'abcisse nulle, c'est-à-dire, au droit du minimum de transmission, d'où le nom de la méthode graphique décrite ci-après qui, sans se suffire à elle-même, peut fournir des recoupements quant à la détermination des paramètres σ_0 et Γ .

Etant donnés des réseaux de courbes $T_{\min} = T_R(n\sigma_0,\beta,\Psi,o)$, où l'on a convenu de faire a = 1, tel celui présenté à la figure I.6.6 relatif à la valeur β = 2, chaque courbe correspondant à une valeur de Ψ différente, on peut procéder de la façon suivante.

- 89 -

Choisissons arbitrairement un réseau relatif à la valeur β_i de β . Ce choix implique l'attribution d'une valeur $\Gamma_i \ a \ \Gamma$, celle qui résulte de la relation $\Gamma = 2\Delta/\beta$ où Δ est connu. $\Lambda \ \Gamma_i$ correspond une valeur Ψ_i de Ψ donnée par le relation $\Psi = \mathbb{R}/\Gamma$ où \mathbb{R} est connu. Alors la droite $T_{\min} = (T_{\min})_{\exp}$, $(T_{\min})_{\exp}$ étant la valeur du minimum de transmission expérimental, coupe la courbe repérée par la valeur Ψ_i de Ψ en un point d'abcisse $(n\sigma_0)_i$. Ainsi a-t-on déterminé un point $[\Gamma_i, (n\sigma_0)_i]$ du plan Γ , $n\sigma_0$.

Si on refait plusieurs fois la même opération avec d'autres valeurs de β , on pourra déterminer toute une suite de points $[\Gamma_i, (n\sigma_0)_i]$ et tracer une courbe de $n\sigma_0$ en fonction de Γ . Cette courbe jointe à celles du même genre que peuvent fournir d'autres méthodes d'analyse permettra de déterminer les paramètres Γ et $n\sigma_0$ comme l'illustre la figure I.6.8. avec la méthode des aires.

La méthode du minimum de transmission est bien adaptée au cas où le creux de transmission, quoique marqué, n'est pas trop prononcé, c'est dire qu'une mauvaise approximation de la

- 90 -

1

fonction de résolution peut amener des surprises. A l'opposé



,* * 1920 - 4 19 - 1

> . ج قر

98C.

**

¥.**

;;

lorsque T_{min} est grand, l'insensibilité des courbes à $n\sigma_0$ a pour conséquence un défaut de précision sur la section efficace. Quoi qu'il en soit la détermination de la valeur du minimum de transmission reste délicate ; elle se fera d'autant mieux que l'on disposera de plus de points expérimentaux en son voisinage, même si la résolution n'en est pas améliorée pour autant.

I.6.1.3 Méthode des aires

Les méthodes d'analyse emposées jusqu'ici cupposent, ou bien que la résolution est bonne, cu tout au moins que la fonction de résolution est connue avec une approximation suffisante. Dans la méthode des aires, [I.6.4], [I.6.5], [I.6.6], au contraire une telle connaissance n'est pas nécessaire. **Ceci** parce que l'aire comprise entre la droite $T_R = 1$ et la courbe de transmission au droit d'un creux de résonance est indépendante de la fonction de résolution. En effet, cette aire peut s'écrire, si l'on considère que l'intensité du faisceau de neutrons ne varie pas sur tout un intervalle égal à la largeur de résolution

- 91 -

* . . . * * .

•

المتاجع المراجع

۰ م ب

1

•

$$A_{R} (n\sigma_{0}, \beta) = \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\mathbf{1} - T_{R} (E) \right] dE$$

$$= \int_{-\infty}^{+\infty} \left[1 - \int_{-\infty}^{+\infty} T_{R} (E') f (E-E') dE' \right] dE$$
(I.6.7)

•

£

La borne d'ingégration inférieure prise égale à -oo implique que l'inégalité $\Gamma \ll E_R$ est satisfaite, ce qui est le cas pour le domaine d'énergie généralement considéré. Après interversion de l'ordre des intégrations et compte tenu de ce que la fonction de résolution est normalisée, on peut écrire aussi bien

$$A_{R}(n\sigma_{0}, \beta) = \int_{-\infty}^{+\infty} \left[1 - T_{R}(E')\right] dE' \qquad (I.6.3)$$

Dans le cas où l'élargissement Döppler est négligeable, cette aire peut s'exprimer à l'aide des fonctions de Bessel modifiées d'ordre o et 1. On peut écrire

$$\Lambda_{\rm R}(n\sigma_{\rm o},o) = \frac{\Gamma}{2} \pi n\sigma_{\rm o} \left[I_{\rm o} \left(\frac{1}{2} n\sigma_{\rm o} \right) + I_{\rm I} \left(\frac{1}{2} n\sigma_{\rm o} \right) \right] \exp \left[-\frac{1}{2} n\sigma_{\rm o} \right] (I.6.9)$$

Les développements asymptotiques des fonctions I_0 et I_1 permettent d'écrire la relation (I.6.9) sous une forme très simple dans le cas limite des échantillons dits "épais", c'est-à-dire, tels que $n\sigma_0 \gg 1$. On obtient

$$\lim_{n\sigma_0\to\infty} A_R(n\sigma_0,0) = (\pi n\sigma_0)^{1/2} \Gamma \qquad (I.6.10)$$

.

On peut aussi écrire une expression simple de l'aire dans le cas des échantillons réputés minces pour lesquels $n\sigma_0 \ll 1$. On a alors

$$\lim_{n \to \infty} A_{R}(n\sigma_{0}, o) = \frac{1}{2} \pi n \sigma_{0} \Gamma \qquad (I.6.11)$$

Nous verrons plus loin aux chapitre IV et VI que ces deux expressions simples, surtout la dernière, sont utiles dans l'estimation de valeurs approchées des paramètres.

Les calculs numériques ont été effectués dans le cas où β n'est pas nul. Les résultats ont été présentés [I.6.6] sous la forme d'un réseau de courbes relatives à différentes valeurs de β et

- 93 -

représentant l'aire $\frac{1}{\Delta} A_{R}(n\sigma_{0},\beta)$ en fonction de $n\sigma_{0}/\beta$.

La figure I.6.7 représente ce réseau. Pour l'utiliser on peut procéder de la façon suivante.

Soit A_{exp} l'aire mesurée au dessus d'une courbe de transmission résonnante expérimentale prise entre deux limites E_R-E_1 et $E_R + E_2$ situées de part et d'autre de l'énergie de résonance E_R . Ces limites peuvent ne pas être symétriques par rapport à E_R , mais leur choix doit être tel qu'elles soient suffisamment éloignées du sommet de la résonance pour que la résolution ne joue plus, tout en demeurant suffisamment proches pour ne pas qu'interviennent les ailes des résonances voisines, ni que les conditions $E_1/\Gamma \gg 1$ et $E_2/\Gamma \gg 1$ ne soient plus satisfaites.

Y

On peut alors montrer que si le choix de E_1 et de E_2 permet d'écrire

$$\frac{2 (E_2 + E_R)}{\Gamma} \gg 1 \qquad \text{et} \qquad \frac{2(E_R - E_1)}{\Gamma} \gg 1$$

et pourvu que $T(E_R-E_1)$ et $T(E_2 + E_R)$ soient de l'ordre de 0,9 l'aire Λ_{exp} est liée à $A_R (n\sigma_o,\beta)$ par la relation

- 94 -

\$

$$A_{\rm R} (n\sigma_0,\beta) = A_{\rm exp} + \frac{n\sigma_0 p^2}{4} \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2}\right)$$
 (I.6.12)

Dès lors considérons l'aire A_{exp} et négligeons en première approximation la correction d'aire donnée par la relation (I.6.12) et en faisant $A_R (n\sigma_0,\beta) = A_{exp}$.

- 95 -

Cette horizontale coupe les courbes du réseau repérées par différentes valeurs de β en des points dont les abcisses correspondent à différentes valeurs de $n\sigma_0/\beta$. Ces points permettent de tracer une première courbe $n\sigma_0$ en fonction de β . Si maintenant on dispose d'un deuxième écran on peut tracer sur le même graphique une deuxième courbe $n\sigma_0$ en fonction de β , en prenant soin de normaliser correctement les ordonnées pour tenir compte du fait qu'il s'agit de n différents. Le point d'intersection des deux courbes, - se reporter à la figure I.G.8 -, fournit des valeurs approchées de β et de $n\sigma_0$.

Ceci étant, on substitue dans (J.6.12) la valeur $n\sigma_0 \Gamma^2$ ainsi approchée et on calcule les premières aires corrigées

 $A_{R}^{i}(no_{0}, \beta)$ relatives aux deux écrans. On utilisera ces aires comme

précédemment pour obtenir de nouvelles valeurs de $n\sigma_0$ et de β .

Et on procèdera ainsi de suite par itération jusqu'à ce que les

valeurs obtenues pour $n\sigma_0$ et β soient stabilisées.

En pratique on ne négligera pas de considérer plusieurs écrans qui permettront de déterminer une région du plan où doivent se situer β et $n\sigma_0$, et en dernier ressort le choix de la valeur optimum du couple $(n\sigma_0,\beta)$ se fera par une méthode des moindres carrés [I.6.7].

Eien que la méthode des aires paraisse d'un emploi très sûr parce qu'elle permet d'éliminer l'influence de la fonction de résolution, il faut souligner qu'elle exige certaines précautions dans son utilisation. En particulier le choix des valeurs limites E_1 et E_2 peut se révéler dans certains cas délicats, sinon impossible. En effet choisir ces points de façon à ce qu'ils soient suffisamment éloignés de la résonance tout en évitant de trop se rapprocher des résonances voisines devient chose malaisée dans les régions où les résonances sont trop serrées pour ne pas parler du cas où l'on se trouve en présence d'un doublet. D'autre part le processus itératif bien que généralement repidement convergent et toujours d'un emploi désagréable. Enfin pour les écrans assez minces les incertitudes expérimentales sur la mesure de l'aire peuvent devenir importantes.

- 96 -

\$

N.N.N.

ŧ

I.6.1.4 Méthode des aires partielles

- 97 -

Les reproches formulés à l'encontre de la méthode précédente n'ont plus de fondement dans celle des aires partielles telle que nous l'avons développée fin 1960. Mais tout d'abord on peut vouloir simplement étendre l'emploi de la méthode des aires aux cas où les conditions de calcul de la correction d'aile (I.6.12) ne sont pas satisfaites. Pour cela il suffit de faire le calcul théorique exact de l'aire partielle en arrêtant l'intégration à des limites finies E_1 et E_2 . C'est ce qu'ont fait L.M. Bollinger et J.P.Marion [I.6.2] en prenant deux limites symétriques par rapport h l'énergie de résonance E_R , définies par le paramètre

8

$$\alpha = \frac{\mathbf{E}_{\mathrm{R}} - \mathbf{E}_{1}}{\Delta} = \frac{\mathbf{E}_{2} - \mathbf{E}_{\mathrm{R}}}{\Delta}$$

Les résultats sont présentés sous forme de réseaux de courbe représentant l'aire $\frac{1}{\Delta}A_R(n\sigma_0,\beta,\alpha)$ en fonction de $n\sigma_0$ pour différentes valeurs de β , chaque réseau étant représentatif d'une valeur de α . La figure I.6.9 illustre un tel réseau.

Il n'en est pas mours vrai que négliger l'effet de résolution limite le champ d'application de la méthode des aires partielles aux seuls cas où la résolution est excellente, c'est-à-dire, aux cas pour lesquels la relation $\Psi \ll 1$ est satisfaite. Pour l'étendre aux cas beaucoup plus fréquents où cette condition n'est pas remplie, nous avons introduit une fonction de résolution gaussienne. Les aires partielles s'écrivent alors

$$\frac{1}{\Delta} \Lambda_{\mathrm{R}} (n\sigma_{\mathrm{o}},\beta,\alpha,\Psi) = \frac{1}{\beta} \int_{-\alpha\beta}^{+\alpha\beta} \left\{ 1 - \frac{1}{\Psi\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x'-x}{\Psi} \right)^{2} \right] \right\}$$

$$(\mathrm{I.6.13})$$

$$- n\sigma_{\mathrm{o}} \Psi(\beta,x') dx' dx$$

Les calculs ont été exécutés en collaboration avec le service de Calcul Electronique sur le calculateur Ferranti Mercury alors en service au C.E.N.Saclay [I.6.9].

:

Ý.

La figure I.6.10 présente un réseau de courbes. Ce réseau correspond à une valeur du couple (α, Ψ) et donne les courbes $\frac{1}{\Delta}$ A_R ($n\sigma_0, \beta, \alpha, \Psi$) pour différentes valeurs de β .

- 98 -
En rapprochant les résultats fournis par le calcul de (I.6.13) de ceux que donne la méthode simple citée plus haut [I.6.8], on peut se rendre compte de l'influence de l'effèt de résolution sur les aires partielles. Les diagrammes qui font l'objet des figures I.6.11, I.6.12, I.6.13 montrent comment les plages d'erreurs supérieures à 5 pour cent s' étendent au fur et à mesure que Ψ augmente. Il est d'ailleurs des régions où l'erreur atteint et même dépasse 50 pour cent. En revanche ces plages d'erreur se retrécissent lorsque α augmente, ce à quoi l'on pouvait bien s'attendre, puisque augmenter α c'est tendre vers le cas des aires totales.

ł

;

On pourrait exploiter les réseaux tels que celui de la figure I.6.10 d'une façon tout à fait analogue à celle utilisée pour l'exploitation des courbes de transmission minimum. Etant donnée une aire expérimentale relative à une seule valeur de α convennblement choisie en fonction de la résonance à analyser, la méthode consisterait à déterminer une suite de valeurs de $n\sigma_0$ correspondant aux différentes valeurs de β compatibles avec un choix arbitraire de différents Ψ , et à tracer ainsi une courbe $n\sigma_0$ en fonction de Ψ ou de β .

- 99 -

Cependant une telle façon de procéder, liée à la présentation des résultats exigerait la manipulation d'un grand nombre de réseaux pour n'utiliser en fin de compte qu'une seule courbe de chaque réseau, celle dont le β correspond au Ψ choisi. Or le rapport Ψ/β est une caractéristique des conditions expérimentales. En effet

1

Ł

$$\varphi/\beta = \frac{R}{\Gamma} \frac{\Gamma}{2\Delta} = \frac{R}{2\Delta}$$

C'est une grandeur connue. Dans ces conditions il est plus avantageux de caractériser les réseaux par le couple (α , φ / β). La figure I.6.14 présente un tel réseau.

Ceci étant, on dispose donc d'une seule courbe $n\sigma_0$ en fonction de Ψ ou de β . L'obtention des paramètres de la résonance exige comme précédemment au moins une deuxième courbe de même type. Si on se limite à l'emploi de cette seule méthode, il faut alors disposer d'une deuxième aire partielle expérimentale. Ceci peut se faire de deux façons différentes :

- soit en la mesurant sur une autre courbe de transmission relative à un écran plus ou moins épais,

- 100 -



- soit en la mesurant sur la même courbe de transmission mais en choisissant d'autres limites, ce qui revient à prendre une autre valeur du paramètre a.

I.6.1.5 Méthodes de la mi-largeur à mi-profondeur

Nous avons complété la panoplie des méthodes d'analyse par une méthode que l'expérience a révélé depuis fort utile, celle de la mi-largeur à mi-profondeur du creux de transmission [I.6.2].

Considérons l'aire partielle précédente (I.6.13) comme étant plus particulièrement une fonction $F(\alpha)$ de la variable α . On voit immédiatement que la transmission résonnante $T_R(\beta, \Psi, \alpha, n\sigma_0)$ au point α , qu'on écrira plus simplement $T_R(\alpha)$, vérifie la relation

$$T_{\rm R}(\alpha) = 1 - \frac{1}{2} \frac{dF}{d\alpha}$$
 (I.6.14)

ì

L'avantage de considérer la transmission sous cet aspect, c'est-à-dire comme une fonction de α et non plus comme une fonction de x, est que la variable α est directement accessible alors que x ne l'est pas.

- 101 -

Soit γ la mi-largeur à mi-profondeur du creux de transmission, c'est-..-dire, la valeur de α telle que

$$2T_{\rm R}(\gamma) = 1 + T_{\rm R}(0)$$
 (I.6.15)

La résolution de l'équation (I.6.15) permet de tléterminer γ pour différentes valeurs des paramètres β , φ et $n\sigma_0$. Les calculs ont été également effectués sur le calculateur Ferranti Mercury. Les résultats peuvent être présentés sous forme de réseaux de courbes tels que celui illustré par la figure I.6.15. Les courbes représentent la mi -largeur γ en fonction de $n\sigma_0$ pour différentes valeurs de β , le réseau étant caractéristique du rapport φ/β . Ces graphiques peuvent être utilisés de la même façon que ceux relatifs aux aires partielles. Il suffit pour cela de composer la mi-largeur γ_{exp} déduite de celle mesurée sur la courbe de transmission expérimentale en divisant les abcisses par Δ , à la mi-largeur théorique γ définie plus haut en (I.6.15).

On peut remarquer par ailleurs que la figure I.6.15 comporte également le réseau de courbes $T_R(\alpha = 0)$ introduites dans la

- 102 -

relation (I.6.15) et qui me sont autres que les courbes $T_R(\beta, \varphi, o, n\sigma_0)$ de la méthode du minimum de transmission du paragraphe I.6.1.2 mais présentées cette fois en réseau caractéristique des valeurs de φ/β .

Nous sommes allés plus loin dans cette voie, comme nous le verrons au chapitre IV, en considérant des mi-largeurs autres que celles à mi-profondeur.

I.6.2 Méthodes d'analyse avec terme d'interférence

Nous nous proposons maintenant d'exposer différentes méthodes d'analyse qui tiennent compte de l'effet d'interférence entre la diffusion potentielle et la diffusion résonnante.

4

I.6.2.1 Méthode des aires

Les premières tentatives faites dans ce sens l'ont été dans le cadre de la méthode des aires. Elles avaient pour but de compléter l'expression de l'aire écrite en (I.6.9) par un terme correctif dépendant du déphasage K défini en (I.2.61). Elles

- 103 --

portèrent d'abord sur la formule de Breit et Wigner approchée (J.2.62), puis sur son expression plus exacte (J.2.58). Mais, avant de décrire ces tentatives, il convient de faire une remarque qui permettra de mieux définir la nature et le signe de ce terme correctif.

On sait que l'influence du terme d'interférence se traduit par une déformation de la courbe de transmission, qui asymétrise cette dernière par un effet constructif dans la région des $(E-E_R)$ négatifs et destructif dans la région opposée, et dont il est facile de suivre l'évolution à mesure que K augmente sur la figure I.2.1. Plus précisément considérons les figures I.6.16 et I.6.17. Elles représentent toutes deux une courbe de transmission T_{IR} en fonction de $(E-E_R)/\Delta$, la première sans effet d'interférence, la seconde avec effet d'interférence, tous les autres paramètres étant égaux par ailleurs. La partie hachurée sur la figure I.6.16 correspond à l'aire comprise entre les limites $-\alpha$, $+\alpha$ dont l'expression $\frac{1}{\Delta}A_R(n\sigma_0,\beta,\alpha,\varphi)$ est définie en (I.6.13). On peut montrer que l'aire comprise entre les mêmes

- 101 -

limites sur la figure I.6.17 lui est inférieure. Nous désignerons cette aire par $\frac{1}{\Delta} A_{IR}(n\sigma_0, \beta, \alpha, \varphi, K)$. Sa partie située au dessus de l'horizontale $T_{IR} = 1$ est négative. Par anticipation donnons son expression telle qu'elle résulte des relations (I.6.86), (I.6.87) et (I.6.87) du paragraphe 1.6.2.4 et des conventions sur la définition (I.2.59) de σ_0 qu'elles impliquent

$$\frac{1}{\Delta} \quad A_{IR} (n\sigma_0, \beta, \alpha, \varphi, K) = \frac{1}{\beta} \int_{-\alpha\beta}^{+\alpha\beta} \left\{ 1 - \frac{1}{\varphi\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x' - x}{\varphi} \right)^2 \right] \right\}$$
(I.6.16)
$$- n\widetilde{\sigma_0} \cos K (\Upsilon(\beta, x') + \frac{1}{\varphi} (\beta, x') tg K dx' dx'$$

 \oint étant la fonction définie en (I.4.8).

Aux fins de comparaison on peut écrire les aires (I.6.9) et (I.6.16) sous une forme différente mieux adaptée [I.6.10]

$$\frac{1}{\Delta} A_{\rm R}(n\sigma_{\rm o}, \beta, \alpha, \varphi) = 2\alpha - \frac{1}{\beta} \int_{0}^{\infty} \exp\left[-n\sigma_{\rm o} \Psi(\beta, x^{\prime})\right] \left[\exp\left(\frac{\alpha b + x^{\prime}}{\varphi\sqrt{2}}\right) + \exp\left(\frac{\alpha\beta - x^{\prime}}{\varphi\sqrt{2}}\right) \right] dx^{\prime}$$
(I.6.17)

- 105 -

$$\frac{1}{\Delta} \Lambda_{\rm IR} (n\sigma_0, \beta, \alpha, \Psi, K) = 2\alpha - \frac{1}{\beta} \int_0^{\infty} \exp\left[-n\widetilde{\sigma}_0 \cos K \Psi(\beta, x')\right].$$

$$(I.6.18)$$

$$\left[\operatorname{erf}\left(\frac{\alpha\beta + x'}{\psi\sqrt{2}}\right) + \operatorname{erf}\left(\frac{\alpha\beta - x'}{\psi\sqrt{2}}\right) \right] \operatorname{ch}(\operatorname{tg} K \Phi(\beta, x')) dx'$$

- 106 -

Les intégrales du second membre tant dans la relation (I.6.17) que dans la relation (I.6.18) sont toutes deux positives, et il est clair que la deuxième est supérieure à la première, ce qui entraîne

$$\frac{1}{\Delta} A_{\rm IR} (n\sigma_0, \beta, \alpha, \Psi, K) \leqslant \frac{1}{\Delta} A_{\rm R} (n\sigma_0, \beta, \alpha, \Psi)$$
(I.6.19)

Compte tenu de cette inéquation on peut écrire

$$A_{R}(n\sigma_{0}, \beta, \alpha = \infty) = A_{IR}(n\sigma_{0}, \beta, \alpha = \infty, K) + C(n\sigma_{0}, \beta, \alpha = \infty, K)$$
(I.6.20)

Le terme C $(n\sigma_0,\beta,\alpha = \infty,K)$ est positif donc et rend compte de l'effet d'interférence. Lynn [I.6.11] a montré que ce terme pouvait se mettre sous la forme d'une série infinie d'autant plus

convergente que ${\rm Kn}\sigma_0$ est plus petit. C'est dire que

- 107 -

$$C(n\sigma_{0},\beta,\alpha = \infty,K) = \sum_{m=1}^{\infty} C_{m}(n\sigma_{0},\beta,\alpha = \infty,K) \qquad (1.6.21)$$

La fonction de résolution ne jouant aucun rôle on peut écrire

١

$$\frac{1}{\Delta} A_{\rm IR}(n\sigma_0,\beta,\alpha=00,{\rm K}) = \frac{1}{\beta} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[1 - T_{\rm IR}(n\sigma_0,\beta,{\rm K},{\rm x})\right] d{\rm x} \qquad (1.6.22)$$

la fonction T_{IR} étant définie à partir des relations (I.2.66), (I.2.67) en s'en tenant à la formule approchée de Breit et Wigner.

Considérons d'abord le cas où l'effet Döppler est négligeable. α n'ayant plus de raison d'être, on a

$$A_{IR}(n\sigma_{0},\beta=0,K) = \frac{\Gamma}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[1 - \exp\left(-\frac{n\sigma_{0}}{1+x^{2}}\right) \exp\left(-\frac{Kn\sigma_{0}x}{1+x^{2}}\right)\right] dx$$
(I.6.23)

Développons alors en série la deuxième exponentielle. On obtient

- 108 -

$$\Lambda_{\rm IR}(n\sigma_0,\beta=0,{\rm K}) = \frac{\Gamma}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} 1 - \exp\left(-\frac{n\sigma_0}{1+x^2}\right) dx \qquad ({\rm I.6.24})$$

$$-\frac{r}{2}\sum_{m=1}^{\infty}\frac{(Kn\sigma_0)^{2m}}{(2m)!}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{x^{2m}}{(1+x^2)^{2m}}\exp\left[-\frac{n\sigma_0}{1+x^2}\right]dx$$

i

1

i

1

;

Ł

ì

r

où seuls apparaissent au second membre les termes de degré pair, les intégrales portant sur les termes de degré impair étant nulles.

La relation (I.6.24) donne finalement

$$A_{\rm IR}(n\sigma_0,\beta=0,{\rm K}) = A_{\rm R}(n\sigma_0,\beta=0) - \frac{\Gamma}{2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{({\rm K}n\sigma_0)^{2m}}{(2m)} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{x^{2m}}{(1+x^2)^{2m}}$$

$$\exp\left[-\frac{n\sigma_0}{1+x^2}\right] dx \qquad (1.6.25)$$

avec d'après (I.G.9)

$$A_{\rm R}(n\sigma_{\rm o},\beta={\rm o}) = \frac{1}{2} \pi n\sigma_{\rm o} e \qquad \left[I_{\rm o} \left(\frac{1}{2} n\sigma_{\rm o}\right) + I_{\rm 1} \left(\frac{1}{2} n\sigma_{\rm o}\right) \right]$$

Les intégrales du second membre de (I.6.25) se calculent à l'aide des définitions des fonctions de Bessel par les intégrales de Poisson [I.6.12] et par identification avec (I.6.20) et (I.6.21)on trouve le résultat trouvé par Lynn.

$$C_{m}(n\sigma_{o},\beta=o,K) = \pi \Gamma K^{2m} \left(\frac{n\sigma_{o}}{2}\right)^{m+1} \frac{(2m-3)!!}{(2m)!} e^{-\frac{1}{2}n\sigma_{o}} \left[I_{m-1} \left(\frac{n\sigma_{o}}{2}\right) + I_{m} \left(\frac{n\sigma_{o}}{2}\right)\right]$$
(1.6.26)

;

(1.6.27)

Dans cette expression I_m désigne la fonction de Bessel modifiée d'ordre m.

A basse énergie le terme correctif $C(n\sigma_0,\beta=0,K)$ n'intervient que lorsque $n\sigma_0$ est grand. Dans ces conditions on peut utiliser un développement asymptotique des fonctions de Bessel pour écrire

$$\lim_{n\sigma_{0}\longrightarrow\infty} A_{\mathrm{IR}}(n\sigma_{0},\beta=0,\mathrm{K}) = \Gamma(\pi n\sigma_{0})^{1/2} \left[1 - \sum_{m=1}^{\infty} \frac{(2m-3)!!}{(2m)!} \left(\frac{(n\sigma_{0}\mathrm{K}^{2})}{\frac{1}{2}}\right)\right]$$

ı ,

La figure 1.6.18 représente en trait plein la fonction

$$\frac{2}{\Gamma} \lim_{n \sigma_0 \to \infty} A_{\rm IR}(n\sigma_0,\beta=0,K)$$

$$N = \frac{n\sigma_0 K^2}{2} \text{ étant la variable.}$$

Elle permet de se faire une idée de l'influence du terme d'interférence sur l'aire et montre combien on s'écarte de la courbe

$$\frac{2}{\Gamma} \lim_{n\sigma_0 \to \infty} A_{R}(n\sigma_0,\beta=0)$$

à mesure que X augmente, indiquant par là dans quelle mesure la relation (I.6.10) est entachée d'erreur pour les écrans épais lorsque le déphasage K croft.

La figure 1.6.18 montre que la fonction définie par (I.6.27) passe un maximum et que la courbe traverse l'axe des X sous un angle assez marqué. Ceci permet de déterminer les paramètres σ_0 et Γ . En effet le maximum se situe à l'abcisse X_{Max} = 0,610 soit pour $n\sigma_0 = 1,22/K^2$. La valeur est

- 111 -

$$Max \left[A_{IR}(r \circ_0, \beta = 0, K)\right] = 2,656 \Gamma/K$$

ou en prenant l'énergie pour variable

Max
$$[A_{IR}(n\sigma_0,\beta=0,K)] = 1,328 \Gamma/K$$
 (1.6.28)

Le maximum est relativement plat et de ce fait se prête bien à une détermination expérimentale.

Si l'épaisseur de l'échantillon n'est légèrement différente de l'épaisseur n_{max} qui correspondrait au maximum de la courbe, on peut effectuer un développement en série de Taylor autour de X_{max} arrêté au second ordre. On trouve sinsi pour l'aire

$$Max \left[A_{IR}(n\sigma_{0},\beta=0,K)\right] = \frac{\Gamma}{K} \left[1,328 - 0,532\left(1 - \frac{n}{n_{max}}\right)^{2}\right]$$
(I.6.29)

La fonction $A_{IR}(n\sigma_0,\beta=0,K)$ s'annule pour X = 1,7 soit, $r\sigma_0 = 3,4/K^2$

•

Au total

-

$$\Gamma = \frac{K.Max \left[A_{IR}(n\sigma_0,\beta=0,K)\right]}{1,328-0,532\left(1-\frac{n}{n_{max}}\right)^2} \qquad \sigma_0 = \frac{3,4}{nK^2} \qquad (I.6.30)$$

٠

- 112 -

Malgré tout, partant d'un effet Döppler nul et impliquant a priori un choix convenable de l'épaisseur de l'échantillon pas évident a faire, coite méthode porte en elle sa propre limitation. Du moins peut-on essayer de reculer cette limitation en considérant l'effet Döppler.

Lorsque β n'est pas nul, l'expression de T_{IR} dans (I.6.22) . est remplaçée par

$$T_{\rm IR}(n\sigma_0,\beta,K,x) = \exp\left\{-n\sigma_0\left[\Psi(\beta,x) + K \oint(\beta,x)\right]\right\}$$
(I.6.31)

En procédant comme dans le cas où β est nul, on peut écrire

$$\frac{1}{\Delta} A_{\rm IR}(n\sigma_0,\beta,K) = \frac{1}{\Delta} A_{\rm R}(n\sigma_0,\beta) - \frac{1}{\beta} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{(K_n\sigma_0)^2 m}{(2m)!} \int_{-\infty}^{+\infty} \Phi^{2m}(\beta,x)$$

(I.6.32)

$$\exp\left[-n\sigma_{0}\Psi(\beta,x)\right] dx$$

d'où l'on tire $\frac{1}{\Delta}$ C_m (n σ_0 , β ,K).

Les calculs numériques des C_m ont été éxécutés [I.6.11] seulement pour les six premières valeurs de m. La figure I.6.19 représente le réseau de courbes $C_1(n\sigma_0,\beta,K)$, en fonction de β pour différentes valeurs de $n\sigma_0$. Les courbes montrent que les $C_m(n\sigma_0,\beta,K)$ sont des fonctions de β d'autant plus décroissantes que m est plus grand et que $n\sigma_0$ est plus petit.

Si le terme d'interférence n'est pas important on peut considérer le terme C $(n\sigma_0,\beta,\alpha=\infty,K)$ comme limité au premier terme de son développement. On écrira

$$\frac{1}{\Delta} A_{\rm IR}(n\sigma_0,\beta,K) = \frac{1}{\Delta} A_{\rm R}(n\sigma_0,\beta) - \frac{1}{\Delta} C_1(n\sigma_0,\beta,K) \qquad (I.6.33)$$

Mais comme pour la méthode des aires sans terme d'interférence on ne mesure pas en fait l'aire expérimentale de $-\infty$ à + ∞ , mais plutôt entre deux limites finies. Pour en tenir compte or fait une correction analogue à celle déjà rencontrée faisant intervenir cette fois le terme d'interférence. Si E₁ et E₂ sont grands par rapport à la largeur totale Γ et pourvu que T soit

- 113 -

- 114 -

de l'ordre de 0,9 aux limites, on trouve pour la correction

au premier ordre

$$\delta_{A_{\rm IR}^{(1)}} = \frac{1}{2} n\sigma_0 \Gamma \left[K \log \frac{E_1}{E_2} + \frac{1}{2} \Gamma \left(1 - \frac{1}{2} n\sigma_0 K^2 \right) \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right) \right] (I.6.34)$$

et au second ordre

$$\delta \Lambda_{\rm IR}^{(2)} = \delta \Lambda_{\rm IR}^{(1)} + \frac{1}{16} n\sigma_0 \Gamma^2 \left[K \Gamma \left(\frac{1}{6} n\sigma_0 K^2 - 1 \right) \left(\frac{1}{E_2^2} - \frac{1}{E_1^2} \right) - \frac{1}{E_1^2} \right]$$

$$\frac{1}{6} n\sigma_0 \Gamma^2 = 1 - n\sigma_0 K^2 + \frac{1}{12} \left(n\sigma_0 K^2 \right)^2 \left(\frac{1}{E_1^3} - \frac{1}{E_2^3} \right)$$

$$(I.6.35)$$

Si on choisit E_1 et E_2 tels que $E_1 = E_2 = E$, les termes correctifs ci-dessus deviennent respectivement

$$\xi A_{\rm IR}^{(1)} = \frac{n\sigma_0 \Gamma^2}{2\xi} \left(1 - \frac{1}{2} n\sigma_0 K^2 \right)$$
(I.6.36)

$$\delta \Lambda_{\rm IR} = \frac{n\sigma_0 \Gamma^2}{2\varepsilon} \left[\left(1 - \frac{1}{2} n\sigma_0 K^2 \right) - \frac{n\sigma_0 \Gamma^2}{24\varepsilon^2} \left(1 - n\sigma_0 K^2 + \frac{1}{12} \left(n\sigma_0 K^2 \right)^2 \right) \right]$$

.

(1.6.37)

÷

L'application de la méthode exposée ci-dessus suppose la connaissance de K, c'est-à-dire, celle de R'= a_c . Si tel n'est pas le cas il faut faire appel à une mesure de la section efficace de diffusion potentielle. Mais on peut remarquer à cet effet que si l'on choisit deux énergies symétriques par rapport $a E_R$ définies par $E = E_R - E_3$ et $E = E_R + E_3$, E_3 étant bien plus grand que la largeur Γ , on peut écrire

$$T_{p} = \left[T(E_{R} - E_{3})T(E_{R} + E_{3}) \right]^{1/2} \exp\left[\frac{n\sigma_{0} \Gamma^{2}}{4E_{3}^{2}}\right]$$
(1.6.38)

on procède alors par itérations successives.

Les relations (I.6.33) et (I.6.34) qui définissent l'aire totale et sa correction d'aile, ainsi que la relation (I.6.38) ci-dessus impliquent que l'énergie de résonance E_R est connue et définie par le minimum de transmission tel que l'indique la figure I.6.16, ou par le minimum expérimental. Cette dernière approximation se trouve justifiée dans la mesure où la formule de Breit et Wigner

- 115 -

4. 242

100 - 100 -

; * :

1

approchée (I.2.62) est elle-même applicable.

J.L.Rosen [1.6,13] a introduit l'effet Döppler en effectuant les calculs de l'aire $\frac{1}{\Delta} A_{IR}$ autrement que par un développement tel que celui utilisé par Lynn. Il calcule les fonctions Ψ et Φ respectivement à l'aide de l'équation aux dérivées partielles

- 116 -

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} = \frac{\partial \Psi}{\partial t} \quad \text{où } t = \frac{1}{4} \beta^2 \qquad (I.6.39)$$

associée à la condition initiale $\psi(x,o) = \frac{1}{1+x^2}$, et à l'aide de l'équation (I.4.9).

En ce qui concerne la correction d'aile il écrit

$$\frac{1}{\Delta}\Lambda_{\rm IR}(n\sigma_0,\beta,\alpha=\infty,{\rm K}) = \frac{1}{\Delta}\Lambda_{\rm IR}(n\sigma_0,\beta,\alpha,{\rm K}) + \frac{1}{\Delta}\delta_{\Lambda \rm IR}$$

avec

$$\frac{1}{\Delta} \delta_{A_{IR}} = \frac{1}{\Delta} \delta_{A_{IR}}^{(2)} + \frac{(n\sigma_0 \Gamma^2)^2}{1920 \Delta \varepsilon^4} \left[4 - 6n\sigma_0 K^2 + (n\sigma_0 K^2)^2 - \frac{1}{30} (n\sigma_0 K^2)^3 \right]$$

ł

- 117 -

 $\delta A_{IR}^{(2)}$ désignant la correction d'aile (I.6.37).

La figure I.6.20 donne un échantillon des courbes ainsi obtenues. A notre sens l'utilisation d'un tel réseau rend illusoire l'ordre élevé auquel est poussée la correction d'aile (I.6.40). \$

ł

En fait il ne faut pas oublier que toutes les versions de la méthode des aires décrites dans ce paragraphe, pour autant qu'elles tiennent compte du terme d'interférence, procédant de la formule de Dreit et Wigner approchée (I.2.62) qui est en fait une approximation valable seulement lorsque le déphasage de l'amplitude de diffusion potentielle est très petit, ce qui n'est généralement plus le cas lorsqu'on atteint la région du kilo-électron-volt.

Lorsqu'on part de la formule de Breit et Wigner exacte (I.2.53) l'aire totale (I.6.23) devient

$$A_{IR}(n\sigma_0,\beta=0,K) = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[1 - \exp\left[-\frac{n\sigma_0}{1+x^2}\left(\cos K + x\sin K\right)\right]\right] dx \qquad (J. 6. 41)$$

Cette relation peut encore s'écrire bien évidemment

$$A_{\rm IR}(n\sigma_0\beta=0,{\rm K})=\frac{1}{2}\int_{-\infty}^{+\infty}\left[1-\exp\left[-\frac{n\sigma_0\cos{\rm K}}{1+x^2}\right]\exp\left[-\frac{n\sigma_0x\sin{\rm K}}{1+x^2}\right]\right]dx\,({\rm I.6.42})$$

et en suivant le même processus pour (I.6.42) que celui qui a été suivi pour (I.6.23), c'est-à-dire, en développant en série la deuxième exponentielle et en se souvenant que seules ne sont pas nulles les intégrales portant sur des termes de degré pair, on obtient une relation analogue à (I.6.24), qui s'écrit

$$\Lambda_{\rm IR}(n\sigma_0,\beta=0,K) = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[1 - \exp\left(-\frac{n\widetilde{\sigma}_0\cos K}{1 + x^2}\right)\right] dx$$
(I.6.43)

$$-\frac{1}{2} \prod_{m=1}^{\infty} \frac{(n\widetilde{\sigma}_0 \sin K)^{2m}}{(2m)!} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{x^{2m}}{(1+x^2)^{2m}} \exp\left(-\frac{n\widetilde{\sigma}_0 \cos K}{1+x^2}\right) dx$$

Les intégrales de (I.6.43) sont les mêmes que celles de (I.6.24) à celà près que $n\sigma_0 K$ est remplacé par $n\sigma_0 \sin K$ et $n\sigma_0$ non associé à K par $n\sigma_0 \cos K$. Les résultats sont donc immédiats. On obtient

- 118 -

i I

1

:

4

$$\begin{split} A_{\rm IR}(n\sigma_0,\beta=0,{\rm K}) &= \frac{1}{2} \pi \Gamma n\widetilde{\sigma}_0 \cos {\rm K} \ e \qquad \begin{bmatrix} I_0(\frac{1}{2}n\widetilde{\sigma}_0\cos {\rm K}) + I(\frac{1}{2}n\widetilde{\sigma}_0\cos {\rm K}) \end{bmatrix} \\ &- \frac{1}{2}\pi \Gamma n\sigma_0\cos {\rm K} \ e^{-1/2}n\widetilde{\sigma}_0\cos {\rm K} \ \sum_{m=1}^{\infty} \left(\frac{n\widetilde{\sigma}_0\cos {\rm K}}{2}\right)^m {\rm tg}^{2m}{\rm K}\frac{(2m-3)!!}{(2m)!} \\ & \left[I_{m-1} \ (\frac{1}{2}n\widetilde{\sigma}_0\cos {\rm K}) + I_m \ -\frac{1}{2}\left(n\widetilde{\sigma}_0\cos {\rm K}\right)\right] \end{split}$$
(I.6.44)

\$

ŧ

ļ

•

- 119 -

où I_0, I_1, I_m sont respectivement les fonctions de Bessel modifiées d'ordre 0,1 et m.

•

Seth dans [I.6.14] écrit la relation (I.6.44) sous la forme

$$\frac{1}{\Gamma} A_{IR}(n\sigma_{0},\beta=0,K) = \pi Z_{e}^{-Z} \left[I_{0}(Z) + I_{1}(Z) \right]$$

$$\left\{ 1 - \frac{1}{2} Z_{tg}^{2}K - \sum_{m=2}^{\infty} \frac{I_{m}(Z) + I_{m-1}(Z)}{(I_{0}(Z) + I_{1}(Z)} \cdot \frac{(1/2 Z_{tg}^{2}K)^{m}}{(2m-1)m!} \right\}$$
(I. 6. 45)

en posant $Z = \frac{1}{2} n\sigma_0 \cos K$ et compte tenu que $(2m)! = 2^m m! (2m-1)!!$

Lorsque K est très petit Ztg²K peut s'écrire

$$Ztg^{2}K = 8\pi p^{2}$$
 (I.6.46)

ì

en posant

ng $\frac{\Gamma_n}{\Gamma} R'^2 = p^2$

Lorsque le paramètre p est très petit on peut négliger les termes en p^2 . Ainsi retrouve-t-on la relation (I.6.9). Mais il peut ne pas être petit bien que K le soit. Èn effet lorsque les résonances sont caractérisées par $\Gamma n/\Gamma \ll 1$ on utilise des échantillons très épais. Par ailleurs il n'est pas rare de trouver des résonances pour lesquelles $\Gamma n/\Gamma \sim 1$ donnant $\int^2 \approx ngR^{12}$.

Ainsi donc la relation (I.6.9) se révèle être dans ce cas une approximation insuffisante que l'on peut remplacer en deuxième approximation par la relation suivante

$$\frac{1}{\Gamma} A_{\rm IR}(n\sigma_0, \beta = 0, {\rm K}) = \pi Z e^{-Z} \left[I_0(Z) + I_0(Z) \right] \left(1 - \frac{1}{2} Z t g^2 {\rm K} \right) \qquad (I.6.47)$$

C'est l'approximation que l'on rencontre dans [I.6.15] et [I.6.16] pour des K petits. Elles se justifie lorsque $I_m(Z) \sim O$ pour $m \ge 1$. Il en est ainsi si $Z < n \tilde{\sigma}_0 \ll 1$. Mais lorsque $Z \gg 1$

- 120 -

- 121 -

la série de (I.6.44) converge lentement. Cette convergence dépend en fait du terme

$$\frac{1}{m!(2m-1)} \not \leq tg^2 K$$

Pour $K = \frac{\pi}{2}$ par exemple elle diverge manifestement. Cependant, en admettant que l'on puisse tolérer une telle valeur dans la relation (I.2.58) en transgressant les hypothèses restrictives de validité de cette formule, on peut montrer que dans ces conditions le premier membre de (I.6.47) s'exprime à l'aide d'une autre relation qui s'écrit

$$\frac{1}{\Gamma} A_{\rm IR}(n\tilde{a}_0,\beta=0,K) = -\pi \sum_{m=1}^{\infty} \left(\frac{n\tilde{a}_0}{4}\right)^{2m} \frac{1}{(m!)^2(2m-1)}$$
(I.6.48)

En effet lorsque K = $\frac{\pi}{2}$, la relation (I.6.41) devient

$$\Lambda_{IR}(n\widetilde{\sigma}_{0},\beta=0,K=\frac{\pi}{2}) \frac{4}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} \left(1-\exp\left[-\frac{n\widetilde{\sigma}_{0}x}{1+x^{2}}\right]\right) dx \qquad (I.6.49)$$

soit

$$A_{IR}(n\vec{\sigma}_{0},\beta=0,K=\frac{\pi}{2}) = -\frac{1}{2}\Gamma\sum_{m=1}^{\infty}\frac{(n\vec{\sigma}_{0})^{2m}}{2m!}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{x^{2m}}{(1+x^{2})^{2m}} dx$$

(I.6.50)

1

١

ce qui donne (I.6.48) compte tenu de la définition de la fonction e vlérienne de première espèce et du changement de variable $x^2 = \mu /(1 - \mu)$.

Donc lorsque $Z \ge 1$ la convergence ést lente. K.Seth $[\overline{J}, 6, 14]$ a fait les calculs numériques pour différentes valeurs de ρ et K. Les figures I.6.21 et I.6.22 illustrent les résultats de ces calculs. La première représente le réseau de courbes donnant $\frac{1}{\Gamma} \Lambda_{IR}$ $(n\sigma_0,\beta=0,K)$ en fonction de $n\sigma_0$ pour différentes valeurs de ρ , la seconde le même réseau de courbes caractérisées cette fois par le paramètre K. Les courbes en pointillé se rapportent à des valeurs négatives des aires.

La correction d'aile inhérente au fait que l'aire mesurée expérimentalement ne s'étend pas de $-\infty$ à $+\infty$ se calcule aisément à partir des relations (I.6.34), (I.6.35), (I.6.36) ou (I.6.37). Il suffit d'y remplacer partout $n\sigma_0 K$ par $n\sigma_0 \sin K$ et $n\sigma_0$, lorsqu'il n'est pas associé à K, par $n\sigma_0 \cos K$.

Ainsi dans le cas de deux limites prises symétriquement à la distance ξ de part ct d'autre de E_R on trouve après arrangement

$$\begin{split} \delta A_{\mathrm{IR}} &= \frac{n \widetilde{\sigma}_{0} \Gamma^{2} \mathrm{cosK}}{2 \epsilon} \Biggl\{ \Biggl(1 - \frac{1}{2} n \widetilde{\sigma}_{0} \frac{\mathrm{sin}^{2} \mathrm{K}}{\mathrm{cosK}} \Biggr) \\ &- \frac{n \widetilde{\sigma}_{0} \Gamma^{2} \mathrm{cosK}}{24 \epsilon^{2}} \Biggl[1 - n \widetilde{\sigma}_{0} \frac{\mathrm{sin}^{2} \mathrm{K}}{\mathrm{cosK}} + \frac{1}{2} \Biggl(n \widetilde{\sigma}_{0} \frac{\mathrm{sin}^{2} \mathrm{K}}{\mathrm{cosK}} \Biggr) \Biggr] \Biggr\} (\mathrm{I.6.51}) \end{split}$$

On peut poser $\xi = n \vec{\sigma}_0 \sin K tg K$ pour alléger l'écriture

$$\delta A_{\mathrm{IR}^{\pm}} \frac{n \tilde{\sigma}_{0} \Gamma^{2} \cos K}{4 \varepsilon} \left[2 - \xi - \frac{n \tilde{\sigma}_{0} \Gamma^{2} \cos K}{12 \varepsilon^{2}} \left(1 - \xi + \frac{1}{12} \xi^{2} \right) \right]$$

$$(\mathrm{I.6.52})$$

et si l'on revient à la variable x, on obtient

$$\partial A_{\rm IR} = \frac{\tilde{n\sigma_0} \Gamma \cos K}{2x_1} \left[2 - \xi - \frac{\tilde{n\sigma_0} \cos K}{3x_1^2} \left(1 - \xi + \frac{1}{12} \xi^2 \right) \right]$$

- 123 -

(1.6.53)

1

1

ł

- 124 -

en posant

$$\mathbf{x}_{1} = \begin{bmatrix} 2(E-E_{R}) \\ \Gamma \end{bmatrix}_{E=E_{R}+\varepsilon} = \frac{2\varepsilon}{\Gamma}$$

I.6.2.2 Méthode des aires pseudo-corrigées

La méthode qui vient d'être exposée implique la connaissance du paramètre K. S'il n'en est plus ainsi et si K est important on doit plutôt faire appel à la méthode des aires pseudo corrigées de Lynn [I.6.17] qui de plus tient compte du fait que l'on ne connait pas non plus exactement la valeur de l'énergie E_R , comme le montre la figure I.6.32 (a).

Si l'on revient à la formule de Breit et Wigner il est plus naturel de la considérer sous la forme (I.2.60) où l'on désigne par σ_0 la section efficace totale au droit de l'énergie de résonance

$$\sigma_0 = \sigma (x = 0) - \sigma p \qquad (I.6.54)$$

Avec cette notation l'aire totale (I.6.44) s'écrit alors

$$A_{IR}(n\sigma_{0},\beta = 0,K) = \frac{1}{2} \pi n\sigma_{0} \Gamma e^{-1/2} n\sigma_{0} \left\{ I_{0}(\frac{1}{2} n\sigma_{0}) + I_{1}(\frac{1}{2} n\sigma_{0}) + I_{1}(\frac{1}{2}$$

- 125 -

$$(I.6.55) - \sum_{m=1}^{\infty} (\frac{1}{2} n\sigma_0 tg^2 K) \frac{m(2m-3)!!f}{(2m)!} I_{m-1}(\frac{1}{2}n\sigma_0) + I_m(\frac{1}{2} n\sigma_0)]$$

1

ł

ł

ł

۰,

•

La relation (I.6.27) par ailleurs nous permet d'écrire pour les échantillons épais caractérisés par n $\sigma_0 \gg 1$

•

$$\lim_{n\sigma_{0\to\infty}} A_{\mathrm{IR}}(n\sigma_{0}, \beta = 0, \mathrm{K}) = \Gamma(\pi n\sigma_{0})^{\frac{1}{2}} \left[1 - \sum_{m=1}^{\infty} \frac{(2m-3)!!}{(2m)!} \frac{1}{2} n\sigma_{0} \mathrm{tg}^{2} \mathrm{K} \right]^{m} \right]$$
(I.6.56)

que l'on peut écrire avec Lynn

$$\lim_{n\sigma_{0}\to\infty} A_{IR}(n\sigma_{0}, \beta=0,K) = \frac{\Gamma}{tgK} (\pi n\sigma_{0} tg^{2}K)^{1/2} \left[1 - \sum_{m=1}^{\infty} \frac{(2m-3)!!}{(2m)!} - n\sigma_{0} tg^{2}K^{m}\right]$$
(I.6.57)

ce qui suggère de prendre plutôt pour paramètres les deux quantités

$$\eta = \frac{1}{2} n\sigma_0 tg^2 K = \frac{1}{2} \xi \quad \text{et } \zeta = \frac{\Gamma}{tgK}$$

ξ étant la quantité utilisée dans (I.6.52).

Ainsi des réseaux de courbes ont été tracés qui représentent $\frac{1}{2} \Lambda_{IR}(n\sigma_0, \beta = 0, K)$ en fonction de $n\sigma_0$ pour différentes valeurs de γ .

Les calculs ont été effectués sur le calculateur Ferranti Mercury de Harwell. Nous avons repris aux figures I.6.24, I.6.25 I.6.26 et I.6.27 les courbes présentées dans [I.6.17] et [I.6.18].

Il s'agit maintenant de comparer les valeurs expérimentales obtenues par la mesure des aires totales aux courbes théoriques ainsi calculées.

En ce qui concerne la correction d'aile, nous savons que celle précédemment donnée en (I.6.51) n'est plus suffisante car elle suppose E_R connue. Reprenons les notations de Lynn explicitées par ailleurs sur la figure I.6.23, avec toutefois un point de vue légèrement différent, en s'inspirant de la figure J.6.32(a).

Considérons en première approximation que l'énergie de résonance est donnée par la position du minimum de la courbe de

- 126 -

. . .

1

1

transmission et soit E'_R cette énergie. Pour K non nul elle est différente de E_R , et en fait lui est supérieure tant que $0 < K < \pi$.

Ceci étant, mesurons l'aire comprise entre deux limites symétriques par rapport à E'_R , définies par $E'_R + \xi'$ et $E'_R - \xi'$. Il en résulte que la correction d'aile (I.6.51) devient

$$\delta A_{IR} = \frac{n\sigma_0 \Gamma^2}{2\epsilon'} \left\{ 1 - \frac{1}{2} n\sigma_0 tg^2 K - \frac{n\sigma_0 \Gamma^2}{24\epsilon^{12}} \left[1 - n\sigma_0 tg^2 K + \frac{1}{12} \left(n\sigma_0 tg^2 K \right)^2 \right] \right\}$$
(I.6.58)

ou encore

$$\delta A_{\rm IR} = \frac{\eta \zeta}{\xi_{\prime}} \left[1 - \eta - \frac{\eta \zeta}{12\xi^2} \left(1 - 2\eta + \frac{1}{3}\eta^2 \right) \right] \qquad (I.6.59)$$

Mais l'approximation des relations (I.6.58) et (I.6.59) suppose que $\delta \mathcal{E}' = \mathbf{E'}_R - \mathbf{E}_R$ est nul. Le fait qu'il n'en est pas ainsi nécessite une correction qui s'applique en sens opposé à celle des ailes calculée en (I.6.58) et (I.6.59).

- 127 -

En effet on peut écrire en prenant E comme variable

- 128 -

$$\int_{E'_{R}-\epsilon'}^{E'_{R}+\epsilon'} = \int_{E_{R}-\epsilon'}^{E_{R}+\epsilon'} + \int_{E_{R}+\epsilon'}^{E_{R}+\epsilon'+\epsilon'} - \int_{E_{R}-\epsilon'}^{E_{R}+\epsilon'+\epsilon'} E_{R}+\epsilon'$$
(I.6.60)

Désignons par $\delta' \Lambda_{IR}$ cette correction constituée par les deux dernières intégrales du second membre de (I.6.60). On trouve en se limitant aux termes au plus de degré deux en $\delta \varepsilon'$ et compte tenu des mêmes hypothèses de calcul que celles adoptées pour la correction d'aile

$$\begin{split} \delta' A_{\rm IR} &= n\sigma_0 \, \Gamma t g K \, \left[1 - \frac{n\sigma_0 \, \Gamma^2}{4 \, \epsilon^{1/2}} (1 - \frac{1}{6} \, n\sigma_0 t g^2 K) \right] \, \frac{\delta \epsilon'}{\epsilon_1} \\ &- \frac{n\sigma_0 \, \Gamma^2}{2 \, \epsilon'} \, \left(1 - \frac{1}{2} \, n\sigma_0 t g^2 K \right) \, \left(\frac{\delta \epsilon}{\epsilon'} \right)^2 \end{split}$$
(I.6.61)

•

.

. .

$$\delta' A_{\rm IR} = 2 \eta \zeta \left[1 - \frac{\eta \zeta^2}{2\xi' 2} \left(1 - \frac{1}{3} \eta \right) \right] \frac{\delta \epsilon'}{\epsilon'} - \frac{\eta \zeta^2}{\epsilon'} \left(1 - \eta \right) \left(\frac{\delta \epsilon'}{\epsilon'} \right)^2 \quad (I.6.62)$$

- 129 -

On peut déterminer la vraie valeur E_R de l'énergie de résonance à l'aide de la transmission potentielle T_P et de la transmission $T_{1/2}$ définie comme étant la moyenne arithmétique entre la transmission maximale et la transmission minimale. Pour ce faire considérons deux valeurs de la transmission.expérimentale respectivement dénotées $T(-\xi'')$ et $T(+\xi'')$, mesurées en deux points convenablement choisis de part et d'autre de l'énergie E_R , de telle façon que le point E''_R , milieu du segment de longueur $2\xi''$ qui les joint, en soit voisin. Désignons par $\xi\xi''$ la différence E''_R-E_R . Soit enfin $E_{1/2}$ l'énergie telle que $T_{1/2} = T(E_{1/2})$ avec $E_{1/2} < E_R$.

ł

Cela posé, on peut écrire

En ne retenant dans les développements que les termes en

$$y = \log\left(\frac{T_{1/2}}{T_{p}}\right) = -\frac{n\sigma_{0}r^{2}}{r^{2}+4(E_{1/2}-E_{R})^{2}} - \frac{n\sigma_{0}tgK. \ 2r(E_{1/2}-E_{R})}{r^{2}+4(E_{1/2}-E_{R})^{2}}$$
(I.6.66)

D'autre part la définition de la transmission $T_{1/2}$ permet d'écrire

$$T_{p} = \sqrt{T(\xi'')T(-\xi'')} \exp\left\{\frac{\eta\zeta^{2}}{2\xi''2} + 3\left(\frac{\xi\xi''}{\xi'}\right)^{2} - \eta\zeta\frac{\xi''}{\xi''}\right\} (1.6.65)$$

ł

٠

soit

-

on obtient

٠

$$T_{P} = \sqrt{T(\xi'')T(-\xi'')} \exp\left\{\frac{n\sigma_{0}\Gamma^{2}}{4\xi''2}\left[1+\left(\frac{\xi''}{\xi''}\right)^{2}\right] - \frac{n\sigma_{0}\Gamma}{2\xi''}tgK\left(\frac{\xi''}{\xi''}\right)^{2}\right\}$$
(I.6.64)

$$T(- \xi'') = \exp\left[- n\sigma \left(- \xi'' + \xi \xi''\right)\right]$$

 $(\xi \xi'')^2$ au plus et en tenant compte que

- 130 -

d'où l'on tire, en ne retenant que la racine négative

$$E_{1/2} - E_{R} = -\frac{\Gamma}{2y} \left\{ n\sigma_{0} tgK - \left[(n\sigma_{0} tgK)^{2} - 4y(y+n\sigma_{0}) \right]^{1/2} \right\}$$
(I.6.67)

- 131 -

1

ou encore

$$E_{1/2} - E_{R} = -\frac{\zeta}{y} \left[\eta - (\eta^{2} - 2y\eta - y^{2}tg^{2}K)^{1/2} \right]$$
 (I.6.68)

Ainsi pour déterminer T ρ et E_R faut-il résoudre simultanément les équations (I.6.64) et (I.6.67) ou (I.6.65) et (I.6.68). Cela peut se faire par approximations successives sur calculateur électronique [I.6.18] en posant

$$y = y_1 + y_2$$

où

$$y_1 = \log T_{1/2} - \frac{1}{2} \log T(\xi'') T(-\xi'') - \frac{\eta \zeta_2}{2 \xi''^2}$$

et

$$y_{2} = -\frac{3}{2} \frac{\eta \zeta^{2}}{\epsilon''^{2}} \left(\frac{\delta \epsilon''}{\epsilon''}\right)^{2} + \eta \zeta \frac{\delta \epsilon''}{\epsilon''}$$

et en développant au premier ordre le radical de (I.6.68) suivant les puissances de y₂.

- 132 -

}

i.

ł

Dès lors, si on présuppose un ensemble de valeurs de χ et ζ susceptible de couvrir une région du plan (χ, ζ) à l'intérieur de laquelle on peut s'attendre à trouver les paramètres, on peut calculer les termes correctifs pour chaque couple de valeurs, le système (I.6.65), (I.6.68) étant résolu en $\xi \in T_p$.

Ainsi obtient-on un ensemble d'aires expérimentales pseudocorrigées $(A_{IR})^{c}_{exp}$ telles que

$$(A_{\rm IR})_{\rm exp}^{\rm c} = (A_{\rm IR})_{\rm exp} + \delta A_{\rm IR} - \delta' A_{\rm IR} \qquad (I.6.69)$$

On peut maintenant comparer aires expérimentales et aires théoriques. Leur identification, dans les limites des erreurs expérimentales, par une méthode graphique est en réalité possible pour toute une courbe du plan $(\frac{1}{2} \ 2, 2 \ \zeta)$, appelée courbe selfconsistante pour une résonance et une épaisseur d'échantillon données. Son intersection avec d'autres courbes self-consistantes relatives à la même résonance, mais correspondant à des épaisseurs diffé-

ŗ

ł

- 133 -

rentes, fournit les valeurs des paramètres. On procède pratiquement comme suit.

Etant donné un tableau de valeurs du couple $(\frac{1}{2}7, 2\zeta)$, on trace les courbes $(A_{IR})_{exp}^{c}$ et $A_{IR}(n\sigma_{0}, \beta = 0, K)$, toutes deux en fonction de 2ζ et pour les mêmes valeurs de $\frac{1}{2}\gamma$ (figure I.6.28).

Les abcisses et ordonnées des points d'intersection des courbes prises deux à deux permettent de tracer les courbes selfconsistantes $\frac{1}{2n}$ \mathcal{L} en fonction de 2 ζ . Les intersections de ces courbes (voir figure I.6.29) délimitent à leur tour une plage de valeurs possibles pour les paramètres cherchés. Le choix se fait par une méthode de moindres carrés [I.6.7] après linéarisation des courbes par leurs tangentes, les erreurs prises en considération dans les calculs étant déterminées à partir des erreurs statistiques et graphiquement.

La méthode des aires pseudo-corrigées peut s'étendre au cas où β n'est pas nul. L'aire théorique est alors tirée de la relation (I.6.32) avec les mêmes notations que celles adoptées en début de paragraphe, soit

·

$$A_{\mathrm{IR}}(n\sigma_{0}, \beta, \alpha = \infty, \mathrm{K}) = A_{\mathrm{R}}(n\sigma_{0}, \beta, \alpha = \infty) \qquad (I.6.70)$$

$$- \frac{1}{2} \Gamma \sum_{\mathrm{m=1}}^{\infty} \frac{(n\sigma_{0}\mathrm{tg}\mathrm{K})^{2\mathrm{m}}}{(2\mathrm{m})!} \int_{-\infty}^{+\infty} \Phi^{-2\mathrm{m}}_{(\beta,\mathrm{x})\mathrm{exp}\left[-\mathrm{n}\sigma_{0}\Psi(\beta,\mathrm{x})\right]} \mathrm{dx}$$

En fait le calcul a été fait numériquement jusqu'à m=6.

Les résultats extraits de [I.6.18] sont présentés sous forme de réseaux de courbes $\frac{1}{2\zeta} A_{IR}(n\sigma_0,\beta,\alpha=\infty,K)$ en fonction de $n\sigma_0$, chaque courbe étant caractérisée par une valeur de 27 et chaque réseau par une valeur de β . Les figures I.6.30 et I.6.31 illustrent deux tels réseaux, le premier relatif à $\beta=1$ et l'autre à $\beta=2$.

En ce qui concerne les données expérimentales leur traitement est analogue à celui qui en est fait lorsque β est nul, mais les termes correctifs en sont quelque peu différents. En effet interviennent dans les formules les fonctions $\Psi(\beta, x)$ et $\frac{1}{2}(\beta, x)$ prises sous la forme de leur développement asymptotique valable lorsque $x > 5\beta$ et arrêté au premier ordre, soit

$$\Psi(\beta, \mathbf{x}) = \frac{1}{1 + \mathbf{x}^2} \left(1 + \frac{3}{2} \frac{\beta^2}{\mathbf{x}^2} \right)$$
 (I.6.71)

ì

- 134 -
$$\oint (\beta, x) = \frac{x}{1 + x^2} \left(1 + \frac{\beta^2}{2x^2} \right)$$
(I.6.72)

Ainsi la correction d'aile, si l'on considère des limites symétriques, comportera un seul terme supplémentaire dû à la contribution des termes en $(E-E_R)^{-2}$ de l'exponentielle, de sorte que

- 135 -

ł

i

1

î 1

ou

$$\int A_{\rm IR} = \frac{\eta \zeta^2}{\epsilon'} 1 - \eta + \frac{\Delta^2}{2\epsilon'^2} (1 - \frac{1}{3}\eta) - \frac{\eta \zeta^2}{12\epsilon'^2} (1 - 2\eta + \frac{1}{3}\eta^2) (1.6.74)$$

Le terme correctif $S'A_{IR}$ sera complété par la contribution du terme en $(E-E_R)^{-1}$ de l'exponentielle en convolution avec le terme en $(E-E_R)^{-2}$ de la fonction \clubsuit . On aura désormais

$$\begin{split} \delta' \Lambda_{\rm IR} &= n\sigma_0 \Gamma t_{\rm gK} \left[1 - \frac{n\sigma_0 \Gamma^2}{4\epsilon'^2} (1 - \frac{1}{6} n\sigma_0 tg^2 K) + \frac{\Delta^2}{2\epsilon'^2} \right] \frac{d\epsilon'}{\epsilon'} \\ &- \frac{n\sigma_0 \Gamma^2}{2\epsilon'} (1 - \frac{1}{2} n\sigma_0 tg^2 K) \left(\frac{\delta\epsilon'}{\epsilon'} \right)^2 \end{split}$$
(I.6.75)

- 136 -

٠

ou

$$\int \Lambda_{\rm IR} = 2\eta \zeta \left[1 - \frac{\eta \zeta^2}{2\epsilon'^2} (1 - \frac{1}{3}\eta) + \frac{\Delta^2}{2\epsilon'^2} \right] \frac{\delta \epsilon'}{\epsilon'} - \frac{\eta \zeta^2}{\epsilon'} (1 - \eta) \left(\frac{\delta \epsilon'}{\epsilon'} \right)^2 (1.6.76)$$

D'autre part la transmission potentielle (I.6.64) ou (I.6.65) devient

$$T_{p} = \sqrt{T(\epsilon^{"})T(-\epsilon^{"})} \exp\left\{\frac{n\sigma_{0}\Gamma^{2}}{4\epsilon^{"2}}\left[1+3\left(\frac{\delta\epsilon^{"}}{\epsilon^{"}}\right)^{2}\right]\left[1+\frac{3\Delta^{2}}{2\epsilon^{"2}}\right] - \frac{n\sigma_{0}\Gamma}{2\epsilon^{"}} tgK\left(1+\frac{\Delta^{2}}{2\epsilon^{"2}}\right)\frac{\delta\epsilon^{"}}{\epsilon^{"}}\right\}$$

$$(I.6.77)$$

ou

$$T_{\rho} = \sqrt{T(\varepsilon'')T(-\varepsilon'')} \exp \left\{ \frac{\eta \zeta^{2}}{2\varepsilon''^{2}} \left[1+3\left(\frac{\delta\varepsilon''}{\varepsilon''}\right)^{2} \left(1+\frac{3\Delta^{2}}{2\varepsilon''^{2}}\right) - \eta \zeta \left(1+\frac{\Delta^{2}}{2\varepsilon''}\right) \frac{\delta\varepsilon''}{\varepsilon''} \right\}$$
(I.6.78)

2E¹¹2 E¹¹

1

!

Elle satisfait aussi la relation

$$\log (T_{1/2} / T_{p}) = -n\sigma_{0} \Upsilon(\beta, x_{1/2}) - n\sigma_{0} tgK \Phi(\beta, x_{1/2}) \qquad (I.6.79)$$

où $x_{1/2}$ est la valeur de la variable x pour la transmission $T_{1/2}$.

- 137 -

La détermination de E_R et de T_P se fait de la façon suivante. Le programme [I.6.18] procède par itérations successives. Il calcule T_p à l'aide des deux relations (I.6.78) et -(I.6.79) pour des valeurs croissantes successives de E_R à partir de $E_{R^{=}} E_{1/2}$. Le calcul s'arrête lorsque les deux valeurs ainsi trouvées pour Tp sont jugées suffisamment voisines l'une de l'autre.

La détermination des paramètres se fait ensuite comme dans le cas où β est nul.

Il faut cependant souligner que les courbes ne sont tracées que pour des écrans épais.

I.6.2.3 Méthode des aires A_{IR}^{\star}

On la doit à K.Seth [I.6.14]

Les figures I.6.16, I.6.17 et I.6.21 montrent clairement que les aires $\Lambda_{IR}(n\sigma_0,\beta=0,K)$ peuvent prendre des valeurs positives ou négatives et éventuellement nulles. Lorsque le couple (K,n σ_0) avoisine certaines valeurs pour lesquelles les deux composantes de l'aire mesurées de part et d'autre de E_R s'équilibrent, l'aire résultante $A_{IR}(n\sigma_0, \beta=0,K)$ est très petite et se trouve entâchée d'une grande imprécision. En effet sa mesure se présente comme

la différence de deux grands nombres presque égaux. Il en est, par exemple, ainsi lorsque considérant la relation [I.6.46] les valeurs de K et nõ_o vérifiebt la relation

$$n\tilde{\sigma}_{0} \operatorname{sinKtgK} = 4$$
 (I.6.80)

(nous avons repris les notations de la formule (I.2.59)).

Dans une telle situation les méthodes précédentes ne sont plus applicables. Seth propose d'utiliser ce que nous appelerons la méthode des aires A_{IR}^{\star} .

Au lieu de considérer l'aire conventionnelle comme étant la somme algébrique

- 138 -

· ·

State of the state

$$A_{IR} = A_1 + A_2 + A_3$$
 (1.6.81)

dans laquelle les aires du second membre sont clairement définies sur la figure I.6.32(a) on considère l'aire $\Lambda_{IR}^{\#}$ définie par

- 139 - '

$$A_{IR}^{*} = A_3 - (A_1 + A_2)$$
 (I.6.82)

Toutefois, il faut tout de suite remarquer que l'aire A_{IR}^{\bigstar} prise entre des limites infinies est elle-même infinie. En effet elle s'écrirait

$$A_{IR}^{*} = \prod_{o} \int_{0}^{\infty} \exp\left[-\frac{n\widetilde{\sigma}_{o}\cos K}{1+x^{2}}\right] \operatorname{sh}\left(\frac{xn\widetilde{\sigma}_{o}\sin K}{1+x^{2}}\right) dx \quad (I.6.83)$$

qui est une intégrale divergente.

Il faut donc plutôt considérer l'aire

$$A_{IR}^{*}(n\sigma_{0},\beta=0,x_{1},K) = \int_{0}^{x_{1}} \exp\left[-\frac{n\widetilde{\sigma}_{0}\cos K}{1+x^{2}}\right] \operatorname{sh}\left(\frac{xn\widetilde{\sigma}_{0}\sin K}{1+x^{2}}\right) dx$$

(I.6.84)

Mais en revanche le fait de prendre une limite finie x₁ repose le problème de l'effet de résolution qui ne disparaît que

si la limite est au contraire très éloignée. En effet la fonction de résolution a pour effet de faire glisser une fonction de l'aire relative à l'intervalle $(E_R-R/2) \leq E \leq E_R$ sur l'intervalle $E_R \leq E \leq E_R + R/2$ comme le montre la figure I.6.32(b), R étant la largeur de la fonction de résolution.

Cet effet de bord entache d'erreur l'aire A_{IR}^{\bigstar} mais Seth a montré que l'on peut la palier par une construction compensatrice qui consiste à remplacer la courbe de transmission expérimentale par un histogramme de pas égal à R construit comme l'indique la figure I. 6.32(b) et dont les rectangles sont centrés sur des points d'abcisses $E_{IR} \pm (2n+1)\frac{R}{2}$, n prenant des valeurs entières croissantes à partir de zéro.

Ceci s'établit en observant que le premier point expérimental non affecté par l'effet de bord a pour abcisse l'énergie $E=E_R-E_1+\frac{R}{2}$ et qu'un rectangle de largeur R et de hauteur $T_{IR}(E)$ représente l'aire vraie comprise entre E_R-E_1 et $E_R - E_1+R$.

D'autre part la soustraction des aires mesurées de part et d'autre de E_R suppose essentiellement que la transmission considérée

- 140 -

dans l'une des deux régions n'affecte pas celle considérée dans l'autre. Ce qui n'est pas le cas. Mais on peut considérer le point E_R comme un point de coupure et tracer l'histogramme de façon à compenser les effets de bord en E_{R} , ce qui semble imposer le choix de E_1 donc de x_1 . En fait cette construction devient inutile là où la transmission varie pratiquement linéairement sur un intervalle de longueur R en fonction de l'énergie. L'important est de hien déterminer $E_{\rm R}$.

Le calcul de l'intégrale de la relation (I.6.84) qui définit l'aire $\frac{1}{r} \Lambda_{II}^{*}(n\sigma_{0}, \beta = 0, x_{1}, K)$ ne peut se faire que par une méthode numérique. Il a été fait par Seth pour différentes valeurs de x1. La figure 1.6.33 en illustre un exemple pour lequel $x_1 = 20$.

Cependant il existe une approximation analytique valable seulement pour les petites valeurs de $n\tilde{\sigma}_0$ et $\int défini en (J.6.46)$. Elle s'ccrit

$$\frac{1}{\Gamma} \Lambda_{\mathrm{IR}}^{*}(n\sigma_{0},\beta=0,x_{1},Z) \simeq Z \left[\log(1+x^{2}_{1}) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-Z)^{n} \left(\frac{1}{(1+x)^{n}}n^{-1}\right) \right] \mathrm{tgK}$$

- 141 -

1

:

3

où Z est défini comme dans (I.6.45) par $Z = \frac{1}{2} n \tilde{\sigma}_0 \cos K$.

Il faut souligner à l'encontre de cette méthode qu'elle nécessite pour son emploi une connaissance approchée de la largeur [¬] et qu'il faut procéder par itérations successives pour affiner le résultat, et cela graphiquement.

Il faut aussi que R/r ne soit pas trop grand sans quoi la méthode corrective de l'histogramme perdrait son sens.

I.6.2.4 Méthode des aires partielles

Poursuivie jusqu'en ce point la lecture du paragraphe I.6.2 laisse dans son ensemble une impression de malaise et de confusion. Un fait demeure, des auteurs ont voulu à tout prix éviter le produit de convolution de la fonction de transmission avec la fonction de résolution en considérant l'aire totale théorique calculée sur un intervalle infini. C'était une manière élégante d'éliminer les imprécisions inhérentes à la méconnaissance relative mais inéluctable de la fonction de résolution réelle tout en limitant au mieux la complexité des calculs. Malheureusement les choses ne

- 142 -

conservent pas cette simplicité dans la pratique. La mesure effective d'une aire est forcément limitée à un intervalle fini, non seulement parce qu'on voit mal comment il pourrait en être autrement, mais parce que les résonances, quoique séparées, sont encadrées de leurs voisines et ceci impose la troncature des ailes. Les corrections d'aile désormais nécessaires sont plus ou moins lourdes à mettre en œuvre selon les différentes approches qu'on en fait. Elles impliquent des hypothèses simplificatrices, des approximations et mettent en jeu des méthodes itératives mal adaptées aux méthodes de résolution graphique, à tel point qu'il est justifié de se demander si on n'a rien perdu en précision en les introduisant.

ŧ

C'est pourquoi nous avons senti le besoin d'élargir, en une première phase d'analyse graphique, le champ d'application de la méthode des aires partielles décrite au paragraphe I.6.1.4, en introduisant le paramètre K, avec la convention de la formule (I.2.60) pour $\sigma_{\rm C}$ (I.2.59).

- 143 -

Ceci étant, l'aire partielle mesurée entre la courbe de transmission T_{IR} et l'horizontale d'ordonnée unité, comprise entre deux verticales d'abcisses $\pm \alpha = (E_1 - E_R)/\Delta$ symétriques par rapport à E_R , est donnée par

$$\frac{1}{\Delta} A_{\mathrm{IR}}(n\sigma_{0}, \beta, \alpha, \varphi, \mathrm{K}) = \frac{1}{\beta} \int_{-\alpha\beta}^{\alpha\beta} \left[1 - T_{\mathrm{IR}}(n\sigma_{0}, \beta, \varphi, \mathrm{K}, \mathrm{x}) \right] d\mathrm{x} \quad (\mathrm{I}.6.86)$$

où

$$T_{IR} (n\sigma_0,\beta,\varphi,K,x) = \frac{1}{\varphi\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} T_{IR}(n\sigma_0,\beta,K,x') \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x'-x}{\varphi}\right)^2\right] dx'$$

(I.6.87)

avec

$$T_{IR}(n\sigma_{0},\beta,K,x') = \exp \left[-n\sigma_{0}(\Psi(\beta,x') + \Phi(\beta,x')tgK)\right](I.6.88)$$

Les résultats théoriques sont présentés sous forme de réseaux de courbes donnant $\frac{1}{\Delta} A_{IR}$ en fonction de $n\sigma_0$. Chaque réseau est caractéristique de l'ensemble de coefficients α , Ψ/β ,K. Chaque courbe d'un réseau correspond à une valeur de β . Les figures

- 144 -

,

ì

ł

I.6.34, I.6.35 illustrent un faible extrait des résultats obtenus.

Si l'on connait d'une façon quelconque des quantités K et E_R , l'exploitation des réseaux est en tout point analogue à celle qui a été décrite dans le cas où K est nul. En réalité il sera plus avantageux de procéder à la détermination des paramètres β et σ_0 , non pas graphiquement, mais plutôt en résolvant sur ordinateur le système surabondant de m équations du type

$$\frac{1}{\Delta} \Lambda_{\rm IR}(n_{\rm m} \sigma_0, \beta, \alpha_{\rm m}, \varphi, K) = \left(\frac{1}{\Delta} \Lambda_{\rm IR}\right)_{\rm exp}$$
(I.6.89)

د ۲

les seconds membres découlant des mesures expérimenta'les.

Mais n'anticipons pas sur ce qui sera décrit plus en détail au chapitre IV. Disons simplement que la résolution du système (I.6.89) permet de s'affranchir des servitudes de la résolution graphique et que dès lors il convient de ne pas se limiter à des bornes d'intégration symétriques pour définir l'aire partielle $\frac{1}{\Delta}A_{IR}(n\sigma_0,\beta,\alpha,\varphi,K)$, et cela pour plusieurs raisons.

D'abord parce qu'il y a fort peu de chances pour que l'énergie de résonance coincide avec l'énergie nominale définie par un

canal de l'analyseur en temps utilisé. De plus, on peut remarquer qu'à des canuux de largeurs égales ne correspondent pas des intervalles égaux en énergie.

Ensuite parce que la courbe de transmission T_{IR} n'étant pas symétrique, les contributions des canaux situés de part et d'autre de ${\rm E}_{\rm R}$ peuvent jouer des rôles différents.

Enfin parce que, quand bien même y aurait-il symétrie, le calcul des dérivées par rapport à E_R la détruirait en faisant glisser l'énergie de résonance.

Pour en revenir à la méthode graphique ajoutons qu'en général on peut déterminer l'énergie de résonance E_R en effectuant un marquage à l'aide d'un écran suffisamment mince pour que l'effet d'interférence soit négligeable. En revanche il se peut fort bien que l'on ne connaisse pas le déphasage K. Dans ce cas on peut procéder de la façon suivante.

Considérons deux points d'abcisses E_1 et E_2 symétriques par rapport à $\mathbf{E}_{\mathbf{R}}$ et posons

÷

$$\xi = E_{p} - E_{1} = E_{p} - E_{p}$$

- 146 -

On peut écrire en ces points

$$\sigma (-\varepsilon) = \sigma_0 \left[\psi (\beta, -\varepsilon) + \Phi(\beta, -\varepsilon) tgK \right] + \sigma_P \qquad (I.6.90)$$

- 147 -

et

è

•

$$\sigma (\varepsilon) = \sigma_0 \left[\psi(\beta, \varepsilon) + \Phi(\beta, \varepsilon) \, tgK \right] + \sigma_p \qquad (I.6.91)$$

Si on prend la précaution de choisir les points d'abcisses E_1 et E_2 suffisamment éloignés de E_R pour qu'il soit justifié de prendre les fonctions Ψ et Φ sous la forme de leurs développements asymptotiques (I.6.71) et (I.6.72), c'est-à-dire, si $\varepsilon > 5 \Delta$, on a alors

$$\sigma (-\epsilon) + \sigma(\epsilon) = \frac{2\sigma_0}{1+4\epsilon^2/r^2} \left(1 + \frac{3}{2} \cdot \frac{\Delta^2}{\epsilon^2}\right) + \sigma_p \qquad (I.6.92)$$

Ceci étant, considérons un ensemble de trois couples de tels points symétriques deux à deux par rapport à E_R , distants respectivemen de ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ_3 de E_R . On peut éliminer Γ et σ_0 entre les trois équations analogues à l'équation (I.6.92) ainsi obtenues. Il vient en posant

•

•

•

.

$$\frac{1}{1+\frac{3}{2}\frac{\Delta^2}{\epsilon_i^2}} = \Lambda_i \qquad (I.6.93)$$

$$i = 1,2,3$$

$$\log \left[T(-\epsilon_i) T(\epsilon_i) = B_i\right]$$

- 118 -

]

;

} | |

•

ŧ

1

;

ł

et en négligeant l'effet de résolution

.

$$T_{p} = \exp \left[-\frac{1}{-\frac{1}{4A}} \left(\sqrt{B^{2} - 4AC} + B \right) \right]$$
 (I.6.94)

.

avec

.

$$\Lambda = (A_2 - A_1)(\epsilon_1^2 A_1 - \epsilon_3^2 A_3) - (A_3 - A_1)(\epsilon_1^2 A_1 - \epsilon_2^2 A_2)$$

$$(A_2 - A_1)(\epsilon_3^2 A_3 B_3 - \epsilon_1^2 A_1 B_1) + (\epsilon_1^2 A_1 - \epsilon_3^2 A_3)(A_1 B_1 - A_2 B_2)$$

$$- (A_3 - A_1)(\epsilon_2^2 A_2 B_2 - \epsilon_1^2 A_1 B_1) - (\epsilon_1^2 A_1 - \epsilon_2^2 A_2)(A_1 B_1 - A_3 B_3)$$

$$(I.6.95)$$

$$C = (A_1B_1 - A_2B_2)(\epsilon^2 _3A_3B_3 - \epsilon_1^2 A_1B_1) - (A_1B_1 - A_3B_3)(\epsilon_2^2 A_2B_2)$$
$$- \epsilon_1^2 A_1B_1)$$

On en déduit K et T_{IR} .

I.6.3 Méthodes d'analyse des multirésonances

- 119 -

Quoiqu'il en soit des méthodes précédentes elles ne tiennent aucun compte de l'influence des résonances voisines sur celle étudiée. Ces méthodes procèdent en fait résonance par résonance et deviennnent inapplicables lorsqu'il s'agit de doublets ou de multiplets. Soulignons toutefois que la méthode des aires partielles dans sa dernière version permet dans un tel cas d'obtenir une première approximation très valable des paramètres.

D'une façon générale la difficulté tient au fait qu'il est malaisé de placer correctement la ligne de référence. L'automatisation de nos méthodes d'analyse dont la description fait l'objet des chapitres suivants permettent dans une bonne mesure de surmonter cette difficulté. Cependant avand d'aborder cette description nous pensons qu'il convient de dire quelques mots sur deux méthodes différentes des nôtres, développées indépendamment et vers la même époque par S.E.Atta et J.A.Harvey [I.6.19]

Ces auteurs partent de la formule de Breit et Wigner écrite

sous la forme

$$\sigma (E'') = 4\pi R^{12} + \frac{6.52.10^{-5}}{\sqrt{E''}} \frac{\Gamma g \Gamma' n}{(\Gamma/2)^2 + (E'' - E_R)^2} + 5.725.10^3 \frac{(E'' - E_R)g \Gamma' n R'}{(\Gamma/2)^2 + (E'' - E_R)^2}$$
(I.6.96)

Si l'énergie E'' du neutron incident est mesurée en electronvolts et $4\pi \lambda^2$ en barns, on a

$$4\pi \lambda^2 = \frac{2,608 \quad 10^6}{E''} \qquad (I.6.97)$$

D'autre part

$$\Gamma_n^o = \Gamma_n E^{n-1/2}$$
 et $R^i = a_c$ (I.6.98)

ţ

ç

,

Pour avoir la section efficace totale de l'élément naturel en E'' il suffit de faire la sommation sur tous les isotopes contenus dans cet élément.

Lorsqu'on examine une région suffisamment étendue en énergie pour observer plusieurs résonances, il en est généralement parmi

•

elles qui sont dues à un même isotope. Pour les distinguer on peut affecter à chaque résonance un indice supérieur λ et écrire simplement

$$\sigma (E'') = 4\pi R'^{2} + \frac{6,52 \cdot 10^{5}}{\sqrt{E''}} \sum_{\lambda} \frac{(ag \sqcap \uparrow \uparrow \uparrow n)}{(\sqcap^{(\lambda)}/2)^{2} + (E'' - E_{R}^{(\lambda)})^{2}} + 5,725 \cdot 10^{3} \sum_{\lambda} \frac{(E'' - E_{R}^{(\lambda)})(ag R' \uparrow n)}{(\sqcap^{(\lambda)}/2)^{2} + (E'' - E_{R}^{(\lambda)})^{2}}$$
(1,6,99)

a représentant l'abondance isotopique.

Le but de l'analyse est de déterminer les paramètres $E_{\rm R}^{({\rm A})}$, $\Gamma^{(\lambda)}$ et la quantité $(ag \Gamma_n^o)^{(\lambda)}$.

La transmission à l'énergie \mathbb{E}_i est donnée par la relation

$$T(E_{i}) = \frac{P(E_{i})}{P(E_{i})\sqrt{\pi}} \int_{0}^{\infty} \exp\left[-n\sigma_{\Delta}(E')\right] \exp\left[-\left(\frac{E_{i}-E'}{\rho(E_{i})}\right)^{2}\right] dE' \quad (1.6.100)$$

dans laquelle

est la section efficace totale élargie par effet Döppler. $\sigma_{\Delta}(E')$ ρ (E_i) la mi-largeur de résolution à e^{-1} du maximum.

1

- 151 -

Cette résolution comporte deux parties, l'une indépendante de l'énergie du neutron incident, l'autre fonction du temps de vol de ce neutron. Ces deux contributions conduisent à l'expression suivante

$$\rho(E_i) = B_0 E_i^{3/2} + B_1 E_i$$
 (I.6.101)

où B_0 et B_1 sont deux coefficients déterminés par les conditions expérimentales.

 $P(E_i)$ un facteur de pondération polynômial du type

$$P(E_i) = K_0 + K_1 E_i^{-1/2} + K_2 E_2$$
 (I.6.102)

pour tenir compte d'un effet éventuel de résonances situées hors de la région étudiée.

Ceci étant, on détermine les paramètres E, Γ et ag Γ_n^o pour chaque résonance par une méthode de moindres carrés. Pour ce faire on linéarise l'expression(I.6.100) de T(E_i) en la développant en série de Taylor par rapport aux paramètres cherchés.

Du point de vue de l'analyse numérique, il y a différentes manières de conduire les calculs. Ceci est vrai en particulier pour

- 152 -

le calcul des convolutions mises en jeu et aussi en ce qui concerne la méthode des moindres carrés. Il est intéressant de noter ici que le calcul de σ (Γ) se fait à l'aide de l'intégrale de probabilité complexe

$$\omega(Z) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{ye^{-s}}{(x-s)^{2}+y^{2}} ds + \frac{i}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{x-s}{(x-s)^{2}+y^{2}} e^{-s^{2}} ds$$
(I.6.103)

en posant

$$s = \frac{E''-E'}{\Delta} \qquad y = \frac{\Gamma}{2\Delta} \qquad x = \frac{F_R-E'}{\Delta} \qquad (I.6.104)$$

et compte tenu que

$$\frac{1}{\sqrt{E'+s\Delta}} \sim \frac{1}{\sqrt{E'}} \left(1 + \frac{s\Delta}{2E'}\right) \qquad (I.6.105)$$

- Les dérivées du développement en série de Taylor de T(E_i) s'expriment aussi à l'aide des dérivées des parties réelle et imaginaire de $\omega(Z)$.

- 133 -

La méthode des formes considérée ici donne de bons résultats lorsque la largeur Döppler \diamond ainsi que la largeur de résolution ρ sont toutes deux petites devant la largeur naturelle Γ . Mais lorsque les conditions édictées ci-dessus ne sont plus remplies, la méthode ne peut que conduire à des valeurs de paramètres dénuées de sens. On lui préfère alors la méthode des aires suivante.

Dans cette méthode on suppose connus les paramètres $(E_R)^{(\lambda)}$ et $\Gamma(\lambda)$. Il s'agit alors d'affiner sur le seul paramètre $(ag \Gamma_n^o)^{(\lambda)}$ dont on est sensé connaître une valeur approchée, soit à priori, soit par un calcul simple. A l'aide de ces valeurs on détermine, par une méthode des moindres carrés, les coefficients du facteur de pondération $P(E_i)$, en résolvant le système d'équations

$$\left[T(E_{i})\right]_{exp} = P(E_{i}) \exp\left[-n\sigma(E_{i})\right] \qquad (I.6.106)$$

dans lesquelles $[T(E_i)]_{exp}$ représente la transmission expérimentale hors résonances, $\sigma(E_i)$ étant défini par la relation (I.6.99).

Ceci étant, le principe de la méthode est de comparer la

- 151 -

somme des transmissions calculées à la somme des transmissions expérimentales pour chaque résonance,; Les termes correctifs nécessaires qu'il faut introduire pour que ces deux sommes soient suffisamment voisines se calculent en résolvant le système obtenu par développement en série de Taylor de $T(D_i)$ par rapport à $(ag \Gamma_n^o)^{\lambda}$.

Ainsi, si on dénote par $i_{\lambda = L}$ les canaux qui couvrent la résonance L, on a

$$\sum_{\substack{i,\lambda=L}} T(E_{i}; \Gamma^{(\lambda)}, E_{R}^{(\lambda)}, (ag\Gamma_{n}^{0})^{(\lambda)}) = (I.6.107)$$

$$\sum_{\substack{i,\lambda=L}} T(E_{j}; \Gamma^{(\lambda)}, E^{(\lambda)}, (ag\Gamma_{n}^{0})^{(\lambda)} + \sum_{\lambda} \frac{\partial \sum_{\substack{i,\lambda=L}} T(E_{i\lambda}; \Gamma^{(\lambda)}, (ag\Gamma_{n}^{0})^{(\lambda)})}{\partial (ag\Gamma_{n}^{0})^{(\lambda)}}$$

En fait on ae prend en compte pour chaque résonance que les deux résonances qui la jouxtent de sorte qu'on résout le système d'équations

$$\frac{\lambda_{\cdot} = L+1}{\sum_{\lambda'=L-1}^{\lambda_{\cdot} = L}} \frac{\partial \sum_{i, \lambda = L}^{T(E_{i,\lambda}; (ag \Gamma_{n}^{o})^{(\lambda)})}}{\partial ag \Gamma_{n}^{o}} \left\{ (ag \Gamma_{n}^{o})^{(\lambda')} \right\}$$

$$= \sum_{i=L-1}^{i} \left\{ [T(E_{i,\lambda})] - T(E_{i,\lambda}) \right\}$$

$$= \sum_{i=L-1}^{i} \left\{ [T(E_{i,\lambda})] - T(E_{i,\lambda}) \right\}$$

- 155 -



۰. ۲ - 156 -

puis, les corrections $(ag \Gamma_n^{o})^{(\lambda)}$ étant obtenues, on procède par itérations.

Au moment où nous écrivons ces lignes nous parvient un rapport édité par le Comité National de l'Energie Nucléaire italien [1.6.20] portant sur l'analyse des spectres de temps de vol dans les expériences de transmission de neutrons. Il s'agit d'une méthode des formes analogue dans son principe à celle qui vient d'être décrite ci-dessus. Elle en diffère cependant par quelques traits essentiels. En particulier la fonction de résolution n'est pas exprimée sous forme analytique mais présentée sous forme de table dont le mode de calcul des valeurs reflète le fait que les expériences sont faites avec un sélecteur mécanique rapide associé à une pile atomique. L'effet Döppler est calculé non pas à partir des fonctions Ψ et Φ , ni à partir de l'intégrale de probabilité complexe, mais en en mettant en évidence le noyau exponentiel. La section efficace σ_{Δ} est calculée en les points d'une partition de départ à l'aide de la formule de Cavaliéri-Simpson ;

$$\sigma_{\Delta} (\xi_{i}^{2}) = \frac{4\Delta\xi}{3D\sqrt{\pi}} \int_{\eta=-n_{\Delta}+2}^{n_{\Delta}-2} F_{\eta} + 2 \sum_{\eta=-n_{\Delta}+1}^{n_{\Delta}-1} F_{\eta} + \frac{1}{2} \left(F_{-n_{\Delta}} + F_{n_{\Delta}}\right)$$
(I.6.109)

la fonction En étant donnée par

$$F_{\eta} = \exp\left[-\frac{4}{D^{2}}\left(\xi_{i+\eta} - \xi_{i}\right)^{2}\right]\sigma\left(\xi_{i+\eta}^{2}\right) \qquad (I.6.110)$$

avec

$$D = 2(mkT/M)^{1/2}$$

et où $\Delta \xi$ est le pas de la partition, η_{Δ} étant choisi tel que les points hors de l'intervalle $|\xi_{i+\eta} - \xi_i| \ge \eta_{\lambda} \le \eta$ n'apportent qu'une contribution négligeable au calcul de (J.6.109). On a posé $\xi^2 = E$ de sorte que $2\xi(\xi'-\xi) = E'-E$.

La convolution de la fonction de transmission avec celle de résolution est calculée aussi par une formule de Cavaliéri-Simpson à partir d'une partition moins fine que la précédente mais qui divise exactement celle des canaux en temps. Il y a donc des interpolations pour passer d'une partition à l'autre.

> ٠ .

•

· .

{

.....

ł



•

•







D V

, •

• •••

٠

.

Fig. 1.2.1





• -

. . . .

••

* •

.....



- ----

6

• --



.

- -

~~

,



Fig: I.3.2 ... Schéma de montage de la chaîne électronique

-

- - -

- -

--



• ·

-



ŧ

Fig: I.4.1. - Variation du rapport de la température effective à la température ambiante en fonction du rapport de la température ambiante à celle de Debye.

٠

_ 1

--

- ---

Corps	て "К	Corps	τ •κ	Corps	ح •к
Ag	229	IIg	75	Re	275
Al	375	In	109	Rh	350
Au	164	Ir	285	Sb	140
Ba	116	K	100	Sn	195
Be	1160	La	132	Sr	148
Bi	117	Li	430	Та	230
Ca	220	Mg	342	Th	168
Cd	165	Mn	410	Ti	430
Co	385	Mo	360	TE	100
Cr	418	Na	160	U	200
Cs	43	Nb	252	v	338
Cu	343	Ni	413	W	270
Fe	355	Pb	96,3	Zn	235
Ga	240	Pd	275	Zr	265
Gd	152	Pt	233		
Hf	213	Rb	59		
	+	μ	<u> </u>	<u> </u> _	·

7

-

•

-

ŧ

*

i

t

; :

Fig. I.4.2 - Tableau des valeurs de la température de Debye τ pour quelques corps.

1 1 1

۶ ۲ ۲

•



5

,



• • • •

Fig 144

2

રેમ્દ પ્રેગ



Sec. 1.	-	1: 31	l
E JE BERT	1	1.43	
	. *	111	l
法结核	15	1.2.5	
	3		1
NI 34	3	1.5	l
27 - S-34	Ð	1	ĺ
	12.	1.2	
1719 4 1.2	-25	2 2 3	Į.
	-W	11 4	
THE WIG-	7		ł.
and the second	1		
	5	<u></u>	!
	100	1	
10.00			
ICLASS TEAMER		4 1 100	
	<u> </u>	1. A. A.	
	· Th	1.2	
	-9 ₈₆	1999 - A.	
	3.4		
6	一窓	1.1	
	- 84		
1	1		
1344.4	a line	13:21	
	3r	1221	
	3	1.5	
14 A.	. #		
-	1		
	ù.	1.1	
	X		
	(it)	11 1	
	1	1 21	
12637	77	1 1	
	1		
		1 23	
S. 6. 145-	1.2. 	1251	
	- 27	1.4.4	
1857	巖	1-1-2-1	
	-14 -	14.54	
FLS 5 Y	- G		
1. 6 5. 5	3		
	-0Ê	1.3	
	1	1 73	
(11-1-3-2)	1999 B		
	3	1.4.4	
St. TA	1	1 43	
	23.	3.1.1	
法规定		1.1	
X > 2			
	-27	4 34	
	÷.,	15.24	
		14-14	
	1	2	
	÷2.	1.1	
21.0.7	2.2	11.21	
	37	3.7.4	
	12	1. 200	
	74		
1.4-14 - 4.5	Ċ.	1.4	
1. A. A. A.	.``	- 1	
and the			
_			

• • • •



j

٩ 2

i

i

¥77

ł

;

;

Fig I.4.6_Courbe d'intersection de toutes les surfaces $\sigma_{iR}(\beta, x')/\sigma_{o}$ par le plan x=0. Cette courbe donne l'abaissement relatif de la section efficace interféro-résonnante à l'origine quel que soit le déphasage k.

•

.

•



Fig: I.4.7__ Exemple d'amélioration de la séparation des résonances par réduction de l'effet Döppler

•

•

points expérimentaux à la température ambiante
 (290° K)

+ points expérimentaux à la température de l'azote liquide (77°K)

• ••

1

6

ł

6 - A

i,

٠

-- --- --



1.


•

، ع

,

Fig: I.5.1 __ Exemples de fonctions de résolution. Convolution de deux fonctions rectangulaires

;

"



1

Fig: I.5.2 ___ Exemple de fonctions de résolution. Convolution d'une fonction rectangulaire avec une fonction triangulaire

1



,6

.

 $\frac{1}{2}(t_{i}-t_{j}) \frac{1}{2}(t_{i}-t_{i})$ $\frac{1}{2}(t_1 + t_1 + t_4)$ 0 Fig: I.5.3 ____ Exee

ł



Fig: 1.5.3 ____ Exemple de fonctions de résolution Convolution. d'une fonction rectangulaire avec une fonction trapézoïdale

6

~



Fig. I.5.4 _ Exemple d'approximation gaussienne de la fonction de résolution.

•



-

ŧ

1

Fig: I. 5.5 __ Densite de probabilité rectangulaire et ses composées d'ordres successifs.

~

- -





Fig: I.5.6___Loi de répartition des neutrons après ralentissement à une énergie donnée en milieu hydrogéné inflni, l'émission étant instantanée à l'instant O et monoci nétique.

-

۱ ۸۸

Ţ,



-



÷.,*

Fig: I.5.7_Coube des temps moyens de sortie $< T_n >_{MC}$ et de leurs écarts quadratiques moyens respectifs $(\frac{4}{2} R_{Tn}) mc$, calculés de Monte Carlo en fonction de l'épaisseur par une méthode pour une énergie incidente de neutrons de 10 du ralentisseur Mev et différentes énergies de sortie Es. Comparaison avec les valeurs correspondantes $\langle T_n \rangle_{\infty}$ et $(\frac{1}{2} R_{T_n})_{\infty}$ calculées en milieu infini. $\lambda =$ libre parcours moyen.

مجهر والدولينا معالمي

n un caraç y m t



1

21

•



Fig. I. 5.8 Convolution d'une fonction rectangulaire avec la fonction de répartition du ralentissement.

.



Ξ

Fig: I.5.9_Fusion des deux composantes d'un doublet sous l'effet croissant de la résolution.



#









5

ុ៖ ៊



Fig. I. 6.5 _ Méthode des formes. Exemple de courbe de 8 en fonction de 3.

: -



2

Tmini (n σ_o) pour $\beta=2$ et différentes valeurs de γ .

• ۳۰ · .

.

4

.







•





•

, 1

•

•••

. .











Fig [6.1]_ Méthoda des arres partielles _Erreur relative sur A introduite lorsque l'on ne tient pas compte du paramètre 9.

Ł





•

٠,

~



.

1

3₄





•

ı.

• .•



•

.



ર્ડ







ł

8

/ 1

ŧ

ł

_ ;

°, ***

5.7 **٠**۴

•

•

- ,

· · ·

Fig 1.6.16



4

- - -

-

\ 4 }▲ ▲1

•

.

.

•

-12-

٦ 4

.

,

•

.

:



8

Fig. I.6.18.

A COLORED AND A

· - '



Fig. I. 6.19 - Réseau de courbes $C_m(n\sigma_0, \beta, \alpha = \infty, k) / C_m(n\sigma_0, \beta = 0, \alpha = \infty, k)$ pour différentes valeurs de no; et m = 1.

•

- -





... *









「「「「「「「「」」」

_____;²

---- -----

8





-- - --




પ્ `પ્

۹





.

;

110

.



Exemple de détermination des coordonnées d'une courbe self-consistante.

۰.

, .

•••



Fig. I. 6.28 Exemple de détermination des coordonnées d'une courbe self-consistante. $--- (A_{IR})_{exp}^{c}$ $--- A_{IR} (no_0, \beta=0, K)$

1.5



Fig. I.6.29_ Exemple de réseau de courbes self-consistantes.

ł

I



ļ



, ,

, led 19 Ks de Valeure de Ras, b, de w. K) pour différentes valeure de Ry et B.J. ,

F



£

ł





ŧ







٠

k

ì





•

ą

Ŧ



i

4

9

CEA-N 826

•; . .

;

14

41

いいいしいの時にはほう はい

- ----

.

- Note CEA-N 826 -

Département de Physique Nucléaire Service de Physique Nucléaire à Basse Energie

METHODE D'ANALYSE DES RESONANCES INDUITES PAR LES MEUTRONS S DANS LES EXPERIENCES DE TRANSMISSION PAR TEMPS-DE-VOL ET AUTOMATISATION DE CES METHODES SUR ORDINATEUR IBM 7094 II

Chapitre 2

par

Charles CORGE

- Octobre 1967 -

r

CHAPITRE II

1

TRAITEMENT NUMERIQUE DES DONNEES EXPERIMENTALES CODE SPNBE 084

II.1 INTRODUCTION

La première phase de traitement est, ainsi que nous l'avons énoncé précédemment, la phase de traitement numérique des données expérimentales brutes.

ł

Le propre de l'ensemble des programmes et sous-programmes qui la réalisent est de véritablement coller à l'expérience, si toutefois il nous est permis de nous exprimer ainsi. Nous entend ons par là qu'ils doivent s'adapter en toutes circonstances à la souplesse offerte par l'appareillage afin de ne poin l'entraver. Ils doivent être dynamiques, et non pas figés, en ce sens qu'ils doivent comporter des possibilités d'aménagements futurs leur permettant de prendre en charge tout avènement d'un appareil nouveau sans pour

				,	,
·	 	 	 * - #	•	

autant qu'il faille mettre bas leur structure.

Rappelons que l'ensemble des données expérimentales brutes se présente sous la forme d'un spectre dit de temps de vol, c'est- λ -dire, en fait, comme une fonction discrète définie en un certain nombre de points discrets, la plupart du temps équidistants, du moins sur certains intervalles, chacun de ces points étant figuratif du temps de vol mesuré. Les valeurs discrètes prises par la fonction en chacun de ces points ne sont autres que les nombres d'évenements détectés en les intervalles de temps élémentaires centrés sur les dits points (cf.figure II.1.1).

Or l'observation fondamentale est en principe le spectre des neutrons transmis par l'échantillon interposé sur le trajet. Ce spectre que nous qualifierons de naturel, ou encore de spectre signal, est, à la limite une fonction continue du temps de vol.

Ainsi donc l'observation effective est un spectre image différent du spectre signal dont les altérations ont pour origine globale le rôle de filtre joué par l'appareillage.

Parmi les différents facteurs de déformation on peut énumérer : - le comportement statistique du filtre dont nous parlerons en fin de paragraphe

- 159 -

- 160 -

- l'offet de résolution que nous avons décrit au paragraphe I.5,

- l'effet de groupement que nous étudierons au paragraphe II.3;

.

- les pertes de comptage dues à l'inhibition de l'analyseur pendant le temps mort et dont nous calculerons les corrections au paragraphe II.4.

Dans leur ensemble ils donnent lieu aux différentes corrections instrumentales dont certaines sont conditionnées par l'implantation de l'expérience et le calage des appareils. Ces corrections font l'objet de quelques uns des programmes ou sous-programmes décrits au cours de ce chapitre et qui constituent le code SPNBE 084.

Mais l'objectif essentici de ce code est de déterminer correctement, en tous les points du domaine couvert par les zones d'analyse choisies, la valeur de la transmission totale, celles de la transmission interférorésonnante et de la section efficace totale, en même temps que d'assurer tout au long des calculs la propagation des erreurs, afin d'évaluer la précision accessible sur chacune de ces quantités, et ce, éventuellement pour plusieurs écrans.

Calculer ne suffit pas, encore faut-il que les résultats obtenus soient efficacement présentés pour que le physicien puisse rapidement porter un jugement sur la valeur de son expérience, le crédit qu'il peut ou doit lui accorder, et vérifier en tout état de cause qu'elle est justifiable d'une analyse ultérieure approfondie qu'une erreur à ce statie rendrait vaine. La tâche en est rendue plus facile par une présentation graphique des résultats.

ì

Mais atteindre l'objectif défini plus haute exige de faire la part des événements parasites. C'est là résoudre le délicat problème du bruit de fond qui se pose lors de chaque mesure, et que nous aborderons au paragraphe II.4.

Cela implique de toute évidence qu'ont été effectuées toutes les mesures nécessaires à l'obtention des grandeurs désirées, c'est-à-dire, l'enregistrement des comptages avec ou sans interposition d'échantillons, avec ou sans interposition d'écrans spécialisés, ainsi que celui de tout renseignement décrivant les conditions expérimentales.

Le rôle du programme est alors de s'assurer qu'en tout point où le calcul doit être exécuté les éléments indispensables existent et, dans l'affirmative, de les associer après identification. Nous verrons, au paragraphe II.6, comment il s'en acquitte.

- 161 -

Ceci étant. étudions dès maintenant, comme il a été dit plus haut, le comportement statistique du filtre instrumental. Il va sans dire que l'appareillage, dans son ensemble et en chacune de ses parties, est soumis à des contrôles tant sur le plan pirement électronique que sur celui des étalonnages. Mais un contrôle de purcté statistique [II.1.1] outre les renseignements qu'il apporte présente l'avantage d'un essai physique au cours duquel le système se trouve placé, d'un bout à l'autre de la chaîne, dans les conditions réelles d'utilisation, à deux différences près toutefois.

\$

1

En premier lieu l'accélérateur linéaire est simulé par une source radioactive de période très longue comparée à la durée du contrôle, de sorte que le système travaille, non pas en présence d'un faisceau pulsé mais avec une source continue. Or l'expérience montre que l'éclair intense de rayonnements gamma et de neutrons rapides en début de duaque impulsion inflige une brusque variation de gain à la chaîne d'amplification, le temps de restitution pouvant atteindre 200 microsecondes si on ne prend pas de dispositions particulières. En fait on peut gagner un facteur 10 en inhibant électroniquement les photomultiplicateurs le temps qu'il faut, c'est-

- 162 -

۰ ۲

à-dire, environ pendant 6 microsecondes. Après restitution la chaîne se retrouve dans des conditions normales de fonctionnement.

En second lieu la région d'analyse est faite, en la circonstance, d'une seule zone d'intérêt comportant 4096 canaux de largeur uniforme relativement grande, 400 manosecondes en l'occurence.

Dans ces conditions le spectre de temps de vol revêt l'allure d'un spectre horizontal comme celui de la figure II.1.2 pour lequel la moyenne des comptages par canal s'établit aux alentours de 10 130.

Considérons, dès lors, un canal en temps de rang i quelconque et de largeur \pounds . Il découpe dans le temps des intervalles égaux i sa largeur et le nombre d'événements qui s'y sont présentés au bout de N cycles d'analyse, c'est-à-dire, pendant le temps N \pounds exprimé en microsecondes, est une variable aléatoire de Poisson dont nous désignerons l'espérance mathématique par m et dont nous savons que la variance doit être aussi égale à m. En utilisant les notations du paragraphe suivant ce nombre $N_i^{\vee \phi}$ serait effectivement le nombre d'événements enregistrés dans le canal i si le systeme était parfait. Or il ne l'est pas et, de plus, nous

- 163 -

ne pouvons substituer à N_{i} inaccessible expérimentalement que le comptage N_{i} reconstitué statistiquement comme il est expliqué au paragraphe suivant, N_{i} est une variable aléateure de variance généralement supérieure à m, soit σ^{2} :

Le contrôle de purcté statistique consistera à comparer entre elles l'espérance mathématique et la variance de la distribution des résultats de comptage, en faisant cette comparaison sur des estimateurs obtenus à partir d'un échantillon de taille K.

Donc, en d'analyse, on a

pour estimateur de l'espérance mathématique m

$$\langle N_{i}^{v} \rangle = \left[\sum_{k=1}^{K} \frac{N_{i}^{v}(k)}{N_{(k)}}\right] / \sum_{k=1}^{K} \frac{1}{N_{(k)}}$$
 (II.1.1)

pour estimateur de la variance σ^2

$$s^{2} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^{K} \frac{1}{N(k)} \left(\lambda_{l(k)}^{v} - \langle N_{1}^{v} \rangle \right)^{2}$$
 (II.1.2)

- 164 -

.

- 165 -

La quantité

$$P := \frac{1}{\langle N_{i}^{v} \rangle} \sum_{k=1}^{K} \frac{1}{N_{(k)}} \left[N_{i}^{v} (\gamma)^{-} \langle N_{i}^{v} \rangle \right]^{2}$$
(II.1.3)

.

est une variable aléatoire distribuée comme χ^2_{k-1} [II.1.2].

L'estimateur (II.1.2) est un estimateur de σ^2 avec biais. Il faut toutefois préciser que pour K devenant arbitrairement grand, s² serait un estimateur asymptotiquement non biaisé. Mais pour faire le test d'égalité des variances nous utiliserons au contraire des estimateurs non biaisés. Ainsi, si on partage les épreuves en deux lots de tailles respectives K₁ et K₂ on aura les estimateurs

$$s_1^2 = \frac{1}{K_1^{-1}} \sum_{k=1}^{K_1} \frac{1}{N_{(k)}} (N_{i(k)}^{\vee} - \langle N_i^{\vee} \rangle_1)^2$$
 (II.1.4)

et

$$s_{2}^{2} = \frac{1}{K_{2}^{-1}} \sum_{k=1}^{K_{2}} \frac{1}{N_{(k)}} (N_{i(k)}^{\vee} - \langle N_{i}^{\vee} \rangle_{2})^{2}$$
 (II.1.5)

Alors la quantité

$$F = \frac{s^2 m}{s^2 n}$$
, (II.1.6)

L

.

avec m=1 ou 2, n= 1 ou 2 pourvu que $s_m^2 \ge s_n^2$, est une variable de Snédécor obéissant à une distribution de Fisher.

Par ailleurs pour effectuer le test d'égalité des moyennes $\langle N_i^{\vee} \rangle 1$ et $\langle N_i^{\vee} \rangle_2$, en supposant l'égalité des variances vérifiée, nous considèrerons la variable

$$\Gamma = \frac{\langle N_i^{\vee} \rangle_1 - \langle N_i^{\vee} \rangle_2}{s! \sqrt{\kappa_1^{-1} + \kappa_2^{-1}}}$$
(II.1.7)

.

Ŀ,

;

οù

$$s' = \frac{1}{K_{1} + K_{2}^{-2}} \left[\sum_{k=1}^{K_{1}} \frac{1}{N_{(k)}} \left(N_{i(k)}^{\vee} - \langle N_{i}^{\vee} \rangle_{1} \right)^{2} + \sum_{k=1}^{K_{2}} \frac{1}{N_{(k)}} \left(N_{i(k)}^{\vee} - \langle N_{i}^{\vee} \rangle_{2} \right)^{2} \right]$$
(II.1.8)

La variable T est une variable de Student à K_1+K_2-2 degrés de libert(.

Pour les trois variables P, F ou T, définies en (II.1.3).(II.1.6) ou (II.1.7), que nous symboliserons globalement par la notation X,

- 166 -

nous admettrons qu'étant données deux limites, inférieure et supérieure, notées respectivement a et b, pour chacune des distributions correspondantes, la probabilité

$$Pr(a \leq X \leq b) = 0,95$$
 (II.1.9)

;

8

puisse être considérée comme une garantie suffisante de validité de l'hypothèse favorable à la pureté statistique de la chaîne de mesure. Pour (II.1.6) a=1, pour (II.1.7) a = -b.

Notons que les deux derniers tests renseignent quant à la stabilité de la chaîne.

La figure I.2.3 illustre un exemple de test de comportement statistique. Il porte sur 4096 canaux mais ne sont présentés ici que les résultats relatifs aux quelques 60 premiers canaux. On y trouve, tout en tête, en face du libellé LIMITES A NE PAS DEPASSER, les différentes valeurs de a ou/et b qui interviennent dans la relation (II.1.9). Ce sont dans l'ordre b pour les variables F et T, a et b pour la variable P. Ces valeurs sont calculées en fonction de la taille de l'échantillon. Au dessous figure la liste des valeurs prises par les variables aléatoires, à la suite du test, en les différents canaux. Elle se lit comme suit : numéro du canal,

- 167 -

-

valeurs respectives des variables F, T, P en ce canal, représentation graphique de P avec les limites d'acceptation de l'hypothèse d'égalité de la moyenne et de la variance, le tout sur la même ligne.

- 163 -

Le graphique montre que le test de pureté statistique est très satisfaisant puisque les points se situent à l'intérieur de l'intervalle correspondant à la probabilité de rejet à tort de 5%. A l'inverse, on ne peut en dire autant ni du test d'égalité des variances ni de celui de l'égalité des moyennes. En fait ces deux tests sont très difficiles à satisfaire et le fait qu'ils ne le soient pas, surtout dans des conditions aussi sévères que celles imposées ici, n'implique pas une situation aussi critique qu'on pourrait le craindre, d'autant que les expériences sont conduites de manière à palier les instabilités.

. | . .

*

3

;

II.2

EFFET DE GROUPEMENT

1

ŗ.

ş

A un moment donné, considérons les neutrons parvenus au détecteur après transmission. Le temps qu'ils auront mis pour couvrir la distance qui sépare la source de ce détecteur peut avoir pris, dans l'absolu, n'importe quelle valeur entre une limite inféricure t_{γ} , confondue avec le temps de vol des rayonnements gamma, et l'infini. Nous pouvons dire dans ces conditions que leur spectre naturel est une fonction N(t) du temps de vol t, définie sur tout l'intervalle $\left[t_{\gamma}\ ,\ \varpi\right)$. Donc en deçà de l'analyseur en temps nous nous trouvons en présence d'une distribution des neutrons à une dimension du type continu, dont nous dénoterons la densité de probabilité par n(t). Dans la pratique on se borne à ne considérer qu'une partie finie de l'intervalle de définition, celle qui coincide avec la zone d'analyse, soit (t_{\min}, t_{\max}) . Par ailleurs n(t) est l'expression normalisée de N(t).

ž

i

_

- 169 -

Le spectre naturel, inacessible directement, n'est en fait observable qu'à travers l'analyseur en temps dont le pouvoir séparateur limité a pour conséquence d'effectuer une partition de l'intervaile (t_{\min}, t_{\max}) en un nombre fini d'intervalles que nous supposerons, pour le moment, tous égaux entre eux lorsqu'on se limite à une seule largeur de canaux, et dont la longueur commune est cette largeur elle-même que nous désignerons par t_c .

Autrement dit l'appareil est incapable de discerner deux événements caractérisés par des temps de vol appartenant à un même intervalle. Si donc on désigne par k l'indice repérant l'intervalle courant, l'appareil aura enregistré en fait une cortaine fonction discrète

$$N_{k} = \int_{t_{I}^{+(k+1/2)t_{c}}}^{t_{I}^{+(k+1/2)t_{c}}} N(t) d' \qquad k = 1,... \qquad (II.2.1)$$

où t_J est une constante au moins égale à $t_o - \frac{4}{2}t_c$, t_o désignant l'instant initial de déclenchement de l'appareil.

- 170 -

- 171 -

J

ŀ,

1

:

-

Į.,

 N_k représente donc le comptage dans la k^{ième} canal, et il est habituel de prendre pour points de définition de la fonction N_k les points centraux $t_k = t_I + kt_c$ de chaque intervalle.

1

Cela revient en fait à faire un échantillonnage à partir d'une distribution discrète caractérisée par la fonction

$$n_{k} = n(t_{k}) = \int_{t_{I}}^{t_{I} + (k+1/2)t_{c}} n(t)dt = \int_{t_{k}}^{t_{k} + 1/2 t_{c}} n(t)dt$$
(II. 2. 2)
$$t_{I} + (k-1/2)t_{c} t_{k} - 1/2 t_{c}$$

Le problème est alors de savoir comment se comparent la distribution groupée de masses ponctuelles n_k et la distribution continue de densité n(t).

Pour répondre à cette question, traitons l'effet de groupement comme un effet de résolution, et voyons dans quelle mesure cette assimilation se sjustifie.

Comme au paragraphe I.5 considérons la variable aléatoire T_c qui définit, repéré par rapport à t_k , l'instant d'arrivée d'un événement à l'intérieur de k^{ième} intervalle de temps. Supposons rectangulaire la forme des canaux. Telle sera aussi cette de la densité de probabilité $f_c T_c$).

1

12.

ł

_

~~ /

Les deux variables t et T_c sont deux variables stochastiquement indépendantes. t_k en est la somme, de sorte que si l'on désigne par $E(t^{\Psi})$ et $E(T_c)$ les moments respectifs des variables t et T_c , les différents moments de la variable t_k s'en déduisent par la formule de composition des moments [II.2.1].

$$E(t_{k}^{\nu}) = \sum_{i=0}^{i=\nu} {\binom{\nu}{i}} E(t^{\nu-i}). E(T_{c}^{i}) \qquad (II.2.3)$$

1

On en tire par substitutions successives los relations qui expriment les moments relevant du spectre signa en fonction de ceux qui se rapportent au spectre image. Plus précisement, on obtient pour les premiers moments

$$E(t) = E(t_{k})$$

$$E(t^{2}) = E(t^{2}_{k}) - \frac{1}{12} \tau^{2}_{c}$$

$$E(t^{3}) = E(t^{3}_{k}) - \frac{1}{4} E(t_{k}) - \tau^{2}_{c}$$

$$E(t^{4}) = E(t^{4}_{k}) - \frac{1}{2} E(t^{2}_{k}) \cdot \tau^{2}_{c} + \frac{7}{240} \tau^{4}_{c}$$

$$E(t^{5}) = E(t^{5}_{k}) - \frac{5}{6} E(t^{3}_{k}) \cdot \tau^{2}_{c} + \frac{7}{48} E(t_{k}) \cdot \tau^{4}_{c}$$

$$E(t^{6}) = E(t^{6}_{k}) - \frac{5}{4} E(t^{4}_{k}) \cdot \tau^{2}_{c} + \frac{7}{16} E(t^{2}_{k}) \cdot \tau^{4}_{c} - \frac{31}{1344} \tau^{6}_{c}$$

- 172 -

J

۰۶ ۲.

Í

On reconnait là les résultats fournis par les formules de correction de Sheppard dont l'expression générale s'écrit [I.5.1]

$$E(t^{\nu}) = \sum_{i=0}^{i=\nu} {j \choose i} (2^{1-i}-1) B_i E(t_k^{\nu-i}) T_c^i$$
(II.2.5)

dans laquelle les B_i sont les nombres de Bernouilli.

Ainsi donc l'assimilation de l'effet de groupement à l'effet de résolution conduit aux formules de correction de Sheppard établies d'une toute autre façon.

Il faut cependant remarquer que la relation (I.2.5) comporte une approximation permettant de confondre les moments de la distribution discrète $E(t_k^{y})$ avec leurs moyennes arithmétiques $\widetilde{E}(t_k^{y})$ calculées sur l'intervalle d'un canal, ce qui permet de substituer les premières aux secondes. En fait on a

$$E(t_k) = \overline{E} (t_k^{\mathcal{Y}}) + R_{\mathcal{Y}} (t_k)$$
 (II.2.6)

avec

$$\mathbb{R}_{\mathcal{Y}}(t_{k}) = -t_{c} \int_{-\infty}^{+\infty} S(y)g'_{\mathcal{Y}}(t_{I} + t_{c} y)dy \qquad (II.2.7)$$

- 174 -

S(y) étant la fonction en dent de scie

$$S(y) = [y] - y + \frac{1}{2}$$
 (II.2.8)

et g^{I}_{ν} la dérivée de 1a fonction

$$g_{i}(t) = t^{j} \int_{t-1/2 t_{c}}^{t+1/2 t_{c}} n(x) dx$$
 (II. 2. 9)

Par aideurs on peut montrer [II.2.2] que

$$\widetilde{E}(t_{k}^{\nu}) = \frac{1}{\nu+1} \sum_{i=0}^{i=(1/2)} {\binom{\nu+i}{2i+1}} {\binom{\nu+i}{2}} E(t^{\nu})^{2i} = (t^{\nu-2i}) \quad (II.2.10)$$

٠

ce qui ést évidemment indépendant de ${\bf t}_{I}$.

Ainsi la dépendance de $E(t_k)$ en t_I se situe-t-clle dans le terme résiduel $R_{\mathcal{V}}(t_k)$ dont l'étude établirait qu'il est périodique de période t_c , de sorte qu'en définitive

$$E(t_k) = \overline{E}(t_k) + R_{\nu}(t_l) \qquad (II.2.11)$$

D'une façon générale dans la pratique, on a observé que les termes R_y sont très petits [II.2.3], et cela est d'autant plus

<u>de probabilité</u> vrai, théoriquement, que la fonction densité étant à support compact, l'ordre de ses contacts est plus élevé aux extrêmités de l'intervalle de définition. Or, le fait qu'il s'agit d'un phénomène physique nous renseigne favorablement quant à la compacité du support. Si, par ailleurs, l'examen de la forme de l'impulsion de neutrons ne nous assure qu'un contact d'ordre un à l'origine, en revanche, à l'autre extrêmité, comme le montre le spectre de ralentissement des neutrons, n(t) se comporte comme 1/t, c'est dire que suffisamment loin le contact est asymptoptiquement aussi élevé qu'on le veut.

En toute rigueur S.Schwarz et II.O.Zetterström dans la référence [II.2.2] ont établi un théorème selon lequel la condition nécessaire et suffisante pour que le terme R_{η} ($t_{\overline{l}}$) soit identiquement nul pour tout $\eta \leqslant \vartheta$ est que la fonction

$$\mathcal{V}_{\eta}(\xi) = \sum_{i=-\infty}^{i=+\infty} (\xi + it_c)^{\nu} n (\xi + it_c)$$
 (II.2.12)

définie sur l'intervalle $(0,t_c)$ soit constante presque partout pour カイン.

S'il est difficile de montrer que le spectre naturel des neutrons correspond à une densité de probabilité satisfaisant ce théorème

- 175 -

avec une bonne approximation, du moins peut-on intuitivement sentir qu'il n'en est pas autrement. En effet, pour que les deux premières fonctions Ψ_0 et Ψ_1 , auxquelles se limite en fait notre intérêt, soient pratiquement des constantes, il suffit, les sommations ne portant que sur un nombre fini de termes, que le pas soit suffisamment petit, et c'est bien notre cas.

Sur le plan pratique on peut d'ailleurs vérifier simplement la chose, localement, au droit d'une résonance en ignorant pour la circonstance l'effet Döppler et en limitant le support de la fonction n(t) à l'intervalle d'analyse (t_{min}, t_{max}) . Pour fixer les idées consilérons un intervalle correspondant à un domaine d'énergie s'étalant de 45 eV à 10 keV, soit pour une base de temps de 100 mètres l'intervalle (72, 1072), la résonance étant centrée en $t_R = 511$, avec $t_c = 1$ et désignons par t_p l'intervalle en temps correspondant à la largeur Γ de la résonance.

La figure II.2.1 représente les fonctions Ψ_0 et Ψ_1 correspondantes. On peut constater qu'elles sont constantes même pour $t_{\Gamma} = 0,1$ hormis une très légère ondulation à l'origine qui porte en fait sur la troisième décimale.

- 176 -

Môme la fonction Ψ_2 , non représentée ici, ne présente qu'une imperceptible ondulation autour d'une valeur moyenne, bien plus élevée que celle des fonctions précédentes.

Ainsi donc ces résultats confirment bien s'il en était besoin, que l'effet de résolution englobe l'effet de groupemert.

•

٠

- 177 -

II.3 TEMPS MORT

Les analyseurs en temps sont équipés de mémoires rapides. Cependant l'enregistrement d'un événement à l'adresse désirée exige, avons nous vu, un certain temps d'exécution pendant lequel l'appareil est incapable d'en enregistrer un autre. Ce phénomène se traduit par des pertes de comptage, et l'on appelle temps mort le temps pendant lequel l'appareil demeure insensible. 1

1

-

Dans les expériences de transmission dont il s'agit ici, les analyseurs en temps sont caractérisés par des temps morts qui se situent entre 16 et 20 microsecondes, ou au voisinage de la microseconde, et leur bon fonctionnement exige que les cycles d'analyse soient séparés d'au moins cet intervalle de temps.

Il convient donc de rétablir les comptages, que l'on devrait avoir dans chaque canal en l'absence de temps mort. Pour ce faire nous allons d'abord en évaluer les pertes.

- 178 -

- 179 -

II.3.1 Evaluation des pertes de comptage

Considérons le i-ième canal et soit N_i^{\checkmark} le nombre vrai d'événements qu'il aurait dû enregistrer. Soit N_i le nombre le nombre d'évènements effectivements enregistrés. On ne pourra compter un évènement dans le canal i que dans la mesure où l'on n'rura rien compté dans les n canaux qui le précèdent, n désignant le nombre de canaux susceptibles d'être couverts par le temps mort. Ces n canaux ne peuvent compter au plus què N coups au cours d'une expérience donnée, si tel est le nombre total de cycles d'analyse déclenchés au cours de cette expérience. Par conséquent le nombre de fois où le canal i est prêt à enregistrer un événement est proportionnel à

N -
$$\sum_{j=i-n}^{j=i-1} N_j$$
 avec $i > n$ (II. 3.1)

1

C'est dire que la probabilité d'être enregistré pour un événement qui se présente dans le canal i s'écrit

$$1 - \frac{1}{N} \sum_{j=i-n}^{j=i-1} N_j$$
 avec $i > n$ (II. 3.2)

- 180 -

Si donc, il s'en présente N_i^v , seuls seront probablement enregistrés les N_i décomptés par

$$N_{i} = N_{i}^{\vee} \left(1 - \frac{1}{N} \sum_{j=i-n}^{j=i-1} N_{j} \right) \quad \text{avec } i \ge n+1 \quad (II.3.3)$$

: ;;;

י ו

ſ

]

ļ

.

1

:

1

Lorsque $i \leq n$, c'est-à-dire, lorsqu'il y a au plus n canaux avant le i-ième canal, la relation (11.3.3) devient évidenment

$$N_{i} = N_{i}^{\vee} \left(1 - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{j=i-1} N_{j} \right) \quad \text{avec } i \ge n+1 \quad (II, 3, 1)$$

Quoiqu'il en soit on peut poser d'une façon générale

$$N_i = N_i^{\vee} P_i$$
 (II. 3.5)

où

$$P_i = 1 - \frac{1}{N} \sum_{j=\xi}^{j=i-1} N_j$$
 i= 2, 3,.. (II.3.6)

désignant le plus grand des deux nombres 1, i-n. Bien entendu

on a

$$P_1 = 1$$
 (II. 3.7)

Pour exprimer les P_i à l'aide des seuls comptages vrais on peut procéder par récurrence. Ainsi pour les n+1 premiers canaux, hormis le canal 1, on obtient

$$P_{i} = \left(1 - \frac{N_{i-1}^{\vee}}{N}\right) P_{i-1} \qquad \text{pour } 2 \leq i \leq n+1 \quad (II, 3, 8)$$

Compte tenu de ce que l'erreur sur le comptage N_i est une erreur statistique, on peut écrire pour l'erreur quadratique sur P_i , d'après la loi de composition des erreurs quadratiques

$$\Delta P_{i} = \left[\left(1 - \frac{N_{i-1}^{\vee}}{N} \right)^{2} \left(\Delta P_{i-1} \right)^{2} + \frac{P_{i-1}^{2}}{N^{2}} N_{i-1}^{\vee} \right]^{1/2}$$

pour $2 \leq i \leq n+1$ (II.3.9)

ł

avec bien entendu $\Delta P_1 = 0$

Pour les canaux de rang supérieur à n+1 on peut écrire

$$P_i = P_{i-1} - \frac{N_{i-1}}{N} + \frac{N_{i-n-1}}{N} \text{ pour } i > n+1$$
 (II.3.10)

ce qui donne compte tenu de (II.3.5)

$$P_i = \left(1 - \frac{N_{i-1}^{\vee}}{N}\right)^2 P_{i-1} + \frac{N_{i-1}^{\vee}}{N^2} P_{i-n-1} \text{ pour } i > n+1 \quad (11, 3, 11)$$
- 182 -

L'erreur sur l'i s'écrit alors

$$\Delta P_{i} = \left[\left(1 - \frac{N_{i-1}^{\vee}}{N} \right)^{2} \left(\Delta P_{i-1} \right)^{2} + \frac{P_{i-1}^{2}}{N^{2}} + \frac{N_{i-1}^{\vee}}{N^{2}} + \left(\frac{N_{i-n-1}^{\vee}}{N} \right)^{2} \left(\Delta P_{i-n-1} \right)^{2} + \frac{P_{i-n-1}^{2}}{N^{2}} + \frac{P_{i-n-1}^{2}}{N^{2}} + \frac{1}{N} \right]^{1/2}$$
pour i > n+1

Au total donc N_i se calcule dans tous les `as à l'aide de la relation (II.3.5) dans laquelle P_i est, soit l'unité si i = 1, soit donné par les relations ('I.3.8) ou (II.3.11) suivant que i satisfait les double inéquation $2 \leq i \leq n+1$ ou l'inégalité i > n+1.

Ceci étant, l'erreur sur N_i s'écrit

$$\Delta N_{i} = \left[N_{i}^{\vee} P_{i}^{2} \tau \left(N_{i}^{\vee} \Delta P_{i} \right)^{2} \right]^{1/2}$$
(II. 3. 13)

Il n'est pas inutile de noter que $(\Delta P_i)^2$, sauf pour i=o, est un terme en $\frac{N^V}{N^2}$, c'est-à-dire, dans les faits, négligeable devant le terme $N_i^V P_i^2$. En effet N s'exprime en 10⁶ alors que les N^V s'expriment en 10³ ou 10⁴. Si bien qu'il est justifié d'écrire

$$(\Delta N_i)^2 \approx N_i^{\vee} P_i^2 \qquad (II.3.14)$$

d'où

$$\frac{\Delta N_i}{N_i} \approx \frac{\Delta N_i^{\vee}}{N_i^{\vee}}$$
(II. 3. 15)

La figure II.3.1 corrobore les calculs précédents. Elle compare graphiquement déformations théoriquès et déformations expérimentales subies par un spectre de configuration simple obtenue par la superposition d'un pic quasi rectangulaire à un fond continu.

- 183 -

Le fond horizontal résulte de l'enregistrement d'événements purement statistiques correspondant à la détection de rayouments gamma émis par une source radioactive.

Le pic est artificiellement créé à partir lui aussi d'un fond horizontal de même origine que le précédent, mais dont on a augmenté le taux d'enregistrements en abaissant le seuil de détection et dont on a prélevé une partie en ouvrant périodiquement une porte de largeur donnée à l'aide d'un circuit horloge.

Les impulsions en coincidence avec la porte sont, d'une part, décomptées par une échelle, d'autre part, envoyées dans l'analyseur en temps dont le déclenchement est provoqué par le top du

- 184 -

générateur horloge.

Dans une telle expérience, l'électronique mise en jeu doit être caractérisée par un temps mort tout à fait négligeable devant celui de l'analyseur, et très petit eu égard à la largeur des canaux, faute de suoi le premier se manifesterait sous forme de palier en début de pic, masquant ainsi le réel effet du second.

Dans le cas de la figure II.3.1 la porte avait une largeur de 7.1 microsecondes. Elle était située à partir de 66.9 microsecondes à compter du début du cycle. Il y eut au total 1.221.600 impulsions dans le pic pour un comptage statistique moyen de 3357 coups par canal et 1.451.434 cycles d'analyse. La largeur des canaux étant de 400 nanosecondes, le taux de comptage N_i dans le pic fui théoriquement de 69 100 coups par canal sauf pour le premier et le dernier. Le temps mort était de 14 microsecondes.

La figure montre un parfait accord entre les points expérimentaux et la courbe théorique que la formule (II.3.5) permet de déduire du spectre généré. En particulier les points expérimentaux marquent bien la décroissance des comptages à mesure que l'on s'éloigne des premiers canaux, c'est- λ -dire, à mesure que le temps

mort affecte un nombre de canaux de plus en plus grand, et ce jusqu'au canal (n+1), soit dans le cas présent le 36ème canal, où l'on atteint alors le point le plus bas. Le pic lui-même est affecté d'une telle décroissance due aux canaux de fort comptage qu'il contient. Mais, ce qui est surtout flagrant, c'est l'ombre portée par le pic. Elle couvre 35 canaux. Notons que la remontée de ce puits d'ombre atteint un niveau légèrement supérieur à celui du comptage constant situé en amont du pic; puis s'abaisse doucement donnant ainsi l'image d'un amortissement.

D'ailleurs d'importantes oscillations amorties peuvent apparaftre en début de spectre, même dans le cas de l'enregistrement d'événements parfaitement aléatoires, si leur taux d'occurence est suffisamment élevé. La figure II.3.2 illustre bien le phénomène pour unc perte de comptage atteignant les 2/3. Plus précisément on s'est placé par hypothese dans la situation où se présentent 10^5 événements par canal pour $10^6 t_0$, le temps mort étant de 8 microsecondes et la largeur des canaux de 400 nanosecondes. Le canal le plus bas est bien le 21^{eme} canal, ce qui permettrait éventueller temps mort si on ne le connaissait pas.

- 185 -

De telles oscillations s'observent effectivement si, en l'absence · de pulsation des photomultiplicateurs, on place le début de la zone d'analyse trop près du t_o. Elles ont pour origine les forts taux de comptage induits par la détection brutale du flot quasi instantané de rayonnements gamma associés à l'émission des neutrons par la source pulsée de l'accélérateur linéaire.

II.3.2 Correction de temps mort

En fait, pour le traitement des données expérimentales telles qu'elles sont délivrées par l'appareillage, il s'agit plutôt de déterminer ce que doivent être les nombres $N_i^{\mathbf{v}}$ lorsqu'on connait les comptages enregistrés N_i .

Pour cela il semble que l'inversion de la relation (II.3.5) doive suffire. On aurait donc

$$N_{i}^{v} = N_{i} / P_{i}$$
 (II.3.16)

;

Mais l'élaboration du programme de calcul des N_i^{ν} soulève dans la pratique quelques difficultés quant à l'application de la relation ci-dessus pourtant simple. Ces difficultés tiennent uniquement à la diversité des conditions expérimentales dans lesquelles

- 186 -

les physiciens peuvent se placer, tant du fait de la souplesse d'exploitation des appareils, que de leur nombre et de ce qui les différencie dans la présentation des données expérimentales, dans leur mode d'emploi et dans leurs performances. On se souvient que pour certains analyseurs en temps la région d'intérêt peut être partagée en plusieurs zones d'intérêt susceptibles d'être placées n'importe où à l'intérieur de la zone d'analyse.

Plusieurs cas peuvent donc se présenter qui doivent être traités différemment. La figure II.3.3 les schématise.

S'il y a une seule zone d'intérêt, disons A, la correction de temps mort dans cette zone se fait simplement en appliquant la relation (II. 3.16) sans prendre de précautions particulières autres que celle de savoir si le canal i où l'on fait la correction est précédé de plus de n canaux ou moins.

Si l'on fait entrer en jou une deuxième zone d'intérêt dénotée B, on pout encore se retrouver dans la même situation que précédemment en ce qui concerne la correction dans le canal i, à condition que B se situe, soit toute entière derrière A, soit suffisamment levant pour qu'elle en soit séparée d'un intervalle au moins égal au temps mort.

- 187 -

En revanche, lorsque cet intervalle est inférieur au temps mort, il faut ajouter à la correction précédente la contribution des canaux de la zone B qui peuvent intervenir. Pour cela il faut également sommer les comptages de ces canaux, mais dans (II.3.6) les bornes de sommation doivent être déterminées en fonction de la positior. relative de la zone B par rapport au canal i. Les sous-programmes seront donc conçus, si besoin est , de façon à examiner tous les cas possibles qui se présentent lorsqu'on fait glisser la zone B par rapport à la zone A, et cela quel que soit le i choisi.

Encore les cas sont-ils différents suivant que l'on a affaire à des zones inégales ou de même longueur. Chacune des deux éventualités donnera lieu à l'élaboration de deux sous-programmes que nous avons dénommés respectivement sous-programme TMI23 lorsqu'il s'agit d'analyseurs en temps 1000 canaux type Intertechnique et sous-programme TMI4 lorsqu'il s'agit de l'analyseur bidimensionnel 2x3.

1

Ces appareils ont cependant un trait commun. La largeur des

- 188 -

Avssi est-il loisible de travailler sur l'indice du canal. Au contraire pour les codeurs du type accordéon chaque zone d'intérêt peut se voir affecter une largeur de canal différente, de sorte qu'il devient indispensable d'entectuer les repérages en se référant à l'échelle des temps. C'est ainsi qu'opère le sous-programme TM5.

Tous ces sous programmes sont généralisés au nombre de zones que comportent les appareils. Il faut toutefois introduire à ce stade une notion nouvelle, celle de l'association des zones. En effet, dans le cas des sous-programmes TM 123 et TM 4, il se peut que deux zones enregistrent chacune alternativement une expérience différente. Dans ce cas elles n'ont aucune influence l'une sur l'autre en ce qui concerne la correction de temps mort, bien qu'elles puissent avoir des parties communes. Ce cas se présente en particulier toutes les fois que l'on réserve une partie de la mémoire d'un sélecteur en temps à une mesure de transmission d'un échantillon dont l'épaisseur est différente. Ainsi peut-on associer plusieurs zones pour les mettre en parallèle avec les zones restantes.

ł

On conviendra d'affecter un coefficient d'association à deux indices aux zones prises deux à deux. On désignera ce coefficient

- 189 -

par IASZ (NZ, LZ), NZ étant l'indice de la zone à laquelle appartient le canal i et LZ celui de la zone dont on veut savoir si certains canaux interviennent. Ce coefficient prendra la valeur 1 si les zones NZ et LZ travaillent simultanément; et 0 dans le cas contraire. On passera en revue toutes les zones LZ pour tous les canaux des zones NZ. Il est évident que IASZ (NZ, NZ) \equiv 1.

- 190 -

La matrice des coefficients LASZ (NZ, LZ) est symétrique par rapport à la diagonale principale. Elle sera construite dans le programme principal à partir de la simple lecture des numéros de zone écrits en groupes séparés par des zéros à l'image de l'association des zones, en respectant l'ordre croissant à l'intérieur de chaque groupe. Ainsi écrira-t-on simplement 1357 0 24680 pour exprimer que 8 zones sont séparées en deux groupes dont le premier compren.' les zones 1, 3, 5, 7 et le second les zones 2, 4, 6, 8.

ŧ

On peut pousser un peu plus loin l'individualisation des zones pour tenir compte du fait qu'elles peuvent ne pas toutes correspondre à un même nombre de cycles d'analyse. Tel est le cas si les circonstances obligent à lancer en retard l'enregistrement des

- 191 -

comptages sur une voie, ou au contraire à l'arrêter prématurément.

Reprenons donc les deux zones A et B considérées plus haut, A désignant toujours la zone à laquelle appartient le canal i où l'on calcule la correction de temps mort. Soient N_A et N_B les nombres de cycles d'analyse qui leur sont respectifs. Plaçons nous dans l'hypothèse où l'ensemble \mathbf{J}_B des canaux de la zone B appelés à intervenir dans le calcul de N_i n'est pas vide. On doit alors écrire, \mathbf{J}_A désignant l'ensemble des canaux de la zone A précédant le canal i,

$$N_{i}^{\mathbf{v}} = \frac{N_{i}}{1 - \frac{1}{N_{A}} \left(\sum_{j \in J_{A}} N_{j} + \sum_{j \in J_{B}} N_{j} \right)} \quad \text{si } N_{A} \ge N_{E} (II, 3.17)$$

ł

ου

$$N_{i}^{V} = \frac{1 - \frac{1}{N_{A}} \sum_{j \in J_{A}}^{N_{j}} - \frac{1}{N_{B}} \sum_{j \in J_{B}}^{N_{j}} N_{j}} \text{ si } N_{A} < N_{B} \quad (II_{*}3.18)$$

- 192 -

selon que N_A est plus grand ou plus petit que N_B .

Le calcul s'(tend facilement à un nombre quelconque de zones. Notons que les comptages N_i^{\vee} donnés par les relations ci-dessus sont en fait des estimations probabilistes du nombre $N_i^{\vee o}$ des événements qui se sont effectivement présentés dans le canal i, de sorte que l'on peut poser

$$N_{i}^{\vee} = N_{i}^{\vee \circ} + \Delta N_{i}^{\vee}$$
(II.3.19)

ł

3

 $N_i^{\vee \circ}$ est inaccessible, mais il est possible à partir de (II.3.18) d'estimer la demi barre d'erreur ΔN_i^{\vee} . On peut écrire en effet

$$(\Delta N_{i}^{\vee})^{2} = \left(\frac{N_{i}^{\vee}}{N_{i}}\right)^{2} \left(\Delta N_{i}\right)^{2} + N_{i}^{2} \left(\frac{N_{i}^{\vee}}{N_{i}}\right)^{4} \left[\frac{1}{N^{2}A} - \sum_{j \in J_{A}} \left(\Delta N_{j}\right)^{2} + \frac{1}{N^{2}B} \sum_{j \in J_{B}} \left(\frac{(11.3.20)}{(\Delta N_{j})^{2}}\right]$$

Or d'après (II.3.15)

$$(\Delta N_i)^2 \approx \frac{N_i^2}{N_i^{\vee} \circ}$$
 (II.3.21)

$$(\Delta N_{i}^{\vee})^{2} = \frac{(N_{i}^{\vee})^{2}}{N_{i}^{\vee \circ}} + \frac{(N_{i}^{\vee})^{4}}{N_{i}^{2}} \begin{bmatrix} \frac{1}{N_{A}^{2}} & \sum_{j \in J_{A}} \frac{N_{i}^{2}}{N_{j}^{\vee \circ}} \\ + \frac{1}{N_{B}^{2}} & \sum_{j \in J_{B}} \frac{N_{i}^{2}}{N_{j}^{\vee \circ}} \end{bmatrix}$$
(II.3.22)
solit puisque $N_{j}^{\vee \circ} \geqslant N_{j}$
$$(\Delta N_{i}^{\vee})^{2} \le \frac{(N_{i}^{\vee})^{2}}{N_{i}^{\vee}} + \frac{(N_{i}^{\vee})^{4}}{N_{i}^{\vee}} \begin{bmatrix} 1}{N_{i}^{\vee}} & \sum_{j \in J_{B}} N_{i} \end{bmatrix} (II.3.23)$$

$$(\Delta N_{i}^{\vee})^{2} \leqslant \frac{(N_{i}^{\vee})^{2}}{N_{i}^{\vee}} + \frac{(N_{i}^{\vee})^{4}}{N^{2}_{i}} \left[\frac{1}{N_{A}^{2}} \sum_{j \in J_{A}} N_{j} + \frac{1}{N_{B}^{2}} \sum_{j \in J_{B}} N_{j} \right] \quad (II.3.23)$$

soit encore pratiquement

$$(\Delta N_{i}^{\vee})^{2} \leqslant N_{i}^{\vee} + \frac{(N_{i}^{\vee})^{4}}{N_{i}^{2}} \left[\frac{1}{N_{A}^{2}} \sum_{j \in J_{A}}^{N} N_{j} + \frac{1}{N_{B}^{2}} \sum_{j \in J_{B}}^{N} N_{j} \right]$$
(II. 3. 24)

ŧ

1 ,

,

\$

1 1

en supposant $\Delta N_i^{\vee} \ll N_i^{\vee \circ}$, ce qui est raisonnable.

La relation (II. 3. 24) montre que le vecteur d'erreur de composantes (ΔN_i^{\vee}); i = 1, 2 ..., est un vecteur aléatoire très sensiblement normal.

donc

- 193 -

- 194 -

II.4 DETERMENATION DE LA LOI DU BRUIT DE FOND

II. 1.1 Considérations physiques

Si l'on examine une courbe ex périmentale de temps de vol obtenue avec interposition d'un échantillon suffisamment épais sur le trajet du faisceau de neutrons, on constate que certaines résonances se traduisent alors par des creux dont le fond est plat. Tel est le cas, par exemple, de la première résonance de la figure II.4.1.

Ces résonances, réputées noires, correspondent physiquement à un brusque et fort accroissement de l'argument -no de l'exponentielle. C'est dire que la transmission des neutrons dovés de l'énergie correspondante est quasi nulle, et qu'en conséquence les canaux couvrant le fond de la résonance ne devraient rien compter, contrairement à ce que montre l'expérience.

En réalité, les coups rem_ilissant le fond de ces résonances ne sont pas dûs en général à des neutrons parvenus directement au détecteur à travers l'échantillon. Ils ont plutôt pour origine soit des neutrons "parasites" diffusés par ce qui entoure le détecteur, soit l'activation des cristaux du détecteur, soit des causes d'origine électronique ou autre. Ils peuvent correspondre aussi à des neutrons

dits de recouvrement. On entend par là des neutrons qui, trop lents, n'arrivent pas au détecteur avant que la bouffée suivante ne soit (mise. Tout ceci constitue le bruit de fond.

Le recouvrement des cycles est indiscernable pour l'analyseur en temps qui enregistre dans le canal i aussi bien les neutrons dont l'énergie correspond au temps de vol t_i que ceux qui arrivent avec un retard multiple de la période T définie par deux t_0 successifs. Son effet peut et doit être diminué par interposition d'un écran de coupure dont le rôle est d'absorber les neutrons les plus lents.

En l'absence de recouvrement des cycles et sans interposition d'un écran de coupure on pourrait écrire le nombre de neutrons comptés dans le canal i correspondant au temps de vol t_i sous la forme

$$N_i = \frac{C}{t_i}$$
 (II. 4.1)

۱

où C désigne une constante, dans le cadre de l'hypothèse d'un ralentissement par chocs élastiques en nombre suffisan.

Si l'on tient compte du recouvrement des cycles. il faut ajouter à ce comptage tous les neutrons doucs d'un retard multiple de T. On aura donc en réalité

- 195 -

$$N_{i} = C \sum_{\nu=0}^{\nu} \frac{1}{t_{i} + \nu} T , T \ge t_{i}$$
(II.4.2)

1

Supposons maintenant que l'on interpose un écran suffisamment épais pour présenter plusieurs résonances noires. Pour un tel écran, comme pour tout autre écran d'ailleurs, on aura pour le comptage

- 196 -

$$N_{i} = C \sum_{\gamma=0}^{\gamma=\infty} \frac{1}{t_{i} + \gamma T} e^{-n\sigma (E_{t_{i} + \gamma}T)}$$
(II.4.3)

 $\sigma(E_{t_{i+},T})$ désignant la section efficace totale aux neutrons d'énergie $E_{t_{i+},T}$ définie par le temps de vol $t_i + F$. Mais au droit des résonances noires, la transmission étant nulle, le comptage sera

$$N_{i} = C \sum_{j=1}^{j=\infty} \frac{1}{t_{i} + jT} e^{-n\sigma(E_{t_{i}+j})T)} , T \ge t_{i} \quad (II.4.4)$$

1

1

La série du second membre de (II.4.4) converge vite. Des calculs ont montré qu'il suffisait de quatre termes pour être assuré d'une erreur inférieure au pour cent de la somme que l'on prend. On peut donc ne considérer dans la pratique qu'une somme fine arrêtée au terme de rang γ_0 .

- 197 -

On peut de plus remplaçer, dans l'expression (II.4.4), l'exponentielle par sa valeur moyènne et écrire

$$N_{i} = A_{2} \sum_{\nu=1}^{\nu=\nu_{0}} \frac{1}{t_{i} + \nu_{T}} , T > t_{i} \quad (II.4.5)$$

.

OÙ

$$A_2 = C < e^{-n\sigma(E_{t_i}, T)} >$$
 (11.4.6)

Enfin il faut ajouter à l'expression (II.4.5) la contribution du bruit de fond dont l'origine est autre que les neutrons de recouvrement. Cette contribution sera décrite par un terme constant en remarquant que (II.4.5) peut rendre compte de ce qui ne l'est pas en modifiant Λ_2 , de sorte que

$$N_i = A_1 + A_2 \sum_{\gamma=i}^{\gamma=\gamma_0} \frac{1}{t_i + \gamma T}$$
, $T > t_i$ (II.4.7)

Notons que l'interposition d'un écran plus ou moins épais peut influer sur la valeur des constantes introduites dans l'expression $de N_i$. Nous verrons au paragraphe II.5 comment la loi du bruit de fond intervient dans le calcul de la transmission totale, et cela nous permettra en même temps d'envisager différentes méthodes pour en placer la courbe représentative selon les circonstances.

r

ļ

S'il est vrai qu'il est indispensable d'augmenter au maximum le rapport (signal)/(bruit de fond) par une bonne implantation suivie d'un bon conditionnement de l'expérience, il n'en est pas moins important, une fois cet état de préparation acquis, de s'assurer de la pleine compatibilité des résultats d'une mesure à l'autre faites avec des écrans d'épaisseurs différentes et sur tout l'intervaile d'analyse. En cette affaire le calcul de la loi du bruit de fond est déterminant.

II. 4.2 Calcul de la loi du bruit de fond

Il est naturel de chercher une loi de bruit de fond sous la forme symbolique (II.4.7), c'est-à-dire, représentée par l'expression

$$N_{i} = Q_{1} + Q_{2} \sum_{j=1}^{j=1}^{j=j_{0}} \frac{1}{t_{i} + j_{T}}$$
 (II. 4. 8)

t

pour tout canal i de la zone d'analyse.

Plaçons nous d'abord dans l'hypothèse où le nombre de points de définition est supérieur à deux. Ces points correspondent en fait à une moyenne calculée sur les canaux qui tapissent le fond de chaque résonance noire en sa partie plate, et sont centrés sur elle.

- 198 -

.

- 199 -

La détermination des coefficients \mathcal{O}_1 et \mathcal{O}_2 peut alors se faire efficacement par la méthode des moindres carrés, au sens de cette méthode, puisque, avons nous vu, le vecteur d'erreur ΔN des composantes ΔN_i est normal. Dans ces conditions le calcul de la loi revient en fait à l'estimation d'une forme linéaire des paramètres, car il est loisible de poser

$$\sum_{\gamma=1}^{\gamma=\gamma} \frac{1}{t_{i} + \gamma_{T}} = X_{i}$$
(II.4.9)

.

ť

;

1

. 1

11

-

pour écrire quel que soit i dans la zone d'analyse

$$\alpha_{i} = \alpha_{1} + \alpha_{2} X_{i}$$
(II.4.10)

de sorte que la loi calculée s'exprimera par la relation

$$n_i = a_1 + a_2 N_i$$
 (II.4.11)

où a_1 , a_2 et n_i sont les estimations respectives de a_1 , a_2 , a_1 .

Soit **p** le nombre de points de définition ou d'observations. Il s'agit de résoudre le système d'équations surabondant suivant

 $N_{j} = a_{1} + a_{2} X_{j} \qquad j = 1, \dots, \eta \qquad (II. 4. 12)$

- 200 -

que l'on peut écrire sous forme matricielle

$$N = X \mathcal{A}$$
(II, 4, 13)

1

• •

. . . .

ł

, ; ; ,

ł

ł

\$

Si on désigne par P la matrice diagonale des poids dont les éléments sont $P_{jj} = P_j = 1/(\Delta N_j)^2$, $j=1,...\eta$; alors le vecteur A des estimations des composantes de A est donné par la relation

$$A = C^{-1} X^{T} PN$$
 (II.4.14)

où la matrice C est définie pai

$$C = X^{T} PX$$
 (II.4.15)

 X^{T} étant la matrice transposée de X.

_

Dans notre cas les choses se simplifient beaucoup car les dimensions de la matrice C se réduisent à 2x2. En utilisant les notations contractées habituelles de Gauss

$$[X] = \sum_{j=1}^{j=\eta} X_{j}$$
(II.4.16)

cette matrice s'écrit

$$C = \begin{pmatrix} [P] & [PX] \\ [PX] & [PX^{2}] \end{pmatrix}$$
(II.4.17)

, | ; ; ; ;

1 []

.:

. . .

i

ł

÷

- 201 -

Par ailleurs

$$\mathbf{X}^{\mathrm{T}} \mathbf{PN} = \begin{pmatrix} \mathbf{PN} \\ \mathbf{PNN} \end{pmatrix}$$
(II.4.18)

1

de sorte que

$$a_{1} = \frac{[PN] [PX^{2}] - [PNX] [PX]}{[P] [PX^{2}] - [PX]^{2}}$$
(II.4.19)
$$a_{2} = \frac{[P] [PNX] - [PN] [PX]}{[P] [PX^{2}] - [PX]^{2}}$$
(II.4.20)

Ce sont là les deux expressions qui permettent de calculer les paramètres a_1 et a_2 qui figurent dans la relation (II.4.11).

En outre, il est possible de connaitre un estimateur non biaisé de la variance de n_i que l'on notera $V(n_i)$, [II.4.1].

Cet estimateur est donné, dans notre cas, par la relation

$$V(n_i) = \frac{1}{\eta - 2} \cdot \frac{\det(D) \det(C_i)}{[\det(C)]^2}$$
 (II.4.21)

où D et C_i sont les matrices suivantes

$$D = \begin{pmatrix} [PN ^{2}] [PN] [PNX] \\ [PN] [PN] [PX] [PX] \\ [PNN] [PX] [PX] [PX^{2}] \end{pmatrix} (II.4.22)$$

$$C_{i} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & X_{i} \\ 1 & [P] & [PX] \\ X_{i} & [PX] & [PX^{2}] \end{pmatrix}$$
(II.4.23)

\$

On remarquera que les matrices D et C_i sont formées en bordant la matrice C, mais seule la deuxième fait intervenir le point courant X_i , ce qui justifie l'indice.

On peut expliciter un peu plus $V(n_i)$, en écrivant

$$V(n_{i}) = \frac{\det (D)}{n-2} \cdot \frac{[P] X_{i}^{2} - 2 [PX] X_{i} + [PX^{2}]}{([P] [PX^{2}] - [PX]^{2})^{2}} (II. 4. 24)$$

avec

$$det(D) = [PN^{2}] det(C) - [PN]^{2} [PX^{2}] + 2 [PN] [PX] [PNX]$$

- [P] [PNX]² (II.4.25)

car det(C) est bien entendu le dénominateur commun de a_1 et a_2 .

Pour définir l'erreur Δn_i sur n_i correspondant à un seuil de confiance p comparable à celui des erreurs statistiques, c'està-dire, tel que la probabilité pour que n_i représente η_i avec un écart au plus égal à Δn_i soit de 0,68, on peut faire intervenir la notion d'intervalle de confiance. Ĩ

;

۱

;

5

í

ţ

- {

- 203 -

En effet la quantité

$$\theta_{\eta-2} = \frac{n_i - \eta_{i}}{\sqrt{V(n_i)}}$$
 (II.4.26)

1

Ļ 11

1 1

;;

ł

7

ç

obéit à une loi de Student à η -2 degrés de liberté (théorème 7.3.2 []1.1.1]). C'est dire que l'intervalle de confiance $I_{\mathbf{C}}$ défini par

$$I_{c} = \left(n_{i} - c\sqrt{V(n_{i})}, n_{i} + c\sqrt{V(n_{i})}\right) \quad (IJ.4.27)$$

recouvrira N_i aveic une probabilité p correspondant à c selon la

loi

$$\gamma^{\prime}(\theta_{\eta-2} \leq c') = \frac{1}{\sqrt{\pi(\eta-2)}} \frac{\Gamma\left[(\eta-1)/2\right]}{\Gamma\left[\eta-2\right]/2} \int_{-\infty}^{c} \frac{dx}{(1+\frac{x^2}{\eta-2})^{\frac{n-1}{2}}} \qquad (11.4.2\%)$$

 Γ étant la fonction eulerienne.

On définira alors l'erreur par

$$(\Delta n_i) = C \sqrt{V(n_i)}$$
 (11.4.29)

Les tables donnent, par exemple, pour p =0,7 et n=4, $c \approx 1,4$.

Remarquons qu'il n'est pas nécessaire, en fait, de procéder à la moyenne sur chaque fond de résonance pour définir les N_j , mais c'est là une commodité qui permet d'avoir un point de définition par résonance. Ne pas le faire augmente η sans modifier les

calculs. Cependant, dans ce cas, et si le gradient de la loi du bruit de fond est faible, on peut envisager d'affecter le même poids aux différentes observations. On aurait dès lors avec P=1

 $[P] = \eta \qquad [PN] = \eta < N > [PX] = [X] \qquad (II.4.30)$

< N> étant la moyenne des N_j .

Placons nous maintenant dans l'hypothèse cù l'on ne dispose seulement que deux points pour définir la loi (II.4.11).

Le système (II.3.12) devient compatible. Sa résolution permet

$$n_{i} = \frac{X_{2} N_{1} - X_{1} N_{2}}{X_{2} - X_{1}} + \frac{N_{2} - N_{1}}{X_{2} - X_{1}} X_{i} \qquad (II. 4.31)$$

11 en résulte pour le carré de l'erreur l'expression

$$(\Delta n_i)^2 = \left(\frac{X_2 - X_i}{X_2 - X_2}\right) (\Delta N_i)^2 + \left(\frac{X_1 - X_i}{X_2 - X_1}\right) (\Delta N_2)^2$$

(II.4.32)

ι

é1

trust som

Quoiqu'il en soit du système (II. 1.12) le calcul des coefficients a_2 , a_2 est effectué par le sous-programme BDF, alors que la

.

loi elle-même est construite en tout point de la zone d'analyse considérée par le sous-programme BDFY.

Il est des cas où pouvoir recourir à une représentation polygonale de la loi du bruit de fond se revèle souhaitable, par exemple, lorsque la loi présente un très faible gradient. ł

f | •

. |

* * * *

٤;

1

1

;

Les calculs s'en trouvent simplifiés, en particulier ceux qui portent sur l'évaluation des erreurs, mais, en revanche, apparaît une nécessité nouvelle, celle de repérer le canal où l'on construit le point représentatif de la loi, par rapport à l'ensemble des sommets de la ligne polygonale.

Comme la loi hyperbolique, la loi polygonale fait jouer deux sous-programmes, explicitement BDFA et BDFAY, dont les rôles sont respectivement analogues à BDF et BDFY.

Notons encore qu'une loi horizontale définie par un seul point, souvent utile dans le domaine des énergies élevées, est traitée comme une loi polygonale toute particulière simplifiée à l'extrême.

- 205 -

- 206 -

II.5 CALCUL DES DIFFERENTES TRANSMISSIONS EXPERIMEN-

4

Les corrections de temps mort ayant été effectuées sur toutes les données expérimentales, la loi du bruit de fond déterminée, il s'agit de calculer les transmissions totales et interfero-résonnancies de l'échantillon étudié, pour les différentes énergies correspondant aux canaux qui couvrent la zone d'analyse.

II.5.1 Calcul de la transmission totale

Soient

 N_i^E le comptage dans le canal i, obtenu avec intreposition de l'échantillon,

N^O₁ celui obtenu sans interposition d'écran, et désignons par Nc^E₁, Nc^O₁ les comptages respectifs obtenus à partir des quantités précédentes par application de la correction de temps mort,

į

10.14

1

par

 N_i^E , N_j^o us comptages correspondants donnés par les lois de bruit de fond respectives.

On pourra écrire d'une façon générale pour la transmission totale expérimentale dans le canal i

$$T_{i} = \frac{a^{E} Nc_{i}^{E} - b^{E} n_{i}^{E}}{a^{o} Nc_{i}^{o} - b^{o}n^{o}_{i}}$$
(II.5.1)

ì

(1

14

; '

li

où a^{E} , b^{E} , a^{O} , b^{O} désignent des constantes de normalisation.

Ces constantes sont en principe les inverses des comptages respectifs enregistrés lors des différentes mesures par un petit détecteur, appelé moniteur, placé sur le bord du faisceau lein en amont de l'échantillon. La géométrie n'étant en rien changée en ce qui le concerne, qu'il y ait ou non un échantillon, les comptages qu'il indique varient comme le nombre de neutrons émis dans la direction de l'échantillon.

Dans la pratique il est souhaitable de disposer de plusieurs moniteurs pour que leurs indications se corroborent, ou dans la négative, permettent ainsi de déceler leurs éventuels défauts de fonctionnement.

Il est utile aussi de comparer ces comptages aux nombres de t_0 qui ont effectivement déclenché chacun des différents codeurs

- 207 -

- 208 -

en temps pour s'assurer du bon déroulement de l'expérience et de la cohérence des mesures, pour connaître leur durce effective.

D'autre part on alternera sur des temps courts, inférieurs À la minute ou de cet ordre de grandeur, les mesures faites avec ou sans écran pour éliminer les variations dans la qualité du faisceau inhérentes aux conditions de conduite de l'accélérateur linéaire. On élimine aussi toutes les erreurs systématiques de dérive de l'efficacité du détecteur ou du moniteur.

Les relations (I.3.1) et (II.5.1) permettent de calculer dans le cas le plus général la section efficace totale σ_i ainsi que les erreurs ΔT_i et $\Delta \sigma_i$

On trouve

$$\Delta T_i = T_i (A+B)^{1/2}$$
 (11.5.2)

avec

$$A = \frac{(a^{E} \Delta Nc_{i}^{E})^{2} + (b^{E} \Delta n_{i}^{E})^{2}}{(a^{E} Nc_{i}^{E} - b^{E} n_{i}^{E})^{2}} + \frac{(a^{O} \Delta Nc_{i}^{O})^{2} + (b^{O} \Delta n_{i}^{O})^{2}}{(a^{O} Nc_{i}^{O} - b^{O} n_{i}^{O})^{2}} (II.5.3)$$

$$P = \frac{(N_{c_{i}}^{E} \Delta a^{E})^{2} + (n_{i}^{E} \Delta b^{E})^{2}}{(a^{E} Nc_{i}^{E} - b^{E} n_{i}^{E})^{2}} + \frac{(nc_{i}^{O} \Delta a^{O}) + (n_{i}^{O} \Delta b^{O})^{2}}{(a^{O} Nc_{i}^{O} - b^{O} n_{i}^{O})^{2}} (II.5.4)$$

- 209 -

et

$$\sigma_i = -\frac{1}{n} \operatorname{Log} (T_i)$$
 (II.5.5)

.

:

1

$$\Delta \sigma_{i} = \frac{1}{n} \frac{T_{i}}{T_{i}}$$
(II.5.6)

Nous avons noté plus haut que les constantes de normalisation, telle a^E , sont l'inverse d'un comptage moniteur, disons C_M . Dans ces conditions

$$\left(\frac{\Delta a^{E}}{a^{E}}\right)^{2} = C_{M}^{-1} \qquad (11.5.7)$$

car l'erreur $\Delta C_{\rm M}$ est statistique.

Or, il est courant d'avoir $C_{M} \ge 5.10^{6}$. Donc

$$\left(\frac{\Delta a^{\rm E}}{a^{\rm E_{\rm i}}}\right)^2 \leq 2.10^{-7} \qquad ({\rm II}, 5, 8)$$

La même remarque s'applique aux coefficiebts a^0 , b^0 et b^E . D'autre part les comptages sont, dans les meilleurs cas, de l'ordre de 10^4 , de sorte que l'on a très sensiblement

$$\left(\frac{\Delta N_{c_i}^{E}}{N_{c_i}^{E}}\right)^2 \approx 10^{-4}$$
(II.5.9)

ll en résulte qu'au pire on a

$$\frac{(a^{E} Nc_{i}^{E})^{2}}{(a^{E} Nc_{i}^{E})^{2}} \leq 2 10^{-3}$$
(II.5.10)

1

B est donc négligeable par rapport i A, et on peut simplement écrire

- 210 -

$$\Delta T_{i} = T_{i} \left[\frac{\left(a^{E} \Delta N c_{i}^{E}\right)^{2} + \left(b^{E} \Delta n_{i}^{E}\right)^{2}}{\left(a^{E} N c_{i}^{E} - b^{E} n_{i}^{E}\right)^{2}} + \frac{\left(a^{O} \Delta N c_{i}^{O}\right)^{2} + \left(b^{O} \Delta n_{i}^{O}\right)^{2}}{\left(a^{O} N c_{i}^{O} - b^{O} n_{i}^{O}\right)^{2}} \right] (II.5.11)$$

Ainsi la normalisation de la loi du bruit de fond à l'aide des seuls coefficients b^o, b^E peut pa. The première vue une méthode suffisamment précise, mais en fait elle ne met à l'abri d'une erreur expérimentale systématique toujours possible. C'est pourquoi on ne saurait trop insister sur l'utilité de l'alternance des mesures de courte durée.

Nous envisagerons tout d'abord le cas simple où les conditions expérimentales sont telles que l'affinité de la loi du bruit de fond se conserve pour des écrans de différentes épaisseurs. y compris éventuellement l'écran blanc. Un tel cas se présente par

- 211 -

exemple lorsque les écrans interposés dans le faisceau sont suffisamment minces pour qu'il en soit ainsi, pourvu, bien entendu, que l'ecran devoly > l'étude de la loi du bruit de fond ne détruise pas lui-même cette affinité.

Si alors on désigne par n_i le nombre de coups dans le canal i représentant l'ordonnée de la loi du bruit de fond dans ce canal telle au'elle résulte de l'expérience qui a servi à la déterminer, l'affinité se traduit par les relations

$$n_{i}^{E} = n_{i}^{O} = n_{i}$$

$$b^{O} = b^{O} = b$$
(II.5.12)

.

į

ł

4

de sorte que

$$T_{i} = \frac{a^{E} N c_{i}^{E} - b n_{i}}{a^{O} N c_{i}^{O} - b n_{i}}$$
(II. 5.13)

$$\Delta T_{i} = T_{i} \left[\frac{(a^{E} \Delta Nc_{i}^{E})^{2}}{(a^{E} Nc_{i}^{E} - bn_{i})^{2}} + \frac{(a^{O} \Delta Nc_{i}^{O})^{2}}{(a^{O} Nc_{i}^{O} - bn_{i})^{2}} + \frac{(b \Delta n_{i})^{2} (a^{E} NE_{i} - a^{O} Nc_{i}^{O})^{2}}{(a^{O} Nc_{i}^{O} - bn_{i})^{2} (a^{E} NE_{i} - bn_{i})^{2}} \right]^{1/2}$$
(II 5.14)

Bien que plus simple comparée au cas général, la situation

- 212 -

n'en présente pas moins l'inconvénient évoqué précédemment d'une normalisation faite strictement à l'aide de la constante b. l'our l'éviter il est une méthode fort utile chaque fois qu'elle est possible. C'est celle du calage. Elle exige la présence dans l'écran d'au moins une résonance noire destinée à la détermination d'un point obligé.

| | | | |

1

;;

1

La méthode consiste alors à caler la loi pour qu'elle passe par ce point.

En réalité on cherchera à avoir plusieurs points de calage, et dans ce cas la méthode consiste à faire passer la loi au mieux à travers ces points par une méthode de moindres carrés.

Mais il ne faut pas perdre de vue que la courbe représentative de la loi aussi bien que les points de calage sont tous entachés d'erreurs. En fait, ce problème peut, par un simple changement de variables, être ramené à la détermination, par les moindres carrés, de la pente d'une droite passant, d'une part, par l'origine, et d'autre part. au mieux à travers des points dont

les deux coordonnées sont entachées d'erreurs. Cette pente C est donnée par la résolution de l'équation [II.5.1]

$$\sum_{j=1}^{j=N} \frac{X_{j}^{2}}{C^{2}(\Delta X_{j})^{2} + (\Delta y_{j})^{2}} = \sum_{j=1}^{j=N} \frac{X_{j}Y_{j}}{C^{2}(\Delta X_{j})^{2} + (\Delta y_{j})^{2}} (\Pi.5.15)$$

dans laquelle Y_j désigne l'ordonnée du point de calage donné par la résonance j. Ces points de calage, en nombre N, sont, bien entendu, obtenus par moyenne sur chaque fond de résonance. X_j est l'ordonnée correspondante de la loi du bruit de fond..

On trouve pour $(\Delta C)^2$

$$(\Delta C)^{2} = \left(\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^{j=N} \frac{(y_{j} - X_{j})(y_{j} - CX_{j})}{C^{2}(\Delta X_{j})^{2} + (\Delta y_{j})^{2}}\right) \left(\sum_{j=1}^{j=N} \frac{X_{j}^{2}}{C^{2}(\Delta X_{j})^{2} + (\Delta y_{j})^{2}}\right) (II.5.16)$$

On peut aller plus loin et vérifier que les écarts des points de calage d la loi calée sont, pour toutes les résonances, compatibles avec les erreurs respectives. C'est en somme un test de cohérence. S'il se trouve une résonance aberrante le programme élimine cette résonance, l'indique et procède d un nouveau calage avec les résonances restantes. Il va de soi qu'une telle situation doit donner donner de causes de l'incompatibilité dénoncée.

- 213 -

- 214 -

L'équation (II.5.15) se résoud par une méthode itérative.

.

Dans la pratique la seule façon d'induire des résonances noires dans un spectre réputé blanc et d'interposer sur le trajet du faisceau un écran permanent convenablement choisi. Of choix sera pour chaque expérience dicté par les circonstances. On veut dire par là que l'en s'attachera à ce que les résonances de l'écran permanent n'interdisent pas l'étude de phénomènes intéressants situes dans les régions d'énergies qu'elles pourraient masquer. La qualité première de cet écran sera donc de présenter des résonances en nombre relativement restreint, mais bien marquées, alliées à une transparence aussi grande que possible hors résonances. Une autre qualité non moins importante sera que les résonances extrêmes encadrent la zone d'intérêt.

Dans ces conditions la transmission s'écrit

$$T_{i} = \frac{a^{E}(N_{c_{i}}^{E} - n_{i}^{E})}{a^{O}(N_{c_{i}} - n_{i}^{O})}$$
(II.5.17)

 $n_i^i \stackrel{E}{=}$ et $n_i^i \stackrel{O}{=}$ étant calculés par calage à partir de n_i^i déjà défini en

(11.5.12).

$$n'_{i}^{E} = X_{1}^{E} - \frac{n_{i}}{n_{k}}$$
 (II. 5. 18)

4

s'il y a un point obligé d'ordonnée X_1^E dans le canal k,

$$n'_{i}^{E} = X_{1}^{E} - \frac{n_{i}}{n_{k}} C$$
 (II.5.19)

s'il y a plusieurs points de calage, X_{1}^{E} et n_{k} correspondent alors au point de calage donné par la résonance conventionnellement numérotie 1.

On a des relations semblables pour $n_1^{\prime O}$.

L'erreur ΔT_i est alors au plus égale à

$$\Delta T_{i} = T_{i} \left[\frac{\left[\Delta N_{c_{i}}^{E}\right]^{2} + \left(\Delta n_{i}^{*}^{E}\right)^{2}}{\left(N_{c_{i}}^{E} - n^{*}^{E}_{i}\right)^{2}} + \frac{\left(\Delta N_{c_{i}}^{O}\right)^{2} + \left(\Delta n_{i}^{*}^{O}\right)^{2}}{\left(N_{c_{j}}^{O} - n^{*}^{O}_{i}\right)^{2}} \right]^{1/2}$$
(II. 5. 20)

avec

$$\Delta n'_{i}^{E} - n'_{i}^{E} \left[\frac{\Delta n_{k}}{n_{k}^{2}} + \frac{(\Delta X_{1}^{E})^{2}}{(X_{1}^{E})^{2}} \right]$$
(II.5.21)

,

- 216 -

s'il s'agit d'un calage sur un seul point oblige,

$$\Delta n'_{i}^{E} = \frac{n_{i} X_{1}^{E}}{n_{k}} \Delta C = n'_{i}^{E} \Delta C \qquad (II.5.22)$$

.

si le calage se fait sur plusieurs points, $\Delta n'_i^o$ est defini par des expressions analogues.

L'interposition d'un écran permanent compose d'une ou de plusieurs substances si nécessaire, bien commode dans le cas où l'affinite se conserve, s'avère être la seule methode utilisable dans le cas contraire. Elle permet de construire pour chaque écran la loi du bruit de fond, qu'il soit blanc ou non.

Dans ce cas on a

$$b^{E} - a^{E}$$
(II.5.23)
$$b^{O} = a^{O}$$

et donc

$$T_{1} = \frac{a^{E}(N_{ci}^{E} - n_{j}^{E})}{a^{0}(N_{ci}^{0} - n^{0}_{i})}$$
(II.5.24)
$$\Delta T_{i} = T_{i} \left[\frac{(\Delta N_{ci}^{E} + \Delta n_{i}^{E})^{2}}{(N_{ci}^{0} - n_{i}^{E})^{2}} + \frac{(\Delta N_{ci}^{0} + \Delta n_{i}^{0})^{2}}{(N_{ci}^{0} - n_{i}^{0})^{2}} \right]^{\frac{4}{2}}$$
(II.5.25)

Ansi donc que ce soit pour une simple calage ou pour traiter le cas difficile de la non affinité il semble souhaitable de s'orienter systematiquement vers l'interposition permanente d'un "bon" ceran.

Les trois relations (II.5.13), (II.5.17) et (II.5.24) constituent les relations de base a partir desquelles on peut décrire toutes les situations possibles par substitution convenable soit des coefficients b^{E} , b^{O} , soit des comptages n_{i}^{E} , n_{i}^{O} , n_{i} , n_{i}^{e} , n_{i}^{e} ,

Quoiou'il en soit le calcul de la transmission totale expérimentale, affectue de son erreur, s'effectue dans le sous-programme TRAN. Pour que ce calcul soit possible il faut, bien entendu, disposer de tous les éléments impliquées dans les formules de base ci-dessus.

Sur le plan expérimental il est exclu d'ignorer le bruit de fond, mais il est en revanche concevable de ne pas procéder systématiquement : une mesure du spectre blanc, bien que ce soit souhaitable. En effet il n'est pas indispensable de connaitre la transmission totale pour effectuer l'analyse des résonances, car il est possible, comme nous le verrons au paragraphe suivant, de
catculer la transmission intertéro-résonnante par continuité du spectre des ailes, à condition toutefois que le terme d'interférence et negligeable. Si tel n'est pas le cas, aucun renseignement utile ne peut être tiré des mesures qui sont dès lors incomplètes.

II.5.2 Calcul de la transmission interfero-resonnante

L'aboutissement du code décrit dans ce chapitre est de déterminer la transmission interféro-résonnante dont la connaissance sur l'intervalle de chaque résonance permet de deduire la valeur des grandeurs physiques afférentes. Dans chaque canal cette transmission est donnée en fonction de la transmission totale par la relation simple

$$(T_{\rm IR})_{\rm i} = \frac{T_{\rm i}}{T_{\rm p}}$$
 (II.5.26)

dans laquelle T_p designe la transmission potentielle.

Géneralement on connait la valeur de T_p , soit par une expérience anterieure consacrée a cet effet, soit par ce qu'on en dit dans la litterature. Si on ne connait pas T_p a priori, on peut, tout au moins dans certains cas, le calculer en faisant la moyenne de

- 218 -

T_i sur toute une region choisie du spectre.

L'emploi de la relation (II.5.26) suppose la connaissance de T_i . Si cette dernière fait défaut par suite de l'absence de toute mesure du spectre blanc, on peut alors calculer la transmission interféro-résonnante pourvu que le terme d'interférence entre la diffusion potentielle et la diffusion résonnante soit négligeable. Dans ces conditions on suppléera le manque d'informations en prenant pour spectre blanc celui des ailes, interpolé par continuité au droit de chaque resonance.

Il s'agit donc d'adapter par une méthode des moindres carrés une courbe de façon a ce qu'elle passe au mieux a travers les points expérimentaux situés sur les ailes. Il s'avère impossible de réaliser les meilleures conditions en construisant la courbe dans toute la région couverte par la zone d'analyse. Il faut au contraire se limiter au domaine d'une ou deux résonances et appliquer le procédé autant qu'il est nécessaire.

De plus, l'expérience montre que la droite de régression definie par un ou plusieurs nuages de points pris de part et d'autre de la résonance fournit la meilleure réponse comparée à celle fournie par des polynomes d'ordre plus élevé. C'est ce qu'illustre

- 219 -

- 220 -

la figure II.5.1.

Le probleme revient donc à calculer des comptages Na_i^E sur l'intervalle I_R de chaque résonance, ou groupe de résonances, par une formule analogue à (II.4.10), soit

$$\operatorname{Na}_{i}^{E} = \alpha_{1} + \alpha_{2} t_{i}$$
, $\forall i \in I_{R}$ (II.5.27)

dans laquelle α_1 et α_2 sont des paramètres qui se déterminent comme a_1 et a_2 .

Il n'est pas sans intérêt de noter que les comptages Nc_i^E sur les ailes sont relativement élevés, et le gradient du spectre des ailes sur I_R faible, de sorte que l'on peut considérer les points, en nombre η , définissant les nuages comme étant affectés d'un même poids unité. Én d'autres termes $[P] = \eta$.

Ceci etant on peut écrire les expressions de α_1 et α_2 directement : partir des relations (II. 4.11) et (II. 4.20).

$$\alpha_{1} = \frac{\left[N_{c}^{E}\right]\left[t^{2}\right] - \left[t N_{c}^{E}\right]\left[t\right]}{\eta \left[t^{2}\right] - \left[t\right]^{2}} \qquad (II.5.28)$$

$$\alpha_2 = \frac{\eta [t Nc^E] - [Nc^E][t]}{\eta [t^2] - [t]^2}$$
(II.5.29)

4

Introduisons dès maintenant de nouvelles quantites pour

faciliter l'ucriture ultérieure de la variance V (Na $_{\rm i}^{\rm E}$) en posant

$$\langle Nc^{E} \rangle = \frac{1}{\eta} [NC^{E}] ; \langle t \rangle = \frac{1}{\eta} [t]$$
 (II.5.30)

On peut verifier que

$$s_{t}^{2} \equiv \frac{1}{\eta} \left[\left(t - \langle t \rangle \right)^{2} \right] = \frac{1}{\eta} \left(\left[t^{2} \right] - \frac{1}{\eta} \left[t \right]^{2} \right)$$
(II.5.31)

$$s_{N}^{2} \equiv \frac{1}{\eta} \left[\langle \mathbf{x} \mathbf{c}^{E} - \langle \mathbf{N} \mathbf{c}^{E} \rangle \right]_{\mathbf{0}}^{2} = \frac{1}{\eta} \left(\left[\mathbf{N} \mathbf{c}^{E} \right]^{2} - \frac{1}{\eta} \left[\mathbf{N} \mathbf{c}^{E} \right]^{2} \right)$$

$$- \frac{1}{\eta} \left[\mathbf{N} \mathbf{c}^{E} \right]^{2} \right)$$
(II.5.32)

$$s^{2}_{ty} \equiv \frac{1}{n} \left[(t - \langle t \rangle) (N e^{E} - \langle N e^{E} \rangle) \right]$$
(II.5.4)

33)

ţ

$$= \frac{1}{\eta} \left[\frac{1}{\nu \mathbf{r}} \mathbf{c}^{\mathbf{E}} \right] - \frac{1}{\eta} \left[\mathbf{t} \right] \left[\mathbf{N} \mathbf{c}^{\mathbf{E}} \right]$$

dès lors (II. 5, 23) et (II. 7, 29) donnent

$$\alpha_1 = \langle N_c^E \rangle - \frac{s_{tN}^2}{s_t^2} \langle t \rangle$$
 (II.5.34)

•

$$\alpha_2 = \frac{s_{tN}^2}{s_t^2}$$
 (II.5.35)

.

1

Compte tenu de ce que la matrice P est identique à la matrice unité, et avec les notations (II.5.31), (II.5.32), (II.5.33) la variance $V(Na_i^E)$ donnée par le second membre de (II.4.21) s'exprime sous la forme ci-après, [II.5.2].

- 222 -

$$V(Na_{i}^{T}) = \frac{s_{N}^{2}}{\eta^{-2}} \left(1 - \frac{s_{tN}^{4}}{s_{t}^{2} \cdot s_{N}^{2}}\right) \left(1 + \frac{(t_{i} - \langle t \rangle)^{2}}{s_{t}^{2}}\right)$$
(II.5.36)

Nous définirons l'erreur tout comme nous l'avons fait précédemment en (II. 1.29) à l'aide de la notion d'intervalle de confiance. La consultation des tables montre que c varie faiblement dès que le degré de liberté de la loi de Student atteint la dizaine. C'est là un minimum pratique pour constituer des nuages de points sur les ailes, de sorte que nous prendrions c constant et égal à 1,08.

_\msi

$$\Delta Na_1^E = 1,08. \sqrt{V(Na_i^E)}$$
 (II.5.37)

Les calculs relatifs au spectre des ailes font l'objet du sousprogramme SPA.

- 223 -

Ceci étant la transmission résonnante s'écrit

$$(T_{R})_{i \in I_{R}} = \frac{a^{E} N c_{i}^{E} - b^{E} n_{i}^{E}}{a^{E} N a_{i}^{E} - b^{E} n_{i}^{E}}$$
 (II.5.38)

.

5

 a^{E} , b^{E} , n_{i}^{E} ayant la même signification qu'au paragraphe II.5.1, et

$$\Delta(T_{R})_{i} = (T_{R})_{i} \left[\frac{\left(a^{E} \Delta Nc_{i}^{E}\right)^{2}}{\left(a^{E} Nc_{i}^{E} - b^{E} n_{j}^{E}\right)^{2}} + \frac{\left(a^{E} \Delta Na_{i}^{E}\right)^{2}}{\left(a^{E} Na_{i}^{E} - b^{E} n_{i}^{E}\right)^{2}} + \frac{\left(a^{E} \Delta Na_{i}^{E}\right)^{2}}{\left(a^{E} Na_{i}^{E} - b^{E} n_{i}^{E}\right)^{2}} + \frac{\left(a^{E} \Delta n_{i}^{E}\right)^{2}}{\left(a^{E} Nc_{i}^{E} - Na_{i}^{E}\right)^{2}} + \frac{\left(a^{E} b^{E} \Delta n_{i}^{E}\right)^{2}}{\left(a^{E} Nc_{i}^{E} - b^{E} n_{i}^{E}\right)^{2} \left(a^{E} Na_{i}^{E} - b^{E} n_{i}^{E}\right)^{2}} \right]^{1/2}$$

II.5.3 Tracé de la courbe de transmission interférorésonnante expérimentale

Il est utile pour le physicien de disposer d'une représentation graphique des résultats au niveau du calcul des transmissions expérimentales • Ainsi a-t-il un moyen rapide et commode de se faire une opinion quart 3 la validité des mesures faites. Si les

i t

choses se présentent mal, il peut, en tout état de cause, éviter de se livrer à d'inutiles et coûteux travaux d'analyse .

1

ł

Le tracé se fait sur imprimante par marquage des points à l'aide du symbole *. Une façon élégante de le programmer a été mise au point et utilisée dès la première version de ce programme, bien avant qu'elle ne fut décrite dans la référence [II.5.3]. On peut en décrire le principe rapidement.

Par ligne, c'est à dire pour une abcisse constante, il y a 120 positions graphiques du point. On leur attachera une variable ATR(K) qui prendra la valeur "blanc" ou " *" suivant les valeurs de K comparée à T_{IR}. Ceci est possible par l'emploi de cartes portant un B en colonne 1, caractérisant la formulation booléenne. Il suffira alors d'imprimer les ATR(K) de 1 à 120, ligne par ligne.

Le programme prévoit aussi de place en place l'impression de repères sur l'échelle des ordonnées.

La précision obtenue sur la position des points est de 1,2 %.

- 224 -

II.6 LOGIQUE DU CODE

Dès lors que nous sommes en mesure de résoudre séparément chacun des problèmes soulevés par le traitement des données expérimentales brutes, il reste à assembler les différents sousprogrammes et parties de programmes élaborés à cet effet, pour en faire un programme capable de calculer effectivement les différentes transmissions lorsqu'on dispose de plusieurs bandes de données relatives à un même élément considéré, et cela pour un éventail aussi large que possible de conditions expérimentales.

Nous supposerons d'abord que chaque bande ne correspond qu'à une seule mesure. Dans ces hypothèses toute bande peut correspondre à l'une des situations suivantes.

 Cas Bat - La bande est consacrée à un écran spécialement dévolu à la détermination de la loi du bruit de fond. Un tel écran est en principe composé d'un ou plusieurs éléments afin de présenter le maximum

1

- 225 -

.

. . - 226 -

de résonances noires sur toute l'étendue du domaine d'énergie étudié. Outre la correction de temps mort, on effectuera soit le calcul des coefficients de la loi hyperbolique, soit celui des coordonnées des points de définition de la loi polygonale, selon que la valeur 0 ou 1 aura été affectée à un indice de nature désigné par IBD.

.

- Cas SB - La bande toute entière est relative à un cran blanc, on veut dire par là que les comptages qu'elle comporte proviennent d'une expérience faite sans interposition d'écran d'analyse. Il importe d'abord de faire une correction de temps mort sur les données et de garder en mémoire les données corrigées en vue de leur utilisation ultérieure.

> Ceci étant trois possibilités peuvent se présenter dont la première, celle considérée ici, est la plus simple. C'est le cas de l'écran "pur". On entend par là qu'il n'y a pas d'écran permanent

. . dans le faisceau, ce qui implique d'ailleurs que la loi du bruit de fond est affine. Sa normalisation se fera par monitorage. Il n'y a donc pas lieu de procéder à d'autres calculs pour cet écran.

- Cas SI+Cal-On peut, contrairement à ce qui précède, se trouver dans la situation où un écran permanent, non destiné à l'analyse, est interposé dans le faisceau.
 Il y a alors deux éventualités. Il s'agit ici de la première où le rôle de l'écran est de fournir des points de calage pour la loi du bruit de fond déterminée par ailleurs.
- Cas SB+BdF Il s'agit ici de la deuxième éventualité. L'écran permanent permet de définir la loi du bruit de fond pour le spectre blanc. Il faut alors en calculer les différents éléments déterminants suivant la valeur du coefficient IBD.
- Cas An Il s'agit d'un écran destiné à l'analyse de certaines des résonances qu'il présente. L'écran est "pur"

- 227 -

au sens précédent et ne comporte aucune résonance noire. C'est dire que la loi du bruit de fond est considérée comme affine à une loi préalablement déterminée. La normalisation se fera par monitorage. On procèdera ensuite au calcul de la transmission interféro-résonnante soit directement à l'aide du spectre des ailes soit en passant par le calcul de la transmission interféro-résonnante soit directement à l'aide du spectre des ailes soit en passant par le calcul de la transmission totale.

- Cas An+Cal La bande comporte un petit nombre de résonances noires, soit du fait de l'écran d'analyse lui-même, soit parce qu'on a interposé un écran permanent dans le faisceau dans ce but. Ce nombre, insuffisant pour construire une nouvelle loi du bruit de fond, n'en permet pas moins le calage, après lequel on procèdera au calcul des transmissions.
- Cas An+BdF- La bande comporte suffisamment de résonances noires, qu'elles soient dues à l'écran d'analyse luimême, ou a un écran permanent, pour déterminer

- 228 -

son propre bruit de fond, compte tenu de la nature de la loi.

11

1

Le programme sera donc articulé de telle façon que tous les cas énumérés ci-dessus puissent être envisagés et traités correctement. Pour ce faire nous affecterons à chaque écran un ensemble de coefficients de définition et d'association.

Le premier coefficient, IECBL, susceptible de prendre l'une des trois valeurs 0, 1 ou 2, rép. ndra à la question de savoir si l'écran traité est un écran blanc, et , dans l'affirmative, s'il ne sert pas lui-même à construire le bruit de fond qui doit lui être associé.

Le deuxième coefficient, IBDFO, susceptible lui aussi de prendre l'une des trois valeurs, 0, 1 ou 2, répondra à la question de savoir si l'écran est un écran de bruit de fend pur, et, dans la négative, s'il permet ou non la construction de son propre bruit de fond.

Le troisième coefficient, IRC, prendra la valeur zéro lorsqu'il n'y a pas calage de la loi de bruit de fond associée, et prendra

- 229 -

une valeur non nulle égale au nombre de résonances de calage dans le cas contraire.

Rappelons que la nature hyperbolique ou polygonale de la loi du bruit de fond est elle-inême définie par le coefficient IBD.

Le tableau ci-après résume les différentes combinaisons d'indices possibles.

Indices Cas	IECBL	IBDF0	IRC	IBD.
BdF	0	1	0	0 ou 1
SB	1	0	0	0 ou 1
SB+Cal	1	0	≥ 1	0 ou 1
SD+DdF	2	2	0	0 ou 1
An	0	0	0	0 ou 1
An+Cal	0	0	≥ 1	0 ou 1
An+BdF	0	2	0	0 ou 1

- 230 -

4

;

i

Chaque fois que le programme traite un écran d'analyse, que le que soit la nature de celui-ci, il faut qu'il sache si la transmission interféro-résonnante doit être calculée à partir du spectre des ailes ou à partir de la transmission totale. C'est l'indice ITP qui indiquera au programme s'il peut disposer d'une transmission potentielle, soit par lecture si ITP vaut 1, soit,s'il vaut 2, par un calcul de moyenne sur une ou plusieurs régions du spectre d'analyse. En l'absence de tout moyen pour lui de connaitre T_p , absence dénoncée par le fait que ITP est nul, 'e programme ne peut calculer que par continuité du spectre des ailes la transmission devenue résonnante, l'effet d'interférence devant être négligeable pour permettre un tel calcul. L'option affirmative de calcul est exprimée par l'indice NSPT qui, non nul dans ce cas, fixe le nombre de résonances auxquelles l'intérêt est porté.

Le calcul de la transmission totale exige quant à lui, d'après ce que nous avons vu au paragraphe précédent l'existence d'un comptage provenant de l'enregistrement d'un spectre blanc. L'existence d'un tel enregistrement signalée par une valeur non nulle de l'indice

- 231 -

ISE n'implique pas forcément l'existence d'un comptage correspondant au canal d'analyse où l'on a l'intention d'exécuter les calculs, car les conditions expérimentales pourraient bien être telles que le spectre blanc ne recouvre pas entièrement le spectre d'analyse. Le sous-programme TRAN procèdera donc auparavant à la recherche d'un canal blanc. Le résultat de cette recherche, effectuée sur l'axe des temps en s'aidant du sous-programme REPER sera communiqué au reste du programme par l'indice K_JUL qui prendra la valeur 1 ou 0 suivant qu'elle aura été fructueuse pu non (voir fig. II.6.3).

Notons, par ailleurs, que l'indice ISB n'a pas pour seul rôle celui décrit plus haut, mais aussi celui de dire si la loi du bruit de fond du spectre blanc est la sienne propre (cas SB + 'B d F'), ou calée (cas SB + Cal), ou bien si elle est simplement affine et normalisée par monitorage (Cas SB). Selon les cas la formule utilisée pour le alcul de T sera différente . Le tableau ci-après schématise lesdifférentes situations possibles avec les conventions

- 232 -

•



suivantes :

^т к	représente	la transmission	résonnante	calculée à	l'aide
	du spectre	des ailes			

.

;

;

T(1) signifie que le calcul de T se fait par l'une ou l'autre des formules (II.5.17), (II.5.24) ramenées à ube même forme programmée



 $T_{(2)}$ signifie que le calcul de T se fait par la formule (II.5.13)

·

is fait l'hypothèse d'une bande toute vis en fait il est nécessaire ones, ou même duirons duirons

.

1

ı

ł

ŧ

1

- 234 -

۰,

N

Jusqu'à présent, nous avons fait l'hypothèse d'une bande toute entière consacrée à une seule mesure, mais en fait il est nécessaire de pouvoir travailler par zones, ou par groupes de zones, ou même simplement par groupes de canaux. C'est pourquoi nous introduirons un indice de coupure appelé IDIVI associé à un indice de décomptage de coupures, noté IIDV. L'hypothèse faite jusqu'ici consiste donc à affecter la valeur unité à IDIVI.

£

ł

ł

Ţ

Chaque groupe de canaux relatifs à une coupure sera doté d'un ensemble d'indices, IECBL, IBDFO, IRC, IBD, ITP, ISB, et les grandeurs nécessaires seront calculées en fonction de la composition de cet ensemble.

Les figures (II.6.1) et (II.6.2) représentent le diagramme d'ensemble très schématique du code SPNBE 084.

Les différents cheminements des calculs le long de l'organigramme, montrés sur la première de ces deux figures, conduisent tous, au niveau du connecteur 2, à une situation où tout a été pféparé jusque là pour exploiter efficacement la bande d'analyse en cours de traitement. Toutes les possibilités ont été scrutées et

- 234 -

et les calculs orientés pour que l'on puisse aborder celui des différentes transmissions en chacun des canaux de la région considérée du spectre d'analyse, dans la mesure où l'on dispose de tous les éméments pour le faire. On peut noter qu'il est nécessaire de préserver, d'une part, les comptages et les caractéristiques du spectre blanc, d'autre part, les constantes de définition de la loi du bruit de fond relative à ce spectre, faute de quoi ces quantités seraient détruites, en partie à la lecture d'une nouvelle série d'indices de nature lorsque la bande est partitionnée, et, totalement à la lecture de la bande suivante.

A l'entrée de la deuxième partie du diagramme, déssinée à la figure suivante, on se trouve donc obligatoirement dans l'un des trois cas An, An+ BdF ou An+ Cal. De nouveaux branchements se présentent alors qui débouchent sur une case symbolique globale récapitulative des quantités calculées lorsqu'on emprunte chacun d'entre eux. ŧ

1

Il est loisible d'introduire des coefficients de coupure fictifs qui permettent alors d'envisager des cas autrement impossibles à

- 235 -

traiter sans duplication des bandes perforées.

Ainsi malgré la souplesse d'adaptation du programme, il est un impératif qu'il faut respecter dans l'ordre des données, c'est celui imposé par l'ordre chronologique des opérations. Ainsi faudra-t-il disposer d'une loi du bruit de fond avant de traiter un écran d'analyse "pur". De même, comme nous l'avons déjà souligne, faudra-t-il disposer d'un spectre blanc avant de calculer une transmission totale. Pour ce faire, l'ordre de présentation des écrans devra obéir aux règles suivantes :

- 236 -

F

ł

- tout écran d'analyse An devra être précédé d'un écran BDF, ou An+BdF, ou SB+ BdF.

- tout écran donnant lieu à une analyse, s'il est associé à un spectre blanc, doit être précédé d'un écran SD, ou SD+Cal ou SD+DdF correspondant

- tout écran SB doit être précédé d'un écran BdF ou An+DdF

Illustrons le procédé des coefficients de coupure fictifs par un exemple. Considérons le cas où les mille canaux d'un analyseur sont partagés en deux régions de 500 canaux chacune, repartis comme suit

.

canaux 1-500 : écran An+EdF

canaux 501-1000 : écran SE+Cal, la loi du bruit de fond étant

- 237 -

définie par l'écran précédent.

D'après les règles édictées ci-dessus, chacun des deux écrans devrait précéder l'autre. Mais en affectant la valeur fictive 3 à IDIVI on peut considérer les étapes successives suivantes

- IIDV = 1 : on traite l'écran An+EdF entre $N_1 = 1$ et $N_2 = 500$ pour déterminer la loi du bruit de fond,
- IIDV = 2 : on traite l'écran SB+Cal entre N3 = 501 et N4 = 1000 pour déterminer le spectre blanc et caler sa loi W.
- IIDV = 3 : on reprend l'úcran An+EdF entre N1=1 et N2 = 500 pour calculer les transmissions.

Les ensembles d'indices pour les trois coupures seront respectivement

IIDV		IECBL	IBDFO	IRC	IBD	ITP	ISB
1	╞═╸	0	1	0	0 ou 1	0	1
2	╞═╸	1	0	≥1	0 ou 1	0	1
3	╞═╸	0	0	0	0 ou 1	0 oulou2	2

¥

(

:

Tant que les données expérimentales proviennent des quatre premiers analyseurs et temps, le nombre des canaux par bande perforée ne dépasse pas 1024, et nul n'est besoin de sortir de la mémoire rapide du calculateur pour dérouler le programme.

Au contraire pour traiter les données expérimentales en provenance des analyseurs 5. 6 et 7, dont le nombre de canaux est bien supérieur, il devient nécessaire de faire appel à la mémoire auxiliaire de la machine. On répartira donc l'ensemble des données en autant de blocs de 1024 mots que nécessaires, chacun d'entre eux étant repéré sur les bandes magnétiques utilisées par un indice d'identification IN1 de telle sorte que l'indice courant absolu se trouve relié à l'indice courant à l'intérieur de chaque bloc par une relation très simple du genre

I = (IN1 - 1). 1024 + J

Le programme travaille avec trois bandes magnétiques KXB, KXC, KT, et tous les transferts de blocs vers ces bandes, ou à partir de ces bandes, sont régis par le sous-programme PLACE.

Le caractère fondamental de ce programme est qu'il doit, de par son objet, toucher de très près à l'expérience. Il doit en

- 238 -

quelque sorte y coller.

Il doit en particulier conserver toute sa souplesse d'utilisation à l'appareillage électronique en fonctionnement, en présentant un éventail de possibilités propre à s'adapter aux différentes situations que les circonstances pourraient imposer. Ainsi le cheminement des calculs le long de l'organigramme reflète-t-il exactement la façon dont a été conduite l'expérience. La multitude des cheminements possibles pourrait faire penser qu'ils sont indifférents, mais l'expérimentateur ne doit pas se laisser solliciter hors de celui que la logique et l'expérience désignent comme le plus sûr. Voici comment le définir.

Malgré l'appoint que peuvent apporter les moniteurs, il est toujours préférable, pour éviter au maximum les erreurs systématiques de pouvoir procéder. au moins, au calage de la loi du bruit de fond, tant pour le spectre blanc, que pour le spectre d'analyse. Mais mieux vaut encore pouvoir déterminer pour chaque spectre sa propre loi du bruit de fond. Toutes les fois donc que ce sera possible, on interposera dans le faisceau un écran permanent per-

- 239 -

P

۲

, , mettant de déterminer les coordonnées des points de calage, ou miœux encore, celles des points de définition de la loi. Dans ce dernier cas on sera libéré du souci de la conservation de l'affinité de la loi relativement à des écrans d'épaisseurs différentes.

.

D'autre part on effectuera les mesures par moitié sur les analyseurs en temps. On veut dire par là qu'on s'attachera à enregistrer des bandes du type

(SE + Cal, An + Cal)

61 mieux

$$(SB + BdF, An + BdF)$$

Ainsi les mesures seront-elles plus homogènes pour les deux écrans car enregistrés sur un même appareil. Il faut aussi souligner que, dans ce cas, un arrêt inopiné du bon fonctionnement d'un analyseur ne réduit pas pour autant à néant le travail accompli entre temps sur l'ensemble des analyseurs.

Enfin la cohérence des mesures sera encore améliorée si on effectue les mesures en alternance sur des temps suffisamment courts.

- 210 -

-

ŧ

,

_ ?

En bref, les remarques précédentes nous permettent donc de considérer que le meilleur cheminement sera défini par l'ensemble d'indices suivant

:

•

.

•

IECBL = 2	IBDFO = 2	IRC = 0	IBD = 0	ISB = 0	IDIVI = 2
IECBL - 2	1BDF0 = 2	$\mathrm{IRC} = 0$	II3D = 0	1SB = 2	IDIVI = 2

- 241 -

8

٠

ı.

:

1

i

II.7 SPECIFICATIONS DU CODE SPNBE 084

II.7.1 Nomenclature

/

-

II.7.1.1 Liste des sous-programmes

Noms	Mémoire occupées	Travail effectué
TM 123	57610	Correction de temps mort relative aux ana- lyseurs en temps n°1,2,3 (selecteurs type Intertechnique 1000 canaux).
TM 4	⁶⁶⁹ 10	Correction de temps mort relative à l'analyseu en temps type 2 x 3
TM 5	⁶²⁴ 10	Correction de temps mort relative aux ana- lyseurs en temps n°5,6,7 (selecteurs type accordéon et selecteur TMC). Calcul des temps de vol avec rangement des résultats sur bande magnétique.
BDF(ISELEC)	⁵³⁷ 10	Calcul des coefficients de la loi hyperbolique pour des canaux standards de largeur unité.
BDFA(ISELEC)	³³³ 10	Calcul des coefficients de la loi polygonale pour des canaux standards de largeur unité.
BDFY(TS,Y,DELTAY,IECBL)	²⁵⁹ 10	Calcul de la loi du bruit de fond hyperbolique Y dans un canal standard de largeur unité, d'abgisse en temps TS.Calcul de l'erreur DELTAY sur Y.
		• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •

-

.

BDFAY(TS,Y, DELTAY, ECBL)	³¹³ 10	Calcul de la loi du bruit de fond polygonale Y dans un canal standard de largeur unité, d'abcisse en temps TS. Calcul de l'erreur DELTAY sur Y.
TRAN(ISELEC, I,J,T, DELTAT)	⁴⁹⁴ 10	Calcul de la transmission totale T et de son erreur DELTAT, dans le canal de rang absolu J, de rang relatif I.
SPA(ISELEC, ISPA, SA, DELSA, IN1)	573 ₁₀	Calcul du spectre des ailes SA et de son erreur DELSA ertre les canaux indiqués dans le bloc ISPA. L'argument IN1 permet au sou-s-programme, lorsque c'est nécessair de savoir si le spectre des ailes est à cheva sur deux blocs consécutifs de la bande magnétique. Les dispositions sont prises en conséquence.
PLACE(I, IN 2, IBL, IBA, IECBL)	¹⁰⁸ 10	Pour le rang d'un canal absolu I, recherche sur la bande magnétique IBA de l'indicatif de bloc, IN2, contenant I. Lecture du bloc. Les quantités lues sont les temps de vol, les comptages et leurs erreurs. Transmis- sion en retour du rang relatif IBL défini à l'intérieur du bloc à partir de I.
TEMPS(ISELEC, I, TS, ECBL)	¹⁵⁶ 10	Calcul du temps de vol TS dans le canal de rang absolu I selon le type de selecteur indiqué par ISELEC.
		/.

-

• •

1.

.

•

	REPER(ISELEC, I, NZ, TAP, ITAP, IECLL)			²¹⁷ 10	Recherche de la zone NZ où se trouve le canal de rang absolu I, compte tenu du selec- teur. TAP et ITAP sont deux variables de travail en retour vers le programme appelant.
(1) 5076 ₁₀ mér principal II.7	moires pour le 7.1.2 <u>Glossair</u>	Programm re dos va	1859 ₁₀ ne	mboliques
m	Symbole athématique	Ecriture FORTRAN	dimen- sion	Communs (* si oui)	Description
<u>onnées</u>	L Re 1/T	CØRP1, CØRP2 MANIP, ICAS ISELEC IFIN NZØNE IDIVI GL RE TM CYMA	1150	* * * * * * *	Nom du corps étudié numéro de la bande perforée indice d'identification de selecteur en temps nombre de canaux sur la bande nombre de zones d'intéret à l'intérieur de la zone d'analyse. partition de la bande longueur de la base en mètres retard electronique en μ s, compté négati- vement pour les retards de neutrons. temps mort en μ s. nombre de cycles machine par seconde, (II. 1.2).

-

rons.

li tc N _A , N _B ,	ILEC PL(I) Z(I) CM(I) CMI(I) CMIØ(I) CMIØ(I) CMIØ(I) EPAIS(I) EPAIS(I) EPAIS(I) NZAS(K) IECBL IBDFO IRC IBD ITP ISB N3, N4	32 32 32 4 32 4 32 4 32 4 16	* * [indice de présentation des comptages. largeur des canaux en μ s dans la zone d'intérêt I. repérage de la zone d'intérêt I par rapport à t _o . nombre de t _o comptage moniteur dans la zone I. épaisseur de l'échantillon en mm pour la zone I coefficient d'association des zones d'intérêt pour les selecteurs 1,2,3,4, ou coefficient d'indication d'interzones de non intérêt entre les zones d'intérêt pour les selecteurs 5,6,7. Ce coefficient peut comporter 16 chiffres au plus. coefficient de nature d'écran blanc. coefficient de nature d'écran de bruit de fond. indice de calagé. coefficient de nature de la loi du bruit de fond. indice de calcul de la transmission potentielle indice de présence de spectre blanc. numéros des canaux définissant la zone du spectre blanc.
				··/.

. .

** ** ** ** ** ** ** ** ** **

• 10

-

		·		
	η	N1, N2 N		numéros des canaux définissant la zone d'analyse. nombre de résonances moires déterminant les points de définition de la loi du bruit de fond.
		INZ	*	numéro de la zone de normalisation de la loi du bruit de fond.
		IRAN, IRBN		numéros des canaux extrêmes définissant le fond plat de chacune des N résonances noires.
		AJU, DELAJU		coefficient d'ajustement afférent à une réso- nance noire, avec son erreur.
		NSPT		nombre d'appels du spectre des ailes.
		BA		épaisseur de l'écran d'analyse exprimée en a
				atomes par barn.
		I1, I2, I3		numéros des canaux de fin des zones de
				comptages nuis pour les selecteurs 1,2,3.
			-	orrour aur la transmission potentielle
				buméros des canaux délimitant la zone de
		11/20, 11/15		calcul de la transmission potentielle.
		NCTP		nombre de déterminations de la transmission notentielle
		NZPØ		nombre de nuages de points dans le calcul du spectre des ailes
		ISPA1, ISPA2		numéros des canaux extrêmes définissant un nuage de points
		IPER		indice de demande de perforation des résultats sur cartes.
<u>P.P.</u>		KNB,KNC,KT	*	nor symbolique des trois bandes magnétiques utilisées.
4		IDIV IN1	*	imerprète IDIVI selon le sélecteur. indicatif de bloc sur la bande magnétique.
			-	

~

- --

•

. . .

--- - --

../.

-

- 246 -

.

	IASZ(NZ,LZ)	8,8	*	Chaque bloc contient soit 1024 données, soit trois ensembles de 1024 variables . coefficient d'association de la zone NZ à laquelle appartient le canal où s'effectue le calcul de temps mort, avec une autre zone L2
	NTM		*	nombre de canaux couverts par le temps
	NCA(I)	32	*	nombre de canaux dans la zone I pour les
	TAP			pour les selecteurs 1,2,3, 5,6,7 : nombre de canaux d'intérêt précédant la zone cù on se trouve dans l'ordre normal d'affichage. pour le selecteur 4 : nombre de canaux par
	ITAP			selecteur 1 : valeur en fixe de 'TAP selecteurs 5,6,7 : numéro du dernier canal de la zone où l'on de trouve.
t _i N _i	TPS(I) XB(I)	1024 1152	*	temps de vol dans le canal I. comptage brut expérimental dans le canal I
ΔN_i				erreur statistique sur N _i .
N _i , N ^e	c _i XC(I)	1024	*	comptage corrigé du temps mort dans le canal I, devient comptage de spectre d'ana- lyse entre les canaux N1 et N2.
$\Delta N_i^{\vee}, \Delta I$	Nc _i DELXC(I)	1024	*	erreur sur XC(I)
aE	AE(NZ)	32	*	coefficient de normalisation du spectre d'analyse dans la zone NZ.
Nc _i	SB(I)	1024	*	comptage corrigé du temps mort dans le canal I, relatif à un spectre blanc/

----- -

~

	<u> </u>				
	ΔΝ [°] _{ci} a [°]	DELSE(1) TPSE(I) AE(I)	1021 1024 32	* * *	erneur sur SE(I) = TPS(I) pour le spectre blanc coefficient de normalisation du spectre blanc dans la zone I
	l _i ษั	PLSB(I) NCASD(I) ZSD(I) IFINSD ISESB NZØSD RESB GLSB IRCSB IBDSB BG	32 32 32	* * * * * * * * *	 a PL(I) pour le spectre blanc PL(I) pour le spectre blanc Z(I) pour le spectre blanc IFIN pour le spectre blanc ISELEC pour le spectre blanc NZØNE pour le spectre blanc RE pour le spectre blanc GL pour le spectre blanc IRC pour le spectre blanc Spectre blanc INC pour le spectre blanc Spectre blanc NED pour le spectre blanc spectre blanc Spectre blanc. NED pour le spectre blanc
5/P BDF ov BDFA	Xj	X(J)	10	*	Pour la loi de bruit de fond hyperbolique, défini comme Xi dans la formule (II. 4. 9). Pour la loi polygonale : abbisse du point de définition J.
V	И	A(I)	10	*	vecteur des ordonnées des points de défini- tion de la loi du brait de fond (II.4.13).
	P _{jj}	DELA(I) P(J)	10 10	* *	erreur sur $\Lambda(I)$ élément diagonal de la matrice des poids.
	^a 1	B1		*	coefficient de la loi de bruit de fond défini par (II.4.19).
					••••••

.

- 243 -

	a ₂ det(C) det(D) c [P] [PX] [vX ²]	B2 DETC DETD TABC(N) PSØM PXSØM PX2ØM	10	* * * *	coefficient de la loi du bruit de fond défini par (II. 4.20). déterminant de la matrice C définie en (II. 4.17). déterminant de la matrice D définie en (II. 4.22). table des coefficients de l'intervalle de confiance d'après la loi de Student(II. 4.27). sommes partielles qui interviennent dans (II. 4.24).
SIP BDFY ou BDFAY	η Xi n./l.	NBD TSX Y		*	NBD=N par les communs, défini par (II. 1. 9) pour S/PBDF comptage relatif à la loi du bruit de fond rapporté au canal de largeur standard unité.
P.P (suite) V	a ₁ a ₂ det(C) det(D) [P] [PX] [PX2] 1/T X _i N P	QB1 QE2 QDETC QDET D QPSØM QPSØM QPXSØM QPX2SM CYMAQ XQ(I) QA(I) QA(I) QI) DELQA(I)	10 10 10 10	*****	 =B1 pour le spectre blanc =B2 pour le spectre blanc = DETC pour le spectre blanc =DETD pour le spectre blanc =PSØM pour le spectre blanc =PXSØM pour le spectre blanc =CYMA pour le spectre blanc =A(I) pour le spectre blanc =P(I) pour le spectre blanc =DELA(I) pour le spectre blanc /.

~

·... -

,

249 -

-

Ŧ

.

	РЕ	AG		*	coefficient de normalisation de la loi du
1	n_{t}^{o}/ℓ_{i}	w			bruit de fond pour l'analyse dans la zone fNZ comptage déduit de la loi du bruit de fond pour le spectre blanc rapporté au canal de
	Y _j	XCM(IRCN)	10		largeur standard unité. ordonnée du point de calage IRCN de la loi du bruit de fond (II 5 15) (II 5 16)
	ΔYi	DELXCM(IRCN) 10		erreur sur XCM(IRCN).
1	Y1 "	XCMSB			=XCM(1) pour le spectre blanc
2	Δyı	DACMSE CAN CSP	1		=DELACM(1) pour le spectre blanc
!		CAIN, COD		*	soit pour le spectre d'analyse, soit pour le spectre blanc (II.5.15).
,	ΔC	DCAN, DCSB	[*	erreur sur le coefficient de calage (II.5.16).
		PC1, PC2			valeurs de C pour deux itérations succes-
		SGP		×	section efficace de diffusion potentielle
2 2 1	$(T_{IR})_i$	TR(I)	1024	*	transmission interféro-résonnante dans le canal I.
	(ΔΤ _{IR}) _i	DELTR(I)	1024	*	erreur sur TR(I)
	T _i	(!) ľ	1024	*	transmission totale dans le canal I.
;	Δ_{-i}^{T}	DELTAT(I)	1024	*	erreur sur T(I)
	a ^E /Q _i	EE			coefficient de normalisation d'analyse ramené au canal de largeur standard unité.
SIP SPA	^t k	TPSINT(K)	1024		=TPS(K) variable intermédiaire pour les calculs portant sur deux blocs consécutifs de la bande magnétique.

•

S/P TRAN	$ N_k $ $ \alpha_1/\varrho_i $ $ \alpha_2/\varrho_k $ Na ^E i $ \Delta Na^E_i $	XEINT(K) A0 A1 SA(I) DELSA(I)	1024 200 200	*	 =ND(K) variable intermédiaire pour les calculs portant sur doux blocs consécutifs de la bande magnétique. coefficient du spectre des ailes défini par (II. 5. 34) rapporté au canal de largeur standard unité. coefficient du spectre des ailes défini par (II. 5. 35) rapporté au canal de largeur standard unité. comptage déduit du spectre des ailes dans le canal I(II. 5. 27). erreur sur SA(ID) (II. 5. 37). 	- 251 -
	a ^σ / ξ _i Τι ΔΤι σ _i Δσι	EB T DELTAT SIGMA DELSIG TA .KNUL		* *	coefficient de normalisation du spectre blanc ramené au canal de largeur standard unité, transmission totale dans le canal où on exécute le calcul erreur sur T. section efficace totale dans le canal où on calcule. erreur sur SIGMA nombre de canaux par zone. indice d'existence d'un canal blanc corres- pondant au canal d'analyse où l'on veut calculer T.	

· ·

- 252 -

1J.7.2 Présentation des données

la figure II.7.1 représente le diagramme descriptif de la présentation des données.

Il comporte plusieurs tableaux composés chacun de trois colonnes. Dans la colonne centrale on peut lire les listes de données écrites en lignes à raison d'une ligne par liste. Dans la colonne de gauche, en regard de chaque ligne est porté le nombre de cartes relatif à la liste correspondante. Dans la colonne de droite apparait le modèle de perforation de la ou des cartes de la liste.

Ilors des tableaux, mais en regard de chaque liste, se trouve si besoin est, indiquée dans un cercle, quelquefois la condition d'utilisation de la liste, plus souvent la condition de choix entre plusieurs modèles pour une même liste, ou encore la condition fixant le nombre de listes lorsque celles-ci se déduisent d'une même liste qui se répète.

ł

:

On se déplace de tableau en tableau le long des lignes flêchées, éventuellement marquées d'un cercle indiquant les conditions d'emprunt de la ligne. L'absence de cercle sous-entend
- 253 -

l'absence de choix. Pour faciliter l'utilisation du diagramme on peut formuler les remarques suivantes.

.

i) l'induce de lecture ILEC prend les valeurs énumérées ci-apr's en fonction de la présentation sur bande perforée des groupes de données séparée par des RC(retour de chariot).

ILEC	nombre de chiffres composant l'adresse	nombre de chiffres par canal
0		6
1	4	5.
2	4	G
3	5	5

ii) Les indices d'association des zones d'intérêt NZAS(K)jouent en fait un rôle d'uble.

Lorsqu'il s'agit des quatre premiers sélecteurs, ils traduisent effectivement l'état d'association des différentes zoncs, exprimé comme il a été dit au paragraphe II.3 sous forme d'une suite

.

.

d'indices séparés par des zéros pour marquer les groupes associés, et écrits dans l'ordre croissant à l'intérieur de chaque groupe.

4

En revanche, lorsqu'il s'agit des sélecteurs type accordéon, les indices NZAS(K) reflètent les interventions d'affichage avec la convention suivante. L'indice est nul lorsque la zone définie est une zone d'inhibition d'analyse. A l'inverse il prend valeur de numéro d'ordre lorsque la zone définie est une zone d'intérêt réel. Coci revient tout simplement à ne pas décompter les zones "trous". Ainsi écrire la suite d'undices 1,2,3,0,4,5 signifierait que les zones 1,2,3 sont des zones d'intérêt, la quatrième est définie comme une zone "trou" et de ce fait perd son rang au profit de la cinquième qui est une zone d'intérêt, et ainsi de suite.

Rappelons qu'en ce qui concerne le sélecteur 4, la possibilité de coupure de la zone d'analyse en deux parties égales n'étant pas une caractéristique d'origine mais le résultat d'un artifice technologique, toutes les zones restent associées malgré la coupure, à l'inverse des sélecteurs 1,2,3.

- 254 -

- 255 -

C'est d'ailleurs le même état de fait qui permet d'utiliser les indices NZAS(K) comme on vient de le décrire pour les codeurs type accordéon.

.

iii) l'indice de demande de perforation des résultate sur cartes est codé de la façon suivante

0 si on ne demande aucune perforation

1 si on demande la perforation des transmissions totales et leurs erreurs

2 si on demande la perforation des transmissions interférorésonnantes ou résonnantes.

iv) Pour faciliter l'exploitation du programme il est utile de grouper sur une feuille agencée à cet effet toutes les données caractéristiques des conditions expérimentales. La figure II.7.2 représente une telle feuille. Bien que ne faisant pas apparaître explicitement toutes les conventions faites dans le programme, elle doit cependant permettre de fixer sans ambiguité tous les coefficients de nature, de définition ou d'association qui interviennent. En fait cette feuille n'est pas uniquement dévolue au code SPNBE 084. Elle comporte aussi les renseignements nécessaires à la mise en oeuvre du code SPNBE 085.

ł

- 256 -

1

ŧ

II.7.3 Présentation desrésultats

En ce qui concerne la présentation des résultats, nous ne saurions mieux faire que de l'illustrer par des exemples. Le lecteur trouvera donc aux figures II.7.3, II.7.4 et II.7.5 des extraits de listing portant sur une expérience effectuée à l'aide d'un codeur de telmps type accordéon.

La première figure reproduit la première page du listing sur laquelle sont portées les conditions expérimentales. Ainsi peut-on y voir que l'ensemble des canaux utiliséé a été séparé en deux groupes de 2048 canaux chacun ; le premier a été effecté à l'enregistrement d'un spectre blanc et le second à celui d'un spectre d'analyse. On retrouve donc un dédoublement des zones caractérisé par une même implantation, et le coefficient IDIVI a bien la valeur 2. Les autres coefficients montrent qu'un écran de bruit de fond était interposé sur e trajet du faisceau incident tant pour le spectre blanc que pour celui de l'analyse, permettant ainsi de déterminer dans chacun des cas la loi du bruit de fond propre à l'écran considéré. La valeur de ITP indique que la transmission potentielle résulte d'un calcul de moyenne fait sur toute une région

du spectre dont on aurait l'indication avec le résultat correspondant en en-tôte de la deuxième page du listing si elle était reproduite ici. En revanche la figure II.7.4 montre justement l'agencement de la table des valeurs calculées pour l'énergie, la transmission interféro-résonnante et son erreur, la section efficace et son erreur, toutes cinq données en regard de chacun des canaux.

\$

Enfin la figure II.7.5 montre le tracé graphique correspondant. Il s'agit en l'occurence des transmissions listées à la figure précédente. Les deux lignes horizontales marquées en pointillé sont les deux droites d'ordonnées respectives 0 et 1.

L'obtention des transmissions sur un spectre de 4096 canaux demande, en moyenne, un temps d'exécution que la pratique révèle être de 4 à 5 minutes.

- 257 -

, *

II.8 LISTE DU CODE SPNBE 084 - 258 -

CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES

C DONNEES MISES EN LECTURE

C	CORP1,CORP2	NOM DU CORPS ETUDIE (12 CARACTERES MAXIMUM)
C	MANIP, ICAS	NUMERO DE LA BANDE PERFOREE
C	ISELEC	NUMERO DE L ANALYSEUR EN TEMPS
C	IFIN	NOMBRE DE CANAUX SUR LA BANDE
С	NZONE	NOMBRE DE ZONES D INTERET
С	IDIVI	PARTITION DE LA BANDE
Ċ	GL	LONGUEUR DE LA BASE EN METRES
č	RE	RETARD ELECTRONIQUE EN MICROSECONDES
Č	TH	TEMPS MORT EN MICROSECONDES
Č	CYMA	NOMBRE DE CYCLES MACHINE PAR SECONDES
Č	XB	COMPTAGES BRUTS DANS CHAQUE CANAL
č	TLEC	INDICE DE PRESENTATION DES COMPTAGES
č	PL	LARGEUR DES CANAUX DANS CHAQUE ZONE D INTERET EXPRI-
č		MEE EN MICROSECONDES
č	Z (OU ZZ)	REPERAGE DES ZONES D'INTERET PAR RAPPORT AL TO
č	CM (OU CM1)	NONBRE DE TO
č	CMO(OU CMO1)	COMPTAGES MONITEUR
č	EPAIS	EPAISSEUR DE L'ECHANTILLON EN MM
č		
č	N7AS	COFFEICIENTS D ASSOCIATION DES ZONES D INTERET
č	TECRI	COEFFICIENT DE NATURE D ECRAN RIANC
č	IBDEO	COEFFICIENT DE NATURE D'ECRAN DE BRUIT DE FOND
c C	TRC	INDICE DE CALAGE
ř	180	COEFFICIENT DE NATURE DE LA LOI DU BRUIT DE EOND
č	ITP	INDICE DE CALCHI DE LA TRANSMISSION POTENTIELLE
č	ISR	INDICE DE OREGOL DE LA TRANSMISSION TOTENTIELE
ř	N3.N4	NUMEROS DES CANALY ENCADRANT LA 76NE DE SPECTRE RI ANC
ř	N1 . N2	NUMEROS DES CANAUX ENCADRANT LA ZONE DE SPECTRE DEMIC
č	N	NOMEROS DES CANADA ENCLORANT ER LONE D'ANALTSE NOMEROE DE RECONANCES NOTRES DETERMINANT LES DOINTS DE
č	14	DEFINITION OF LA LOI DU RENIT DE FOND
ř	TN7	NUMERO DE LA ZONE DE NORMALISATION DE LA LOI DU BRUIT
ř	1.14	DE EOND
ř	TRAN, TRAN	NUMEROS DES CANALLY ENTREMES DEEINISSANT LE EOND PLAT
r	TUMUTTUM	DE CHACIINE DES N RESONANCES NOTRES
č	A.U. DELA.U	COREFICIENT D A USTEMENT AREADENT A UNE RESONANCE
ř	ACCIPCENCO	NOIDE AVEC SON ERRENR
č	NSPT	NORREF D APPELS DU SPECTRE DES ATLES
č	RA	EDAISSEND DE 1 ECRAN D ANALYSE EXDRIMEE EN ATOMES DAR
ř		RADN
č	11.12.13	NUMEROS DES CANAUX DE EIN DES ZONES DE COMPTAGES NUUS
č	TP	VALEND DE LA TRANSMISSION DOTENTIELLE
č	DEL TP	FREELR SUR & A TRANSMISSION POTENTIELLE
č	ITPA.IYPA	NUMEROS DES CANAUX DELIMITANT LA ZONE DE CALCUL DE LA
č		TRANSMISSION POTENTIELLE
č	NCTP	NOMBRE DE DETERMINATIONS DE LA TRANSMISSION POTEN-
č		
č	N790	NONRRE DE NUAGES INTERVENANT DANS LE CALCUL DU SPEC-
č		TRE DES ATLES
č	15941.15942	NUMEROS DES CANAUX EXTREMES DEETNISSANT UN NUACE DE
č	101 017101 AF	PAINTS
č	TPER	INDICE DE DEMANDE DE PEREORATION DES RESULTATS SUP
		THE SE SERVICE SE FERI UNATION DES RESULTASS SUR

.

•

.

•

.

*

L LARIES

٠

•

DIMENSION Z(32), IASZ(8,8), CM(32) DIMENSION X8(1152), XC(1024), DELXC(1024), TPS(1024), XBINT(1024) DIMENSION TPSINT(1024) DIMENSION SB(1024), DELSB(1024), TPSB(1024) DIMENSION NCA(32), PL(32), NCASB(32), ZSB(32), PLSB(32) DIMENSION P(10),X(10),TABC(10) DIMENSION Q(10),XQ(10) DIMENSION A(10), DELA(10), QA(10), DELQA(10) DIMENSION AE(32), AB(32) DIMENSION TR(1024), DELTR(1024), T(1024), DELTAT(1024) DIMENSION CMO(32), NZAS(16), EPAIS(32) DIMENSION CN1(4), CMO1(4), EPAIS1(4) DIMENSION YY(10), DELYY(10), ELY(10), XCM(10), DELXCM(10), DIFE(10) DIMENSION ISPA(2), SA(200), DELSA(200) DIMENSION BTR(14), ATR(108) DIMENSION JST(10) DIMENSION THEM(5), DTMEM(5) DIMENSION ZZ(16) С COMMUN KXB,KXC,KT COMMUN Z, IASZ, CM, NTM, TA, TM COMMUN X8, XC, DELXC, TPS, XBINT, TPSINT COMPUN SB, DELSB, TPSB COMMUN IFIN, NZONE, IDIV COMMUN NCA, NCASB, ZSB, RE, RESB, PL, PLSB, GL, GLSB COMMUN INZ COMMUN P,X,Q,XQ COMMUN A, DELA, QA, DELQA COMMUN CYMA, CYMAQ, DETC, QDETC COMMUN NBD, B1, B2, DETD, PSOM, PXSOM, PX2SOM, TABC COMMUN NBDSB, QB1, QB2, QDETD, QPSOM, QPXSOM, QPX2SM COMMUN IBD, IRC, CAN, DCAN, AB, AE, AG, BG, 1SB, KNUL COMMUN IBDSB, IRCSB, CSB, DCSB, N3, N4, ISE3B, NZOSB COMMUN TR, DELTR, T, DELTAT COMMUN MANIP, ICAS, CORP1, CORP2, ISELEC, SGP, BA С 1001 MODELE(2A6) 27 MODELE(6E12.5) 1 MODELE(1)75.0) 703 MODELE(F4.0,8F5.0) 4066 MODELE(F4.0,8F6.0) 4067 MODELE(°F5.0) 128 MODELE(1415) 109 MODELE(215,2E12.5) 174 MODELE(315, E12.5) 28 MODELE(19,1PE17.6,15X,21HCANAL DE COMPTAGE NUL) 962 MODELE(19,1PE17.6,0P2F14.6,15X,20HPAS DE SPECTRE BLANC) 963 MODELE(19, 1PE17.6, 28X, 0P2F14.6, 2E18.6) 964 MODELE(19, 1PE17.6, 43X, 20HPAS DE SPECTRE BLANC) 965 MODELE(I9,1PE17.6,28X,0P2F14.6) 19 MODELE(6X,1HI,11X,4HE(I),11X,5HTR(I),7X,10HDELTATR(I),

t

```
- 259 -
```

CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES

- - 16X,4HT([],8X,9HDELTAT([],8X,8HSIGMA([),6X,13HDELTASIGMA([)//)
- 20 MODELE(19,1PE17.6,0P4F14.6)
- 32 MODELE(I9,1PE17.6,0P4F14.6,2E18.6)
- 826 MODELE(60X,2HN=E12.6//)

```
- 260 -
```

CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES

•

.

.

```
2007 MODELE (F6.0,7F7.0)
С
  824 KXB=1
      KXC≠2
      KT=3
      REBOBINER KXB
      REBOBINER KXC
      REBOBINER KT
С
С
      LECTURE DES CONSTANTES
С
  823 LIRE 1001, CORP1, CORP2
      LIRE 128, MANIP, ICAS, ISELEC, IFIN, NZONE, IDIVI
      LIRE 27, GL, RE, TM, CYMA
      SI(ISELEC-4)700,701,661
  700 NCL=10
      LIRE 1,(%B(I),I=1,1100)
      ALLER A 702
  701 NCL=8
      TA=IFIN/NZONE
      LIRE 128, ILEC
      SI(ILEC-2)4063,4064,4064
 4063 LIRE 703, (XB(I), I=1,1152)
      ALLER A 702
 4064 LIRE 4066, (XB(I), I=1, 1152)
  702 LIRE 27,PL(1)
      LIRE 27, (Z(I), I=1, NZONE)
      LIRE 27, (CM(I), I=1, NZONE)
      LIRE 27, (CMO(1), I=1, NZONE)
      LIRE 27, (EPAIS(I), I=1, NZONE)
      IDIV=1DIVI
      SI(NZONE-1)4,4,445
  445 FAIRE 71 I=2,NZCNE
      PL(1)=PL(1)
   71 CONTINUER
      ALLER A 4
  661 NCL=8
      SI(IDIVI-2)600,600,601
  600 IDIV=IDIVI
      ALLER A 602
  601 IDIV=2
  602 NGROUP=IFIN/1024
      LIRE 128, ILEC
      FAIRE 203 IN1=1,NGROUP
      I=0
       J=0
      FAIRE 204 IN2=1,128
       I=J+1
       J=J+8
      SI(ILEC)2005,2005,2006
 2005 LIRE 2007, (XB(K), K=I, J)
```

!

1

.

ALLER A 204 2006 SI(ILEC-2)4065,4068,4069 4065 LIRE 703,XB(I),(XB(K),K≖I,J) ALLER A 204 4068 LIRE 4066,XB(I),(XB(K),K=I,J)

```
- 261 -
      CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES
      ALLER A 204
4069 LIRE 4067, XB(I) (XB(K), K=I, J)
 204 CONTINUER
      INSCR BANDE KXB, IN1, (XB(K), K=1, 1024)
 203 CONTINUER
      REBOBINER KXB
      LIRE 128, (NZAS(K), K=1, NZONE)
      NINTER=NZONE
      NZO=0
      FAIRE 16 I=1,NINTER
      SI(NZAS(I))16,16,1222
 1222 NZO=NZO+1
   16 CONTINUER
      NZONE=NZO~IDIV
      LIRE 27, (PL(I), I=1, NZO)
      LIRE 27, (ZZ(I), I=1, NINTER)
       LIRE 27, (CM1(I), I=1, IDIV)
      LIRE 27, (CMO1(I), I=1, IDIV)
      LIRE 27, (EPAIS1(I), I=1, IDIV)
      ALLER A 1021
   4
      K=1
      FAIRE 706 I=1, IFIN
      SI(K+I-(NCL+1)*K-1)704,705,705
  /05 K=K+1
  704 J=K+I
      XB(I) = XB(J)
  706 CONTINUER
C
С
      IMPRESSION DU TITRE
C
 1021 IMPRIMER 153
  153 MODELE(1H1)
      IMPRIMER 1000, MANIP, ICAS, CORP1, CORP2
 1000 MODELE(20X, 23HNUMERO DE L EXPERIENCE 15, 5X, 4HCAS 11, 8X, 2A6///)
      SI(ISELEC-4)5,5,1006
    5 IMPRIMER 1002, ISELEC, PL(1), GL, RE, TM, CYMA
                                             10HSELECTEUR I1,5X,19HLARGEUR
 1002 MODELE(5X,
     1 DES CANAUX=F5.2,7HMICROS.,5%,20HLONGUEUR DE LA BASE=F6.2,2HM.,
     25X,3HRE=F6.2,7HMICROS.//,21%,11HTEMPS MORT=F6.2,7HMICROS.,
     312X, F7.0, 15H CYCLES MACHINE///)
      CYMA=1.E+06/CYMA
      IMPRIMER 1003, (I, Z(I), CM(I), CMO(I), EPAIS(I), I=1, NZONE)
 1003 MODELE(32(2X,5H2ONE 12,F9.2,8X,17HNOMBRE DE CYCLES=E12.5,8X,
     114HNORMALISATION=E12.5,8X,10HEPAISSEUR=F7.2,3HMM./))
C
C
      CONSTRUCTION DES COEFFICIENTS D'ASSOCIATION - SELECTEURS 1 2 3 4
C
      LIRE 128, (NZAS(K), K=1, 16)
      K1=1
      K2=1
      K3=1
```

.

,

NOL=1 [=NZAS(K1) 768 J=1 769 SI(J-NZAS(K2))770,771,770 770 IASZ(I,J)=0

```
CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES
      ALLER A 772
 771 IASZ(I,J)=1
     K2=K2+1
     K3=K3+1
 772 J=J+1
      SI(J-8)773,773,774
 773 SI(NZAS(K2))769,775,769
 775 IASZ(I,J)=0
      ALLER A 772
 774 NOL=NOL+1
      SI(NOL-8)776,776,777
 776 K2=K2-K3+1
      K3=1
      K1=K1+1
      SI(NZAS(K1))778,779,778
 778 I=NZAS(K1)
      ALLER A 768
  779 Kl=¥l+1
      K2=K1
      I=NZAS(K1)
      SI(1)777,777,768
  777 NTM=TM/PL(])+0.001
      ALLER A 1007
C
      MODIFICATIONS DES DONNEES RELATIVES AU SELECTEUR 5
C
С
1006 IMPRIMER 1008, ISELEC, GL, RE, TM, CYMA
 1008 NODELE(5X, 10HSELECTEUR I1, 5X, 20HLONGUEUR DE LA BASE=F6.2, 2HM.,
     15X, 3HRE=F6.2, 7HMICROS., 5X, 11HTEMPS MORT=F6.2, 7HHICROS.//
     2,21X,F7.0,15H CYCLES MACHINE///)
      CYMA=1.E+06/CYMA
       FAIRE 1010 I=1, IDIV
      FAIRE 1010 J=1,NZO
      K=NZO#(I-1)+J
      CMO(K)=CMO1(I)
      CM(K)=CM1(I)
      EPAIS(K)≈EPAIS1(I)
 1010 CONTINUER
      IMPRIMER 1200
      IMPRIMER 1201, (NZAS(I), ZZ(I), I=1, NINTER)
      IMPRIMER 1202
 1200 MODELE(10X, 19HAFFICHAGE DES ZONES)
 1201 MODELE(30X, 12, F9.2)
 1202 MODELE(////)
      SI(NZO-1)316,316,317
  316 NCA(1)=1FIN/IDIV
      Z(1)=ZZ(1)
      ALLER A 318
  317 ISOM=0
      J=0
      NIN=NINTER-1
      FAIRE 1210 I=1,NIN
```

```
- 262 -
```

\$

ł

1

1

1

1

ł

.

•

-

-

3⊾ J≍J+1 NCA(J)=(ZZ(I+1)-ZZ(I))*3.20/PL(J)+0.001 ISOM=ISOM+NCA(J)

SI(NZAS(I))1210,1210,31

```
CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES
     Z(J)=ZZ(I)
1210 CONTINUER
      NCA(NZO)=IFIN/IDIV-ISOM
      Z(NZO) = ZZ(NINTER)
 318 FAIRE 1014 I=1,IDIV
     FAIRE 1014 J=1,NZO
      K=NZO+(I-1)+J
     PL(K)≂PL(J)
      NCA(K)=NCA(J)
      Z(K)=Z(J)
 1014 CONTINUER
      IMPRIMER 1003, (I, Z(I), CM(I), CMO(I), EPAIS(I), I=1, NZONE)
      IMPRIMER 30
   30 MODELE(///)
       IMPRIMER 1012 (I,PL(I),NCA(I),I=1,NZONE)
 1012 MODELE(32(13X, 5HZUNE I2, 5X, 19HLARGEUR DES CANAUX=F5.2, 7HMICROS.,
     15X,17HNOMBRE DE CANAUX=I5/))
С
С
      CALCUL DES TEMPS
С
 1007 LIRE 128, IECBL, IBDFO, IRC, IBD, ITP, ISB
      IMPRIMER 1005, IECBL, IBDFO, IRC, IBL, ITP, ISB, IDIVI
 1005 MODELE(///10X,6HIECBL=I1,10X,6HIBDF0=I1,10X,4HIRC=I1,10X,4HIBD=I1,
     110X,4HITP=11,10X,4HISB=I1,10X,6HIDIVI=I1//)
      IIDV=1
      SI(ISELEC-4)1022,1022,861
 1022 FAIRE 898 I=1, IFIN
      H= I
      APPEL REPER(ISELEC, I, NZ, TAP, ITAP, 0)
      SI(ISELEC-4)905,904,904
  905 TPS(I)=PL(1)+(H-0.5+Z(NZ)-TAP)+RE
      ALLER A 898
  904 TPS(I)=(Z(NZ)-128.*FLOTF(NZ-1)+H-0.5)*PL(1)+RE
  898 CONTINUER
С
С
      CORRECTION DE LEMPS MORT
С
  861 SI(ISELEC-4)813,814,1020
  813 APPEL TM123
      ALLER A 867
                    .
  814 APPEL TM4
      ALLER A 867
 1020 APPEL TH5
С
      RESERVATION DES CARACTERISTIQUES DU SPECTRE BLANC
С
С
      ET CALCUL DE SON BRUIT DE FOND
С
  867 SI(IECBL-1)875,195,195
  875 FAIRE 103 NZ=1,NZONE
      AE(NZ)=1./CMO(NZ)
  103 CONTINUER
      SI(IBDF0-1)881,882,882
```

- 263 -

بمقدي

...

t

1

- (

.

SI(ISELEC-4)6,6,7 6 FAIRE 197 I=1,IFIN TPSB(I)=0.

195 LIRE 128,N3,N4

```
CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES
197 CONTINUER
    FAIRE 198 I=N3,N4
SB(I)=XC(I)
    DELSB(I)=DELXC(I)
    TPSB(I)=TPS(I)
198 CONTINUER
    ALLER A 196
  7 I=N3
    IBA=KXC
 36 APPEL PLACE(I, IN1, IBL, IBA, 0)
    K=[BL
    SI(IBL-1)18,18,21
 21 I=I8L-1
    FAIRE 423 J=1,I
    TPSB(J)=0.
    S8(J)=0.
    DE!.SB(J)=0.
423 CONTINUER
 18 SI(N4-IN1+1024)25,26,26
25 M=N4-(IN1-1)+1024
    I=M+1
    FAIRE 33 J=I,1024
    TPSB(J)=0.
    SB(J)=0.
    DELSB(J)=0.
 33 CONTINUER
    ALLER A 37
 26 M≈1024
 37 FAIRE 38 J=K,M
TPSB(J)=TPS(J)
    SB(J)=XC(J)
    DELSB(J)=DELXC(J)
 38 CONTINUER
     INSCR BANDE KT, IN1, (TPSB(J), SB(J), DELSB(J), J=1, 1024)
    SI(N4-IN1+1024)34,34,35
 34 REBOBINER KT
    REBOBINER KXC
     ALLER A 196
 35 I=IN1+1024+1
    ALLER A 36
196 FAIRE 879 I=1,NZONE
AB(I)=1./CMO(I)
     PLSB(I)=PL(I)
     NCASB(I)=NCA(I)
     ZSB(I)=Z(I)
879 CONTINUER
     IFINSB=IFIN
     ISES8-ISELEC
     NZOSB=NZONE
     RESB=RE
     GLSB=GL
     IRCSB=IRC
     IBDSB=IBD
     SI(IEC8L-1)874,874,882
874 S1(IRC-1)8,888,888
881 SI(IRC-1)891, 588,888
```

•

ł

_

- 264 -

```
CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES
 882 SI(I8D-1)50,51,51
  50 APPEL BDF(ISELEC)
     ALLER A 52
  51 APPEL BDFA(ISELEC)
  52 INZ=INZ
     SI(IECBL-1)2,2,3
   3 BG=1./CMO(INZ)
 865 S((IBD-1)15,17,17
  15 NBDSB=NBD
     QB1=B1
     QB2=82
     QDETC=DETC
     QDETD=DETC
     QPSOM=PSOM
     QPXSOM=PXSOM
     QPX2SM=PX2SOM
     CYMAQ=CYMA
     FAIRE 1100 I=1,NBD
     XQ(I)=X(I)
     Q(1) = P(1)
1100 CONTINUER
     ALLER A 116
  17 FAIRE 64 I=1,NBD
     XQ(I)=X.I)
     QA(I)=A(I)
     DELQA(I)=DELA(I)
  66 CONTINUER
     NBDSB=NBD
 116 CSB=1.
     DCSB=1.
      SI(IRC-1)8,127,127
 127 APPEL TEMPS(ISESB, IISB, TS, IECBL)
      SI(IBD)39,39,40
  39 APPEL BDFY(TS,W,DELW,IECBL)
      ALLER A 441
  40 APPELBDFAY(TS,W,DELW,IECBL)
 441 CSB=CSB+XCMSB/W
      SI(IRC-1)126,126,129
 129 DCSB=CSB
      ALLER A 118
 126 DCSB=DCSB+RACF((DXCMSB/W)++2+(DELW+XCMSB/(W++2))++2)
     REBOBINER IBA
      ALLER A 8
 118 YY(1)=CSB#W
      DELYY(1)=DCSB+9ELW
      ELY(1)=DELYY(1)
      ALLER A 210
    2 AG=1./CMO(INY)
      SI(IBDF0-1)891,8,891
C
L
```

```
- 265 -
```

```
8 IIDV=IIDV+1
   SI(IIDy-IDIVI)22,22,823
22 LIRE 128, IECBL, IBDFO, IRC, IBD, ITP, ISB
   IMPRIMER 1005, JECBL, IBDFO, IRC, IBD, ITP, ISB, IDIVI
   ALLER A 867
```

```
CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES
С
      DETERMINATION DU BRUIT DE FOND DE L ECRAN A ANALYSER
С
С
      AVEC DU SANS CALAGE
С
  883 FAIRE 211 J=1, IRC
      XCM(J)=0.
      DELXCM(J)=0.
  211 CONTINUER
      SI(IRC-1)102,102,105
  102 IMPRIMER 108, IRC
  108 MODELE(15X, 37HCALAGE DE LA LOI DU BRUIT DE FOND SURI2, 16H RESONANC
     1E NOIRE/)
      ALLER A 110
  105 IMPRIMER 111, IRC
  111 MODELE(15X,61HCALAGE DE LA LOI DU BRUIT DE FOND PAR LES MOINDRES C
     larres suri2,18H RESONANCES NOIRES/)
  110 IRCN≈0
  210 IRCN=IRCN+1
      SI(IRCN-IRC)207,207,217
  207 LIRE 109, 1RAN, IRBN, AJU, DELAJU
      IMPRIMER 212, IRCN, IRAN, IRBN, AJU, DELAJU
  212 MODELE(40X, 22HRESONANCE HOIRE NUMEROI2, 10H ALLANT DEI5, 2H AI5, 3X,
     14HAJU=F5.2,3X,7HDELAJU=F6.3)
      SI(ISELEC-4)41,41,42
   42 SI(IECBL)45,45,46
   45 IBA=KXC
      ALLER A 47
   46 IBA=KT
   47 SI(IRCN-1)43,43,44
   43 APPEL PLACE(IRAN, IN1, IBL, IBA, IECBL)
      ALLER A 41
   44 SI(IRAN-IN101024)41,41,43
   41 FAIRE 523 J=IRAN, IRBN
      SI(ISELEC-4)48,48,49
   48 JJ=J
      ALLER A 58
   49 JJ=J-(IN1-1)+1024
      SI(JJ-1024)58,58,59
   59 APPEL PLACE(J, IN1, IBL, IBA, IECBL)
      ALLER A 49
   58 APPEL REPER(ISELEC, J, NZ, TAP, ITAP, IECBL)
      SI(IECBL)56,56,57
   56 XCM(IRCN)=XCM(IRCN)+XC(JJ)/PL(NZ)
      DELXCM(IRCN)=DELXCM(IRCN)+(DELXC(JJ)/PL(NZ))++2
      ALLER A 523
   57 XCM(IRCN)=XCM(IRCN)>SB(JJ)/PLSB(NZ)
      DELXCM(IRCN)=DELXCM(IRCN)+(DELSB(JJ)/PLSB(NZ))++2
  523 CONTINUER
      XCM(IRCN)=XCM(IRCN)/FLOTF(IRBN-IRAN+1)
      DELXCM(IRCN)=RACF(DELXCM(IRCN))/FLOTF(IRBN-IRAN+1)
      DELXC4(IRCN)=RACF((XCM(IRCN)+DELAJU)++2+(AJU+DELXCM(IRCN))++2)
      XCM(IRCN)=AJU+XCM(IRCN)
```

- 266 -

```
II=(IRAN+IRBN)/2
SI(IRCN-1)208,208,209
208 SI(IECBL)62,62,65
65 APPEL REPER(ISESB,II,NZ,TAP,ITAP,IECBL)
```

```
CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES
     BG=AB(NZ)
     IISB=II
     XCMSB=XCM(1)
     DXCMS8=DELXCM(1)
     ALLER A 865
  62 APPEL REPER(ISELEC, II, NZ, TAP, ITAP, IECBL)
     AG=AE(NZ)
     JN=II
 891 LIRE 174, N1, N2, NSPT, BA
     CAN=1.
     DCAN=1.
     SI(IRC-1)200,201,201
 201 APPEL 1EMPS(ISELEC, JN, TS, IECBL)
     SI(IBD)53,57,54
  53 APPEL BDFY(TS,Y,DELTAY, IECBL)
     ALLER A 64
  54 APPEL BDFAY(TS,Y,DELTAY, IECBL)
  64 CAN=CAN+XCM(1)/Y
     SI(IRC-1)122,122,123
 123 DCAN=CAN
      ALLER A 216
 122 DCAN=DCAN+RACF((DELXCM(1)/Y)++2+(DELTAY+XCM(1)/(Y++2))++2)
     REBOBINER IBA
      ALLER A 200
 216 YY(1)=CAN+Y
     DELYY(1)=DCAN+DELTAY
     ELY(1)=DELYY(1)
      ALLER A 210
  209 APPEL TEMPS(ISELEC, II, TS, IECBL)
      SI(IBD)69,69,70
   69 APPELBDFY(TS,Y,DELTAY,IECBL)
      ALLER A 74
  70 APPEL BDFAY(TS,Y,DELTAY, IECBL)
  74 SI(IECBL)119,119,120
  119 YY(IRCN)=CAN+Y
      DELYY(IRCN)=DCAN+DELTAY
      ELY(IRCN)=DELYY(IRCN)
      ALLER A 210
  120 YY(IRCN)=CSB+Y
      DELYY(IRCN)=DCSB+DELTAY
      ELY(IRCN)=DELYY(IRCN)
      ALLER A 210
С
      CALAGE DU BRUIT DE FOND PAR MOINDRES CARRES ET ELIMINATION
C
      DES POINTS ABERRANTS
С
C
  217 NK=1
      REBOBINER IBA
      FAIRE 4071 J=1, IRC
      JST(J)=0
 4071 CONTINUER
 121 PC1=1.
```

- 267 -

.

i

e

SO2=0. SO3=0. FAIRE 213 J=1,IRC

215 SO1=0.

```
CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES
     SI(JST(J))213,4079,213
4079 SCO=1./(PC1**2*DELYY(J)**2+DELXCH(J)**2)
     SO1=SO1+SCO+XCM(J)+YY(J)
     S02=S02+SC0+YY(J)+YY(J)
     SD3=SD3+SCO+(XCM(J)-YY(J))+(XCM(J)-PC1+YY(J))
213 CONTINUER
     PC2=S01/S02
     SI(IRC-NK)4075,4074,4075
4075 DELPC2=S03/(S02+FLOTF(IRC-NK))
     ALLER A 4076
4074 FAIRE 4078 J=1, IRC
     SI(JST(J))4077,4077,4078
4078 CONTINUER
4077 DELPC2=RACF(PC1++2+((DELYY(J))++2+(DELXCM(J)/XCM(J))++2))
4076 SI(ABSF(PC2-PC1)-0.001)130,130,131
 131 PC1=PC2
     ALLER A 215
 130 IICN=0
     FAIRE 132 J=1, IRC
     DELYY(J) = YY(J) + DELPC2
     YY(J)=YY(J)=PC2
      SI(ABSF(YY(J)-XCM(J))-DELYY(J)-DELXCM(J))132,132,136
 136 IICN=1
     SI(JST(J))4073,4072,4073
4072 DIFE(J)=ABSF(1.-XCM(J)/YY(J))
     ALLER A 132
4073 DIFE(J)=1
 132 CONTINUER
     SI(I1CN-1)137,138,138
 137 SI(IECBL-1)112,113,113
 112 DCAN=CAN+DELPC2
     CAN=CAN+PC2
     ALLER A 200
 113 DCSB=CSB+DELPC2
     CSB=CSB#PC2
     ALLER A 8
 138 JSTAR=1
     DMAX=DIFE(1)
     JST(JSTAR)=1
     FAIRE 139 J=1, IRC
     SI(DMAX-DIFE(J))140,139,139
 140 DMAX=DIFE(J)
     JSTAR=J
     JST (JSTAR)=1
 139 CONTINUER
     IMPRIMER 133, JSTAR
 133 MODELE(1H0/,20X,25HLA RESONANCE NOIRE NUMEROI2,
    131H EST INCOMPATIBLE , ON L ELIMINE)
     YY(JSTAR)=0.
     XCM(JSTAR)=0.
     DELYY(JSTAR)=0.
```

- 268 -

.

DELXCM(JSTAR)=0. ELY(JSTAR)=0. NK=NK+1 FALRE 135 J=1.IRC YY(J)=YY(J)/PC2

```
CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES
      DELYY(J)=ELY(J)
  135 CONTINUER
      ALLER A 121
C
      CALCUL DE LA TRANSMISSION POTENTIELLE
С
С
  200 IMPRIMER 153
      NLIGNE=0
      SI(ISELEC-4)952,852,852
  952 LIRE 128, 11, 12, 13
  852 SI(ITP-1)183,182,184
  182 LIRE 27, TP, DELTP
      SGP=-LOGF(TP)/BA
      IMPRIMER 175, TP, DELTP, SGP
  175 MODELE(10X, 25HTRANSHISSION POTENTIELLE=E12.5, 5X, 12HAVEC ERREUR=
     1E12.5,10X,16HSIGMA POTENTIEL=E12.5//)
      NLIGNE=NLIGNE+3
      ALLER A 183
  184 LIRE 128, MCTP
      NCTPI=C
 2001 LIRE 128, ITPA, ITPB
      NCTPI=NCTPI+1
      VOLANT 1
      STP=0.
      SDELTP=0.
      IBA=KXC
      SI(ISELEC-4)157,157,144
  144 SI(NCTP1-1)145,145,146
  145 APPEL PLACE(ITPA, IN1, IBL, IBA, 0)
      IN1=IN1
      IBL=IBL
      ALLER A 157
  146 SI(ITPA-IN1+1024)157,157,145
  157 FAIRE 60 I=ITPA,ITPB
      SI(ISELEC-4)162,162,163
  162 J=I
      ALLER A 188
  163 J=I-(IN1-1)+1024
      SI(J-1024)188,188,189
  189 APPEL PLACE(I, IN1, IBL, IBA, 0)
      IN1=IN1
      IBL=IBL
      ALLER A 163
  188 APPEL TRAN(ISELEC, J, I, TP, DELTP)
      SI(KNUL-1)96,97, 37
   96 IMPRIMER 99
   99 MODELE(20X, 73HON NE PEUT PAS CALCULER TP CAR PAS DE SPECTRE BLANC
     1DANS LA REGION DONNEE)
      ITP=0
      ALLER A 143
```

- --

- 269 -

.

97 STP=STP+TP SDELTP=SDELTP+DELTP++2 60 CONTINUER STP=STP/FLOTF(ITPB-ITPA+1) SDELTP=RACF(SDELTP)/FLOTF(ITPB-ITPA+1) SGP=-LOGF(STP)/BA

2

-- ---

1

٤

.

```
- 270 -
      CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES
      IMPRIMER 2000, STP, ITPA, ITPB, SDELTP, SGP
      TP=STP
      DELTP=SDELTP
      NLIGNE=NLIGNE+1
2000 MODELE(2X, 25HTRANSMISSION POTENTIELLE=E12.5, 3X, 11HCALCULEE DEI5,
     13H AI5,5X,7HERREUR=E12.5,5X,14HSIGMA POTENT.=E12.5)
      SI(NCTPI-NCTP)2001,143,143
 143 REBOBINER KT
      REBOBINER KXC
  183 IMPRIMER 826, BA
      IMPRIMER 19
      FAIRE 4003 I=1,1024
      TR(I)=0.
      DELTR(I)=0.
      T(I)=0.
      DELTAT(I)=0.
 4003 CONTINUER
С
      CALCUL DE LA TRANSMISSION
C
С
      NSPA=0
      ISPA(1)=0
      ISPA(2)=0
      VOYANT 1
      SI(ISELEC-4)178,178,106
  106 IBA=KXC
      APPEL PLACE(N1, IN1, IBL, IBA, 0)
      IN1=IN1
      J=N1
      I = I BL
      ALLER A 866
  178 I=N1
      J=N1
  866 PTI=TPS(I)/GL
      IECRAN=0
      APPEL REPER(ISELEC, J, NZ, TAP, ITAP, IECRAN)
      EE=AE(NZ)/PL(NZ)
      E=5226.9/PTI++2
      SI(ITP-1)164,165,165
  164 SI(ISELEC-4)847,931,931
  847 SI(I-I1)9,9,10
   10 SI(I-100)11,11,12
   11 IA=I1
      ALLER A 972
   12 SI(I-I2)9,9,13
   13 SI(1-500)973,973,14
  973 IA=12
      ALLER A 972
   14 51(1-13)9,9,974
  974 IA=I3
  972 SI(I-IA-1)9 ,917,918
    9 IMPRIMER 28, J, E
      ALLER A 29
```

- -

.

- 931 SI(J-1)917,917,918
- 917 SI(NSPA)101,101,918
- 101 NSPA=NSPA+1

-

٠

٠

•

SI(NSPA-NSPT)100,100,919 100 APPEL SPA(ISELEC, ISPA, SA, DELSA, IN1) 918 SI(J-ISPA(1))919,920,920 920 SI(J-ISPA(2))921,921,101 921 K=J-ISPA(1)+1 SI(IBD)179,179,181 179 APPEL BDFY(TPS(I), Y, DELTAY, 0) ALLER A 192 181 APPEL BDFAY(TPS(I), Y, DELTAY, 0) 192 SI(IRC-1)218,219,219 219 DELTAY=DCAN+Y Y=Y+CAN 218 TR(I)=(XC(I)*EE-Y*AG)/(SA(K)*EE-Y*AG) DELTR(I)=TR(I)*RACF((EE*DELXC(I)/(EE*XC(I)-AG*Y))**2+(EF* 1DELSA(K)/(EE+SA(K)-Y+AG))++2+((XC(I)+EE-SA(K)+EE)+AG+DELTAY 2/((EE+XC(I)-AG+Y)+(EE+SA(K)-Y+AG)))++2) 919 SI(ISB-1)510,511,511 511 APPEL TRAN(ISELEC, I, J, TTO, DELTTO) 7(I)≈TTO DELTAT(I)=DELTTO SI(KNUL-1)510,98,98 98 SI(T(I))923,923,924 924 SI(T(I) -1.)925,923,923 925 SIGMA=-LOGF(T(I))/8A DELSIG=DELTAT(I)/(BA+T(I)) SI(J-ISPA(1))970,966,966 966 SI(J-ISPA(2))967,967,970 967 IMPRIMER 32, J, E, TR(I), DEL)R(I), T(I), DEL TAT(I), SIGMA, DEL SIG ALLER A 29 970 IMPRIMER 963, J. E. T(I), DELTAT(I), SIGMA, DELSIG ALLER A 29 923 SI(J-ISPA(1))928,969,969 969 SI(J-ISPA(2))971,971,928 971 IMPRIMER 20, J, E, TR(I), DELTR(I), T(I), DELTAT(I) ALLER A 29 928 IMPRIMER 965, J, E, T(I), DELTAT(I) ALLER A 29 510 SI(J-ISPA(1))926,927,927 927 SI(J-ISPA(2))968,968,926 968 IMPRIMER 962, J, E, TR(I), DELTR(I) ALLER A 29 926 IMPRIMER 964, J, E ALLER A 29 165 SI(ISELEC-4)173,169,169 173 SI(I-I1)167,167,168 168 SI(I-100)169,169,170 170 SI(I-12)167,167,171 171 SI(I-500)169,169,172 172 SI(I-I3)167,167,169 167 IMPRIMER 28, J, E ALLER A 29 169 APPEL TRAN(ISELEC, I, J, TTO, DELTTO) T(I) = iTO

.

i

1

1

- 271 -

CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES

DELTAT(1)=DELTTO SI(KNUL-1)232,180,180 232 IMPRIMER 233,J,E

```
- 272 -
     CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES
 233 MOCELE(19, 1PE17.6, 15X, 20HPAS DE SPECTRE BLANC)
     ALLER A 29
 180 TR(I)=T(I)/TP
     DELTR(I)=TR(I)*RACF((DELTAT(I)/T(I))**2*(DELTP/TP)**2)
      SI(T(I))185,185,186
 186 SI(T(I)-1.)187,185,185
 187 SIGMA=-LOGF(T(I))/BA
      DELSIG=DELTAT(I)/(BA+T(I))
      IMPRIMER 32, J, E, TR(I), DELTR(I), T(I), DELTAT(I), SIGMA, DELSIG
      ALLER A 29
 185 IMPRIMER 20, J, E, TR(1), DELTR(1), T(1), DELTAT(1)
  29 I=I+1
      J=J+1
      NLIGME =NLIGNE+1
      SI(NLIGNE-55)190,190,191
 191 IMPRIMER 153
      IMPRIMER 19
      NLIGNE=1
 190 SI(ISELEC-4)226,226,227
 226 SI(J-N2)866,866,205
 227 SI(J-N2)604,604,605
  604 SI(I-1024)866,866,606
  606 J.ISCR BANDE KXB, IN1, (TR(IJ), DELTR(IJ), T(IJ), DELTAT(IJ), IJ=1, 1024)
      FAIRE 2004 IJ=1,1024
      TR([])=0.
      DELTR(IJ)=0.
      T(IJ)#0.
      DELTAT(IJ)=0.
2004 CONTINUER
      APPEL PLACE(J, IN1, IBL, IBA, 0)
      I≖IBL
      IN1=IN1
      ALLER A 866
  605 $1(1-1024)607,607,608
  607 FAIRE 609 IJ=I,1024
      TR(IJ)=0.
      DELTR(IJ)=0.
      T(IJ)=0.
      DELTAT([J]=0.
  609 CONTINUER
  608 INSCR BANDE KXB, IN1, (TR(IJ), DELTR(IJ), T(IJ), DELTAT(IJ), IJ=1, 1024)
C
      TRACE DE LA COURBE TR
С
С
      PERFORATION DES TRANSMISSIONS
С
      VOYANT O
      REBOBINER KT
      REBOBINER KXB
      REBOBINER KXC
  205 IMPRIMER 153
      IMPRIMER 1000, MANIP, ICAS, CORP1, CORP2
      BTR(1) = -0.1
```

,‡

```
BTR(2)=0.

FAIRE 154 I=3,14

154 BTR(I)=0.1*FLOTF(I~2)

IMPRIMER 155,(BTR(I),I=1,14)
```

- 273 -

.

1

ł

+

1

1

CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES

155 MODELE(2X,14(4X,F4.1)//) LIRE 128, IPER SI(IPER)193,193,222 222 PERFORER 225, MANIP 225 MODELE(1X, 15) 193 K1=0 I=N1-1 J=N1-1 SI(ISELEC-4)610,610,229 610 J = J + 1ALLER A 228 229 LIRE BANDE KXB, IN1, (TR(K), DELTR(K), T(K), DELTAT(K), K=1,1C24) J=(IN1-1)+10241=0 230 J=J+1 SI(J-IN1+1024)228,228,229 228 I=I+1 K1=K1+1 SI(NSPT)4060,4060,4061 4060 SI(ITP)4062,4062,4061 4062 TR(I)=T(I) DELTR(I)=DELTAT(I) 4061 FAIRE 147 K=1,108 ATR(K)=60606060606060 B 147 CONTINUER B ATR(12)=333333333333333 ATR(92) = 333333333333333 B N=80.*TR(I)+0.4SI(TR(I)+0.1)161,161,166 161 N=4ALLER A 156 166 N=12+N SI(N-108)156,156,151 151 N=108 B 156 ATR(N)=545454545454 IMPRIMER 152, J, (ATR(K), K=1, 108) 152 MODELE(1X, 14, 108A1) SI(IPER)245,245,240 240 SI(K1-5)301,235,235 301 SI(VOYANT 1)302,303 303 SI(I-1024)245,304,245 304 KM = 1 - K1FA'RE 307 K=1,K1 KM≥KM+1 SI(IPER-1)305,305,306 305 TMEM(K)=T(KM) DTMEM(K)=DELTAT(KM) ALLER A 307 306 TMEM(K)=TR(KM) DTMEM(K)=DELTR(KM) **307 CONTINUER**

VOYANT 1 VOYANT 2 Aller a 245 302 KM=I-1 I=I-1 - 274 -

4

,

;

1

ŝ

•

3

ł

1

.

ł

4

ł

.

ł

CALCUL DES TRANSMISSIONS EXPERIMENTALES

J=J-1 VOYANT O FAIRE 310 K=K1,5 KM=KM+1 I = I + 1J=J+1 SI(IPER-1)308,308,309 308 TMEM(K)=T(KM) DTMEM(K)=DELTAT(KM) ALLER A 310 309 TMEM(K)=TR(KM) DTMEM(K)=DELTR(KM) 310 CONTINUER 311 JNIT=J-4PERFORER 177, (THEM(K), DTMEM(K), K=1, 5), JNIT ALLER A 243 235 SI(VOYANT 2)301,313 313 INIT=I-4 IFINAL=I JNIT=J-4 312 SI(IPER-1)241,241,242 241 PERFORER 177, (T(K), DELTAT(K), K=INIT, IFINAL), JNIT 177 MODELE(10F7.4,3X,I4) ALLER A 243 242 PERFORER 177, (TR(K), DELTR(K), K=INIT, IFINAL), JNIT 243 K1=0 245 SI(J-N2)611,244,244 611 SI(ISELEC-4)610,610,230 244 IIDV=IIDV+1 SI(IIDV-IDIVI)22,22,824 FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)

DIMENSION Z(32),[ASZ(8,8),CM(32) DIMENSION XB(1152),XC(1024),DELXC(1024),TPS(1024),XBINT(1024) DIMENSION TPSINT(1024) DIMENSION SB(1024),DELSB(1024),TPSB(1024) DIMENSION SB(1024),DELSB(1024),TPSB(1024) DIMENSION 12(3),TZ(3),[TZ(3) • +3 m=1-1 FaikE 644 J=K,M SOMXB=SOMXB+XB(J)/CMA**2 ALLER A 609 15 SI(IASZ(NZ.LZ)-1)609,711,711 11 2B=Z(LZ) 11 2B=Z(LZ) 12B=IZ(LZ) 12B=IZ(LZ COMMUN KXB,KXC,KT COMMUN 2,IASZ,CM,NTM,TA,TM COMMUN XB,XC,DELXC,TPS,XBINT,TPSINT COMMUN SB,DELSB,TPSB COMMUN IFIN,NZONE,IDIV 1 275 4 LZ=LZ+1
5 LZ=LZ+1
8 SI(LZ=NZ)715,638,715
8 SI(I-IZA)609,609,540
0 SI(I-IZA+1-NTM)641,641,642
1 K=IZA
1 K=IZA
ALLER A 643
2 ITM=NTM
K=I-ITM
3 M=I-1 ŧ TM123 SOUS PROGRAMME TM123 FAIRE 1 I=1,IFIN SI(I-1)652,652,821 I2(1)=1 I2(2)=101 I2(3)=501 T2(1)=100 T2(1)=100 T2(3)=5000 I72(1)=100 N2=1 IT2(1)=100 N2=1 IT2(1)=100 N2=1 I72(3)=5000 IT2(3)=5000 IT2(3)=1000 SA=2(N2) ITA=I7(N2) ITA=I PROGRAMME sous 654 608 610 638 640 641 644 711 652 712 628 714 642 643 J S J

اله - د میرون بر به درما برد در ماده هند، بعد به میرون می میرود می مرد به مرد ا

- -

**

* ****

SOUS PROGRAMME TM123

```
612 SI(ZA-ZB)614,614,615
614 SI(I-IZA+XFIXF(ZA-ZB))609,609,617
617 M=1+12B-12A-1+XFIXF(2A-28)
   SI(M-NTM+1-128)618,618,610
618 K=[ZB
   ALLER A 620
619 SI(M-ITB)621,621,622
621 K=M-NTM+1
   ALLER A 620
622 SI(1-IZA+1-NTM*XFIXF(ZA-ZB-TB))623,623,609
623 M=118
    K=I+M+1-IZA-NTM+XFIXF(ZA-ZB-TB)
    ALLER A 620
611 SI(I-IZA+I-NTM+XFIXF(ZA-ZB-TB))624,624,609
624 ITM=NTM+XFIXF(TB+ZB-ZA)
    K=I+ITB+1-ITM-IZA
    M=ITB
    ALLER A 620
613 SI(TA-TB)625,625,626
625 SI(ZA+TA-2B-TB)627,626,626
627 NTMC=TA
    ALLER A 629
626 NTMC=TB+ZB-ZA
629 SI(I-IZA+1-NTM-NTMC)630,630,609
630 SI(I-IZA+1+XFIXF(ZA-TB-ZB))631,631,632
631 M=I+ITB-IZA+XFIXF(ZA-ZB-TB)
    K=M-NTM+1
    ALLER A 620
632 M=ITB
    K=M+I+1-IZA-NTMC-NTM
    ALLER A 620
615 SI(I-IZA+1+XFIXF(ZA-ZB-TB))633,633,634
633 M=I+ITB-IZA+XFIXF(ZA-ZB-TB)
    SI(M-NTM+1-1ZB)635,636,636
635 K=IZB
    ALLER A 620
636 K=M-NTM+1
    ALLER A 620
634 M=ITB
    NTMC=TB+2B-ZA
    K=M+I+1-IZA-NTMC-NTM
620 SI(CMA-CMB)601,601,600
600 CMB=CMA
601 FAIRE 637 J=K,M
    SOMXB=SOMXB+XB(J)/CMB
637 DSXB2=DSXB2+XB(J)/CMB++2
609 SI(LZ-3)714,639,639
639 XC(1)=ENTF(XB(1)/(1.-SOMXB)+0.001)
    DELXC(I)=ENTF(RACF(XC(I)+((XC(I)+*2/XB(I))**2)*DSXB2))
    ALLER A 1
821 SI(I-ITA)628,628,646
646 NZ=NZ+1
    ALLER A 712
  1 CONTINUER
    RETOUR
    FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)
```

- 276 -

۱

ļ

1

1

1

i

ļ

11

÷

I.

Ī

ł

1

.....

t

```
SOUS PROGRAMME TM4
      SOUS PROGRAMME TM4
С
      DIMENSION Z(32), [ASZ(8,8), CM(32)
      DIMENSION XB(1152), XC(1024), DELXC(1024), TPS(1024), XBINT(1024)
      DIMENSION TPSINT(1024)
      DIMENSION SB(1024), CELSB(1024), TPSB(1024)
С
      COMMUN KXB, KXC, KT
      COMMUN Z, IASZ, CM, NTM, TA, TM
      COMMUN XB, XC, DELXC, TPS, XBINT, TPSINT
      COMMUN SB, DELSB, TPSB
      COMMUN IFIN, NZONE, IDIV
C
      FAIRE 1 I=1, IFIN
      SI(I-1)100,100,822
  100 NZ = 1
  712 ZA=Z(NZ)
      IZA=FLOTF(128*(NZ-1))+1.001
      ITA=FLOTF(128+NZ)+0.001
      CMA=CM(NL)
  713 LZ=0
      SOMXB=0.
      DSXB2=0.
  714 LZ=LZ+1
      SI(LZ-NZ)715,716,715
  716 SI(I-IZA)717,717,718
  718 SI(I-IZA+1-NTM)719,719,720
  719 K=IZA
      ALLER A 721
  720 ITM=NTM
      K = I - ITM
  721 M=I-1
      FAIRE 761 J=K,M
      SOMXB=SOMXB+XB(J)/CMA
  761 DSXB2=DSXB2+XB(J)/CMA#*2
      ALLER A 717
  715 SI(IASZ(NZ,LZ)-1)717,711,711
  711 ZB=Z(LZ)
      IZB=FLOTF(128*(LZ-1))+1.001
      ITB=FLOTF(128+LZ)+0.001
      CMB=CM(LZ)
      SI(XFIXF(ZA-ZB-TA)+1-NTM)723,723,717
  723 SI(XFIXF(ZA-ZB-TA))724,725,725
  725 SI(I-IZA+1-NTM-XFIXF(TA+2B-ZA))726,726,717
  726 SI(NTM-XFIXF(TA))728,728,727
  728 ITM=XFIXF(TA+ZB-ZA)+NTM
      K=I+ITB+1-ITM-IZA
      M=ITB
      ALLER A 722
  727 SI(I-IZA+1-NTM-XFIXF(ZB-ZA))729,729,728
  729 K=IZB
      M=ITB
```

- 277 -

.

1

1

í

÷

- ~ 724 SI(NTM-XFIXF(TA))730,730,731
- i31 S1(ZA-ZB)732,732,733

ALLER A 722

•

733 SI(I-IZA+L-XFIXF(TA+ZB-ZA))734,734,735

```
735 M=IT8
    S1(I-IZA-NTM+XFIXF(ZA-ZB))736,737,737
736 K=128
    ALLER A 722
737 K=I-IZA+IZB-NTM+XF[XF(ZA-ZB)
    ALLER A 722
734 M=I-IZA+ITB+XFIXF(ZA-ZB-TA)
   K=IZB
    ALLER A 722
730 NTMC=TA+ZB-ZA
    SI(XFIXF(ZA-ZB)-NTM)738,739,739
739 SI(I-IZA+1-NTM-NTMC)740,740,717
740 SI(I-IZA+1-XFIXF(TA-ZB-ZA))741,741,742
741 M=I+ITB-IZA-NTMC
    K=M-NTM+1
    ALLER A 722
742 M=ITB
    K=H+I+1-IZA-NTMC-NTM
    ALLER A 722
738 SI(ZA-ZB)732,732,744
744 SI(1-IZA+1-NTMC)745,745,746
746 M=ITB
    K=H+I+1-IZA-NTMC-NTM
    ALLER A 722
745 M=I+ITB-IZA-NTMC
    S1(M-NTM+1-IZB)747,748,748
747 K=128
    ALLER A 722
748 K = M - NTM + 1
    ALLER A 722
732 SI(1-12A-XFIXF(2B-ZA))717,717,743
743 M=I-IZA-1+IZB+XFIXF(ZA-ZB)
    SI(NTM-XFIXF(TA))749,749,750
750 K=[28
    ALLER A 722
749 SI(H-NTM+1-IZB)750,750,752
752 SI(M-ITB)753,753,754
753 K=M-NTM+1
    ALLER A 722
754 SI(I-IZA+1-NTM-XFIXF(ZB+TA-ZA))755,755,717
755 M=ITB
    K=I+M+1-IZA-NTM+XFIXF(ZA-ZB-TA)
722 SI(CMA-CMB)701,701,700
700 CMB=CMA
701 FAIRE 756 J=K+M
    SOMXB=SOMXB+XB(J)/CMB
756 DSXB2=DSXB2+XB(J)/CMB++2
717 SI(LZ-8)714,757,757
757 XC(1)=ENTF(XB(1)/(1.-SOMXB)+0.001)
    DELXC(I)=ENTF(RACF(XC(I)+((XC(I)++2/XB(I))++2)+DSXB2))
    ALLER A 1
822 SI(I-ITA)713,713,758
758 NZ=NZ+1
    ALLER A 712
  1 CONTINUER
    RETOUR
```

```
- 278 -
```

SOUS PROGRAMME TM4

.

.

.

1

•

.

:

- 279 -

.

•

SOUS PROGRAMME TM4

•

•

•

•

FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)

С

С

С

٠

٠

```
SOUS PROGRAMME TM5
  SOUS PROGRAMME TM5
  DIMENSION Z(32), IASZ(8,8), CM(32)
  DIMENSION XB(1152), XC(1024), DELXC(1024), TPS(1024), XBINT(1024)
  DIMENSION TPSINT(1024)
  DIMENSION SB(1024), DELSB(1024), TPSB(1024)
  DIMENSION NCA(32), PL(32), NCASB(32), ZSB(32), PLSB(32)
  COMMUN KXB, KXC, KT
  COMMUN Z+IASZ+CM+NTM+TA+TM
  COMMUN XB, XC, DELXC, TPS, XBINT, TPSINT
  COMMUN SB, DELSB, TPSB
  COMMUN IFIN,NZONE, IDIV
  COMMUN NCA, NCASB, ZSB, RE, RESB, PL, PLSB, GL, GLSB
   IN1PRE=1
  LIRE BANDE KX8, IN1, (XB(K), K=1, 1024)
  Si(IDIV-1)20,20,21
20 N1=1
  N2=IFIN
  ALLER A 22
21 N1=1
   N2=IFIN/IDIV
22 J=N1-(IN1-1)+1024
  H=N1
   APPEL REPER(5,N1,NZ,TAP,ITAP,0)
   TPS(J)=Z(NZ)+3.20+(H-TAP-0.5)+PL(NZ)+RE
   XC(J) = XB(J)
  DELXC(J)=RACF(XB(J))
  NN1=N1+1
   NN2=J
  FAIRE 1 I=NN1+N2
   J=J+1
  H=I
   APPEL REPER(5,1,NZ,TAP,ITAP,0)
   CMA=CM(NZ)
   TPS(J)=Z(NZ)+3.20+(H-TAP-0.5)+PL(NZ)+RE
   TJM=TPS(J)-TM-0.5*PL(NZ)
   SI(TTM)4,4,6
 4 K=N1-(IN1-1)*1024
   M=J-1
 5 SOMXB=0.
   DSX82=0.
   ALLER A 63
 6 SI(IN1-1)50,50,51
50 IVOY=1
51 SI(IVOY)70,70,69
69 M=J-1
   FAIRE 7 L=NN2,M
   SI(TPS(L)-TTM)7,8,8
 7 CONTINUER
```

- 280 -

8

¢

÷

1

ł

ł

L=M 8 L=L

> K=L D1F=TPS(L)-TTM LL=L+(IN1-1)+1024

.

*

.

```
SOUS PROGRAMME TM5
  APPEL REPER(5,LL,NZ,TAP,ITAP,0)
  SI(D[F-PL(NZ)/2.)10,5,11
10 K = L + 1
  PLS=DIF+PL(NZ)/2.
   SOMXB=(XB(L)+PLS/PL(NZ))/CMA
  DSXB2=SOMXB/CMA
  ALLER A 63
11 PLS=DIF-PL(NZ)/2.
  LL=L~1+(IN1-1)*1024
   APPEL REPER(5,LL,NZ,TAP,ITAP,0)
   SI(L-1)80,80,81
80 SOMXB=(XBINT(1024)+PLS/PL(NZ))/CMA
   ALLER A 82
81 SOMXB=(XB(L-1)*PLS/PL(NZ))/CMA
82 DSXB2=SOMXB/CMA
   ALLER A 63
70 FAIRE 58 L=1,1024
   SI(TPS1NT(L)-TTM)58,60,60
58 CONTINUER
   IVOY=1
   ALLER A 69
60 L=L
   K=L
   DIF=TPSINT(L)-TTM
   LL=L+(IN1PRE-1)+1024
   APPEL REPER(5,LL,NZ,TAP,ITAP,0)
   SI(DIF-PL(NZ)/2.)65,66,67
65 K=L+1
   PLS=DIF+PL(NZ)/2.
   SOMXB=(XBINT(L)+PLS/PL(NZ))/CMA
   DSXB2=SOMXB/CMA
   SI(K-1024)68,68,61
66 SOMXB=0.
   DSXB2=0.
   ALLER A 68
67 PLS=DIF-PL(NZ)/2.
   LL=L-1+(IN1PRE-1)+1024
   APPEL REPER(5,LL,NZ,TAP,ITAP,0)
   SOMXB=(XBINT(L-1)*PLS/PL(NZ))/CMA
   DSXB2=SOMXB/CMA
68 FAIRE 62 II=K,1024
   SOMXB=SOMXB+XBINT(II)/CMA
   DSXB2=DSXB2+XBINT(II)/CMA**2
62 CONTINUER
61 K=1
   M=J-1
63 FAIRE 64 II=K,M
   SOMXB=SOMXB+XB(II)/CMA
   DSXB2=DSXB2+XB(II)/CMA++2
64 CONTINUER
12 XC(J)=ENTF(XB(J)/(1.-SDMXB)+0.001)
   DELXC(J)=ENTF(RACF(XC(J)+((XC(J)++2/XB(J))++2)+DSXB2))
   SI(I-1024+IN1)1,53,53
   INSCR BANDE KXC, IN1, (TPS(II), XC(II), DELXC(II), II=1, 1024)
53
```

- 281 -

1

-

IN1PRE=IN1 IV0Y=0

٠

.

•

٠

- 282 -

1

SOUS PROGRAMME TH5

SI(I-IFIN)54,1,1 54 FAIRE 57 II=1,1024 XBINT(II)=XB(II) TPSINT(II)=TPS(II) 57 CONTINUER LIRE BANDE KXB,IN1,(XB(II),II=1,1024) J=0 1 CONTINUER SI(N2-IFIN)23,24,24 23 N1=N2+1 N2=N2+IFIN/IDIV IVOY=1 ALLER A 22 24 REBOBINER KXB REBOBINER KXC RETOUR FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)

•

• • • • •

-

•

```
SOUS PROGRAMME BDF(ISELEC)
      SOUS PROGRAMME BDF(ISELEC)
С
      DIMENSION Z(32), IASZ(8,8), CM(32)
      DIMENSION XB(1152),XC(1024),DELXC(1024),TPS(1024),XBINT(1024)
      DIMENSION TPSINT(1024)
      DIMENSION SB(1024), DELSB(1024), TPSB(1024)
      DIMENSION NCA(32), PL(32), NCASB(32), ZSB(32), PLSB(32.
      DIMENSION P(10), X(10), TABC(10)
      DIMENSION Q(10),XQ(10)
      D:MENSION A(10), DELA(10), QA(10), DELQA(10)
      DIMENSION TE(10)
С
      COMMUN KXB, KXC, KT
       COMMUN 2, IASZ, CM, NTM, TA, TM
      COMMUN XB, XC, DELXC, TPS, XBINT, TPSINT
      COMMUN SB, DELSB, TPSB
      COMMUN IFIN, NZONE, IDIV
      COMMUN NCA, NCASB, ZSB, RE, RESB, PL, PLSB, GL, GLSB
      COMMUN INZ
      COMMUN P,X,Q,XQ
       COHMUN A, DELA, QA, DELQA
      COMMUN CYMA, CYMAQ, DETC, QDETC
      COMMUN N, B1, B2, DETD, PSOM, PXSOM, PX2SOM, TABC
С
      I BA=KXC
       I=1
      LIRE 128,N, INZ
       IMPRIMER 2, N, INZ
    2 MODELE(10X, 34HLOI DU BRUIT DE FOND DEFINIE AVEC [2,9H POINT(S), 5X,
     121HNORMALISATION EN ZONEI2//)
  130 LIRE1, IRAN, IRBN, AJU, DELAJU
    1 MODELE(215,2E12.5)
  128 MODELE(1015)
       IMPRIMER 3, I, IRAN, IRBN, AJU, DELAJU
    3 MODELE(20X, 22HRESONANCE NOIRE NUMEROI2, 10H ALLANT DEI5, 2H AI5, 3X,
      14 HAJU=F5.2, 3X, 7HDELAJU=F6.3)
       A(I)=0.0
       DELA(])=0.0
       SI(ISELEC-4)6,6,53
   53 SI(I-1)4,4,5
     4 APPEL PLACE(IRAN, IN1, IBL, IBA, 0)
       ALLER A 6
     5 SI(IRAN-IN1#1024)6,6,4
     6 FAIRE 129 J=IRAN, IRBN
       SI(ISELEC-4)54,54,9
     9 JJ=J-(INI-1)*1024
       SI(JJ-1024)7,7,8
    8 APPEL PLACE(J, IN1, IBL, IBA, 0)
       ALLER A 9
   54 JJ=J
     7 APPEL REPER(ISELEC, J, NZ, TAP, ITAP, 0)
       A(I)=A(I)+XC(JJ)/PL(NZ)
  129 DELA(1)=DELA(1)+(DELXC(JJ)/PL(NZ))++2
```

- 283 -

8

- (

A(I)=A(I)/FLOTF(IRBN-IRAN+1) DELA(I)=RACF(DELA(I))/FLOTF(IRBN-IRAN+1) DELA(I)=RACF((A(I)+DELAJU)++2+(AJU+DELA(I))++2)

```
SOUS PROGRAMME BDF(ISELEC)
   A(I) = AJU = A(I)
   K=FLOTF(IRBN+IRAN)/2.+0.501
    APPEL TEMPS(ISELEC,K,TS,0)
   TE(I)=TS
    I=[+1
    SI(1-N)130,130,141
141 FAIRE 10 J=1,N
    X(J) = 0.0
    P(J)=1./DELA(J)+2
    FAIRE 10 NU=1+6
    X(J)=X(J)+1./(TE(J)+FLOTF(NU)+CYMA)
 10 CONTINUER
    SI(N-2)14,12,13
12 B1=(X(2)+A(1)-X(1)+A(2))/(X(2)-X(1))
    B2= (A(2)-A(1))/(X(2)-X(1))
    ALLER A 52
 14 B1=A(1)
    82=DELA(1)
    ALLER A 52
 13 XSOM=0.0
    PSOM=0.0
    PXSOM=0.0
    PX2SOM=0.0
    PNSOM=0.0
    PNXSOM=0.0
    PN2SOM=0.0
    FAIRE 11 J=1,N
    XSOM=XSOM+X(J)
    PSOM=PSOM+P(J)
    PXSOM=PXSOM+P(J)+X(J)
    PX2SOM=PX2SOM+P(J)*(X(J)**2)
    PNSOM=PNSOM+P(J)+A(J)
    PNXSOM=PNXSOM+P(J)+A(J)+X(J)
    PN2SOM=PN2SOM+P(J)+(A(J)++2)
 11 CONTINUER
    DETC=PSOM+PX2SOM-PXSOM++2
    B1=(PNSOM+PX2SOM-PNXSOM+PXSOM)/DETC
    B2=(PSOM*PNXSOM-PNSOM*PXSOM)/DETC
    DETD=PN2SOH+DETC-(PNSOH++2)+PX2SOH+2.+PNSOH+PXSOH+PN%SOH
   1-PSOM*(PNXSOM++2)
    TABC(3) = 1.963
    TABC(4) = 1.386
    TABC(5)=1.250
    TABC(6)=1.190
    TABC(7) = 1.156
    TABC(8)=1.134
    TABC(9)=1.119
    TABC(10) = 1.108
 52 SI(ISELEC-4)55,55,56
 56 REBOBINER 1BA
 55 RETOUR
```

- 284 -

.

۱.

•

Second Second Second Second

FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)

```
SOUS PROGRAMME BDFA(ISELEC)
      SOUS PROGRAMME BDFA(ISELEC)
C
      DIMENSION 2(32), IASZ(8,8), CM(32)
      DIMENSION X8(1152), XC(1024), DELXC(1024), TPS(1024), XBINT(1024)
      DIMENSION TPSINT(1024)
      DIMENSION SB(1024), DELSB(1024), TPSB(1024)
      DIMENSION NCA(32), PL(32), NCASB(32), ZSB(32), PLSB(32)
      DIMENSION P(10), X(10), TABC(10)
      DIMENSION Q(10),XQ(10)
      DIMENSION A(10), DELA(10), QA(10), DELQA(10)
С
      COMMUN KXB, KXC, KT
      COMMUN Z, IASZ, CM, NTM, TA, TM
      COMMUN XB, XC, DELXC, TPS, XBINT, TPSINT
      COMMUN SB, DELSB, TPSB
      COMMUN IFIN, NZONE, IDIV
      COMMUN NCA, NCASB.ZSB, RE, RESB, PL, PLSB, GL, GLSB
      COMMUN INZ
      COMMUN P,X,Q,XQ
      COMMUN A, DELA, QA, DELQA
      COMMUN CYMA, CYMAQ, DETC, QDETC
      COMMUN N, B1, B2, DETD, PSOM, PXSOM, PX2SOM, TABC
C
  128 MODELE(1015)
  109 MODELE(215,2E12.5)
      IBA=KXC
      1=1
      LIRE 128, N, INZ
      IMPRIMER 2, N, INZ
    2 MODELE(10X, 34HLOI DU BRUIT DE FOND DEFINIE AVEC 12, 9H POINT(S), 5X,
     121HNORMALISATION EN ZONEI2//)
  113 LIRE 109, IRAN, IRBN, AJU, DELAJU
       IMPRIMER 3, I, IRAN, IRBN, AJU, DELAJU
    3 MODELE(20X,22HRESONANCE NOIRE NUMEROI2,10H ALLANT DEI5,2H AI5,3X,
     14HAJU=F5.2,3X,7HDELAJU=F6.3)
      A(I) = 0.0
      DELA(I)=0.0
      SI(ISELEC-4)6,6,53
   53 SI(I-1)4,4,5
    4 APPEL PLACE(IRAN, IN1, IBL, IBA, 0)
      ALLER A 6
    5 SI(IRAN-IN1+1024)6,6,4
    6 FAIRE 129 J=IRAN, IRBN
      SI(ISELEC-4)54,54,9
    9 JJ=J-(IN1-1)*1024
      SI(JJ-1024)7:7.8
    8 APPEL PLACE(J, IN1, IBL, IBA, 0)
      ALLER A 9
   54 JJ=J
    7 APPEL REPER(ISELEC, J, NZ, TAP, ITAP, 0)
      A(I)=A(I)+XC(JJ)/PL(NZ)
      DELA(I)=DELA(I)+(DELXC(JJ)/PL(NZ))**2
```

```
- 285 -
```

ŧ

÷

1

annianipassionistant

129 CONTINUER

A(I)=A(I)/FLOTF(IRBN-IRAN+1) DELA(I)=RACF(DELA(I))/FLOTF(IRBN-IRAN+1) DELA(I)=RACF((A(I)+DELAJU)++2+(AJU+DELA(I))++2)

•

- 286 -

4

ŧ

3

4

SOUS PROGRAMME BDFA(ISELEC) A(I)=AJU+A(I) K=FLOTF(IRAN+IRBN)/2.+0.501 APPEL TEMPS(ISELEC,K,TS,0) X(I)=TS I=I+1 SI(I-N)113,113,141 141 SI(ISELEC-4)55,55,56 56 REBOBINER IBA 55 RETOUR FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)

;

•

Ale - Spillin

SOUS PROGRAMME BDFY(TS,Y,DELTAY,IECBL) SOUS PROGRAMME BDFY(TS, Y, DELTAY, IECBL) С DIMENSION Z(32), IASZ(8,8), CM(32) DIMENSION XB(1152),XC(1024),DELXC(1024),TPS(1024),XBINT(1024) DIMENSION TPSINT(1024) DIMENSION SB(1024), DELSB(1024), TPSB(1024) DIMENSION NCA(32), PL(32), NCASB(32), ZSB(32), PLSB(32) DIMENSION P(10), X(10), TABC(10) DIMENSION Q(10),XQ(10) DIMETSION A(10), DELA(10), QA(10), DELQA(10) С COMMUN KX8+KXC+KT COMMUN Z, IASZ, CH, NTM, TA, TM COMMUN XB, XC, DELXC, TPS, XBINT, TPSINT COMMUN SB, DELSB, TPSB COMMUN IFIN, NZONE, IDIV COMMUN MCA, NCASB, ZSB, RE, RESB, PL, PLSB, GL, GLSB COMMUN INZ COMMUN P,X,Q,XQ COMMUN A, DELA, QA, DELQA CUMMUN CYMA, CYMAQ, DETC, QDETC COMMUN NBD, B1, B2, DETD, PSOM, PXSOM, PX2SOM, TABC COMMUN NBDSB,QB1,QB2,QDETD,QPSOM-QPXSOM,QPX2SM С SI(IECBL)6,6,5 6 SI(NBD-2)1,2,2 1 Y=B1DELTAY=B2 ALLER A 4 2 TSX=0.0 FAIRE7NU=1,6 TSX=TSX+1./(TS+FLOTF(NU)+CYMA) 7 CONTINUER Y=B1+B2+TSX SI(NBD-2)8,8,9 8 DELTAY=RACF((((X(2)-TSX)/P(1))++2+((X(1)-TSX)/P(2))++2)/ 1(X(2)-X(1)) + 2ALLER A4 9 DELTAY=TABC(NBD)*RACF(DETD*(PSOM*TSX**2-2.0*PXSOM*TSX+PX2SOM) 1/((FLOTF(NBD)-2.0)*DETC**2)) ALLER A 4 5 SI(NBDSB-2)11,12,12 11 Y=Q81 DELTAY=QB2 ALLER A 4 12 TSX=0.0 FAIRE 17NU=1,6 TSX=TSX+1./(TS+FLOTF(NU)+CYMAQ) **17 CONTINUER** Y=QB1+QB2+TSX SI(NBDSB-2)18,18,19 18 DELTAY=RACF((((XQ(2)-TSX)/Q(1))++2+((XQ(2)-TSX)/Q(2))++2)/

- 287 -

.

1

٠

ALLER A 4 19 DELTAY=TABC(NBDSB)*RACF(QDETD*(QPSOM*TSX**2-2.0*QPXSOM*TSX 1+QPX2SM)/((FLOTF(NBDSB)-2.0)*QDETC**2))

1(XQ(2)-XQ(1)) + 2)

- 288 -

SOUS PROGRAMME BDFY(TS,Y,DELTAY,IECBL)

4 RETOUR FIN(1+0+0+0+0+1+0+0+1+0+0+0+0+0)

.

٠

···· ·

•

•

4

۲

.

۰

•

-
يەپ

.

```
SOUS PROGRAMME BDFAY(TS,Y, DELTAY, IECBL)
      SOUS PROGRAMME BDFAY(TS,Y, DELTAY, IECBL)
С
      DIMENSION Z(32), [ASZ(8,8), CM(32)
      DIMENSION XB(1152), XC(1024), DELXC(1024), TPS(1024), XBINT(1024)
      DIMENSION TPSINT(1024)
      DIMENSION SB(1024), DELSB(1024), TPSB(1024)
      DIMENSION NCA(32), PL(32), NCASB(32), ZSB(32), PLSB(32)
      DIMENSION P(10), X(10), TABC(10)
      DIMENSION Q(10),XQ(10)
      DIMENSION A(10), DELA(10), QA(10), DELQA(10)
C
      COMMUN KXB,KXC,KT
      COMMUN Z, IASZ, CM, NTM, TA, TM
      COMMUN XB, XC, DELXC, TPS, XBINT, TPSINT
      COMMUN SB, DELSB, TPSB
      COMMUN IFIN, NZONE, IDIV
      COMMUN NCA, NCASB, ZSB, RE, RESB, PL, PLSB, GL, GLSB
      COMMUN INZ
      COMMUN P.X.Q.XQ
      COMMUN A, DELA, QA, DELQA
      COMMUN CYMA, CYMAQ, DETC, QDETC
      COMMUN NBD, 81, 82, DETD, PSOM, PXSOM, PX2SOM, TABC
      COMMUN NBDSB, QB1, QB2, QDETD, QP SOM, QPXSOM, QPX2SM
C
      SI(IECBL)6,0,5
    6 SI(NBD-1)1,1,54
    1 Y = A(1)
      DELTAY=DELA(1)
      ALLER A 4
   54 I=1
   58 SI(X(I)-X(I+1))56,56,57
   57 XIN=X(I+1)
      PIN=A([+1])
       DIN=DELA(I+1)
      X(I+1) = X(I)
       A(1+1)=A(1)
       DELA(I+1)=DELA(I)
       X(I) = XIN
       A(I)=PIN
       DELA(I)=DIN
      SI(I-1)56,56,54
   56 1=I+1
       SI(I-NBD)58,59,59
   59 K=1
   75 SI(TS-X(K+1))71,72,72
   72 K=K+1
       SI (K-NBD) 75, 77, 77
   71 Kl=K
       K2=K+1
```

- 289 -

.

78 XPRIM=X(K1) XSECO=X(K2) PPRIM=A(K1) PSECO=A(K2)

ALLER A 78 77 K1=NBD-1 K2=NBD

__



~

٠

•

٠

```
SOUS PROGRAMME BDFAY(TS,Y,DELTAY,IECBL)
   DERP1=DELA(K1)
   DERP2=DELA(K2)
25 Y=((PSECO-PPRIM)+TS+PPRIM+XSECO-PSECO+XPRIM)/(XSECO-
  1XPRIM)
   DELTAY=RACF(((TS-XPRIM)+DERP2)++2+((TS-XSECO)+
  1DERP1)**2)/(XSECO-XPRIM)
  ALLER A 4
 5 SI(NBDSB-1)11,11,12
11 Y=QA(1)
   DELTAY=DELQA(1)
   ALLER A 4
12 I=1
13 SI(XQ(I)-XQ(I+1))14,14,15
15 XIN=XQ(I+1)
   PIN=QA(I+1)
   DIN=DELQA(I+1)
   (1) QX = (1+1) QX
   QA(I+1)=QA(I)
   DELQA(I+1)=DELQA(I)
   XQ(1) = XIN
   QA(I) = PIN
   DELQA(1)=DIN
   SI(I-1)14,14,12
14 [=[+1
   SI(I-NBOSB)13,16,16
16 K=1
17 SI(TS-XQ(K+1))20,19,19
19 K=K+1
   SI(K-NBDSB)17,23,23
20 K1=K
   K2=K+1
   ALLER A 24
23 K1=NBDSB-1
   K2=NBDS3
24 XPRIM=XQ(K1)
   XSECO=XQ(K2)
   PPRIM=QA(K1)
   PSECO=QA(K2)
   DERP:=DELQA(K1)
   DERP2=DELQA(K2)
   ALLER A 25
 4 RETOUR
   FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)
```

- 290 -

2 * . .

-

٦

٠

- 291 -

SOUS PROGRAMME TRAN(ISELEC, I, J, T, DELTAT)

4

SOUS PROGRAMME TRAN(ISELEC, I, J, T, DELTAT) С DIMENSION Z(32), IASZ(8,8), CM(32) DIMENSION XB(1152),XC(1024),DELXC(1024),TPS(1024),XBINT(1024) DIMENSION TPSINT(1024) DIMENSION SB(1024), DELSB(1024), TPSB(1024) DIMENSION NCA(32), PL(32), NCASB(32), ZSB(32), PLSB(32) DIMENSION P(10),X(10),TABC(10) DIMENSION Q(10),XQ(10) DIMENSION A(10), DELA(10), QA(10), DELQA(10) DIMENSION AE(32), AB(32) С COMMUN KX8,KXC,KT COMMUN Z, LASZ, CM, NTM, TA, TM COMMUN XB, XC, DELXC, TPS, XBINT, TPSINT COMMUN SB, DELSB, TPSB COMMUN IFIN,NZONE, IDIV COMMUN NCA, NCASB, ZSB, RE, RESB, PL, PLSB, GL, GLSB COMMUN INZ COMMUN P,X,4,X4 COMMUN A, DELA, QA, DELQA COMMUN CYMA, CYMAQ, DETC, QDETC COMMUN NBD, B1, B2, DETD, PSOM, PXSOM, PX2SOM, TABC COMMUN NBDSB, QB1, QB2, QDETD, QPSOM, QPXSOM, QPX2SM COMMUN IBD, IRC, CAN, DCAN, AB, AE, AG, BG, ISB, KNUL COMMUN IBDSB, IRCSB, CSB, DCSB, N3, N4, ISESB, NZOSB С ISSSB=ISESBTPSI=TPS(I) APPEL REPER(ISELEC, J, NZ, TAP, ITAP, 0) NZA=NZ $EE = AE(NZA)/PL(N_A)$ SI(ISSSB-4)33,33,55 33 NN1=N3 NN2=N4 ALLER A 6 55 SI(VOYANT 1)50,51 51 NN1=LPRE ALLER A 6 50 IBA=KT APPEL PLACE (N3, IN1, IBL, IBA, 1) 'BL=IBL ٠ IN1=IN1 NN1=N3NN2=N4 6 FAIRE 1 L=NN1, NN2 SI(ISSSB-4)35,35,36 35 APPEL REPER(ISSSB, L, NZ, TAP, ITAP, 2) NZS=NZ TPSS=TPSB(L) ALLER A 37

- 36 APPEL REPER(ISSSB,L,NZ,TAP,ITAP,2)
 - NZS=NZ
 - APPEL TEMPS(ISSSB,L,TPSS,2)
- 37 SI(TPSI-TPSS+0.5*PLSB(NZS)+0.000001)1,2,2
- 2 SI(TPSI-TPSS-0.5*PLSB(NZS)-0.000001)3,1,1

NO ALLONG LA CALLES

- 292 -

SOUS PROGRAMME TRAN(ISELEC, I, J, T, DELTAT)

.

1

5

1

;

1 CONTINUER ALLER A 10 3 EB=AB(NZS)/PLSB(NZS) SI(ISSSB-4)64,64,57 64 K=L ALLER A 54 57 SI(L-IN1+1024)52,52,53 52 K=L-(IN1-1)+1024 ALLER A 54 53 APPEL PLACE(L, IN1, IBL, IBA, 1) INI= NI IBL≃IBL K=IBL 54 S1(18D)58,58,59 58 APPEL BDFY(TPSI,Y,DELTAY,O) ALLER A 60 59 APPEL BDFAY(TPSI,Y,DELTAY,O) 60 SI(IRC-1)65,66,66 66 DELTAY=DCAN+Y Y=Y+CAN 65 LPRE=L SI(ISB-2)4,5,5 4 T=(XC(1)*EE-Y*AG)/(SB(K)*EB-Y*AG) DELTAT=T*RACF((EE*DELXC(I)/(EE*XC(I)-AG*Y))**2+((AG*DELTAY 1*(EE*XC(I)-EB*SB(K)))**2+(EB*DELSB(K)*(EE*XC(I)-AG*Y))**2)/ 2((EB+SB(K)-AG+Y)+(EE+XC(I)-AG+Y))++2) ALLER A 11 5 SI(IBDSB)61,61,62 61 APPEL BDFY(TPSS,W,DELTAW,1) ALLER A 63 62 APPEL BDFAY(TPSS,W, DELTAW, 1) 63 SI(IRCSB-1)70,71,71 71 DELTAW=DCSB*W W=W+CSB 70 T=(XC(I)*EE-Y*AG)/(SB(K)*EB-W*BG) DELTAT=T*RACF(((EE*DELXC(I))**2+(AG*DELTAY)**2)/(XC(I)*EE-Y 1*AG)**2+((EB#DELSB(K))**2+(BG*DELTAW)**2)/(EB*SB(K)-BG*W) 2**2) ALLER A 11 10 KN'JL=0 LPRE=N3 ALLER A 12 11 KNUL=1 12 RETOUR FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)



C

С

C

```
SOUS PROGRAMME SPA(ISELEC, ISPA, SA, DELSA, IN1)
     SOUS PROGRAMME SPA(ISELEC, ISPA, SA, DELSA, IN1)
     DIMENSION Z(32), IASZ(8,8), CM(32)
     DIMENSION X8(1152), XC(1024), DELXC(1024), TPS(1024), XBINT(1024)
     DIMENSION TPSINT(1024)
     DIMENSION SB(1024), DELSB(1024), TPSB(1024)
     DIMENSION NCA(32), PL(32), NCASB(32), ZSB(32), PLSB(32)
     DIMENSION ISPA(2), SA(200), DELSA(200)
     DIMENSION ISPA1(10), ISPA2(10)
     COMMUN KXB, KXC, KT
     COMMUN Z, IASZ, CM, NTM, TA, TM
     COMMUN XB, XC, DELXC, TPS, XBINT, TPSINT
     COMMUN SB, DELSB, TPSB
     COMMUN IFIN, NZONE, IDIV
     COMMUN NCA, NCASB, ZSB, RE, RESB, PL, PLSB, GL, GLSB
 128 MODELE(215)
     NOA=0
     NZA=1
     IN2=IN1
LIRE 128,NZPO
1100 LIRE 128,(ISPA1(I),ISPA2(I),I=1,NZPO)
     SI(NZA-1)1103,1103,1104
1103 \text{ ISPA(1)}=\text{ISPA1(1)}
     SOM1=0.
     SOM2=0.
     SOM3=0.
     SOM4=0.
     SOM5=0.
1104 I1=ISPA1(NZA)
     I2=ISPA2(NZA)
     FAIRE 131 I=I1,12
     NOA=NOA+1
     SI(ISELEC-4)1,1,2
   1 J = 1
     ALLER A 3
   2 SI(I-(IN1-1)+1024)7,7,8
   7 SI(1-ISPA(1))9,9,10
   9 ESP ARR KXC
     ESP ARR KXC
  16 LIRL BANDE KXC, IN2, (TPSINT(K), XBINT(K), DELINT, K=1, 1024)
     SI(1-(IN2-1)*1024)9,9,10
  10 SI(1-IN2*1024)15,15,16
  15 J = I - (IN2 - 1) + 1024
     APPEL REPER(ISELEC, I, NZ, TAP, ITAP, 0)
      SOM1=SOM1+TPSINT(J)
     SOM2=SQM2+XBINT(J)/PL(NZ)
     SOM3=SOM3+TPSINT(J)*XBINT(J)/PL(NZ)
      $0M4=$0M4+TP$INT(J)**2
```

- 293 -

,

۲ ,

i

۱,

ALLER A 131 8 SI(I-IN1*1024)11,11,12 11 J=I-(IN1-1)*1024 ALLER A 3 12 SI(I-ISPA(1))13,13,14

SOM5=SOM5+(XBINT(J)/PL(NZ))++2

```
SOUS PROGRAMME SPA(ISELEC, ISPA, SA, DELSA, IN1)
  13 LIRE BANDE KXC, IN2, (TPSINT(K), XBINT(K), DELINT, K=1, 1024)
     SI(I-IN2+1024)14,14,13
  14 SI(1-(IN2-1)+1024)17,17,15
  17 ESP ARR KXC
     ESP ARR KXC
     ALLER A 13
   3 SOM1=SOM1+TPS(J)
     APPEL REPER(ISELEC, 1, NZ, TAP, ITAP, 0)
     SOM2=SOM2+XC(J)/PL(NZ)
     SOM3=SOM3+TPS(J) *XC(J)/PL(NZ)
     SOM4=SOM4+TPS(J)++2
     SOM5=SOM5+(XC(J)/PL(NZ))##2
 131 CONTINUER
     NZA=NZA+1
     SI(NZA-NZPO)1104,1104,1101
1101 ISPA(2)=ISPA2(NZPO)
     ACN=NOA
     XO=SOM1/ACN
     Y0=SOM2/ACN
     XY=SDM3/ACN-X0+Y0
     XX=SOM4/ACN-X0++2
     YY=SOM5/ACN-Y0++2
     A1 = XY / XX
     AO = YO - A1 = XO
     VAR=YY/(ACN-2.) *ABSF(1.-XY**2/(XX*YY))
     I1=ISPA(1)
     I2=ISPA(2)
     FAIRE 1102 I=I1, I2
     APPEL REPER(ISELEC, I, NZ, TAP, ITAP, 0)
     K = I - I 1 + 1
     APPEL TEMPS(ISELEC, I, TS, 0)
     SA(K) = (AO+TS*A1)*PL(NZ)
     DELSA(K)=RACF(VAR*(1.+(TS-X0)**2/XX))*PL(N2)
     DELSA(K)=DELSA(K)+1.08
1102 CONTINUER
     SI(ISELEC-4)21,21,23
  23 SI(IN2-IN1)20,21,22
  20 LIRE BANDE KXC, IN2, (TPSINT(K), XBINT(K), DELINT, K=1, 1024)
     ALLER A 23
  22 ESP ARR KXC
     IN2=IN2-1
     ALLER A 23
  21 RETOUR
     FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)
```

3

- 294 -

1

٩

1

¥

_ 1



C

С

C

٠

.

```
SOUS PROGRAMME PLACE(I, IN2, IBL, IBA, IECBL)
   SOUS PROGRAMME PLACE(I, IN2, IBL, IBA, IECLL)
   DIM "TION Z(32), IASZ(8,8), CM(32)
   DIMENSION XB(1152), XC(1024), DELXC(1024), TPS(1024), XBINT(1024)
   DIMENSION TPSINT(1024)
   DIMENSION SB(1024), DELSB(1024), TPSB(1024)
   COMMUN KXB, KXC, KT
   COMMUN Z, IASZ, CM, NTM, TA, TM
   COMMUN XB, XC, DELXC, TPS, XBINT, TPSINT
   COMMUN SB, DELSB, TPSB
   IN2=1
3 SI(I-IN2*1024)1,1,2
2 IN2=IN2+1
   ALLER A 3
 1 SI(IECBL)7,7,8
 ? LIRE BANDE IBA, IN1, (TPS(J), XC(J), DELXC(J), J=1,1024)
   ALLER A 9
 8 LIRE BANDE IBA, IN1, (TPSB(J), SB(J), DELSB(J), J=1, 1024)
 9 SI(IN1-IN2)1,5,6
 6 ESP ARR IBA
   ESP ARR IBA
   ALLER A 1
 5 IBL=I-(IN2-1)*1024
   RETOUR
   FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)
```

- 295 -

.

ŧ

ł

1,

,

.



٠

```
SOUS PROGRAMME TEMPS(ISELEC, I, TS, IECBL)
      SDUS PROGRAMME TEMPS(ISELEC, I, TS, IECBL)
C
      DIMENSION 2(32), IAS2(8,8), CM(32)
      DIMENSION X8(1152), XC(1024), DELXC(1024), TPS(1024), XBINT(1024)
      DIMENSION TPSINT(1024)
      DIMENSION SB(1024), DELSB(1024), TPSB(1024)
      DIMENSION NCA(32), PL(32), NCASB(32), ZSB(32), PLSB(32)
С
      COMMUN KXB,KXC,KT
      COMMUN Z, IASZ, CM, NTM, TA, TM
      COMMUN XB,XC,DELXC, TPS,XBINT, TPSINT
      COMMUN SB, DELSB, TPSB
      CUMMUN IFIN, NZONE, IDIV
      COMMUN NCA, NCASB, ZSB, RE, RESB, PL, PLSB, GL, GLSB
С
      H≖I
      APPEL REPER(ISELEC, I, NZ, TAP, ITAP, IECBL)
      SI(IECBL)1,1,2
    1 SI(ISELEC-4)905,904,1021
  905 TS=PL(1)+(H-0.5+2(NZ)-TAP)+RE
      ALLER A 898
  904 TS=(Z(NZ)-128.*FLOTF(NZ-1)+H-0.5)+PL(1)+RE
      ALLER A 898
 1021 TS=Z(NZ)+3.20+(H-TAP-0.5)+PL(NZ)+RE
      ALLER A 898
    2 SI(ISELEC-4)3,4,5
    3 TS=PLSB(1)+(H-0.5+ZSB(NZ)-TAP)+RESB
      ALLER A 898
    4 TS=(ZSB(NZ)-128.*FLOTF(N2-1)+H-0.5)*PLSB(1)+RESB
      ALLER A 898
    5 TS=ZSB(NZ)+3.20+(H-TAP-0.5)+PLSB(NZ)+RESB
  898 RETOUR
```

FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)

,

- 296 -

.

1

!

ł

ŝ

```
EIN(1*0*0*0*0*1*0*0*1*0*0*0*0*1)NI3
                                                                  940 RETOUR
(7001 ordinorgos 41 or upor friosmund)
                                                               6 A RELA
                                                                 t+ZN=ZN 01
                                                   01,040,940,94011-1)12 8
                                             [AP=1AP FLOTF(NCAS6(N2-1))
                                                    (ZN)約ZAJN+9ATI=9ATI 9
                                                               8 A 8311A
                                                               • •0=qAT
                                                           ITAP=NCASB(1)
                                                                    T=ZN 9
                                                               ALLER A 2
                                                                 T+ZN=ZN シ
                                                    4,040,940,940,940,940,4
                                               TAP=TAP+FLOTF(NCA(NZ-1))
                                                      2 IIAP=IIAP+NCA(NZ)
                                                               E A RELLA
                                                                  1∀b=0°
                                                             [TAP=NCA(1)
                                                                    T=ZN S
                                                          9*5*5(78231)15 T68
                                                             S46 A S311A
                                                                 1+7N=ZN 1+6
                                               146'046'046(7N#dV11-1)15 246
                                                        1000.0+9A1=9A11
                                                         TAP=1FIN/NZONE
                                                                    1=ZN 068
                                                             046 A 9411A
                                                                •005=d∀1
                                                                    E=2N 568
                                                             ALLER A 940
                                                                •00(=qAT
                                                                    2=ZN 768
                                                   568*768*768(005-1)15 £68
                                                             076 ¥ 83114
                                                                   T \Delta P = 0.
                                                                    1=ZN 268
                                                   889 S1(1-100)892,892,893
                                                16840684688(A-D31381)1S
                                                                              С
                          COMMUN NCA, VCASB, 258, RE, RF58, PL, PL58, 6L, 6L58
                                                 COWWON IFIN, NZONE, IDIV
                                                   COMMUN SB+DCLSB+TPSB
                                   COMMUN XB,XC,DELXC,TPS,XBINT,TPSINT
                                             COMMUN Z+IASZ+CM+NTM+TA+IM
                                                       COMMUN KXB*KXC*KT
                                                                              Э
                   DIMENSION NCA(32), PL(32), NCASB(32), ZSB(32), PLSB(32)
                             DIWENZION 28(1054)*DEF28(1054)*L628(1054)
                                                 DIWENSION 19SINT(1024)
        DIWENZION X8(II2S)*XC(IO54)*DEFXC(IO54)*Lb2(IO54)*X8IN1(IO54)
                                       DIWENZION 2(32) * IV22(8*8) * CW(32)
                                                                              Э
                      SOUS PROGRAMME REPERIISELEC, I, NZ, TAP, ITAP, IECBL)
                      SOUS PROGRAMME REPER(ISELEC, I, NZ, TAP, ITAP, IECBL)
```

-

i 1

١

,





Fig II11

ŧ



,; : ; -1 . ! • 1

۶, • • ך די 1

令 1 · mar in the set of the set ; L] \ : 、 、、、

a se suit de la contracte contracte de la cont

51

-

f 1 1

1

•

Ŷ

"

•

0 1

,

																																	•							٠		
											_			•	٠		•			_	•	•				•	•.	•	•	-	• •	-	•	•	•	•	•	-	•	_	•	٠
		• •	•	•••	•	• '	•	•	•	•	•	•	٠	•		•	•	•	••	•	•		•	•	• •															-		
	•	••	•	• •	•	• •	. .	•		, .	•	• •	•	• •	•	•	• •	٠	• •	-	••	•	* *	•	- •	•	••	•	• •	•	• •	٠		٠	• •	•	• •	• •	•	• •	•	•
3 - 1		~ ;	55	85	55	ŭ		;;	22	7 C	5	~~~	:::	22	53	20		;2	23	6	55	:23	3:		02		~;;	:5	2:	:3				:::	ð.		~;	22	20		2	ì
		34511	52344	23976	39465	16398	31416	14115	31961	32665	13461	112511	1196 6	- 2 3 P E	31965	77452	12427	13276	3 2015	31641	37846	40426	37165	44156	16526	12776	3603E	11716	12826	15461	2633E	16551	-190E	34246	37426	35218	16 421	37976	17115	2130E	1166-	11780
1, 3730 M	1.4167 1.4167 1.4167	20110	0205-7	C.001-0	C.7712	C.1136	2111.) 8777.0	C+61 • C	v.1156	C-1057	2.1250	5411 •··).1154	0.1.183	3.151c	0.1145		C. 1141	7.1215	0.12HD).[454 n.1158	C•1500	J-1222	1664.6).11.26 1.11.14	0.157	9.1371 1460	1141.0	121.0	0.1511	3.1555	C-1342	9-1512		1513 121741	1-146-1	7.1440		1011	142141	11 01	
	4 1	3	Ξş	5 7	55	1	5	3	110	57	33	× 3	i I	33	55	[]	5	17	7	5	5	3	29	;=	1	5	3	3	5	11	1	3	10	1	ş	5	1 ;	; =	5	;;;	110	R
	11 14 5 PUTC	C. 263445445	C. 33C19349E-	C.2C551211E	(.113510116	C. 26115265E	C+212246336	L. SEPTO7576	C- 354574295	C. (1511/05C- C. 1272L4486-	C. 14214724L	(.14255204c	C. 2 C 2 2 1 6 46 1	C. 174102676	C.ZCCJ49UL	C. 22773714L	C. 26765250E	C. 265(0437E	C.175CU0124	C. 2C4C6303E	(.17)523656 (.17)523656	C. 35345841E	C. 321719195	Col 1464464	C. 314055Cat	C. 1 F ST C+3+E	C. 25f(d264t r 24f5444	1. 31 c35 705c	C. 2C e22 J5+E	C. 25230154L	C. 1 C 4 1 4 2 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	(. 1771 04:2L	C. 251 574406 C. 314433955	C. 2teCsuds	C.42 600555 C.47Pmetrif	1211-2651-2	C. 23c 45216t	(. 3615.668e	C. 1 5 C44452E	Co.242144676	C. 247C7U35E	C. 4 4577756F
	ral I		-			•			-							-																-					-	J			-	-
	Ľ.	33	23	33	20	3	22	38	3	5	;E	33	:E	5:	:3	3	23	33	53	33	33	3	23	33	33	:3	33	33	88	33	c :	:3	88	3	33	:5	33	33	3	:3	3	C
	PASSLA 5.050	<	(.(()3535355	1233224224		r.c7e361456		1)96969696966	1465555277)	C.574C4675F	C. (233754(CF	[. 2465] 5542F	C.57172444	(.)456(24 6 6 6 25333666	34232113670	(. ((7614E3F	112222222	433164125.)	151234224	111111111111111111111111111111111111111	(.535611956 2.532717525	(.5.5.) (.25 16	C. 54426903F	(.1(5,26(let	(.]]zztej5t	C.1CC54F131	15343516101	1515126+3*)	(.)e 35 ° 5 16f	(1 • 4 5 6 4 5 7 6 7	((15362315,*3	(.1,2,4(7) ³⁴	(.)***!????	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1	3337354757373	13415314645.)	[125+++51-3	L . 488 4 5 7 4 45
:										- 4	 7 m 1			-	-		 ^				 	 		, 	-	- ~		 			4 4	-			- -						-	L
			• -	_	• •	_			-					± `				••••		• iŭ 			••••			••••	- 	~ ~ ~	••				4 4 		•••	•• • •	-	•		•• • • •	-	Ű
	IS A L			22414		1. 25 40	PL VE H		NLPC FL	PL PF FL	PUPI FC		1. 1.6 51	NLVE FL	AL PERC	PL VE FL	PL VE FL		PUPEFC		1934.14	14474	PLPE FL		PL # 55	PL PEFC	N. 45 5.		13 - EEL		PL VF PL	1. * 5 5.	PUPFE	A PEFC	PL 4F 5.	PL PE EL	33474	PLPFFC.	PLPER		PLMFFU	193474
	11 - 11 1 - 11	1446	ANAL	APAL	242L	DAAL	444L	474L 474L	ANAL	AAAL	APAL	ANAL	ANL	ANAL	AAAI	APAL	A A A L	AAAL	AAAL	1248 872 L	ANAL	ANAL	AAAL	1 4 4 1 7 4 4 1	INAL	ANAL	ANAL	ANAL	JAA4	TAL	1040 1041	ANAL	ANAL	AAL	AAAL	AAAL	34AL	4 7 A L	AAAL	ANAL	31.46	ALAL

•

Fig 11.1.3

>



- - - ---

ہو

'_ ¥

٠

.

et <u>م</u>و

.

٠

-----~ t











de différentes conditions de calcul.

. sanoz

- A
- A
- 8 + 8

- ∆ 8+
- Å+ 8+
- accordéon A



4 .

4.



l





٢.

.

•

· . . :





· 5

.

`





:

•

٠



Fig: II.6.2 Diagramme d'ensemble du code SPNBE 064 Partie 2.



Fig. II. 7.1.



Fig. II.7.2

Remptir une feuille	e por	bond	e et p	er exper	nenc.	c				
uméro de l'experience N° 0 0° 11° 1	ns 'e b	ende		Nombre	do cy	ett=>/2			STN	BE
Nows re days 's h	canger 20	· [_		Largen	r d'im ine	hulsin		yus	06	34
	he l'erra	av 📘		1- fou	i retan	d des n)	••••••••••••••••••••••••••••••••••••••	MS		
ale de la company ale de la co				temp	s mor	+ L	_			_
La bande comporte un <u>spectra</u> du car	nal av	a canal	Nombre a	de to Com	htage	Normali	solum	Epoisseur mm)	Longueur de base (m)	
de bruit de fond uniquement										BIF
blanc avec bruit de fond affine				١						SB
blanc arec points de bruit de fond										58+Cal 58+ Ba
<u>d'analyse</u> avec bruit de Lond affine										An ·
<u>d'analyse avec</u> points de <u>briut de fond</u>										Ant Cal Ant Bdi
Selectours 1.2.3.4	1			Sel	ecteu	11 5, 6,	7			
nue Position Largeur des canaux [] us	Zone	Position .	n Zone	lergen des	Zone	Position on	Zone	Largeur	dus	······
en ceneux		unites 3.2	Lus trou *	cenaux (ms)	9	unités 3.2,45	tront	(xusass)	쓰게 ㅎ ii	ndiquer
2 de 1 a	2				10				P ²	o font? O
3 de 101 2	3	ļ		<u> </u>	11				``	nhibées
du 501 a	5				13					
6 Sélecteurs 1, 2 et 3 - Sim alteneute de	6	+		<u> </u>	14					
travdil des zones A + B + C	8				16					
SPECTRE BLANC . pris sur la bande nº		T		ANALYS	<u> </u>					
bruit de land calé à partir de An bande nº			b	cuit de land	[cale	Tà barlin d	e A	n ban	de nº I	
	J					, ,	5	6		
oriet de fond propre loi hyperbolique ou polyzonz	de		b	ruit de fond	prop	re loi h	lherpo	olique o	u polya	pnale
Resonances noires de catage ou de dalimition	Coa(1 d')	Errenz	Resonan	ces noires		L'Errenn	a der	inition	al Icaell	Freedor
initial final agust well. Initial final	sjust m	sur coeff.	init	ial final	ajust	w yur coeff.	init	ial fir	"tauja Isi	t sur coeff.
			A			6				
			3		+	8				
9			4			9	ļ			
Bassiance de normalisation : canal initial []] canal	<u> </u> inal [Résonan	ce de norma	lisatim	· canal initia			anal final	
	T									L
TRANSMISSION		Pes de 7	Tp - Metho	de du speche	ailer	. Une region !	for col	onne avec	les muages	définis
The downed Ty calcule	canal	lenes uto		++		╂╂	·			
		du cand								
		enes ne								
		on cong	<u></u>	++		+			1	
									c ~	
FONCTION DE RESOLUTION	t ₃	tu ta	t t	a# #	a den	s la lardeur	de	-2	JIN	IBE
-21+4 L=0 mechine 4					167	ะทแรระ พ ะทั่ว"	Rn=aE	-2	08	5

4.14

۲.

L



	NUMERO DE L'EXPERIENCE 53034	CAS I VITRIUM	
SELECTFLR 5	LLNGLEUR CE LA BASE=103.00P.	RET -5.20MICROS. TEMPS MORT	I= 20.CCMICROS.
	50C. CYCLES MACHINE		
AFF ICHAGE	E FFS ZONFS 1 0. 2 12.00 3 32.0C 4 38.00 5 42.C0 6 44.00		
ZCNE 1 0. ZCNF 2 12.00 ZCNE 32.00 ZCNE 42.00 ZCNE 42.00 ZCNE 40.00 ZCNE 12.00 ZCNE 12.00 ZCNE 5 ZCNE 12.00 ZCNE 5 ZCNE 5 ZCNE 5 ZCNE 5 ZCNE 12.00 ZCNE 11 M2.00 ZCNE ZCNE 12 44.00 ZCNE	NCMPRE DC CYCLES= 0.4990 NGMBRE DE CYCLES= 0.4990 NOMBRE DE CYCLES= 0.1001 NOMBRE DE CYCLES= 0.1001 NOMBRE DE CYCLES= 0.1001 NOMBRE DE CYCLES= 0.1001 NOMBRE DE CYCLES= 0.1001	OF O7 NORMALISATICN= 0.10000 0L 07 NORMALISATICN= 0.10000 0F 00 NORMALISATICN= 0.20000 7E 0H NORMALISATI	10 EPAISSELR= 0. PM. 10 01 EPAISSELR= 0. PM. 10 01 EPAISSELR= 0. PM. 10 01 EPAISSELR= 0. PM. 11 EPAISSEUR= 0. PM. 12 01 EPAISSEUR= 70.00PM. 01 12 01 EPAISSEUR= 70.00PM. 0.00PM. 13 EPAISSEUR= 70.00PM. 0.00PM. 0.00PM.
ZGNE ZONE ZONE ZONE ZONE ZONE ZONE ZONE ZO	1 LARGELR DES CANAUX= 3.20M 2 LARGELR DES CANAUX= 0.05M 3 LARGELR DES CANAUX= 0.10M 4 LARGELR DES CANAUX= 0.10M 5 LARGELR DES CANAUX= 0.10M 6 LARGELR DES CANAUX= 0.05M 7 LARGELR DES CANAUX= 0.05M 9 LARGELR DES CANAUX= 0.05M 1 LARGELR DES CANAUX= 0.10M 1 LARGELR DES CANAUX= 0.05M 1 LARGELR DES CANAUX= 0.10M 2 LARGELR CES CANAUX= 0.05M	ICRCS. NOMERE CE CANAUX= 12 ICRCS. NOMERE CE CANAUX= 12C ICRCS. NOMERE CE CANAUX= 192 ICROS. NOMERE CE CANAUX= 256 ICRCS. NOMERE CE CANAUX= 244 ICRCS. NOMERE CE CANAUX= 124 ICRCS. NOMERE CE CANAUX= 124 ICRCS. NOMERE CE CANAUX= 192 ICRCS. NOMERE CE CANAUX= 192 ICRCS. NOMERE CE CANAUX= 256 ICRCS. NOMERE CE CANAUX= 244 ICROS. NOMERE CE CANAUX= 244	
16001=2	14642 18C=0	IMC=0 ITP=2	ISH=2 INTVT=2
L"1 DU 891	LIT DE FONC DEFINIF AVEC 2 PCI	NTIS) NORMALISATION EN ZONE 2	
	RESCNANCE NURE NUMERC 1 ALLAN RESCNANCE NUMERI 2 ALLAN	1 DE 113 A 144 AJU= 1.GC CELA 7 CE 1265 A 127C AJL≠ 1.GC DELA	JL= C JL= C.
IFCPL=C	IB[F1=2 IRC=0	140=0 ITP=2	154=2 {Dtvt=2
LOT IL PRI	LIT IE FONL VEFINIE AVEC - 3 PCI	TIS) ACRMALISATION EN ZONE B	
	RESUNANCE NUIRE NUMERC 1 ALLAN RESCNANCE NUIRE NUMERC 2 ALLAN RESCNANCE NUIRE NUMERC 3 ALLAN	T DE 2161 & 2192 AJG= 1.CO CELA T DE 3313 A 3318 AJU= 1.CC DELA T C5 4036 A 404C AJU= 1.CC DELA	JL= C. JL≠ C. JL= C.

Fig I.7.3

t		TREES	CFL TATRES I	****	CEL TATLES	SEGMATE	DELIASIGMALI
2/80	1.1588.521 04	0.755611	0.065856	0.493932	6-032362	0.1356166 02	0.124114E 01
2781	1.1571586 04	1.171184	0.087171	0.605256	6.043161	0.9508216 01	0.135060E 01
2782	1.1554880 04	1.184002	0.083646	0.6119#1	6.041211	0.9302026 01	0.127561E 01
278-	1.1538228 04	1.048468	0.073746	0.541927	0.036317	0.116049E 07	0.1269448 01
2784	1.1521601 GM	1.042874	0.07322R	0.539036	C-036055	0.117065E U2	0.126707E 01
2785	1.150501E 04	1.053748	0.074800	0.544656	C . C 36870	0.1150988 02	0.1242326 01
2786	1.1488456 04	1.015877	0.069924	0.575081	6-034357	0.1220318 02	0.1239498 01
2787	1.167193F GW	1.112737	0.079218	0.575146	0 • 6 39059	0.10%7808 02	0.1286448 01
/18t	1.1455456 04	1.101875	0.077524	0.569532	0.038178	0.1066386 02	0.1269838 01
2789	1.143900E 04	1.0818#2	0.075087	0.559 198	C + 0 36926	0.1101061 02	0.1250891 01
279C	1.1422591 04	1.119217	0.075791	0.578495	C . 0 37174	0.1036801 02	U.121728E 01
2791	1.1406221 04	1.108002	0.078648	0.572649	C.018767	0.1055#76 02	U.12#227E 01
2792	1,1389PPt 04	1.114799	0.080588	0.576212	C.039793	0.1044296 02	0.130821E 01
2797	1.137357E 04	1.036004	0.072773	0.535485	C.035833	0.1183156 02	9.1267596 01
2794	1.1357301 04	1.084895	0.079643	0.560755	C . 0 39 384	0.1095808 07	0.133044E 01
2795	1.1541061 04	1.092496	0.076112	0.564684	C.037445	0.1082576 02	9.1256148 01
2794	1.1324861 04	1-091122	0.078029	0.563974	0.038489	0.1084956 02	9.1292796 01
2197	1.130P69E 04	1.076744	0.075724	0.556571	C.037290	0.1109986 02	9.126918E 01
2794	1.1292561 04	1.615999	0.069782	0.525093	C.034280	0.122027E 02	0.1236656 01
2700	1.1276465 04	1-056674	0.076507	0.546168	0.037784	0.1145736 02	2.1310581 01
2800	1.1260601 05	1-046095	0.071822	0.540701	0.035280	0.1164 TPE 02	9-1236016 01
2#01	1.124437E 04	1.0.0076	0.072470	0.537590	C.035654	0.1175716 02	0.1256346 01
2602	1,1228386 06	1-036363	0.075656	0.535660	C . 0 363 10	0.1182536 02	0.1285075 01
2403	1.1212626 06	0.985966	0.047593	0.509610	0-033198	0.1276975 02	0.1235016 01
2404	1.1194697 06	1-063866	0.071856	0.549885	C . 0 36 32 2	0.1132 E8E 02	0.1251266 01
2405	L. LINCADE OF	1.015361	0.070439	0.524804	C. 031856	0-1221516 02	0.1258156 01
2004	1.1346766 04	1-046015	0.071601	0.515490	0.035196	0.1183136 02	0.1255046 01
2407	1.116916 06	1.001142	0.069262	0.517440	0.036060	0.1258C1E 02	0.1256116 01
2000	1.1187125 05	1.007101	0.079589	0.56704	C . 0 39 3 1 h	0.1075401 02	0.1313286 01
2400	1.1117345 06	1.094015	0.07#316	0.566503	C . 0 3662P	0.107648F 02	0-1291441 01
2004		1.007205	0.049581	0.520599	0-03-180	0.1236556 02	0.1254706 01
	1 1005054 05	1.057166	0.073541	4 0.5h6h11	0-034184	0.1146886 02	0.1256686 01
2011		1 105517	0.078744	0.570897	C - 0 3885 3	0.1041736 02	0.1288466 01
2012		0 473514	0.041475	0.450919	6.030387	0.1508716 02	0.1274584 01
2613		0.072414	D. 041180	0 74 114	C. 031675	0.1605686 02	0.1256226 01
2414		1 064005	0.004160	0.4559/0	0.037155	0.1164746 02	0.128016 01
2815		1.050074	0.073940	0.529615	C.034601	0.1169296 02	0.1270316 01
2616	1.1007446 04		0.073610	0.630105	0.036183	0 1170 806 02	
2217	1.0002406 04	1.043003	0.071785	0.537104	0.035163	0 1175926 02	
2616	1.69//USE U4	1.037709	0.071/04	0.531337	0.031470	0 1175876 02	
2614	1.0401000 04	1.440340	0.0/00/7	0.337627	0.034017	0 124 1756 02	0.12/14/2 01
2870	1.0940210 04	0.992040	0.004311	0.513177	6.034213	0 1272156 02	0.120244E UI
2621	1.09308-1 04	0.987910	0.007373	0.510040		0.1078706 02	
2+22	1.CA1221F 04	1	0.076282	0.307304	1.03/914		0.1232808 01
2823	1.0907221 04	1.088562	0.076416	6.502051	0.037624	0.1084405 02	0.1200/01 01
2824	1.0094956 04	0.955226	0.064866	0.493733	C.031825	0-1320456 05	0.1221056 01
2+25	1.0869721 04	1.02857	0.070825	0.518357	0.032443	0.1244748 02	0.127514E 01
2+26	1 6854516 04	1.003346	0.064064	0.512605	C.033735	0.1243821 02	0.1239556 01
2828	L.OA39346 UM	1.0592UA	9.074235	0.5%7478	C.C36544	0.114119E 02	0.126445E 01
2E2E	1.0024201 04	1.021027	0.004188	0-327744	C.C31938	0.121073E 02	0.121819E OF
2029	1.000FICL 04	1.023527	0.071022	0.529C36	C.C34926	0.1200166 02	0.125059E 01
2830	1.079402E JN	1.046573	u.075679	0.540947	C.036287	0.1163926 02	0.127071E 01
211	1.07789#E UN	1.03296#	0.073287	0.533905	C.036122	0.11827NE 82	0.1281616 01
24 42	1.0763961 04	1.089767	0.078395	0.563377	C.038692	0.1086966 02	0.1300978 01
26.44	1.0766986 DM	C. 998548	9.069524	0.516125	C.C 3 3658	0.1252906 02	0.1235444 01
2- 11	1.0746051 06	0.949277	0.064722	C. 19065P	C. 4 3176P	0.1348766 02	0.1226195 01
7- 14			********				**********
							•

2124	1.2567696 66	C. 861205		6 104840	C	6 12 15 11 16 10 2	0 1836414 01
2724	1 7564794		0.070376	1		0.1324431 07	
		0	0.000124	6.4/5292	C.052457	0.14046-1 07	0.1300771 01
	1.2727941 64	C. VU0105	0.065147	r.468343	C.037157	0.1436951 02	0.1300451 01
2178	1.2511121 94	6.433777	0.067019	0.482240	C.04307C	0.147994E 02	0.1297451 01
2729	1.2472456 04	P.93572P	0.673121	0 . 47375P	6.734739	0.15755AL 02	0.1360326 01
27.50	1.2473622 04	r.#A#790	0.063246	0.457 25	C.C31196	6.14H202E 02	0.129218t U1
2741	1.2454746 04	0. 705282	U.065008	0.467913	C.032080	0.143867E 07	0.129872E 01
27.12	1.2456291 04	C.91992A	U-067552	0.175188	C.011406	0.1608251 02	0.1550866 01
27.54	1.2417691 04	0.907505	1-0676P1	6.669015	0.014517	0.3636216 02	0.1353726 01
27.56	1.23 9131 1.4	0.908195	0 345105	1. 540627	6 613131	0 1649165 (3	0.1295916 01
27.54	1.2381 611 66	0. #795.27	0.04.150	0.497777	6 411700	0.147217C C2	0.1323244 01
27.44	1 244 21 41 116	0 074520	6 0465 30	1.4.54Cur		0.1441321 07	
3742	1 3464401	0.00000	0.005477	0.453000	0.032434	0.1500002 07	
2130		9.04/300	0.001343	0.457972	0.050294	0.1303446 02	021310256 01
2138	1.21252VE UN	C.84/81/	0.065595	0.464640	C+032425	0.145433F 02	0.157550E 01
2755	1.2306941 04	0.711166	0.068017	0.470959	C.C34009	0.1426181 02	U.156793E 01
2740	1.774P65L 44	0.477965	6.004540	6.45379A	0.031919	0.149669E UZ	0.1332426 01
2741	1.2270356 04	0.842656	0.061521	0.435548	C.0304 39	0.1574458 02	0.1323878 01
2142	1.275712F 04	0.754964	0.055149	0.390222	C.C26176	0.1782616 02	0.127070E 01
27-4	1.2233736 04	0.479014	0.044145	0.454742	6-031707	C. 149662E 02	0.132178E 01
2744	1.221578E 04	0. 835059	0-041884	0-631421	6.0100.10	0.1593405 02	0.1366276 01
2745	1.2197671 04	0.771394	0-054173	0. 108715	6 037257	0.1751826 02	0.1314726 01
2740	1.2179A0F 0h	0.714742	0.052667	0. 149074	C C24067	0.1888976 07	0.1337016 01
2767	1.2141676 26	0 407160	0.052.001	0.300720	0.020031		
2765	1 216 26 75 /6	A 703630	0.044464	0.300334	C.C24383	0.1433736 07	0.1201040 01
2240		0.173717	0.001444	0.410181	C.030526	U.ISPECIL UZ	0.1404136 01
	1.7175071 04	0.6/41/2	0.050264	C. 548465	0.024891	0.199702E 02	0.1555128 01
2756		0.014524	0.047377	6.327970	0.023464	0.211183E 02	0.135526E 01
2/51	1.2004646 04	0.602072	0.045548	[.311196	C.C225P4	0.2211288 02	0.137475E 01
2192	1.2072010 04	6.504565	0.038604	0.240797	C.019160	7.25%596E 02	0.139167E 01
2/54	1.2054220 04	0.441645	0.032743	0.228274	C.C16728	0.279827E 02	0.1346630 01
2754	1.2036476 04	0.403056	0.032521	0.208350	C . 0 162 1 0	0.297146E 02	0.147390E 01
2/55	1.2012756 04	0.320786	0.027472	U.105868	C.C13751	0.3403938 62	0.157100E 01
2756	1.20010PE U4	0.209654	0.019639	0.107757	0.009887	0.422043£ 07	0.173817E 01
2751	1.1943446 04	0.142701	u.015062	0.073758	C.007624	0. 4938368 02	U.195802E 01
2758	1.196584E CH	0.077369	0 .10926	0.039990	C.005583	0.609799E 02	0.2644428 01
2759	1.194P29E 04	0. 646465	0 0 4762	0.024617	C-005009	0.7061856 02	0. 59510ME 01
2760	1.1950776 04	0-360707	0-010269	0.031378	0.005265	0.4557b1F 02	0. 317868F 01
2161	1,1913296 04	0.196821	0.018589	1.101732	C-009359	0. 132925E 02	0.17h27hF 01
2765	1.1095866 06	0. 182258	0-030038	0.197579	C . 01696 1	0.3071825 02	0.1532507 01
2741	1.1978666 06	0.418689	()_057500	4. 410482	0 0145 30	0.3140416 02	0.1805226 01
2764	1.1861076.05	0. 73 2046	0.061604	0 176315	0.075327	0.2100316 02	0.1396538 01
210		0.123443	0.031308	0.3/42/7	0.073343		
2703		0.743001	0.000023	0.037111	C.074388	0.1367660 02	0.1202136 01
2766		1.020550	0.0/5//#	0.527687	G-03/512	0.1211054 02	0.154/116 01
2101	I.IPGV/CE ON	0.918991	0-069466	6.506016	0.034467	0.1290378 07	0.12402#E 01
2100	1.1791991 04	1.074706	0.077906	0.555489	0.038478	0.1113678 02	0.131217E 01
2769	1.1774812 04	1.070807	0.076642	0.553474	0.037809	0.1120566 02	0.1294038 01
2//0	1.1757676 04	1.044440	0.079247	D.568557	0.039115	0.1769626 02	0.1303236 01
217	1.1740578 04	1.117122	0.080450	0.577614	0.039711	0.1040348 02	0.13027RE 01
2172	1.172350E 04	1.059199	0.076249	0.547474	C.037636	0.114120E 02	0.1302236 01
2115	! 1.1706%Pt ON	1.089071	0.07589%	0.562914	C.C37339	0.1988526 02	0.1256528 01
2774	1.16/19491 04	1.050045	0.072108	0.542742	0.035421	0.11576NE 02	0.123629E 01
2775	1.167255t J4	1.111885	0.074730	0.574704	0.038797	0.1049256 02	0.127881E 01
2//6	1.1655620 04	1.170849	0.085047	0.605264	0.042015	0.9512986 01	0.1315068 01
211	1.16307NE ON	1.093412	0.076329	0.565158	C.03/560	0.108098E 02	0.1258938 01
2116	1.1621891 04	1.0 39420	0.073281	0.557250	C.036997	0.1176916 02	0.127273E 01
2179	1.167509E 04	1.119553	0.081340	0.578669	C.010184	0.1036256 02	0.131545E 01
••••							

CELTATES.

•

SEGMATES

DELTASEGMATER

•

+

EILI

TP(1)

11117AT#111

1(1)

Fig. II.7.4.

2

~3

٩

¥

.



.

₹

- Fig. 11.7.5 -



ŧ

CEA-N 826

COLLECTION

4

٠

- Note CEA-N 826 -

Département de Physique Nucléaire Service de Physique Nucléaire à Basse Energie

METHODE D'ANALYSE DES RESONANCES INDUITES PAR LES NEUTRONS S DANS LES EXPERIENCES DE TRANSMISSION PAR TEMPS-DE-VOL ET AUTOMATISATION DE CES METHODES SUR ORDINATEUR IBM 7094 II

Chapitre 3

par

Charles CORGE

- Octobre 1967 -

Département de Physique Nucléaire Service de Physique Nucléaire à Basse Energie

METHODE D'ANALYSE DES RESONANCES INDUITES PAR LES NEUTRONS s DANS LES EXPERIENCES DE TRANSMISSION PAR TEMPS-DE-VOL ET AUTOMATISATION DE CES METHODES SUR ORDINATEUR IPM 7094 II

Chapitre 3.

par

Charles CORGE

.

•

CHAPITRE III

DETERMINATION DES GRANDEURS D'ANALYSE

CODE SPNBE 085

III.1 INTRODUCTION

Le code SPNBE 084 nous a permis de calculer partout où cela était possible la courbe de transmission interféro-résonnante sur l'ensemble d'un spectre pouvant comporter quelques milliers de points. En l'occurrence ces quelques milliers pourraient, sans modification aucune du programme atteindre les 65 000 canaux accessibles par les codeurs en temps du type accordéon, ne serait-ce la limitation imposée par la capacité des mémoires intégratrices rapides à tores de ferrite situées en aval de ces codeurs. Notons à l'occasion que l'utilisation, en tant que mémoire d'acquisition, d'une bande magnétique comportant 16 pistes permettrait de prendre

en considération tous les canaux disponibles. Sur ces bandes, les informations se présenteraient, dans ce cas, sous forme d'une adresse dont le profil serait constitué de 16 positions binaires par événement. La sommation des événements par canal peut être faite ensuite sur un ensemble de traitement de l'information structuré autour d'un petit calculateur ; mais tel n'est pas le problème sur lequel nous nous penchons actuellement.

Pour l'heure les spectres enregistrés sont déjà tels que l'obtention des transmissions requiert l'emploi des mémoires auxiliaires à bande magnétique du calculateur et nous avons vu au chapitre précédent comment on pouvait effectuer les différents transferts et rangements pour être en mesure d'associer à tout moment les quantités requises comme il convenait.

En ce qui concerne le code SPNBE 085 point n'est besoin d'en faire autant. En effet ce code a pour objectif la détermination des grandeurs d'analyse qui permettront lors de l'étape suivante d'estimer les paramètres caractéristiques des différentes résonances. Les informations fondamentales se trouvent contenues dans l'ensem-

- 299 -

.

ble des courbes de transmission relatives à un élément donné. On peut donc examiner ces dernières une à une. Bien mieux rien n^roblige à considérer plus de 4096 canaux simultanément. Si la courbe en comportait davantage, il suffirait d'opérer un glissement nominal des canaux associé au glissement correspondant des zones.

Une des difficultés majeures à résoudre, préalablement à toute mesure des grandeurs d'analyse est celle d'ajuster la ligne de référence qui pour toute résonance, ou groupe de résonances, soumises à une analyse simultanée vient se confondre avec la droite d'ordonnée unité lorsqu'on fait abstraction de toutes celles qui ne relèvent pas de la même analyse. Nous verrons au paragraphe III.2 comment on parvientà placer ou à créer cette ligne en présence d'interférence.

Pour isoler l'analyse de son support instrumental on définira toutes les grandeurs d'analyse relative à chaque résonance à partir de son centrage, c'est-à-dire, en dernier ressort à partir de l'abcisse de son minimum de transmission. De plus, comme nous le verrons au chapitre suivant, les commodités de calcul veulent que ces grandeurs soient sans dimensions. Certaines d'entre elles,

- 300 -

telles que les aires partielles ou les largeurs seront exprimées sous forme de variables réduites rapportées à la largeur Doppler Δ . Ainsi les aires seront de la forme $\frac{A_{IR}}{\Delta}$ et les bornes entre lesquelles elles sont mesurées s'écriront

$$a_{i}A = \frac{|\mathbf{E}_{i} - \mathbf{E}_{R}|}{\Delta}$$
(III.1.1)

De même les mi-largeurs à f de la profondeur seront exprimées en unités \triangle et les abcisses α_i T des transmissions interféro-résonnantes seront analogues à (III. 1.1).

Au paragraphe III.5 nous esquisserons la structure du code SPNBE 085.

III.2 DETERMINATION DE LA LIGNE DE REFERENCE

Nous avons vu au chapitre précédent que la transmission interféro-résonnante $(T_{IR})_i$ dans le canal en temps d'adresse i était théoriquement donnée par la relation (II.5.6) que nous rappelons

ci-après :

$$(T_{IR})_i = T_i/T_p$$
 (III.2.1)

En réalité, si on ne considère qu'une région limitée I du spectre en temps ne comportant qu'un ensemble fini de Q résonances, il faut tenir compte de la présence des résonances situées hors de cette région, mais qui se manifestent par une contribution non négligeable de leurs ailes dans la région considérée, de telle sorte que l'on doit plutôt écrire

$$(T_{IR})_{i} = \frac{T_{i}}{(T_{p} A)_{i}}$$
 (III.2.2)

où l'on a posé

$$(T_p A)_i = (T_A)_i \cdot T_p$$
 (III.2.3)

le terme $(T_A)_i$ rendant compte de la contribution globale dont on vient de parler ; autrement dit

$$(T_A)_i = \prod_{j \notin Q} (T_{IR}^{(j)})_i \qquad (III.2.4)$$
avec une approximation d'autant meilleure que l'élargissement Dôppler et la fonction de résolution ont des effets de plus en plus négligeables au fur et à mesure que l'on s'éloigne sur les ailes.

\$

Hors résonances la relation (III.2.2) donne $(T_{IR})_i = 1$

La première difficulté vient de ce que l'on ne connait pas $(T_{pA})_i$ au droit des résonances. Il faut donc le calculer dans chaque canal, et pour ce faire placer la ligne de référence.

III.⁹.1 Méthode du spectre des ailes

Si les circonstances sont heureuses la courbe des transmission présente des régions vides de résonances à partir desquelles on reconstruit la ligne de référence par continuité. C'est la méthode du spectre des ailes que nous avons déjà utilisée au chapitre précédent, avec la seule différence, cette fois, que les coefficients a_1 et a_2 des relations (II.5.28) et (II.6.29) ne font plus intervenir des comptages Nc_i^E mais soit des transmissions totales T_i , soit des transmissions interféro-résonnantes $(T_{IR})_i$ définies en (III.2.1)

- 303 -

•

• •

•

Dès lors on aura comme en (II.5.27)

١

$$(T_{pA})_i = \alpha_1 + \alpha_2 ti \qquad \forall i \in 1$$
 (III. 2.5)

- -

.

et la variance de $(T_{pA})_i$ sera donnée par une relation analogue à (II.5.36). L'erreur sur $(T_{pA})_i$ en sera déduite comme le fut celle sur Na_i^E .

Ceci étant, $(T_{IR})_i$ sera calculée par (III.2.2), d'où

$$\Delta (T_{IR})_{i} = (T_{IR})_{i} \left[\left(\frac{\Delta T_{i}}{T_{i}} \right)^{2} + \left(\frac{\Delta (T_{pA})_{i}}{(T_{pA})_{i}} \right)^{2} \right]^{\frac{1}{2}}$$
(III. 2.6)

La détermination de la ligne de référence, celle des $(T_{IR})_i$ et de leurs erreurs se font dans le sous-programme SPA, version aménagée et simplifiée du sous-programme SPA introduit au chapitre précédent. Cette simplification s'inscrit dans le cadre des remarques faites dans l'introduction quant à la possibilité d'éviter tout travail sur bande magnétique.

Soulignons que la méthode du spectre des ailes se révèle être la seule pratique lorsqu'il s'agit d'étudier une petite résonance située sur le flanc d'une autre très marquée.

- 304 -

- 305 -

III.2.2 Méthode itérative

Lorsque les circonstances ne se prêtent pas à la mise en place de la ligne de référence par la méthode simple et sûre indiquée ci-dessus, il afaut alors essayer de la situer le plus exactement possible.

1

Telle est, par exemple, la situation lorsque les résonances présentent un terme d'interférence suffisamment influant pour que l'asymetrisation de la courbe qui en résulte rende vaine ou illusoire toute recherche sous forme de droite de régression. Cependant le caractère de faible courbure de la ligne de référence demeure et cela permet d'assimiler cette dernière à une fonction linéaire sur l'intervalle des résonances soumises à une analyse simultanée.

Il s'agit donc de déterminer deux points de passage de cette fonction. Pour cela considérons deux points d'abcisses E_1 et E_2 exprimées en énergie, et limitons nous pour la simplicité du raisonnement à une seule résonance comme l'illustre la figure III.2.11. Posons

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\varepsilon}' &= \boldsymbol{\mathrm{E}}_{\mathrm{R}} - \boldsymbol{\mathrm{E}}_{\mathrm{I}} \\ & \boldsymbol{\varepsilon} &= \boldsymbol{\mathrm{E}}_{2} - \boldsymbol{\mathrm{E}}_{\mathrm{R}} \end{aligned} \tag{III.2.7}$$

8

D'où, en utilisant la notation des variables réduites

- 306 -

٠

$$x_{\xi} = 2 \xi / \Gamma \qquad x_{\xi'} = 2 \xi' / \Gamma \qquad (III.2.8)$$

pour les sections efficaces totales

$$\sigma(\mathbf{x}_{\ell}) = \sigma_{0} \left[\varphi(\beta, \mathbf{x}_{\ell}) + \phi(\beta, \mathbf{x}_{\ell}) \operatorname{igK} \right] + \sigma_{pA}(\mathbf{x}_{\ell})$$
(III. 2.9)

$$\sigma(-x_{\epsilon'}) = \sigma_0 \left[\Psi(\beta_{,}-x_{\epsilon'}) + \Phi(\beta_{,}-x_{\epsilon'}) \ tgK \right] + \sigma_{pA}(-x_{\epsilon'})$$
(III. 2.10)

 σ_{pA} étant la section efficace hors de la résonance.

Si les points d'abcisses E_1 et E_2 sont pris suffisamment éloignés de E_R , on peut prendre les fonctions Ψ et ϕ sous la forme de leurs développements asymptotiques (I.6.71), (I.6.72) et écrire

$$\Psi(\beta, x_{\ell}) = \frac{1}{1 + x_{\ell}^{2}} \left(1 + \frac{3}{2} \frac{\beta^{2}}{x_{\ell}^{2}}\right) = \frac{r^{2}}{r^{2} + 4\ell^{2}} \left(1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta^{2}}{\ell^{2}}\right) \quad (\text{III. 2. 11})$$

$$\Psi(\beta - x) = \frac{1}{1 + x_{\epsilon'}^2} \left(1 + \frac{3}{2} \frac{\beta^2}{x_{\epsilon'}^2}\right) = \frac{\Gamma^2}{\Gamma^2 + 4\epsilon'^2} \left(1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta^2}{\epsilon'^2}\right) \quad (\text{III. 2. 12})$$

•

• •

•

$$\Phi(\beta, x_{\epsilon}) = \frac{x_{\epsilon}}{1 + x_{\epsilon}^{2}} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{\beta^{2}}{x_{\epsilon}^{2}}\right) = \frac{2\epsilon \Gamma}{\Gamma^{2} + 4\epsilon} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{\Delta^{2}}{\epsilon^{2}}\right)$$
(III. 2.13)
$$\Phi(\beta, -x_{\epsilon'}) = -\frac{x_{\epsilon'}}{1 + x_{\epsilon'}^{2}} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{\beta^{2}}{x_{\epsilon'}^{2}}\right) = -\frac{2\epsilon' \Gamma}{\Gamma^{2} + 4\epsilon'^{2}} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{\Delta^{2}}{\epsilon'^{2}}\right)$$
(III. 2.14)

- 307 -

Dans ces conditions

· · ·

r •

•

•

$$\sigma(E_2) = \frac{\sigma_0 \Gamma^2}{\Gamma^2 + 4\epsilon^2} \left[1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta^2}{\epsilon^2} + \frac{2\epsilon}{\Gamma} (1 + \frac{1}{2} \frac{\Delta^2}{\epsilon^2}) tgK \right] + \sigma_{pA}(E_2) \quad (III. 2.15)$$

soit pour la transmission en E_2

$$T(E_{2}) = T_{pA} (E_{2}) \exp \left\{ -\frac{n\sigma_{0} \Gamma^{2}}{\Gamma^{2} + 4\epsilon^{2}} \frac{t_{1}^{2} + \frac{3}{2}}{\frac{1}{\epsilon^{2}}} \frac{\Delta^{2}}{\epsilon^{2}} + \frac{\Delta^{2}}{\epsilon^{2}} + \frac{2\epsilon}{\epsilon^{2}} + \frac{2\epsilon}{\Gamma} (1 + \frac{1}{2} - \frac{\Delta^{2}}{\epsilon^{2}}) tgK] \right\}$$
(III. 2.16)

d'où

$$T_{pA}(E_2) = T(E_2) \exp\left\{\frac{n\sigma_0 r^2}{r^2 + 4\epsilon^2} \left[1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta^2}{\epsilon^2} + \frac{2\epsilon}{r} (1 + \frac{1}{2} \frac{\Delta^2}{\epsilon^2}) tgK\right]\right\} (III. 2.17)$$

De la même façon on obtient

·· · · ·

.

•

$$T_{pA}(E_{1}) = T(E_{1}) \exp \left\{ \frac{n\sigma_{0}r^{2}}{r^{2}+4\epsilon^{2}} \left[1 + \frac{3}{2}\frac{\Delta^{2}}{\ell^{2}} - \frac{2\epsilon'}{r} (1 + \frac{1}{2}\frac{\Delta^{2}}{\epsilon^{2}})tgK \right] \right\} (III.2.18)$$

#

Ceci étant, on pourra écrire dans le canal i

$$(T_{pA})_{i} = \frac{T_{pA}(E_{2}) - T_{pA}(E_{1})}{\epsilon + \epsilon'} E_{i} - \frac{E_{1} T_{pA}(E_{2}) - E_{2} T_{pA}(E_{1})}{\epsilon + \epsilon'}$$
 (III.2.19)

En fait les points d'abcisses E_1 , E_2 sont entachés d'erreur quant à leurs ordonnées, et un tel calcul n'aurait aucune signification si l'on ne prenait pas au préalable la précaution de lisser la courbe de transmission dans la région où ces points sont choisis. Pour ce faire on assimilera la courbe de transmission dans ces régions à une droite dont les coefficients seront déterminés par une méthode de moindres carrés. C'est le sous-programme SPAT qui le fait. Il est en teus points inspiré du sous-programme SPA déjà cité.

En ce qui concerne le calcul d'erreur on peut considérer la quantités ξ' et ξ comme exactes. Mais il en est tout autrement

des quantités $T(E_2)$ et $T(E_1)$ qui sont entachées des erreurs inhérentes à la détermination des droites de régression sur les ailes. On connait ces erreurs. Leurs valeurs se calculent à partir d'éléments fournis par le sous-programme SPAT.

Par ailleurs la question se pose de savoir dans laquelle mesure l'estimation de T_{pA} est sensible aux différents paramètres qui interviennent dans son calcul, car en fait à ce stade on ignore et $\sqrt{100}$ et σ_0 .

L'expérience montre que le produit $n\sigma_0$ ^(°) est pratiquement constant sur une plage relativement importante dans les conditions expérimentales de résolution et d'effet Döppler où nous nous trouvons lorsqu'on les fait varier. C'est ce qu'illustre la figure 1II.2.2.

En posant donc $n\sigma_0 \Gamma = A$, on a

$$\frac{\partial T_{pA}(E_2)}{\partial \Gamma} = T_{pA}(E_2) \frac{A}{\Gamma^2 + 4\epsilon^2} \left\{ 1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta^2}{\epsilon^2} - \frac{2\Gamma^2}{\Gamma^2 + 4\epsilon^2} \left[1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta^2}{\epsilon^2} \right] \right\}$$

(III. 2. 20)

- 309 -

ł



soit, pour l'erreur imputable à une mauvaise estimation de Γ , en se limitant au premier ordre en $\frac{\Gamma^2}{\Gamma^2 + 4\xi^2}$

$$\frac{\delta_{\Gamma} T_{p} A(E_{1})}{T_{p} A(E_{1})} \simeq \frac{\delta_{\Gamma}}{\Gamma} \cdot \frac{n \sigma_{0}}{1 + 4\epsilon^{2}/\Gamma^{2}} \left(1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta^{2}}{\xi^{1}}\right) \qquad (III. 2. 21)$$

£

On obtiendrait de même

$$\frac{\delta_{\Gamma} T_{p} A(E_{1})}{T_{p} A(E_{1})} \simeq \frac{\delta_{\Gamma}}{\Gamma} \cdot \frac{n \sigma_{\sigma}}{1 + 4\epsilon'^{2}/\Gamma^{2}} \left(1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta^{2}}{\epsilon'^{2}}\right) \quad (\text{III. 2. 22})$$

Les expressions (III.2.21) et (III.2.22) montrent qu'en prenant $\xi > 10 \Gamma$ et $\xi' > 10 \Gamma$ on peut dans la pratique rester au-dessous du pour-cent sur chaque point obligé.

ł

;

On peut écrire les erreurs (III.2.21) et (III.2.22) en remarquant que $\delta \Gamma = \Gamma_{exp} - \Gamma_{avec} \Gamma_{exp} > \Gamma$, et se souvenir que l'on a admis $n\sigma_0 \Gamma \simeq A \simeq (n\sigma_0 \Gamma) exp$, de sorte que

$$\frac{\delta_{\Gamma} T_{p} A(E_{2})}{T_{p} A(E_{2})} \leq \left(\Gamma_{exp} - \Gamma \right) \frac{(n \sigma_{0} \Gamma)_{exp}}{4\epsilon^{2}} \left(1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta^{2}}{\epsilon^{2}} \right)$$
(III. 2.23)

En première approximation on peut écrire d'après (III.3.5)

- 311 -

$$\Gamma_{exp} - \Gamma \lesssim 1,66(\Delta^2 + R^2)^{1/2} = 1,66 \Delta^3$$
 (III.2.24)

Æ

ł

۰,

•

: :

~~~~

si bien que

$$\frac{\delta \Gamma T_{pA}(E_2)}{T_{pA}(E_2)} \lesssim 0.415 \quad \frac{(n\sigma_0 \Gamma)_{exp}}{\epsilon^2} (1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta^2}{\epsilon^2}) \Delta' \quad (III.2.25)$$

de même

$$\frac{\delta\Gamma^{T}_{pA}(E_{1})}{T_{p}(\Lambda(E_{1}))} \leq 0.415 \quad \frac{(n\sigma_{0}\Gamma)_{exp}}{\epsilon'^{2}} (1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta^{2}}{\epsilon'^{2}}) \Delta' \qquad (III.2.26)$$

Au total on peut donc admettre pour estimation de l'erreur sur  $T_{p\Lambda}(E_2)$  l'expression ci-après, dans laquelle il est entendu que les valeurs expérimentales des paramètres sont substituées à leurs valeurs théoriques dans  $T(E_2)$ . C'est d'ailleurs au prix éventuel de cette erreur que cette substitution se fait

$$\delta T_{pA}(E_2) = \left[ T^2(E_2) \ \delta T^2(E_2) + 0.17 \ \frac{(n\sigma_0 \Gamma)_{exp}^2}{\epsilon^4} (1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta^2}{\epsilon^2}) \ \Delta^2 T_{pA}^2(E_2) \right]^{1/2}$$
(III. 2. 27)

- 312 -

.

De façon analogue

$$\delta T_{pA}(E_1) = \left[ T^2(E_1) \ \delta T^2(E_1) + 0, 17 \ \frac{(n\sigma_0 \Gamma)_{exp}^2}{\epsilon'^4} \left( 1 + \frac{3}{2} \ \frac{\Delta^2}{\epsilon'^2} \right) \Delta^2 T_{pA}^2(E_1) \right]^{1/2}$$
(III. 2. 28)

On affectera systématiquement tous les  $(T_{pA})_i$  de l'erreur maximum qui entache les points obligés encadrants. Il serait illusoire de procéder autrement. Donc

$$(\delta T_{pA})_{i} = \max \left[ \delta T_{pA}(E_{2}), \delta T_{pA}(E_{1}) \right]$$
 (III. 2. 29)

۱

٠

۱

Remarquons qu'il n'est pas nécessaire de connaitre exactement l'attribution isotopique de la résonance. Dans la pratique il suffit de connaitre le produit  $(n\sigma_0)_{exp}$  qui n'en dépend pas, et dans lequel on peut prendre pour n celui relatif au mélange naturel. En fait, c'est le produit qui seul intervient et cela permet de déterminer la ligne de référence pour un ensemble de plusieurs résonances

- 313 -

groupées, simplement en généralisant les relations qui viennent d'être écrites.

Ainsi, si on considère deux points d'abcisses  $E_1$  et  $E_2$ encadrant le groupe et si on pose

$$\epsilon'_{k} = E_{R_{k}} - E_{1}$$
 (III. 2. 30)  
 $\epsilon_{k} = E_{2} - E_{R_{k}}$  (III. 2. 31)

.

l'indice k repérant les résonances, on aura

· -

$$\Gamma_{1,\lambda} = \Gamma(\Gamma_{2}) \exp\left\{\sum_{k \in \mathbf{I}} \frac{\left(n\sigma_{0}\Gamma^{2}\right)_{k}}{\Gamma_{k}^{2} + i\epsilon_{k}^{2}} \left[1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta_{\kappa}^{2}}{\epsilon_{k}^{2}} - \frac{2\epsilon_{k}}{\Gamma_{k}} \left(1 + \frac{4}{2} \frac{\Delta_{\kappa}^{2}}{\epsilon_{k}^{2}}\right) tgK_{k}\right]\right\}$$

ŧ

•

------

----

-

et 
$$T_{\rho A}(E_{1}) =$$
  
 $T_{\rho A}(E_{1}) \exp \left\{ \sum_{\kappa \in I} \frac{(n\sigma_{0}\Gamma^{2})_{\kappa}}{\Gamma_{\kappa}^{2} + i\epsilon'_{\kappa}} \left[ 1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta_{\kappa}^{2}}{\epsilon'_{\kappa}^{2}} - \frac{2\epsilon'_{\kappa}}{\Gamma_{\kappa}} (1 + \frac{1}{2} \frac{\Delta_{\kappa}^{2}}{\epsilon'_{\kappa}^{2}}) tgK_{\kappa} \right] \right\}$  (III. 2.33)

où il s'agit partout de paramètres expérimentaux.

La ligne de référence est définie par

$$(T_{pA})_{i} = \frac{T_{pA}(E_{2}) - T_{pA}(E_{1})}{E_{2} - E_{1}} E_{i} - \frac{E_{1} T_{pA}(E_{2}) - E_{2} T_{pA}(E_{1})}{E_{2} - E_{1}} (III.2.34)$$

, ,

ı

•

.

ł

. . .

;

•

i

\*\*\*\*

(

avec pour erreur

$$(\[\delta T_{pA})_i = \max \left[ \delta T_{pA}(E_2), \[\delta T_{pA}(E_1) \right]$$
 (III. 2. 35)

où

$$\begin{split} \delta T_{p\Lambda}(E_2) &= \left[ T^2(E_2) \ \delta T^2(E_2) + 0, 17 \sum_{k \in I} \frac{\left( n \sigma_0 \Gamma \right)_k^2}{\epsilon_k^{\mu} k} \left( 1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta^2_k}{\epsilon_k^2} \right)^{\Delta_k^2} T_p^2 A(\epsilon_2) \right]^{1/2} \end{split}$$
 (III. 2. 36)

et

$$\delta_{\mathrm{T}_{\mathrm{pA}}(\mathrm{E}_{1})} = \left[ \mathrm{T}^{2}(\mathrm{E}_{1}) \ \delta \mathrm{T}^{2}(\mathrm{E}_{1}) + 0, 17 \sum_{k \in \mathrm{I}} \frac{(\mathrm{n\sigma_{0}} \Gamma)^{2}_{k}}{\varepsilon'_{k}^{4}} (1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta_{k}^{2}}{\varepsilon'_{k}^{4}}) \Delta_{k}^{2} \mathrm{T}_{\mathrm{pA}}^{2}(\mathrm{E}_{4}) \right]$$
(III.2.37)

où, une fois encore, il s'agit partout de paramètres expérimentaux.

.

(35.2.401) re (16.2.401) sociolor del request (10.2.331) et (10.2.36) a de la dimensional del l'a della dignational determine la dignation de la dignational projectana de la dignatic, den districtor de geometres de resources considérées.

A state a state of the construction of the

Provide a strate de la service de la serv

V composition de consectantes accessares la high de verende contentes de verende contentes de verende contentes de verende de contentes de contentes

(Set 3. (10) 
$$\frac{0}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt$$

or the or water the

el enguer de decrete des centòres d'arret, coms a premique la lo el contrat de des centores d'arrete, la l'12, 11.

" j

# **III.3 DETERMINATION DES PARAMETRES EXPERIMENTAUX**

D'après ce qui vient d'être dit, il nous faut donc déterminer au mieux les valeurs expérimentales  $\Gamma_{exp}$  et  $(n\sigma_0)_{exp}$ . En fait nous y ajouterons  $(E_R)_{exp}$ , et, en dernier ressort, nous séparerons  $(\sigma_0)_{exp}$  d'avec n afin de disposer du jeu complet des trois paramètres pour chaque résonance. Ce jeu sera utilisé ultérieurement en tant qu'ansemble de valeurs d'essai dans la recherche des vraies valeurs par moindres carrés.

En ce qui concerne la section efficace  $(\sigma_0)_{exp}$  nous prendrons tout simplement

$$(\sigma_{o})_{exp} = -\frac{1}{an} \log [(T_{IR})_{mim}] \exp (III.3.1)$$

où a désigne l'abondance isotopique de l'élément responsable de la résonance.

Il faut toutefois prendre soin de se limiter à des  $(T_{IR})_{min}$  pas trop petits pour avoir suffisamment de précision sur  $(\sigma_0)_{exp}.0,3$ semble une valeur minimum raisonnable.

- 316 -

 La relation (III.3.1) implique la connaissance du minimum de transmission, ce qui exige une interpolation entre les points expérimentaux. Une telle interpolation est également nécessaire pour le calcul de  $\Gamma_{exp}$ . Elle sera faite après avoir procédé au préalable à un lissage des points expérimentaux en polynômes de Legendre sur une région définie de la façon suivante. Elle sera limitée de part et d'autre de  $E_R$  soit par la présence d'une résonnance voisine rapprochée, soit par le fait que le nombre maximum de 50 points est atteint, soit enfin par un point expérimental chuté par (accident. Précisons que ce dernier critère n'intervient que très rarement.

Le calcul des coefficients du développement se fait à l'aide du sous-programme ADELIS inspiré du sous-programme décrit dans [III. 3.1] .

ł

La détermination du minimum de transmission elle-même se fait par une méthode d'approximations successives dans le sousprogramme TRMIN qui calcule par ailleurs (<sub>exp</sub>. En fait ce sousprogramme fait plus que cela puisqu'il calcule aussi les largeurs à

- 317 -

f de la profondeur dont nous ne parlerons pas tout de suite sauf dans la mesure où f prend la valeur particulière correspondant à  $P_{exp}$  (voir figure III.3.1)

$$f = \frac{\sqrt{(T_{IR})_{min} - (T_{IR})_{min}}}{1 - (T_{IR})_{min}}$$
(III.3.2)

Le calcul s'effectuera en deux étapes, chacune d'elles se rapportant à la détermination de l'une ou l'autre des deux énergies  $E'_1$ ,  $E'_2$  telles que

$$T_{IR}(E'_{i}) = \sqrt{(T_{IR})_{min}}$$
  $i = 1,2$  (III.3.3)

ł

Toutefois il se pourrait que la relation (III.3.3) n'admette qu'une seule solution significative. Tel serait le cas si la présence d'une résonance très voisine empêchait la transmission de remonter à la valeur du second membre. On prendrait alors

$$\Gamma \exp = 2\Gamma_1 \quad \text{ou} \quad \Gamma \exp = 2\Gamma_2 \qquad (\text{III.3.4})$$

. {

Il se pourrait aussi que la valeur de f définie par (III.3.2) conduise à considérer des valeurs de T situées en dehors de la zone de lissage. Dans ce cas le programme imprimera un message libellé de la façon suivante " $\Gamma_{exp}$  à pren dre sur un autre écran".

Si  $(T_{IR})_{min}$  se révélait trop petit pour que le câlcul de  $\Gamma_{exp}$ ait un sens, en particulier s'il était nul, le calcul serait déclaré impossible.

Enfin si malencontreusement (T<sub>IR</sub>)<sub>min</sub> se trouvait être légèrement négatif, ce qui serait probablement la conséquence d'une normalisation incorrecte, le programme l'indiquerait en annonçant "pas d'analyse de cette résonance".

Pour toutes ces raisons le programme identifie d'abord les valeurs expérimentales entre lesquelles se situe  $\sqrt{(T_{IR})_{min}}$ , puis cherche à l'encadrer de plus en plus finement le long de la courbe lissée jusqu'à ce que soit satisfait le critère de précision choisi. Il procède alors au calcul des énergies  $E'_1$  et  $E'_2$  d'où  $\Gamma_{exp}$ .

On peut vouloir dès à présent se faire une idée de la valeur vraie des paramètres bien que l'on ne dispose point encore de

## - 319 -

\_ :

Ł

beaucoup d'éléments pour le faire. Aussi devons nous souligner que la méthode n'est valable qu'autant que les hypothèses de calcul énoncées sont vérifiées. Généralement l'approximation est assez valable quant à la largeur  $\sqcap$ , et c'est pourquoi elle peut être utilisée dans le calcul d'erreur (III.2.24), mais elle se révèle beaucoup plus sujette à caution en ce qui concerne la section efficace  $\sigma_0$ .

En première hypothèse faisons abstraction de l'effet de résolution et ignorons toute interférence entre le terme de diffusion résonnante et celui de diffusion potentielle. Rappelons donc la relation approchée que nous écrivons ci-après [I.6.2]

$$\Gamma_{\rm exp}/\Gamma = 0,62 \pm 0,83 \beta$$
 (III. 3.5)

Ł

d'où l'on peut déduire

$$\beta = \frac{0,62 \ \beta \ \exp}{1 - 0,83 \ \beta \exp}$$
(III.3.6)

d'autre part on a

$$\gamma_{-1}(\beta,0) = \frac{1}{\beta\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{1+y^2} e^{-y^2/\beta^2} dy$$
 (III.3.7)

3

que l'on peut écrire

$$\psi(\beta,0) = \frac{2}{\beta} e^{\frac{1}{\beta^2}} \int_{\frac{1}{\beta}}^{\infty} e^{-u^2} du \qquad (III.3.8)$$

.

3

{

1 1

soit encore

$$\sqrt{(\beta,0)} = \frac{2}{\beta} e^{\beta^2} \left[ \int_{0}^{+\infty} e^{-u^2} du - \int_{0}^{\beta} e^{-u^2} du \right] \quad (\text{III. 3. 9})$$

d'où

•

$$\psi(\beta,0) = \frac{2}{\beta} e^{\frac{1}{\beta^2}} \left[ \frac{\sqrt{\pi}}{2} - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n!(2n+1)\beta^{2n+1}} \right] (III.3.10)$$

d'où

$$\gamma_{\tau}(\beta,0) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{1}{\beta^2}} (\sqrt{\pi} - \frac{2}{\beta} + \frac{2}{3\beta^5} - \frac{1}{5\beta^5} + ...)$$
 (III. 3.11)

On en déduit une approximation de  $\sigma_0$ , compte tenu de (I,4.1)

$$\sigma_{0} \stackrel{-!}{\sim} \sigma_{exp} = \frac{-\frac{1}{\beta^{2}}}{(0,565 \beta + 0,637 + \frac{0,51}{\beta} + ...)}$$
 (III. 3.12)

Introduisons maintenant l'effet de résolution.

:

1. 1 1

- 322 -

La fonction 
$$\mathcal{V}(\beta,x)$$
 définie en (I.4.2) n'est autre qu'un produit de convolution

$$\gamma_{1}^{(1)}(\beta, \mathbf{x}) = \frac{1}{1+\mathbf{x}^{2}} \times f_{\beta}(\mathbf{x})$$
 (III. 3.13)

où

$$f_{\beta}(x) = \frac{1}{\beta \sqrt{\pi}} \exp\left[-\frac{x^2}{\beta^2}\right] \qquad (III.3.14)$$

donc

٠

$$\sigma(\beta, \mathbf{x}) = \sigma(\mathbf{x}) + f_{\beta}(\mathbf{x}) \qquad (III.3.15)$$

Posons parallèlement

$$f_{\psi}(x) = \frac{1}{\psi \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{x^2}{2 \psi^2}\right]$$
 (III. 3.16)

Alors on peut écrire, si l'écran n'est pas trop épais

$$\sigma_{exp} (x) = \sigma(x) + f_{\beta} (x) + f_{\psi} (x)$$
 (III.3.17)

Mais le produit de convolution  $f_{\beta}(x) \star f_{\psi}(x)$  a pour transformée de Fourier

,

•

1

٢

ł

\* • 1

t

.

, , , ,

. \_ . .

$$- 323 - f_{\beta}(x) + f_{\varphi}(x) \xrightarrow{T.F} \exp\left[-\pi^{2}(\beta^{2}+2\varphi^{2})u^{2}\right] \quad (III.3.18)$$

4

ł

d'où par réciprocité

$$f_{\beta}(x) \star f_{\varphi}(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi(\beta^2 + 2\psi^2)}} \exp\left[-\frac{x^2}{\beta^2 + 2\psi^2}\right]$$
 (III.3.19)

Tout se passe donc comme si l'on avait un effet Döppler fictif caractérisé par  $\beta' = (\beta^2 + 2 \varphi^2)^{1/2}$ , et l'on écrira pour valeur approchée de  $\beta$ , d'après (III.3.6)

$$\beta = \frac{0.62(\beta^2 \exp^{+2} \psi^2 \exp^{-1/2})}{1 - 0.83(\beta^2 \exp^{+2} \psi^2 \exp^{-1/2})}$$
(III.3.20)

d'où il est facile de tirer  $\Gamma$ . Dans la relation ci-dessus

$$\varphi_{\exp} = \frac{R}{2\Delta} \beta_{\exp} \qquad (III.2.21)$$

le rapport  $R/2 \triangle$  étant une donnée définie par les conditions expérimentales.

Ceci étant, pour obtenir une estimation approchée de  $\sigma_0$  il suffit, dans la relation (III.3.12), de remplacer  $\beta$  par son expression (III.3.20).

. . . Notons que dans une certaine mesure les valeurs expérimentales des paramètres peuvent donner une idée de la cohérence des mesures portant sur des écrans de même composition, mais d'épaisseurs différentes. La relation (III.3.5) nous le fait pressentir, mais plaçons nous dans la situation plus réaliste où la seule hypothèse faite est celle d'un effet de résolution négligeable. Dans ces conditions les équations (III.3.3) sont les solutions permettent d'atteindre  $\Gamma_{exp}$ peuvent s'écrire en termes de sections efficaces sous la forme simple

$$\sigma(E'_{i}) = \frac{1}{2} \sigma((E_{R})_{exp})$$
; i = 1,2 (III.3.22)

Ł

On constate alors que ces équations sont indépendantes de l'épaisseur de l'échantillon tout comme  $(E_R)_{exp}$  l'est, pour autant que ces équations sont valables. Ceci veut dire que, dans la mesure où l'effet de résolution joue peu, la largeur mesurée  $\sqcap_{exp}$  devrait se conserver d'un échantillon à l'autre de même composition.

- 324 -

\_ {

- 325 -

# UI. 1 DETERMINATION DES GRANDEURS D'ANALYSE

Les grandeurs d'analyse se classent en quatre catégories différentes selon qu'elles relèvent de l'une ou l'autre des quatre fonctions d'analyse sur lesquelles reposent les méthodes décrites cn détail au chapitre suivant.

Ce sont

les aires partielles,

les transmissions interféro-résonnantes,

les minimums de transmission,

les largeurs à f de la profondeur.

S'il n'est rien de plus à dire en ce qui concerne les transmissions et leur minimum, car nous les avons étudiés en traitant du problème de la mise en place de la ligne de référence et de celui de la détermination des paramètres expérimentaux, il nous reste à dire comment s'effectuent la mesure des aires partielles et celle des largeurs à f de la profondeur.

:

Ł

# III.4.1 Aires partielles

Il n'est pas inutile de rappeler que la courbe de transmission expérimentale se présente en fait sous la forme d'un histogramme tel que celui présenté à la figure III.4.1. histogramme que l'on remplace commodément par une courbe continue passant au mieux à travers les points centrés sur les canaux, sinon par les points eux-mêmes dans le meilleur cas. Ainsi a-t-on pu définir par le tracé, avec une certaine erreur, le minimum  $(T_{IR})_{min}$  de la courbe, et son abcisse  $(E_{IR})_{exp}$ . Dans le cas où le terme d'interférence est négligeable l'abcisse de ce minimum définit l'énergie  $E_R$  elle-même. Mais la situation la plus fréquente est bien celle représentée à la figure III.4.1, en ce sens que  $E_R$  ne coîncide, ni avec  $(E_R)_{exp}$ , ni avec l'axe d'un canal.

ł

i

Par définition les aires partielles sont les aires comprises entre l'horizontale d'ordonnée unité et la courbe  $(T_{IR})_i$ , mesurées entre deux verticales qui ne sont autres que les frontières extérieures des canaux extrêmes bordant l'ensemble des canaux sur lesquels porte la mesure. Si un désigne par  $I_A$  cet ensemble on aura

- 327 -

$$(A_{IR})^{I_{A}}_{exp} = \sum_{i \in I_{A}} k_{i} \left[ 1 - (T_{IR})_{i} \right]$$
(III.4.1)

\$

ŧ

où k<sub>i</sub> désigne la largeur en ésergie du canal i.

En réalité, pour faciliter les calculs ultérieurs, on retient plutôt la grandeur d'analyse sans dimension

$$\frac{1}{2} \left( A_{IR} \right)_{exp}^{IA} = \frac{1}{2} \sum_{i \in I_A}^{I} k_i \left[ 1 - \left( T_{IR} \right)_i \right] \qquad (iII.4.2)$$

le facteur de réduction étant la largeur Döppler de la résonance considérée. On peut encore écrire la relation (III.4.2) sous la forme

$$\frac{1}{2} (A_{IR})_{exp}^{IA} = \frac{1}{2} \beta E_{IA} - \frac{1}{2} \sum_{i \in IA} k_i (T_{IR})_i \qquad (III.4.3)$$

 $\dot{\Lambda}^{'E}I_{A}$  exprimant l'aire du rectangle de hauteur unité bâti sur l'intervalle  $I_{\Lambda}$ . Cette dernière n'est d'ailleurs entachée d'aucune erreur

grâce à la bonne linéarité des analyseurs en temps. De sorte que l'erreur sur l'aire partielle (III.4.3) est toute entière contenue dans celle engendrée par l'imprécision sur les  $\left(T_{IR}\right)_i$  .

Pour éviter toute cor sion avec la largeur Döppler, nous symboliserons les erreurs par  ${\bigtriangleup}_{\xi}$  . On aura donc

$$\Delta_{\varepsilon} \left[ \frac{1}{\Delta} \left( A_{\text{IR}} \right)_{\text{exp}}^{\text{IA}} \right] = \frac{1}{\Delta} \left[ \sum_{\substack{\nu \in I_{\Omega} \\ \nu \in I_{\Omega}}} k_{i}^{2} \left( \Delta_{\varepsilon} T_{\text{IR}} \right)_{\nu}^{2} \right]^{\frac{1}{2}}$$
(JII. 4. 4)

Dans le détail du calcul on laissera le soin au programme de choisir lui-même l'étendue de l'intervalle  $I_A$ . Pour cela il suffit de lui indiquer le ou les canaux de centrage de chaque résonance. Il procèdera alors à partir de l'aire centrale correspondante par additions successives d'aires latérales résultant de l'adjonction répétée de canaux adjacents pris de part et d'autre, ou d'un même côté, tant qu il me sera pas arrêté par l'un des critères suivants.

A gauche du ou des canaux de centrage :

i) si la transmission dans le dernier canal ajouté atteint ou dépasse 0,9

· · · · · · · ·

ii) si la transmission dans ce canal est inférieure à celle du canal précédent, au delà des limites compatibles avec les barres d'erreur. Une telle différence signifie que l'on aborde la résonance voisine, à moins que l'on ne se trouve en présence d'un point abérrant, ce qui est très rare, doit-on dire,

iii) si l'on sort de la zone d'analyse hors de laquelle on ne dispose plus de transmissions expérimentales.

A droite du ou des canaux de centrage :

i) si on s'est éloigné du point de départ d'une distance, mesurée en énergie, égale au moins à deux fois la largeur à mi-profondeur.
L'existence de ce critère implique assurément que les circonstances permettent la mesure de cette largeur.

ł

5

ii) si la transmission dans le dernier canal étant inférieure à l'unité le critère ii) énoncé précédemment est satisfait

iii) si l'on sort de la zone d'analyse hors de laquelle on ne dispose plus de transmissions expérimentales.

Les aires partielles se calculent directement dans le programme :. principal.

- 329 -

#### **III.4.2** Largeurs à f de la profondeur

Les largeurs totale à f de la profondeur en tant que grandeurs d'analyse sont au nombre de quatre, et la méthode d'analyse y afférente les mettra en jeu dans la mesure où la configuration de la courbe de transmission permettra de les définir. En fait on sera amene à considérer les mi-largeurs mesurées en unités 4 à droite ou à gauche de l'abcisse  $\frac{1}{\Delta}(E_R)_{exp}$ . C'est dire qu'il s'agit encore de grandeurs d'analyse sans dimensions.

Les quatre fractions de profondeur f sont respectivement 1/6, 1/3, 1/2 et 2/3. Elles ont été choisies ainsi aussi bien pour leur simplicité que pour l'équidistance des niveaux qu'elles définissent dans le creux de transmission.

La figure III.4.2 illustre la répartition relative des ordonnées auxquelles s'effectue la mesure des mi-largeurs  $(\gamma_{f}^{(1)})_{exp}$  et  $(\gamma_{f}^{(2)})_{exp}$ . Cette opération dst exécutée par le sous-programme TRMIN. Elle se fait en première approche par comparaison de la transmission

- 330 -

:

interféro-résonnante expérimentale en chaque point avec les ordonnées respectives  $T_f des (\gamma_f^{(i)})_{exp}$ , définies par f en fonction de  $(T_{IR})_{min}$ dont nous savons qu'il a été calculé lors de la détermination des paramètres expérimentaux.

$$T_{f} = (1-f) (T_{IR})_{min} + f$$
 (III. 4.5)

ou, ce qui revient au même,

$$T_{f} = (1-f) T_{IR} (\alpha_{min}) + f$$
 (III.4.6)

Cette approche est faite en se déplaçant le long de la courbe expérimentale à partir de la première borne de l'intervalle de lissage. Lorsque le niveau choisi est détecté la recherche est affinée autour de  $T_f$ , entre les deux points expérimentaux qui encadrent ce niveau, jusqu'à être sûr de ne pas en rester éloigné de plus de 1 %.

On pourrait resserrer cette marge à volonté, si bien qu'il est raisonnable de considérer l'erreur sur les mi-largeurs comme provenant essentiellement de celle que l'on commet sur  $T_f$  à la suite du lissage, d'autant que dans la partie de courbe où sont

- 331 -

and a second second

mesurées les  $\gamma_{f}^{(i)}$  celle-ci descend ou remonte rapidement. Autrement dit en assimilant la courbe de transmission à une droite de pente on a sur l'intervalle de l'erreur  $\Delta_{\xi}(\gamma_{f}^{(i)})_{exp}$ , on peut écrire **a** 

$$\Delta_{\xi}(\gamma_{f}^{(i)})_{exp} = \frac{1}{a} (1-f) \Delta_{\xi} (T_{IR})_{min}^{i} \qquad (III.4.7)$$

ļ

ł

t

où l'on prendra pour estimation pessimiste de  $\triangle_{\xi}(T_{IR})_{min}$  l'erreur  $\triangle_{\xi}(T_{IR})_{i}$  du premier canal de centrage.

La relation (III.4.7) incite, dans la plupart des cas, à considérer tout particulièrement les largeurs à mi-profondeur  $(\gamma_{1/2}^{(i)})_{exp}$ pour lesquelles a est grand.

- 332 -

#### 

- 333 -

## III.5 LOGIQUE DU CODE

La structure du code SPNBE 085 reste simple. Elle est illustrée par le diagramme d'ensemble de la figure III.5.1.

.

Après lecture des données valables pour l'ensemble du spectre, le programme entreprend la mesure des grandeurs d'analyse. Pour ce faire on lui a confié la structure d'une boucle générale dont l'indice décompte non pas les résonances elles-mêmes, mais combien de lignes de référence doivent être mises en place. C'est seulement une fois chaque ligne mise en place et après le calcul des transmissions interféro-résonnantes résultantes, que les résonances sont prises en compte une à une.

Les problèmes posés par la détermination de la droite d'ordonnée unité propre à chaque résonance, ou à chacun des groupes faits de NIRE résonances trop rapprochées les une des autres pour être considérées individuellement, ont été examinés en début de chapitre. Hormis le cas trivial et relativement rare où la simple connaissance de la transmission potentielle permet d'éviter coute difficulté, on doit

\_ \*

ł

•

doit recourir à l'une des deux méthodes exposées, soit celle du spectre des ailes, recommandée en l'absence d'interférence, soit la méthode itérative indispensable dans le cas contraire. A coup sûr les calculs sont conduits différemment selon les circonstances et c'est pourquoi la première articulation du programme est conditionnée par le choix de la méthode. C'est l'indice ICALTP qui assure le branchement comme suit

ICALTP = 0 : le calcul des transmissions interféro-résonnantes  $(T_{IR})_i$  se fait simplement en divisant les transmissions totales  $T_i$  par la valeur de la transmission ; potentielle.

. . . . . .

1

ICALPT = 1 : le calcul des  $(T_{IR})_i$  se fait par appel du sousprogramme SPA. C'est la méthode du spectre de ailes.

ICALTP = 2 : la méthode itérative est mise en jeu.

Dans les deux premières éventualités le calcul des transmissions est suivi de la définition de l'intervalle de lissage, définition qui se

- 334 -

fait d'elle-même dans le programme selon les critères évoqués plus haut. On indique aussi au sous-programme TRMIN qu'il aura à effectuer tous les calculs dont il est capable, en mettant à zéro l'indice KTPA.

1

A l'inverse, dans la troisième éventualité les bornes de l'intervalle de lissage sont fixées en premier, tandis que l'indice KTPA est mis à un afin de limiter les calculs effectués par le sousprogramme TRMIN aux seuls nécessaires pour la détermination de la ligne de référence. D'autre part on initialise à zéro l'indice KARRET dont le rôle est d'arrêter le processus itératif en prenant une valeur npn nulle lorsque les critères de convergence reflétant les relations (III. 2. 39) et (III. 2. 40) auront été satisfaits. Jusqu'à ce qu'il en soit ainsi le programme procède de la manière suivante. Il considère un bloc de transmissions expérimentales qui, à l'itération zéro, peuvent se confondre avec les transmissions totales, il appelle le sous-programme TRMIN pour calculer les minimums et leurs abcisses relatifs à chacune des résonances du groupe considéré, et pour mettre en place une première ligne de référence

- 335 -

- 336 -

.

A.M.A.

ŝ

4

:

;

Ł

par appel du sous-programme TPSA qui en déduit les nouvelles transmissions. Ces transmissions sont transférées dans le bloc initial et le processus recommence. Deux obstacles majeurs peuvent dès le départ interdire le déroulement des opérations. Ou bien l'une des valeurs des minimums de transmission est si petite qu'elle rend vaine toute tentative de mesure de la largeur expérimentale correspondante en lui infligeant une imprécision qui lui retire toute signification, a fortiori si cette valeur est nulle ou légèrement négative ; ou bien l'ordonnée de cette largeur conduit à une transmission dont l'abcisse n'appartient pas à l'intervalle de lissage. On est averti du caractère déséspéré de la situation par l'indice KGAM qui, s'il reste nul et muet tant que tout se passe bien, provoque au contraire l'émission d'un message s'il devient positif et fait passer au traitement du groupe suivant de réspnances. Lorsque les transmissions interféro-résonnantes finales sont obtenues, l'indice KTPA est remis à zéro et le branchement se fait vers l'instruction 47 commune aux trois cheminements définis par les trois valeurs de l'indice ICALTP.

Ceci étant, en ce point du programme, on dispose donc, pour chaque résonance, d'une suite de  $(T_{IR})_i$  qui constituent un premier ensemble de grandeurs d'analyse. L'appel du sous-programme TRMIN va désormais nous fournir une autre grandeur d'analyse, le minimum de transmission  $(T_{IR})_{min}$ , les valeurs définitives des paramètres expérimentaux pour autant que KGAM n'est pas nul, ainsi que les différentes mi-largeurs  $\gamma_{f}^{(1)}$  et  $\gamma_{f}^{(2)}$ .

8

1

ŧ

8 1

ŧ

Le programme aborde ensuite le calcul des aires partielles à moins que le mínimum de transmission ne se révèle négatif auquel cas il passe directement à la résonance suivante.

On sait que les aires partielles se construisent à partir des aires centrales au fur et à mesure que l'on s'éloigne sur les ailes, par addition d'aires latérales tant que les critères d'arrêt définis au paragraph e III.4 ne sont pas satisfaits. Au départ rien ne s'oppose à ce que la progression se fasse à droite aussi bien qu'à gauche, du moins si ICALTP est différent de 2. En la circonstance l'indice ISOM prend la valeur unité. L'arrêt de la progression à gauche le porte à 2, celui de la progression à droite le met à zéro.

- 337 -

Outre les aires partielles le programme détermine les abcisses  $\alpha_1 T$  ou  $\alpha_2 T$  entre lesquelles sont calculés les  $(T_{IR})_i$ , et celles  $\alpha_1 A$  et  $\alpha_2 A$  des verticales entre lesquelles sont mesurées les aires partielles.

8

Si ICALTP vaut deux le programme s'assure que les centrages définitifs des résonances sont compatibles avec l'intervalle d'intégration.

# - 338 -

1

٠
## III.6 SPECIFICATIONS DU CODE SPNBE 085

## III.6.1 Nomenclature<sup>^</sup>

۶ <u>۲</u>

•

## . III.6.1.1. Liste des sous-programmes

| Noms                           | Mémoires<br>occupées | Travail effectué                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SPA                            | <sup>305</sup> 10    | Calcul du spectre des ailes sur les transmis-<br>missions mises en lecture dans le programme<br>principal, à l'aide des NZPO nuages de<br>points définis par lecture dans le sous-progra<br>me même. Calcul des transmissions inter-<br>féro-résonnantes TR(I) et de leurs erreurs,<br>communiquées en retour au programme prin-<br>cipal par les communs.                                                                                                                                                                         |
| <b>ТRMIN(IRA,II, I2, КТРА)</b> | <sup>1901</sup> 10   | Calcul du minimum de transmission et de son<br>abcisse en énergie, pour la résonance centrée<br>sur le canal IRA, le lissage nécessaire étant<br>effectué entre les canaux II, I2.<br>Calcul éventuel de la largeur expérimentale<br>et des largeurs $\gamma_f^{(1)} \ge f$ de la profondeur du<br>creux de transmission interféro-résonnante.<br>L'argument KTPA est un indice de limitation<br>de calcul qui est dans effet s'il est nul, et<br>qui, s'il vaut 1 évite la détermination des<br>largeurs $\gamma_f^{(1)}$ .<br>/. |



**3** T

•

| ADELIS (M1, IP, U, F, A) | 2.8710            | <ul> <li>Calcul des coefficients du développement en polynôme de Legendre.</li> <li>M1 : ordre du développement,</li> <li>IP : nombre total des points expérimentaux à lisser (50 maximum),</li> <li>U : bloc des abcisses,</li> <li>F : bloc des ordornées expérimentales</li> <li>A : bloc des coefficients du développement (50 maximum).</li> </ul> |
|--------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TPSA                     | <sup>524</sup> 10 | Détermine la ligne de référence entre le<br>premier et le dernier des points utilisés dans<br>le sous-programme SPAT ci-après pour le<br>lissage des ailes. Les $(T_{pA})_i$ calculés passen<br>par les communs.                                                                                                                                        |
| SPAT(MEM)                | <sup>306</sup> 10 | Sous programme de lissage des ailes de réso<br>nance par des droites de regression. Il<br>fournit, par les communs, les coefficients $A_0$<br>et $A_1$ de la droite ainsi que les éléments<br>nécessaires au calcul d'erreur. L'argument<br>MEM lui indique si le travail doit s'effectuer<br>sur une aile gauche ou une aile droite.                   |
| TRACE(N1, N2, NC, Y,Z)   | 417 <sub>10</sub> | Peut tracer les courbes Y,Z entre les<br>canaux N1 et N2. NC indique le nombre de<br>courbes réellement demandé.<br>Restrictions = NC $\leq Z$ ,<br>bloc des Y,Z restreint à<br>4096 points.                                                                                                                                                            |
|                          |                   | /.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

, ,

•



۶ <u>۲</u>

•

| TEMPS(ISELEC, I, TPS)                               | <sup>101</sup> 10 | Calcul du temps de vol TPS dans le canal<br>de rang I selon le type de célecteur indiqué<br>par ISELEC.                                                                    |
|-----------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| REPER (ISELEC, I, NZ, TAP, ITAP)                    | <sup>150</sup> 10 | Recherche de la zone NZ ou se trouve le<br>canal de rang I compte tenu du sélecteur.TAP<br>et ITAP sont deux variables de trabail en<br>retour vers le programme appelant. |
| KA (ISELEC, I, CA)                                  | <sup>199</sup> 10 | Calcul de la largeur CA en énergie du<br>canal I compte tenu du sélecteur ISELEC.                                                                                          |
|                                                     | 4184(1)<br>10     |                                                                                                                                                                            |
| (1)<br>2079 <sub>10</sub> mémoires pour le program- |                   |                                                                                                                                                                            |
| me principal.                                       |                   |                                                                                                                                                                            |
|                                                     |                   |                                                                                                                                                                            |
|                                                     |                   | /.                                                                                                                                                                         |
|                                                     |                   |                                                                                                                                                                            |
|                                                     |                   |                                                                                                                                                                            |
|                                                     |                   |                                                                                                                                                                            |
|                                                     |                   |                                                                                                                                                                            |
|                                                     |                   |                                                                                                                                                                            |
|                                                     |                   |                                                                                                                                                                            |

- 341 -

|         | Symbole<br>mathématique              | Ecriture<br>FORTRAN                            | Dimen-<br>sion | communs<br>(*si oui) | Description                                                                                                                                                                                                |
|---------|--------------------------------------|------------------------------------------------|----------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Donnée: |                                      | CØR P1,CØRP2<br>MANIP, ICAS<br>ISELEC<br>NZØNE |                | *<br>*<br>*          | nom du corps étudié.<br>numéro de la bande perforée portant le<br>spectre d'analyse.<br>indice d'identification du sélecteur en temps.<br>nombre de zones d'intérêt à l'intérieur de<br>la zone d'analyse. |
|         | L<br>Re                              | GL<br>RE                                       |                | *                    | longueur de la base en mètres.<br>retard électronique en 42, compté négati-                                                                                                                                |
|         |                                      |                                                | 20             |                      | vement pour les retards de neutrons.                                                                                                                                                                       |
|         | í                                    | PL(1)                                          | 34             | *                    | d'intérêt I                                                                                                                                                                                                |
|         |                                      | Z(1)                                           | 32             | *                    | repérage de la zone d'intérêt I par rapport<br>à t <sub>o</sub> .                                                                                                                                          |
|         | n                                    | NCA(I)<br>BA<br>INTR, INFTR                    | 32             | *                    | nombre de canaux dans la zone d'intérêt I.<br>épaisseur de l'écran d'analyse exprimée<br>en atomes par barn.<br>numéros des canaux entre lesquels on lit<br>les transmissions totales expérimentales et    |
|         | Ti                                   | T(I)                                           | 4096           | *                    | leurs erreurs.<br>transmission totale expérimentale dans le<br>canal I.                                                                                                                                    |
|         | ∆ T <sub>i</sub><br>9 <sub>eff</sub> | DELTAT(I)<br>TEF                               | 4096           | *                    | erreur sur T(I)<br>température effective de l'échantillon intro-<br>duite dans la largeur Döppler (1.4.5)                                                                                                  |
|         | •                                    |                                                |                |                      | /.                                                                                                                                                                                                         |

## III.6.1.2 Glossaire des variables symboliques



| **************************************            | ······································                                                                                              |              | <br>a a construction of the second s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| M<br>$t_1, t_2$<br>$t_3, t_4$<br>$t_5, t_6$<br>2a | PA<br>NRESØL<br>T1, T2<br>T3, T4<br>T5, T6<br>CNYLØN(1)<br>NCALTP<br>ICALTP<br>NIRE<br>IRA(K) ou<br>IRRA(K)<br>IRB(K) ou<br>IRRB(K) | 10<br>4<br>4 | poids atomique moyen du corps étudié<br>(I.4.4).<br>nombre d'ensembles différents de largeurs<br>fondamentales de résolution définissant<br>chacun une largeur globale de résolution<br>indépendante du temps de vol.<br>largeurs caractéristiques du trapèze de réso-<br>lution machine, exprimées en $\mu \delta$ (I.5.4)<br>largeurs caractéristiques du trapèze de ré-<br>solution sélecteur, exprimées en $\mu s$<br>(I.5.4).<br>largeurs caractéristiques du trapèze de<br>résolution "jitter", exprimées en $\mu s$ (I.5.4);<br>coefficient de la largeur de ralentissement<br>correspondant à l'ensemble I des largeurs<br>fondamentales de résolution (I.5.15) nombre<br>de lignes de référence à établir.<br>nombre de lignes de référence à établir.<br>indice de définition de la méthode utilisée<br>pour placer la ligne de référence.<br>nombre de résonances soumises à cette<br>méthode.<br>numéros des canaux de centrage de la<br>kième résonance du groupe. |
|                                                   | IRRB(K)                                                                                                                             |              | /.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

• •

.

- 343 -

•

· .

| ۹<br>                                                  |                                        |        | ****** |                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                        | N(K) ou NN(K)<br>INDRES ou<br>INDRE(K) | 4<br>4 | ſ      | nombre d'isotopes possibles pour la réso-<br>nance K.<br>numéro d'identification de la fonction de réso-<br>bution pour la (Kième) résonance étudiée |
|                                                        | PAIS(K,I)                              | (4,10) |        | poids atomique de l'isotppe I responsable                                                                                                            |
| a                                                      | ABISØ(I)                               | 10     |        | abondance isotopique de l'isotope I pour<br>chaque résonance.                                                                                        |
| σ <sub>p</sub>                                         | SIGMAP(K)                              | 4      | *      | section efficace potentielle dans la région de<br>la résonance K.                                                                                    |
| $(T_{IR})_k$                                           | TR(K)                                  | 4096   | *      | transmissiob interféro-résonnante dans le<br>canal K.                                                                                                |
| $\Delta_{\ell}(\mathbf{T}_{\mathbf{IR}})_{\mathbf{k}}$ | DELTR(K)                               | 4096   | *      | erreur sur TR(K).                                                                                                                                    |
| RT                                                     | RT(I)<br>RTF                           | 10     | 4      | Largeur de résolution résultant de l'ensemble<br>I de largeurs fondamentales<br>Rapport de la température effective à 293°K                          |
|                                                        | ITPA                                   |        | *      | nombre de résonances soumises à la méthode<br>de mise en place de la ligne de référence,                                                             |
|                                                        | КТРА                                   |        |        | choisie pour un groupe.<br>'ndice de limitation des calculs dans le sous-<br>programme TRMIN. Sans effet s'il est nul,                               |
|                                                        | TT(])                                  | 50     | *      | bloc de travail où sont transférés les points<br>à lisser en polynome de Legendre.                                                                   |
|                                                        |                                        |        |        | /.                                                                                                                                                   |
|                                                        |                                        |        |        |                                                                                                                                                      |

e 3

<u>P.P.</u> ↓

.



.

1

| (T <sub>IP</sub> )              | KGAM<br>TMIN |          | +          | indice d'information sur la possibilité du<br>calcul de $\Gamma$ . 0 dans l'affirmative 1 dans<br>la négative.<br>minimum de transmission interféro-résonnante |
|---------------------------------|--------------|----------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| in min                          |              |          |            | pour la résonance considérée.                                                                                                                                  |
| R                               | RR(K)        | 4        | *          | largeur de résolution globale mesurée en                                                                                                                       |
|                                 | R            |          |            | électron volts (1.5.21).                                                                                                                                       |
| $\Delta$                        | DELTA        |          | *          | Largeur Döppler (II. 4. 4).                                                                                                                                    |
| Δ                               | DELTAA(K)    | 4        | *          | Largeur Döppler de la résonance K.                                                                                                                             |
| E <sub>B</sub>                  | EER(K)       | 4        | <u>*</u> Г | abcisse en énergie du minimum de transmissi                                                                                                                    |
| ER                              | ER           |          | *          | pour la résonance K ou la résonance consi-<br>dérée                                                                                                            |
| <i>P</i> <sub>exp</sub>         | GAMA(K)      | 4        | * [        | largeur expérimentale mesurée à $\sqrt{(T_{IR})}_{min}$ .                                                                                                      |
| Fern                            | GAMMA        | <b>,</b> | <u>*</u>   |                                                                                                                                                                |
| (To)ern                         | SIGMØ(K)     | 4        | * [        | section efficace expérimentale au droit du                                                                                                                     |
| (50) exp                        | SIGMAO .     |          | / * L      | minimum de transmission                                                                                                                                        |
| $\Delta (T_{\rm IR})_{\rm min}$ | DELMIN       |          | *          | erreur sur la transmission interféro-<br>résonnante du canal de centrage gauche de la<br>résonance considérée.                                                 |
|                                 | NITER        |          | *          | indice de décomptage des itérations nécessai-<br>res à la mise en place de la ligne de réfé-<br>rence.                                                         |
|                                 | KARRET .     |          | *          | indice d'arrêt du processus itératif de mise<br>en place de la ligne de référence. Si KARRET<br>la précision demandée est atteinte.                            |
|                                 | N1, N2       |          | *          | bornes de l'intervalle sur lequel on effectue<br>la mise en place de la ligne de référence.                                                                    |
|                                 | NIR          |          |            | indice de décomptage des résonances à<br>l'intérieur du groupe en comptant NIRE                                                                                |
|                                 |              |          |            | /.                                                                                                                                                             |
|                                 |              | j        |            |                                                                                                                                                                |

.

•

.

.



|           | $(T_{pA})_i$                                                                                                                    | BAR(K,N)<br>TPA(I) | (4,10)<br>100 | *     | nomine d'atomes par barn pour la résonance<br>K due à l'isotope N.<br>ordonnée de la ligne de référence dans le<br>canal I.                                                             |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | ( <sup>b</sup> <sup>r</sup> pA'i<br>k,                                                                                          | CA                 |               | · *   | largeur du canal i mesurée en électron volts.                                                                                                                                           |
|           | $\alpha_1 \\ \alpha_2$                                                                                                          | ALP1 A<br>ALP2 A   | *<br>*<br>*   |       | bornes entre lesquelles on mesure les aires<br>partielles exprimées en unités $\Delta$ , largeur<br>Döppler.                                                                            |
| :         | $\begin{vmatrix} \alpha_{1} \\ \alpha_{2} \\ \left( \gamma_{1/2}^{(1)} + \gamma_{1/2}^{(2)} \right)_{\alpha_{1}} \end{vmatrix}$ | ALP1T<br>ALP2T     | ,<br>8<br>1   | :     | valeurs absolues des abcisses des canaux<br>rapportées à celle des canaux de centrage et<br>exprimées en unités $\triangle$ , i.e. en largeur Döppler,<br>pour la résonance considérée. |
|           |                                                                                                                                 | GAM1               |               | *     | largeur à mi-profondeur                                                                                                                                                                 |
|           |                                                                                                                                 | ISOM               |               | ;<br> | indication de calcul à droite ou/et à gauche des<br>canaux de centrage                                                                                                                  |
| SIP TRMIN |                                                                                                                                 | GG                 |               |       | valeur de transmission interféro-résonnante<br>telle qu'elle résulte du lissage en polynômes<br>de Legendre                                                                             |
| V         | f<br>:                                                                                                                          | FE(IFE)            | 5             |       | profondeur du creux de transmission à laquelle<br>on mesure les mi-largeurs expérimentales.<br>IFE est un numéro d'ordre.                                                               |
|           |                                                                                                                                 | KGA1, KGA2         |               |       | indice de possibilité de calcul de mi-largeurs<br>à gauche et à droite.                                                                                                                 |
|           | :                                                                                                                               |                    |               |       | /.                                                                                                                                                                                      |
|           |                                                                                                                                 |                    |               |       |                                                                                                                                                                                         |



|          |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                      |   |   | - |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | $ \begin{array}{c} {}^{\mathrm{T}}{}_{\mathrm{f}} \\ \begin{pmatrix} \gamma_{\mathrm{f}}^{(1)} \\ \gamma_{\mathrm{f}} \end{pmatrix}_{\mathrm{exp}} \\ \begin{pmatrix} \gamma_{\mathrm{f}}^{(2)} \\ \gamma_{\mathrm{f}} \end{pmatrix}_{\mathrm{exp}} \end{array} $ | TG<br>GAMMA(IFE)<br>GAMMA4(IFE                                                                       | 5 |   |   | valeur de la transmission interféro-résonnante<br>à f de la profondeur du creux donné par (III.4,<br>mi-largeur à droite<br>mi-largeur à gauche                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| S/P TPSA | $T(E_{2}) T(E_{1}) E_{2}, E_{1} T_{pA}(E_{2}) T_{pA}(E_{1}) T_{pA}(E_{1}) T_{pA}(E_{2}) T_{pA}(E_{1}) T_{pA}(E_{1}) T_{pA}(E_{1}) T_{pA} T_{pA} T_{pA} T_{pA} 0$                                                                                                  | MEM<br>A0, A1<br>VAR, X0, XX<br>TC2<br>TC1<br>EI2, EI1<br>Y2<br>Y1<br>DELY2<br>DELY1<br>TPA1<br>TPA0 |   | * |   | indice de lissage"droite" ou "gauche" des<br>ailes.<br>coefficients de la droite de regression des<br>ailes (S/P SPAT).<br>variables intermédiaires<br>transmission sur les ailes lissés en les<br>points d'abcisses respectives $E_2$ et $E_1$ (III.2.30<br>voir relation (III.2.32)<br>voir relation (III.2.33)<br>erreur sur Y2 (III.2.36)<br>erreur sur Y1 (III.2.37)<br>coefficients de la droite<br>( $T_{pA}$ ) <sub>i</sub> en (III.2.38). |



### III.6.2 Présentation des données

La figure III.6.1 représente le diagramme descriptif de la présentation des données. Il est en son principe analogue à celui du code précédent et s'appuie sur les mêmes conventions.

Essentiellement les modèles de lecture sont du type 1415 pour les constantes écrites en fixe ou du type 6E 12.5 pour les constantes écrites en virgule flottante. Toutefois il y a une exception en ce qui concerne les transmissions T(I) et leurs erreurs DELTAT(I) qui ont pour support les cartes perforées issues du code SPNBE 084. Pour elles le modèle est en 10F7.4 de sorte que chaque carte présente cinq couples de valeurs. Il convient dès lors de s'assurer que l'indice INITR d'initialisation de lecture des T(I) est bien un multiple de 5 alors que INFTR doit être, quant à lui, de la forme (5k-1) avec k entier.

ł

Les données sont formulées à partir des éléments portés au bas de la feuille d'exploitation de la figure II.7.2.

- 348 -

:

- \*

- 349 -

## III.6.3 Présentation des résultats

Les figures III.6.2 à III.6.7 illustrent la présentation des résultats obtenus pour deux résonances du niobium étudiées lors d'une expérience faite avec le sélecteur 6.

Pour la première des deux, située à 2,646 keV, la ligne de référence a été mise en place par la méthode itérative et la figure III.6.2 montre le pivotement de la ligne en trois itérations pour venir se confondre avec l'horizontale d'ordonnée unité. L'intervalle couvre 99 canaux en lesquels le programme a effectué le calcul des transmissions interféro-résonnantes ainsi que celui de leurs erreurs. La figure III.6.3 en donne la liste entre les canaux 2301 et 2399.

(

ı ł

Les grandeurs d'analyses quant à elles sont groupées sur la page suivante reproduite de la figure III.6.4. On y trouve en haut l'énergie du minimum de transmission recalée, puis la valeur de ce minimum suivie de quatre lignes où l'on trouve les milargeurs à f de la profondeur, la largeur totale correspondante

. 1

| G2 F     | $= \left(\gamma_{\rm f}^{(2)}\right)_{\rm exp}$ | G1F    | $= \left(\gamma_{\rm f}^{(1)}\right)_{\rm exp}$                  |
|----------|-------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------|
| ALP2A    | ⊂ α <sub>2</sub> Α                              | ALP1A  | $= \alpha_1^A$                                                   |
| AR/DELTA | $=\frac{1}{\Delta}(\Lambda_{\rm IR})_{\rm exp}$ | DELTAA | $= \Delta_{\xi} \left[ \frac{1}{\Lambda} (A_{IR})_{exp} \right]$ |
| ALP2T    | = $a_2 T$                                       | ALP1T  | $= \alpha_1'$                                                    |
| TR(IRA)  | = (T <sub>IR</sub> ) <sub>IRA</sub>             |        |                                                                  |

÷

1

:

i,

ŧ

Pour la deuxième résonance située à 2,4226 keV les choses

se présentent sous la même torme à cela près que la ligne de référence se trouvait être en place directement par la connaissance de T<sub>p</sub>. Pour elle, donc, le listing se limite à la table des grandeurs d'analyse (figure III.6.6) et à la représentation graphique de la courbede transmission expérimentale qui suit (figure III.6.7).

En ce qui concerne le temps d'exécution il faut compter, en moyenne, 4 secondes par résonance.

- 351 -

## III.7 LISTE DU CODE SPNBE 085

4

1

- 352 -

| C      | CALCUL DES GRANDEL | JRS D ANALYSE                                                                                  |
|--------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| С      | DONNEES MISES EN L | ECTURE                                                                                         |
| С      | CORP1.CORP2        | NOM DU CORPS ETUDIE (12 CARACTERES MAXIMUR)                                                    |
| Ċ      | MANTPATCAS         | NUMERO DE LA BANDE PERFOREE                                                                    |
| č      | ISELEC             | NUMERO DE L'ANALYSEUR EN TEMPS                                                                 |
| č      | NZONE              | NOMBRE DE ZONES D'INTERET                                                                      |
| č      | GI                 | LONGUEUR DE LA BASE EN METRES                                                                  |
| č      | BE SE              | RETARD ELECTRONIQUE EN MICROSECONDES                                                           |
| ř      | PI                 | LARGEUR DES CANALLY DANS CHAQUE ZONE D'INTERET                                                 |
| c      |                    | EXPRIMEE EN MICROSECONDES                                                                      |
| c<br>c | 7                  | DEDEDAGE DES JONES D INTEDET DAD DADOODT ALL TO                                                |
| Č      |                    | NONROE DE CANALY DANS CHACHE ZONE D'INTERET                                                    |
|        |                    | RUMBRE DE CANAON DANS CHAQUE ZUNE D'INTERET<br>EDATSCEUD DE L'ECDAN E ANALYSE EVODIMEE EN ATS- |
| c      | DA                 | EPAIDSEUR DE L'EURAN U ANALTSE PAPRIMEE EN ATU-                                                |
|        | INTO INCTO         | MED FAR DARN<br>Numedos des canadiy entre leschiels on littles                                 |
| C<br>C | INTRAINE'S         | NUPERUS DES CANADA ENTRE LESQUELS UN LIT LES<br>TRANSMISSIONS TOTALES EVDERIMENTALES ET LENDS  |
|        |                    | TRANSMISSIONS TUTALES EXPERIMENTALES ET LEURS                                                  |
|        | <b>T</b>           |                                                                                                |
|        |                    | TRANSMISSION IDIALE EXPERIMENTALE                                                              |
|        | UELIAI             | ERREUR SUR LA TRANSMISSIUN IUTALE EXPERIMENTALE                                                |
| L<br>A | IEF                | TEMPERATURE EFFECTIVE, SERVANT AU CALCUL DE L                                                  |
| C      |                    | ELARGISSEMENT DUPPLER                                                                          |
| C      | РА                 | POIDS ATOMIQUE MUYEN CU CORP'S ETUCIE                                                          |
| C      | NRESOL             | NOMBRE D ENSEMBLES DIFFERENTS DES LARGEURS FON-                                                |
| C      |                    | DAMENTALES DE RESOLUTION                                                                       |
| C      | T1,T2              | LARGEURS CARACTERISTICUES DU TRAPEZE DE RESOLL-                                                |
| C      |                    | TION MACHINE, EXPRIMEES EN MICROSECONCES                                                       |
| С      | T3,T4              | LARGEURS CARACTERISTIQUES DU TRAPEZE DE RESOLU-                                                |
| C      |                    | TION SELECTEUR, EXPRIMEES EN MICROSECONDES                                                     |
| С      | T5,T6              | LARGEURS CARACTERISTIQUES DU TRAPEZE DE RESOLU-                                                |
| С      |                    | TION JITTER, EXPRIMEES EN MICRCSECONDES                                                        |
| С      | CNYLON             | A DANS LA LARGEUR DE RALENTISSEMENT RN=A+E++-1/2                                               |
| C      | NCALTP             | NOMBRE DE LIGNES DE REFERENCE                                                                  |
| С      | ICALTP             | INDICE DE DEFINITION CE LA METHODE UTILISEE PCUR                                               |
| С      |                    | PLACER CETTE LIGNE                                                                             |
| C      | NIRE               | NOMBRE DE RESONANCES SOUMISES A CETTE METHODE                                                  |
| С      | IRA (OU IRRA),     | NUMEROS DES CANAUX DE CENTRAGE DES RESONANCES                                                  |
| C      | IRL (OU IRRB)      |                                                                                                |
| C      | N (CU NN)          | NOMBRE D ISOTOPES POSSIBLES                                                                    |
| C      | INDRES (OU INDRE)  | NUMERO D IDENTIFICATION DE LA FONCTION DE RESO-                                                |
| C      |                    | LUTION POUR LA RESONANCE ETUDIEE                                                               |
| С      | PAIS               | POIDS ATOMIQUE DE L ISOTOPE RESPONSABLE DE LA                                                  |

```
CRESONANCECABISOABONDANCE ISOTOPIQUE POUR CHAQUE RESONANCECSIGMA POTENTIEL EVENTUEL POUR CHAQUE RESONANCE
```

```
DIMENSION PL(32),NCA(32),Z(32)

DIMENSION TR(4096),DELTR(4096),T(4096),CELTAT(4C96)

DIMENSION TT(50)

DIMENSION PAIS(4,1C),BAR(4,10),SIGMAO(1C),SIGMP(10)

DIMENSION EER(4),CELTAA(4),RR(4),GAMA(4),SIGMO(4)

DIMENSION EER(4),IRRB(4),IRAB(4),IRBB(4),NN(4)

DIMENSION TPA(100)

DIMENSION ABISO(10),CNYLON(10),RT(10),INDRE(4)
```

```
530 MODELE(246)
539 MODELE(10F7.4)
128 MODELE(1415)
27 MODELE(1415)
153 MODELE(1415)
153 MODELE(141)
1000 MODELE(20X.23HNUMERD DE L EXPERIENCE I5,5X,4HCAS I1,8X,2A6///)
1000 MODELE(107/)
38 MODELE(110//)
38 MODELE(13X,3H1R8,4X,5HALP2A,3X,5HALP1A,1X,8HAR/DELTA,
13X,6HDELTAA,5X,5HALP2T,2X,7HTR(IRA),5X,4HERR.,3X,5HALP1T,
22X,7HTR(IRB),5X,4HERR./)
38 MODELE(12X,2HR=E12.5,9X,9HPH1/BETA=E12.5,5X,6HDELTA=E12.5)
13X,6HDELTAA,5X,2HR=E12.5,9X,9HPH1/BETA=E12.5,12X,
13X,6HDELTAA,5X,2HR=E12.5,5X,14H(SIGMAMAX)APP=E12.5)
38 MODELE(12X,2HR=E12.5,5X,14H(SIGMAMAX)APP=E12.5)
114H(SIGMAMX)EXP=E12.5,5X,14H(SIGMAMAX)APP=E12.5)
25 MODELE(12X,9HGAMMAEXP=E12.5,2X,9HGAMMAAPP=E12.5,5X,
114H(SIGMAMX)EXP=E12.5,2X,9HGAMMAAPP=E12.5,5X,
100 MODELE(12X,8HISOTOPE F6.2,9X,2HN=E12.5)
100 MODELE(12X,8HISOTOPE F6.2,9X,2HN=E12.5)
Z,PL,NCA,GL,RE
TR,DELTR,T,DELTAT
MANIP,ICAS,CORP1,CORP2,ISELEC
RTF,PA,DELMIN,DELTA,TMIN,ER,GAMMA,GAM1,KGAM,TT
EER,CELTAA,RR,GAMA,SIGMO,ITPA,NITER
AO,A1,VAR,X0,XX,KARRET,N1,N2,DELTPA
TPA
SIGMAP,BAR,BA
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 LIRE 530,CORP1,CORP2
LIRE 128,MANIP,ICAS,ISELFC,NZONE
LIRE 27,6L,RE
SI(ISELEC-4)531,531,533
LIRE 27,PL(1)
LIRE 27,PL(1)
LIRE 27,PL(1),I=1,NZONE)
ALLER A 534
ALLER A 534
ALLER A 534
LIRE 27,(2(1),I=1,NZONE)
LIRE 27,12(1),I=1,NZONE)
LIRE 27,0001)221,221,18
LIRE 27,16F,PA
LIRE 128,NNFRA
LIRE 27,TEF,PA
LIRE 128,NRESCL
LIRE 27,TEF,PA
LIRE 27,TEF,PA
LIRE 27,14,T5,T6,CNYLON(I)
CONTINUER
LIRE 27,T1,T2,T3,T4,T5,T6,CNYLON(I)
CNYLON(I)=CNYLON(I)/2.0
RT(1)=0.40824829*RACF(TI=*2+T2**2+T3**2+T
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     ANALYSE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        ٥
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       GRANCEURS
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    DES
 CALCUL
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           25
999
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           100
                                                                                                                                                                                      530
539
539
128
27
27
27
153
153
502
502
502
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 33
825
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        34
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               31
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            33
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               ŝ
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            ŝ
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        ŝ
                                                                                                                                                                      J
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   ပပပ
```

```
1
353
 1
```

SIGMAP(4)

D I MENSION

S

4

٩

5##2-**H** + 2 \*\*\*/1+ N IRE 128,NRESGL
AIRE 300 I=1,NRESOL
IRE 27,T1,T2,T3,T4,T5,T6,CNYLON(I)
NYLON(I)=CNYLON(I)/2.0
T(I)=0.40824829\*RACF(T1\*\*2+T2\*\*2+T) 221 18

3

.

~ N #

+16

```
300 CONTINUER
С
С
      DETERMINATION DE LA LIGNE DE REFERENCE ET CALCUL DE TIR
С
      LIRE 128,NCALTP
      FAIRE 22 NTTP=1,NCALTP
      LIRE 128 , ICALTP, NIRE
      NIR=0
      SI(ICALTP-1)333,32,34
   32 APPEL SPA
      ALLER A 59
   34 ITPA=NIRE
      FAIRE 3 K=1,ITPA
      LIRE 128, IRRA(K), IRRB(K), NN(K), INDRE(K)
      N=NN(K)
      LIRE 27, (PAIS(K,I), ABISO(I), I=1,N)
      LIRE 27,SIGMAP(K)
      FAIRE 3 I=1,N
      BAR(K,I)=ABISO(I)+BA
    3 CONTINUER
      IMPRIMER 153
      IMPRIMER 1000, MANIP, ICAS, CORP1, CORP2
      IMPRIMER 502
      IMPRIMER 4013, ITPA
 4013 MODELE(5X, 50HGN CALCULE LA LIGNE DE REFERENCE PCUR LA (CU LES) 12,
     125H RESONANCE(S) SUIVANTE(S)/)
      FAIRE 9 K=1, ITPA
      INCP=2
      IRA=IRRA(K)
      IRB=IRRB(K)
    4 SI(T(IRA)-T(IRA-1)-DELTAT(IRA)-DELTAT(IRA-1))5,5,6
    5 IRA=IRA-1
      INCP=INCP+1
      SI(INCP-25)4,6,6
    6 SI(T(IRB)-T(IRB+1)-DELTAT(IRB)-DELTAT(IRB+1))7,7,8
    7 IRB=IRB+1
      INCP=INCP+1
      SI(INCP-50)6,8,8
    8 SI(K-1)10,10,11
   10 N1 = IRA
   11 SI(K-ITPA)12,13,13
   13 N2=IRB
```

- 354 -

IRBB(K)=IRB 9 CONTINUER KARRET=0 KTPA=1 NITER=0 FAIRE 50 K=N1,N2 TR(K)=T(K) DELTR(K)=DELTAT(K) 50 CONTINUER 23 FAIRE 14 K=1,ITPA INDRES=INDRE(K)

12 IRAB(K) = IRA

.

•

```
IRA=IRAB(K)
     IRB=IRBB(K)
    L1=IRRA(K)
     I=0
    FAIRE 15 II=IRA, IRB
     I = I + 1
    TT(I) = TR(II)
 15 CONTINUER
     DELMIN=DELTR(L1)
 19 APPEL TRMIN(L1, IRA, IRB, KTPA)
     IRA=IRA
     IRB=IRB
     SI(KGAM)540,540,541
541 IMPRIMER 542, TMIN
542 MODELE(//5x,91HIMPOSSIBLE DE CALCULER GAMMA EXPERIMENTAL DONC LA L
    1IGNE DE REFERENCE A CAUSE DU TMINIMUM (=F7.4,1H))
     IMPRIMER 543
 543 MODELE(/5X, 33HON PASSE AUX RESONANCES SLIVANTES)
     ALLER A 22
 540 J=(IRA+IRB)/2
     APPEL TEMPS(ISELEC, J, TPS)
     RR(K)=2.*ER*RACF(RT(INDRES)**2+4.*CNYLON(INDRES)**2/ER)/TPS
     DELTAA(K)=DELTA
     EER(K) = ER
     GAMA(K) = GAMMA
     SIGMO(K)=-LOGF(TMIN)/BA
  14 CONTINUER
     SI(NITER)4014,4C14,4015
4014 IMPRIMER 4016, (K, EER(K), K=1, ITPA)
4016 MODELE(10X, 15, 5X, 3HER=E12.5)
4015 APPEL TPSA
     I = 0
     FAIRE 51 K=N1,N2
     1 = 1 + 1
     DELTR(K)=RACF((DELTR(K)/TPA(I))**2+((DELTPA/TPA(I))**2*TR(K))**2)
     TR(K) = TR(K) / TPA(I)
  51 CONTINUER
     NITER=NITER+1
     SI(KARRET)23,23,24
  24 PERFORER 128, MANIP, N1, N2
     PERFORER 539, (TR(K), DELTR(K), K=N1, N2)
     IMPRIMER 153
     IMPRIMER 4012, NITER
4012 MODELE(//5X, 58HTRANSMISSIONS RESONNANTES ET LEURS ERREURS OBTENUES
```

- 355 -

\$

# IMPRIMER 4020 4020 MODELE(3(7X,2H 1,7X,5HTR(I),5X,8HDELTR(I))//) IMPRIMER 4011,(K,TR(K),DELTR(K),K=N1,N2) 4011 MODELE(3(5X,I5,5X,Fi.5,5X,F7.5)) KTPA=0

1 APRES 13,13H ITERATION(S)///)

42 NIR=NIR+1 K=NIR N=NN(NIR) IRA=IRAB(NIR) IRB=IRBB(NIR)

110 60 60 333 NNN NNN σ 500 40 20 47 39 17 39 NIR=NIR+1 LIRE 128, IRA, IRE, N, INDRES LIRE 27, (PAIS(1,1), ABISO(1), I=1,N) FAIRE 17 I=1,N BAR(1,1)=ABISO(1)\*BA INCP=2 L1=IRA DEL\*IN=DELTR(L1) DEL\*IN=DELTR(L1) INCP=INCP+1 SI(TR(IRA)-TR(IRA)-DELTR(IRA)-DELT NCP=INCP+1 SI(TR(IRB)-0.90)241,241,47 SI(TR(IRB)-TR(IRB)-DELTR(IRB)-DELT NCP=INCP+1 INCP=INCP+1 SI(INCP-50)239,47,47 ÷ 0 Ň Ē I=0 FAIRE 20 II=IRA,IRB I=I+1 TT(I)=TR(II) CONTINUER APPEL TRMIN(L1,IRA,II IRA=IRA IRB=IRB J=(IRA+IRB)/2 APPEL TEMPS(ISELEC,J VOYANT 0 SI(IRA-IRB)1104,110 SI(IRA-IRB)1104,110 B LIRE 27, TP, DELTP FAIRE 600 I=INITR, IN SI(T(1)=0.0001)601,60 DELTR(I)=0.0 ALLER A 600 ALLER A 600 2 TR(I)=T(I)/TP DELTR(I)=TR(I)\*RACF( DELTR(I)=TR(I)\*RACF( CONTINUER K=1 L1=IRRA(NIR) INDRES=INDRE(NIR) DELMIN=DELTR(L1) ALLER A 47 IMPRIMER IMPRIMER D ETERMINATION 153 1000, 502 MANIP DE 04,1105,1104 \*RACF((DELTAT(I)/T(I))\*\* INDRES ) \*\*2+4. \*CNYLON( INDRE m R,TM INF INFTR ,601,602 ے ب • IRB,KTPA) 10 TP AS, Ī Ś CORP 1, CORP 2 DES -DELTR( LARGEURS DEL TR(IRA-IRB 2+(DELTP +  $\mathbf{P}$ i : S)++2/ER)/TPS Th. 3 Ο N N m 4 40 /TP N LA . ٠ 24 24 Ĭ PROFCNDEUR C N ŧ 4 •2 2) 39 -

-----

- --

------

--

· ... . .

000

----

-

356

ı

-----

1

```
PHSBE=R/(2.*DELTA)
      SI(TMIN)44,253,253
 253 SI(KGAM)252,252,250
 252 FAIRE 84 I=1,N
      SIGMAO(I)=-LOGF(TMIN)/BAR(K,I)
  84 CONTINUER
      BETA=2.0*DELTA/GAMMA
      PHI=R/GAMMA
      BETAP=0.62*RACF(BETA**2+2.*PHI**2)/(1.-C.83*RACF(BETA**2+2.
     1*PHI**2))
      GAMMAP=2. *DELTA/BETAP
      FAIRE 143 I=1,N
      SIGMP(I)=SIGMAO(I)*EXPF(-1./BETAP**2)*
     1(0.565*BETAP+0.637+0.51/BETAP)
  143 CONTINUER
      IMPRIMER 999, GAMMA, GAMMAP, BETA, BETAP
      FAIRE 144 I=1,N
      IMPRIMER 825, PAIS(K, I), BAR(K, I), SIGMAO(I), SIGMP(I)
  144 CONTINUER
      ALLER A 248
  250 FAIRE 101 I=1,N
      IMPRIMER 100, PAIS(K, I), BAR(K, I)
  101 CONTINUER
  248 IMPRIMER 33, R, PHSBE, DELTA
      IMPRIMER 4080
 4080 MODELE(/)
С
C
      CALCUL DES AIRES PARTIELLES
С
      SIRT=0.0
      SIRC=0.0
      IMPRIMER 502
      IMPRIMER 38
      ISOM=1
   40 SI(ICALTP-1)55,55,26
   26 SI(IRA-IRAB(K))52,54,54
   52 SI(ISOM-1)16,53,54
   53 ISOM=2
   54 SI(IRB-IRBB(K))55,55,56
   56 SI(ISOM-1)55,57,16
   57 ISOM=0
   55 SI(ISOM-1)1101,1102,1103
 1101 APPEL KA(ISELEC, IRA, CA)
      SIRT=SIRT+CA*TR(IRA)
```

```
- 357 -
```

4

ļ

:

```
APPEL TEMPS(ISELEC, IRA, TPS)

EA=5226.9*(GL/TPS)**2

DELTE1=EA+CA/2.-ER

ALP1A=DELTE1/DELTA

ALP1T=(EA-ER)/DELTA

SI(ALP1T)2002,1106,1106

2002 ALP1T=0.

ALLER A 1106

1103 APPEL KA(ISELEC, IRB,CB)

SIRT=SIRT+CB*TR(IRB)

SIRD=SIRD+(CB*DELTR(IRB))**2
```

SIRD=SIRD+(CA\*DELTR(IRA))\*\*2

```
APPEL TEMPS(ISELEC, IRB, TPS)
    EB=5226.9*(GL/TPS)**2
    DELTE2=ER-EB+CB/2.
     ALP2A=DELTE2/DELTA
     ALP2T=(ER-EB)/DELTA
     SI(ALP2T)2003,1106,1106
2003 ALP2T=0.
     ALLER A 1106
1102 APPEL KA(ISELEC, IRA, CA)
     SIRT=SIRT+CA+TR(IRA)
     SIRD=SIRD+(CA+DELTR(IRA))++2
     SI(VOYANT 2)1107,1108
1108 APPEL KA(ISELEC, IRB, CB)
     SIRT=SIRT+CB+TR(IRB)
     SIRD=SIRD+(CB+DELTR([RB))++2
1107 APPEL TEMPS(ISELEC, IRA, TPS)
     EA=5226.9+(GL/TPS)++2
     DELTE1=FA+CA/2.-ER
     APPEL TEMPS(ISELEC, IRB, TPS)
     EB=5226.9+(GL/TPS)++2
     APPEL KA(ISELEC, IRB, CB)
     DELTE2=ER-EB+CB/2.
     ALP1A=DELTE1/DELTA
     ALP2A=DELTE2/DELTA
     ALP1T=(EA-ER)/DELTA
     SI(ALP1T)2004,2005,2005
2004 ALP1T=0.
2005 ALP2T=(ER-EB)/DELTA
     SI(ALP2T)2006,1106,1106
2006 ALP2T=0.
1106 DELTAE=DELTE1+DELTE2
     AR=(DELTAE-SIRT)/DELTA
     DELAA=RACF(SIRD)/DELTA
     IMPRIMER 25, IRA, IRB, ALP1A, ALP2A, AR, CEL/A, ALP1T, TR(IRA), CELTR(IRA),
    1ALP2T, TR(IRB), DELTR(IRB)
1109 SI(ISOM-1)1110,1111,1116
1110 S1(TR(IRA-1)-0.90)45,45,16
 45 SI(TR(IRA-1)-TR(IRA-2)-PELTR(IRA-1)-DELTR(IRA-2))46,833,833
 833 IMPRIMER 834
 834 MODELE(40X, 50HPRESENCE D UN DOUBLET OU D UN POINT CHUTE A GAUCHE)
     ALLER A 16
  46 IRA=IRA-1
     SI(IRA-INITR)16,40,40
1111 SI(TR(IRA-1)-0.90)1114,1114,1115
```

```
1115 ISOM=2
```

- 358 -

.

i.

```
ALLER 'A 1116

1114 SI(TR(IRA-1)-TR(IRA-2)-DELTR(IRA-1)-DELTR(IRA-2))1116,1117,1117

1117 IMPRIMER 834

ISOM=2

1116 SI(GAM1-0.0001)1119,1119,560

560 IB=IRB+1

APPEL TEMPS(ISELEC,IB,TPS)

E=5226.9+(GL/TPS)++2

SI(E-ER+2.+GAM1)1118,1119,1119

1118 SI(ISOM-1)16,1121,16

1121 ISOM=0
```

1119 SI(TR(IRB+1)-1.0)1123,48,48 1123 SI(TR(IRB+1)-TR(IRB+2)-DELTR(IRB+1)-DELTR(IRB+2))48,1125,1125 1125 IMPRIMER 1126 1126 MODELE(40X, 50HPRESENCE D UN DOUBLET OU D UN POINT CHUTE A DROITE) ALLER A 1118 48 IRB=IRB+1 SI(IRB-INFTR)561,561,16 561 SI(ISOM-1)40,46,40 16 IMPRIMER 58, IRA, IRB 58 MODELE(1H1,4X,6CHTRACE DES TRANSMISSIONS INTERFERD-RESCNNANTES ENT IRE LE CANAL I6,2X,11HET LE CANAL I6///) APPEL TRACE(IRA, IRB, 1, TR, DELTR) 44 SI(NIR-NIRE)23,22,22 28 SI(ICALTP-1)39,39,42 22 CONTINUER APPEL EXIT FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)

```
- 359 -
```

ALLER A 46

8

1

Ł

1

•

•

•

```
1 MODELE(1415)

NGA=1

NLA=1

NLA=1

NLA=1)22,23

2 SUN42-0.5

SUN
                                                                                                                                                                      PL(32),NCA(32),Z(32)
TR(4096),DELTR(4096),T(4096),CELTAT(4096)
ISPA1(10),ISPA2(10)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                    OMMUN Z,PL,NCA,GL,RE
OMMUN TR,DELTR,T,DELTAT
OMMUN MANIP,ICAS,CORP1,CORP2,ISELEC
       360
          T
                                                  SPA
                                                                                                              SP A
                                                SOUS PROGRAMME
                                                                                                              PROGRAMME
                                                                                                                                                                       DIMENSION DIMENSION DIMENSION
                                                                                                            sous
                                                                                                                                                                                                                                                                                                         ບົບັບັ
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             m
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      \sim
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       ŝ
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           4
```

-

----

œ Q ~

- - /

```
SOUS PROGRAMME TRMIN(IRA, I1, I2, KTPA)
   SOUS PROGRAMME TRMIN(IRA, I1, I2, KTPA)
   DIMENSION PL(32), NCA(32), Z(32)
   DIMENSION YY(4096), DELTR(4096), T(4096), CELTAT(4096)
   DIMENSION TR(50), X(50), V(50), A(50), GA(5C)
   DIMENSION GAMMA1(5:,GAMMA2(5),GAMMA(5),FE(5)
   COMMUN Z, PL, NCA, GL, RE
   COMMUN YY, DELTR, T, DELTAT
   COMMUN MANIP, ICAS, CORP1, CORP2, ISELEC
   COMMUN RTF, PA, DELMIN, DELTA, TMIN, ER, GAM, GAM1, KGAM, TR
86 MODELE(12X,9HTMINIMUM=F8.5,5X,37HGAMMAEXP=A PRENDRE SUP UN AUTRE E
  1CRAN///)
88 MODELE(2X, 2HF=F6.4, 5X, 24HGAMMAF=CALCUL IMPOSSIBLE)
89 MODELE(12X,9HTMINIMUM=F8.5///)
90 MODELE(2X,2HF=F6.4,2X,4HG2F=E12.5,2X,5HERR.=E12.5,2X,
  14HG1F=E12.5,2X,5HERR.=E12.5,2X,3HGF=E12.5,2X,5HERR.=E12.5)
92 MODELE(12X, 9HTMINIMUM=F8.5, 5X, 32HPAS D ANALYSE DE CETTE RESONANCE
  1///)
   KGAM=0
   GAM1=0.
   J1=IRA-I1
   IP = I2 - I1 + 1
   I = 0
   FAIRE1 K=I1,I2
   i=1+1
   X(I)=I
   V(I)=1
1 CONTINUER
   M=48
 6 APPEL ADELIS(M, IP, V, TR, A)
   VOYANT 1
   ITER=0
   J=1
10 UU=V(J)
17 DN1=0.
   DN=0.
   M1=V+1
   FAIRE 9 K=1,M1
   DN2=DN1
   DN1=DN
   AN=M1-K
   AK = AN + 1.
```

- 361 -

3

Ł

\*\*

AL=AK/(AN+2.) AJ=(AK+AN)/AK NN=MI-K+1 DN=AJ\*UU\*DN1-AL\*DN2+A(NN) 9 CONTINUER SI(VOYANT 1)11,12 11 GA(J)=DN SI(J-IP)18,14,14 18 J=J+1 VOYANT 1 ALLER A 10 14 G1=GA(J1)

;

,

,

```
SOUS PROGRAMME TRMIN(IRA, 11, 12, KTPA)
   U1=V(J1)
   H1 = (V(J1+1) - V(J1)) / 10.
   H=H1
   U2=V(J1)+H
    UU=U2
   ALLER A 17
12 GG=CN
    SI(ITER-2)5,20,21
 5 SI(ITFR)15,15,16
15 G2=GG
    SI(G1-G2)53,53,54
53 H=H+0.6
    U2=U1+H
    UU=U2
    ALLER A 17
 54 U3=U2+H
    ITER=ITER+1
    UU=U3
    ALLER A 17
16 G3 = GG
    SI(G2-G3)55,55,56
55 SI((G1+G3)+0.5-1.01+G2)24,24,57
57
     ITER=0
    ALLER A53
 56 U1=U2
    G1=G2
    U2=U3
    G2=G3
    U3=U2+H
     UU=U3
    ALLER A 17
 24 G0=G2
    TMIN=GO
    U2=(U2+1.)*(X(IP)-X(1))/2.+X(1)
    UU2=U2
    IER=XENTF(U2)+I1-1
    APPEL REPER(ISELEC, IER, NZ, TAP, ITAP)
    SI(ISELEC-4)200,201,202
200 ER=5226.9*(GL/(PL(1)*(U2-1.5+FLOTF(I1)+Z(NZ)-TAP)+RE))**2
    ALLER A 203
201 ER=5226.9*(GL/(PL(1)*(U2-1.5+FLOTF(I1-128*(NZ-1))+Z(NZ))+RE))**2
    ALLER A 203
202 ER=5226.9*(GL/(PL(NZ)*(U2-1.5+FLOTF(I1)-TAP)+Z(NZ)*3.20+RE))**2
```

```
- 362 -
```

.

.

1

Ł

1

203 DELTA=0.318\*RACF(RTF\*ER/PA) SI(KTPA)1000,1000,1001 1000 IMPRIMER 82,ER 82 MODELE(3X, 3HER=1PE12.5) IMPRIMER 500 500 MODELE(/) 1001 PR=1.-G0 NIFE=5 FE(2)=1./6. FE(3)=1./3. FE(4)=1./2. FE(5)=2./3. SI(TMIN)91,501,501

SOUS PROGRAMME TRMIN(IRA, I1, I2, KTPA) 501 SI(TMIN-0.05)63,63,64 63 SI(KTPA)1003,1003,1020 1003 IMPRIMER 86,TMIN 1002 GAMMA(1)=0. KGAM=1 IFE=1ALLER A 37 91 SI(KTPA)1004,1004,1020 1004 IMPRIMER 92, TMIN 1020 GAMMA(1)=0. KGAM=1 ALLER A 81 64 FE(1)=(RACF(TMIN)-TMIN)/(1.-THIN) IFE=0 37 IFE=IFE+1 KGA1=0KGA2=0TG=GO+PR\*FE(IFE) DELTG = (1.-FE(IFE)) = DELMIN ITER=1 SI(TR(1)-TG)60,61,61 61 SI(TR(IP)-TG)101,62,62 60 KGA1=1 ITER=2IA = IER - I1 + 1ALLER A 61 101 KGA2=1SI(IFE-1)84,84,85 84 SI(KGA1)110,110,103 103 SI(KTPA)1005,1005,1006 1005 IMPRIMER 86, TMIN KGAM=1 ALLER A 37 1006 KGAM=1 ALLER A 111 85 SI(IFE-4)104,105,104 105 SI(KGA1)110,110,106 106 IIP=IP+I1-1 APPEL TEMPS(ISELEC, IIP, TPS) GAM1=(ER-5226.9\*GL\*\*2/TPS\*\*2)\*2.0 107 IMPRIMER 88, FE(IFE) ALLER A 87 104 SI(KGA1)110,110,107 62 SI(KGA1)110,110,108 110 FAIRE 26 I=1, IP SI(TR(I)-TG)30,29,26 **26 CONTINUER** 29 H1<sup></sup> I IA=I+1**ITER=ITER+1** ALLER A 31 30 SI(ABSF(TR(I)-TG)/TG-0.01)29,29,27 27 UA = V(I)IA = IITER=ITER+1 H = (V(IA) - V(IA - 1))/10.

.

••

..

,

1

1

1

ť,

```
SOUS PROGRAMME TRMIN(IRA, I1, I2, KTPA)
25 UU=UA-H
    ALLER A 17
 20 SI((GG-TG)/TG+0.01)28,22,23
 28 UA=UU
    ALLER A 25
 23 SI((GG-TG)/TG-0.01)22,22,41
 41 H=H/5.
    ALLER A 25
 22 H1=UU
    H1 = (H1 + 1_{*}) * (X(IP) - X(1)) / 2_{*} + X(1)
     IH1=H1
 31 IAI = IA + II - 1
    APPEL REPER(ISELEC, IAI, NZ, TAP, ITAP)
    SI(ISELEC-4)204,205,206
204 E1=5226.9*(GL/(PL(1)*(H1-1.5+FLOTF(I1)+Z(NZ)-TAP)+RE))**2
    DELG1=5226.9#GL##2#(1./(PL(1)*(ENTF(H1)-1.5+FLCTF(I1)+Z(NZ)-TAP)
   1+RE)**2-1./(PL(1)*(ENTF(H1)~0.5+FLOTF(I1)+Z(NZ)-TAP)+RE)**2)
    ALLER A 207
205 E1=5226.9*(GL/(PL(1)*(H1-1.5+FLOTF(I1-128*(NZ-1))+Z(NZ))+RE))**2
    DELG1=5226. /#GL##2#(1./(PL(1)#(ENTF(H1)-1.5+FLCTF(I1-128#(NZ-1)))
   1+Z(NZ))+RE)**2-1./(PL(1)*(ENTF(H1)-0.5+FLOTF(I1-128*(NZ-1))
   2+Z(NZ))+RE) **2)
    ALLER A 207
206 E1=5226.9*(GL/(PL(NZ)*(H1-1.5+FLOTF(I1)-TAP)+Z(NZ)*3.2C+RE))**2
    DELG1=5226.9*GL**2*(1./(PL(NZ)*(ENTF(H1)-1.5+FLOTF(I1)-TAP)+Z(NZ)
   1*3.20+RE)**2-1./(PL(NZ)*(ENTF(H1)-0.5+FLOTF(I1)-TAP)+Z(NZ)*3.20
   2+RE) ++2)
207 SI(KGA2)108,108,109
109 GAMMA(IFE)=2,0+(E1-ER)
    GAMMA1(IFE)=E1-ER
    GAMMA2(IFE)=GAMMA1(IFE)
    DELGA1=DELTG*(DELG1/(GA(IH1)-GA(IH1+1)))
    DELGA2=DELGA1
    DELGA=DELGA1+2.
    ALLER A 111
108 FAIRE 32 I=IA, IP
       SI(TR(I)-TG)32,33,100
 32 CONTINUER
100 SI(ABSF(TR(I)-TG)/TG-0.01)33,33,27
 33 H2=I
    ITER=ITER+1
     IA=I+1
```

```
- 364 -
```

1

```
ALLER A 36

21 SI((GG-TG)/TG-0.01)42,43,28

42 SI((GG-TG)/TG+0.01)41,43,43

43 H2=UU

H2=(H2+1.)*(X(IP)-X(1))/2.+X(1)

IH2=H2

36 IAI=IA+I1-1

APPEL REPER(ISELEC,IAI,NZ,TAP,ITAP)

SI(ISELEC-4)208,209,210

208 E2=5226.9*(GL/(PL(1)*(H2-1.5+FLOTF(I1)+Z(NZ)-TAP)+RE))**2

DELG2=5226.9*GL**2*(1./(PL(1)*(ENTF(H2)-1.5+FLOTF(I1)+Z(NZ)-TAP)

1+RE)**2-1./(PL(1)*(ENTF(H2)-0.5+FLOTF(I1)+Z(NZ)-TAP)+RE)**2

ALLER A 211

209 E2=5226.9*(GL/(PL(1)*(H2-1.5+FLOTF(I1-128*(NZ-1))+Z(NZ))+RE))**2
```

•

```
SOUS PROGRAMME TRMIN(IRA, 11, 12, KTPA)
    DELG2=5226.9*GL**2*(1./(PL(1)*(ENTF(H2)-1.5*FLOTF(I1-128*(NZ-1)))
   1+Z(NZ))+RE)##2-1./(PL(1)#(ENTF(H2)-0.5+FLOTF(I1-128#(NZ-1))
   2+Z(NZ);+RE;**2)
    ALLER A 211
210 E2=5226.9*(GL/(PL(NZ)*(H2-1.5+FLOTF(I1)-TAP)+Z(NZ)*3.20+RE))**2
    DELG2=5226.9*GL**2*(1./(PL(NZ)*(ENTF(H2)-1.5+FLOTF(I1)-TAP)+Z(NZ)
   1+3.20+RE)++2-1./(PL(NZ)+(ENTF(H2)-0.5+FLOTF(I1)-TAP)+Z(NZ)+3.20
   2+RE)##2)
211 SI(KGA1)114,114,115
115 GAMMA(IFE)=2.0*(ER-E2)
     GAMMA2(IFE)=ER-E2
    GAMMA1(IFE)=GAMMA2(IFE)
    DELGA2=DELTG*(DELG2/(GA(IH2+1)-GA(IH2)))
    DELGA1=DELGA2
     DELGA=DELGA2*2.
    ALLER A 111
114 GAMMA(IFE)=E1-E2
    GAMMA1(IFE)=E1-ER
    GAMMA2(IFE)=ER-E2
    DELGA1=DELTG*(DELG1/(GA(IH1)-GA(IH1+1)))
    DELGA2=DELTG*(DELG2/(GA(IH2+1)-GA(IH2)))
    DELGA=DELGA1+DELGA2
111 SI(IFE-1)65,65,66
 65 SI(KTPA)1008,1008,38
1008 IMPRIMER 89, TMIN
     ALLER A 37
 66 SI(IFE-4)112,113,112
113 GAM1=GAMMA(IFE)
112 GAMMA1(IFE)=GAMMA1(IFE)/DELTA
    GAMMA2(IFE)=GAMMA2(IFE)/DELTA
     GAMMA(IFE)=GAMMA(IFE)/DELTA
     DELGA1=DELGA1/DELTA
    DELGA2=DELGA2/DELTA
    DELGA=DELGA/DELTA
     IMPRIMER 90, FE(IFE), GAMMA1(IFE), DELGA1, GAMMA2(IFE), DELGA2
    1, GAMMA(IFE), DELGA
  87 SI(IFE-NIFE)37,38,38
  38 UU2=UU2+FLOTF(I1)-1.
     ECA=UU2-FLOTF(IER)
     SI(ECA-0.25)67,67,68
  68 SI(ECA-0.75)69,69,80
```

٠

```
67 I1=IER
```

```
- 365 -
```

.

I2=I1 ALLER A 81 69 I1=IER I2=IER+1 ALLER A 81 80 I1=IER+1 I2=I1 81 GAM=GAMMA(1) IMPRIMER 500 RETCUR FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0,0)

```
SOUS PROGRAMME ACELIS(M1, IP, U, F, A)
   SOUS PROGRAMME ADELIS(M1, IP, U, F, A)
   DIMENSION U(50), F(50), A(50)
   M=M1+1
   X=U(IP)-U(1)
   Y=U(IP)+U(1)
   FAIRE20I=1, IP
20 U(I)~(2.*U(I)-Y)/X
   B2=(F(2)-F(1))/(U(2)-U(1))
   B3=(F(IP)-F(IP-1))/(U(IP)-U(IP-1))
   A(1) = (F(IP) + F(1)) + 0.5 + 0.25 + (B2 - B3)
   A(2) = (F(IP) - F(1)) + 0.75 - 0.25 + (B2 + B3)
   FAIRE9I=3, IP
   B3=(F(I)-F(I-1))/(U(I)-U(I-1))
   B2=B3-B2
   Z = U(I - 1) + U(I - 1)
   T=0.25*Z*B2
   A(1) = A(1) + T
   A(2)=A(2)+T+U(I-1)
   R1=0,5*(Z+1.)
   R2=0.5*U(I-1)*(Z-3.)
   FAIRE11N=3, M
   AN=N-1
   AJ=2. + AN-3.
   AK = AJ + 4.
   AL=AK/(AN+2.)
   Q=(AN-3.)/AJ
   SI(I-3)30,30,31
30 A(N)=0.
31 W=AL+(U(I-1)+R2-Q+R1)
   R1=R2
   R2=W
11 A(N) = A(N) + 0.5 + W + B2
 9 B2=B3
   RETCUR
   FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)
```

```
- 366 -
```

.

```
SOUS PROGRAMME TPSA
      SOUS PROGRAMME TPSA
С
      DIMENSION Z(32), NCA(32), PL(32)
      DIMENSION TR(4096), CELTR(4096), T(4096), CELTAT(4096)
      DIMENSION TT(50)
      DIMENSION ER(4), DELTA(4), R(4), GAMMA(4), SIGMAO(4)
      DIMENSION EPS1(4), EPS2(4), TPA(100)
      DIMENSION SIGMAP(4), BAR(4,10)
      DIMENSION QUA(4)
С
      COMMUN Z, PL, NCA, GL, RE
      COMMUN TR, DELTR, T, DELTAT
      COMMUN MANIP, ICAS, CORP1, CORP2, ISELEC
      COMMUN RTF, PA, DELMIN, DELTAA, TMIN, EER, GAM, GAM1, KGAM, TT
      COMMUN ER, DELTA, R, GAMMA, SIGMAO, KMAX, NITER
      COMMUN AO, A1, VAR, XO, XX, KARRET, N1, N2, DEL TPA
      COMMUN TPA
      COMMUN SIGMAP, BAR, BA
С
    1 MODELE(//)
      IMPRIMER 1
      MEM=0
      APPEL SPAT(MEM)
      N1 = N1
      APPEL TEMPS(ISELEC, N1, TPS)
      EI1=5226.9*(GL/TPS)**2
      TC2=A0+EI1*A1
      DELTC2=VAR*(1.+(EI1-X0)**2/XX)
      MEM=1
      APPEL SPAT(MEM)
      N2=N2
      APPEL TEMPS(ISELEC,N2,TPS)
      EI2=5226.9*(GL/TPS)**2
      TC1=A0+EI2*A1
      DELTC1=VAR*(1.+(EI2-X0)**2/XX)
      G1=0.0
      G2=G_{0}
      GG1=0.0
      GG2=0.0
      FAIRE 15 K=1, KMAX
      QUA(K)=1.2395E-03*RACF(ER(K)*SIGMAP(K))
      EPS1(K) = ER(K) - EI2
      EPS2(K) = EII - ER(K)
```

```
- 367 -
```

A

```
A1=1.+3.*DELTA(K)**2/(2.*EPS1(K)**2)

A2=1.+3.*DELTA(K)**2/(2.*EPS2(K)**2)

B1=BA*SIGMAO(K)*GAMMA(K)**2/(GAMMA(K)**2+4.*EPS1(K)**2)

B2=BA*SIGMAO(K)*GAMMA(K)**2/(GAMMA(K)**2+4.*EPS2(K)**2)

D1=2.*(EPS1(K)+0.5*DELTA(K)**2/EPS1(K))*TANF(QUA (K))/GAMMA(K)

D2=2.*(EPS2(K)+0.5*DELTA(K)**2/EPS2(K))*TANF(QUA (K))/GAMMA(K)

G1=G1+B1*(A1-D1)

G2=G2+B2*(A2+D2)

BB1=BA*SIGMAO(K)*GAMMA(K)/EPS1(K)**2

BB2=BA*SIGMAO(K)*GAMMA(K)/EPS2(K)**2

DD1=DELTA(K)**2+R(K)**2

GG1=A1**2*BB1**2*DD1*0.17+GG1

GG2=A2**2*BB2**2*CC1*0.17+GG2
```

we have the second s

```
SOUS PROGRAMME TPSA
15 CONTINUER
   Y1=TC1*EXPF(G1)
   Y2=TC2*EXPF(G2)
   TPA1=(Y2-Y1)/(EPS1(1)+EPS2(1))
   TPAO=(EI2*Y2-EI1*Y1)/(EPS1(1)+EPS2(1))
 7 IMPRIMER 5, TPAO, TPA1
 5 MODELE(5X,5HTPAO=E13.4,5X,5HTPA1=E13.4)
   SI(ABSF(TPA1)-0.00010)25,25,4
25 SI(ABSF(TPA0)-1.0050)3,3,4
 3 KARRET=1
 4 I=0
   FAIRE 11 K=N1,N2
   I = I + 1
   APPEL TEMPS(ISELEC,K,TPS)
   TPA(I)=TPA1*5226.9*(GL/TPS)**2-TPA0
11 CONTINUER
   DELY1=RACF(EXPF(2.*G1)*0ELTC1+GG1*TC1**2)
   DEL Y2=RACF(EXP F(2.*G2)*DELTC2+GG2*TC2**2)
   DELTPA=MAX1F(DELY1,DELY2)
   IMPRIMER 2, DELTPA
 2 NODELE(2X, 15HERREUR SUR TPA=E12.5)
   IMPRIMER 12 \cdot (K, TPA(K), K=1, I)
12 MODELE(10(15,F7.4))
   RETOUR
```

FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0,0)

- .

٠

•

```
- 368 -
```

.

•

```
SOUS PROGRAMME SPAT(MEM)
С
      DIMENSION Z(32), NCA(32), PL(32)
      DIMENSION TR(4096), DELTR(4096), T(4096), DELTAT(4096)
      DIMENSION TT(50)
      DIMENSION ER(4), DELTA(4), R(4), GAMMA(4), SIGMAO(4)
      DIMENSION ISPA1(5), ISPA2(5)
      DIMENSION ISPAIG(5), ISPA2G(5), ISPA1D(5), ISPA2D(5)
С
      COMMUN Z, PL, NCA, GL, RE
      COMMUN TR, DELTR, T, DELTAT
      COMMUN MANIP, ICAS, CORP1, CORP2, ISELEC
      COMMUN RTF, PA, DELMIN, DELTAA, TMIN, EER, GAM, GAM1, KGAM, TT
      COMMUN ER, DELTA, R, GAMMA, SIGMAO, KMAX, NITER
      COMMUN AO, A1, VAR, XO, XX, KARRET, N1, N2, DELTPA
С
  128 MODELE(1415)
      NOA=0
      NZA=1
      SI(NITER)1,1,2
    1 LIRE 128,NZPO
      LIRE 128, (ISPA1(I), ISPA2(I), I=1, NZPO)
      SI(MEM)3,3,4
    3 N1=ISPA1(1)
      FAIRE 10 I=1,NZPO
       ISPA1G(I) = ISPA1(I)
       ISPA2G(I) = ISPA2(I)
   10 CONTINUER
      NZPCG=NZPO
    4 N2 = ISPA2(NZPO)
       FAIRE 11 I=1, NZPO
       ISPA1D(I) = ISPA1(I)
       ISPA2D(I) \approx ISPA2(I)
   11 CONTINUER
      NZPCD=NZPO
    6 FAIRE 5 K=N1,N2
      TR(K) = T(K)
       DELTP(K) = DELTAT(K)
    5 CONTINUER
    2 SI(NZA-1)1103,1103,1104
 1103 SOM1=0.
       SDM2=0.
       SOM3=0.
       SOM4=0.
       SDM5=0.
```

...

- -

-

وواجعه ومعاورها المراجعة فالمحمد مستواحه والم

SOUS PROGRAMME SPAT(MEM)

- 369 -

1

1104 SI(MEM)12,12,13 12 I1=ISPA1G(NZA) I2=ISPA2G(NZA) NZPC=NZPOG ALLER A 14 13 I1=ISPA1D(NZA) I2=ISPA2D(NZA) NZPC=NZPOD 14 FAIRE 131 I=I1,I2 NOA=NOA+1 APPEL TEMPS(ISELEC,I,TPS)

```
SOUS PROGRAMME SPAT(MEM)
     E=5226.9*(GL/TPS)**2
     SOM1=SOM1+E
     SOM2=SOM2+TR(I)
     SOM3=SOM3+E+TR(I)
     SOM4=SOM4+E**2
     SOM5=SOM5+TR(I) **2
131 CONTINUER
     NZA=NZA+1
     SI(NZA-NZPO)1104,1104,1101
1101 ACN=NOA
     XO=SOM1/ACN
     YO=SOM2/ACN
     XY=SOM3/ACN-XC+YO
     XX=SOM4/ACN-X0##2
     YY=SOM5/ACN-YO++2
     A_1 = XY / XX
     A0=Y0-A1*X0
     VAR=(YY/(ACN-2.)) + ABSF(1.-XY++2/(XX+YY))
     RETCUR
     FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)
```

٠

- 370 -

1

ł ; 1

.

+ .

> ١ .

> ÷

•

1

. . •..

-

- 371

1

1

14

.

.

SOUS PROGRAMME TRACE(NI,N2,NC,Y,Z)

-----

and and an and the second second and the second second second second second second second second second second

**ക** വ

ß

Ø

SOUS PROGRAME TRACE(MI.N2.MC.V.2] DIMENSION Y (4096), 2(4096), A[21], 6(1113) THAX-0.0 SI (Y(1)-THAX) 25, 25, 26 SI (Y(1)-THAX) 25, 25, 26 CONTINUER SI (Y(1)-THAX) 35, 35, 36 SI (Y(1)-THAX) 35, 35, 36 SI (Y(1)-THAX) 35, 35, 36 SI (YAX-1.4) 27, 27, 28 SI (YAX-1.4) 27, 27, 28 SI (THAX-1.4) 27, 27, 28 SI (THAY-1.4, 27 SI (THAY-1.4, 27 SI (THAY-1.4, 27 SI (THAY-1.4, 27 SI (THAX-1.4) 27 SI (THAY-1.4, 27 5 N 10 N 21 13 13 13 13 **28 30** 4 0 m 26 25 30 ----38 38 9 9 9 9 S

- 14 19 6

the second second

- - -,

- 22 22

- 372 -

Ł

4

1

1 (

SOUS PROGRAMME TEMPS(ISELEC, I, TPS)

SOUS PROGRAMME TEMPS(ISELEC, I, TPS)

С DIMENSION PL(32), NCA(32), Z(32)

С

COMMUN Z, PL, NCA, GL, RE

С K= I

APPEL REPER(ISELEC, I, NZ, TAP, ITAP) SI(ISELEC-4)9C5,904,1021

905 TPS =PL(1)\*(H-0.5+Z(NZ)-TAP)+RE ALLER A 898

904 TPS =(Z(NZ)-128.\*FLOTF(NZ-1)+H-0.5)\*PL(1)+RE ALLER A 898

1021 TPS =Z(NZ)+3.20+(H -TAP-0.5)\*PL(NZ)+RE 898 RETCUR FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)

4 1 ł i | | | |

i

```
SOUS PROGRAMME REPER(ISELEC, I, NZ, TAP, ITAP)
    SOUS PROGRAMME REPER(ISELEC, I, NZ, TAP, ITAP)
    DIMENSION PL(32), NCA(32), Z(32)
    COMMUN Z, PL, NCA, GL, RE
    SI(ISELEC-4)889,890,891
889 SI(I-100)892,892,893
892 NZ=1
    TAP=0.
    ALLER A 940
893 SI(I-500)894,894,895
894 NZ=2
    TAP=100.
    ALLER A 940
895 NZ=3
    TAP=500.
    ALLER A 940
890 NZ=1
    TAP=Û.
942 SI(I-128*NZ)940,940,941
941 NZ=NZ+1
    ALLER A 942
891 NZ=1
    ITAP=NCA(1)
    TAP=0.
    ALLER A 3
  2 ITAP=ITAP+NCA(NZ)
    TAP=TAP+FLOTF(NCA(NZ-1))
  3 SI(I-ITAP)940,940,4
  4 NZ = NZ + 1
    ALLER A 2
940 RETOUR
    FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)
```

```
- 373 -
```

\$

٠

1

į

1

1

:

**.**t

С

С

```
SOUS PROGRAMME KA(ISELEC, I, CA)
      SOUS PROGRAMME KA(ISELEC, I, CA)
С
      DIMENSION PL(32),NCA(32),Z(32)
С
      CCMMUN Z, PL, NCA, GL, RE
С
      H= I
      APPEL REPER(ISELEC, I, NZ, TAP, ITAP)
      SI(ISELEC-4)905,904,1013
         =5226.9*GL**2*(1./(PL(1)*(H-1.+Z(NZ)-TAP)+RE)**2
  905 CA
     1-1./(PL(1)*(H+Z(NZ)-TAP)+RE)**2)
      ALLER A 898
  904 CA =5226.9*GL**2*(1./((Z(NZ)-128.*FLOTF(NZ-1)+H-1.)*PL(1))**2
     1-1./((Z(NZ)-128.*FLOTF(NZ-1)+H)*PL(1))**2)
      ALLER A 898
         =5226.9*GL**2*(1./(Z(NZ)*3.20+(H
 1013 CA
                                                 -TAP-l.C)*PL(NZ)+RE)
     1**2-1./(Z(NZ)*3.20+(H --TAP)*PL(NZ)+RE)**2)
  898 RETCUR
      FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)
```

```
- 374 -
```

.

4

;

•

•

. .



Fig. III.2.1\_Courbe de transmission. Détermination de la ligne de reférence.

----

--

.

-


{

Fig: III.2.2 Variation de  $(n \sigma_0 r)_{exp}$  en fonction de R/r et  $\Delta/r$ 



#### NUPERO DE L'EXPERIENCE 22064 CAS 1

CH CALCULE LA LIGHE DE REFERENCE POUR LA (OU LES) 2 RESONANCEIS) SUIVANTEIS)

|         | 1<br>2 | EP= 0.<br>EP= 0. | ,<br>6759€E C2<br>66985⊨ 02<br>,` |       |       |
|---------|--------|------------------|-----------------------------------|-------|-------|
| TPAC=   | -0.799 | GE CL            | TPA1=                             | 0.356 | 16-02 |
| REUR SL | R TPAR | 0.16992E         | -01                               |       |       |
| 1 1.651 | 32     | 1.0510           | 3. 1+650                          | 7 4   | 1.050 |
|         |        |                  |                                   |       |       |

٠

 $\gamma \dot{z}$ •

+7

2

: 7

1.

----

.

•

J ;' \$

3 L

|            |                | •••• |  |
|------------|----------------|------|--|
| ERREUR SLR | TPA= 0.16992E- | 01   |  |

•

1

| 1   | 1.6513 | 2 1.0510   | 3.    | 1.6507 | 4    | 1.0505 | 5   | 1.0502 | 6   | 1.6499 | 1    | 1.0496 | ۲    | 1.0494 | - Y  | 1.0478   | 16  | Lauke     |
|-----|--------|------------|-------|--------|------|--------|-----|--------|-----|--------|------|--------|------|--------|------|----------|-----|-----------|
| 11  | 1.0465 | 12 1.C4F3  | 13    | 1.0410 | 14   | 1.0477 | 15  | 1.0474 | 16  | 1.04/2 | 17   | 1.0469 | 18   | 1.0466 | 1+   | 1.1.41.  | 20  | I . UNC I |
| 21  | 1.0458 | 22 1.6456  | 23    | 1.0453 | 24   | 1.0450 | 25  | 1.0448 | 26  | 1.0145 | 21   | 1.0442 | 211  | 1.0441 | - 21 | 1.0457   | 16  | 1.0454    |
| 31  | 1.0432 | 32 1.0429  | - 33  | 1.0426 | 34   | 1.04/4 | 57  | 1.0421 | 30  | 1.0419 | - 57 | 1.0416 | se   | 1.0415 | 51   | 1.0411   | 46  | 1.0400    |
| 41  | 1.0466 | 42 1.0403  | 43    | 1.0400 | 44   | 1.0396 | 45  | 1.0395 | 46  | 1.0393 | 47   | 1.6396 | 46   | 1.3311 | 41   | トレタン     | 50  | 1.03-2    |
| 51  | 1.0360 | 52 1.0377  | 51    | 1.0375 | 54   | 1.0372 | 55  | 1.0370 | Se  | 1.0367 | 57   | 1.0365 | 58   | 1.0302 | 51   | 1.030    | L U | 1.0357    |
| 61  | 1.0355 | 62 1.0352  | 61    | 1.0350 | 64   | 1.0347 | 65  | 1.0345 | 46  | 1-0342 | 67   | 1.0340 | 6 13 | 1.0337 | e 7  | 1.0552   | 10  | 1.0352    |
| 71  | 1.0336 | 72 1.0327  | - 74  | 1.0325 | 74   | 1.0322 | 75  | 1.0320 | 76  | 1.0317 | - 11 | 1.0315 | 11   | 1-0512 | 14   | 1.1.51.2 | 90  | もっしろい     |
| 81  | 1.0305 | £2 1.0303  | R •   | 1.0360 | 24   | 1.0298 | +5  | 1.0295 | 16  | 1.0291 | + 1  | 1.0271 | 61   | 1-62%* | 14   | 1.02.0   | イレ  | 1.021 >   |
| 91  | 1.0261 | 92 1.0279  | Q 2   | 1.0276 | - 94 | 1.0274 | 75  | 1.0271 | 96  | 1.026/ | 11   | 1.0267 | /0   | 1.0204 |      | 1-42 2   | 166 | 1.0210    |
| 101 | 1.0257 | 102 1.0255 | 104   | 252    | 104  | 1.0250 | 105 | 1.024* | 100 | 1.0245 | 107  | 1.6243 | 108  | 1.0241 | 1    | 1.325    | 110 | 1.0250    |
| 131 | 1.0234 | 112 1.0231 | - 113 | 1.0229 | 114  | 1.0227 | 115 | 1.02/5 | 116 | 1.6222 | 117  | 1.0220 | 114  | 1.0214 | 117  | 1        | 126 | 1.0215    |
| 121 | 1.0211 | 122 1.02CP | 123   | 1.6206 |      |        |     |        |     |        |      |        |      |        |      |          |     |           |

PLATINE

•

Ł

,

\_ 1

•

.

| 1    | = 2491  | -0.91151 66  | <u> ነዋልነ</u> = ር | . 30526-63 |            |            |            |             |           |            |
|------|---------|--------------|------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|------------|
| ERAI | EUN SLH | THA: C.16722 | 2-01             |            |            |            |            |             |           |            |
| 1    | 1.0032  | 2 1.0031     | 3 1.0031         | 4 1.(031   | 5 1.0031   | 8 1.OUSU   | 7 1.60%    | a 1.003u    | + tanus   | 10 1.00/7  |
| - 11 | 1.0029  | 12 1.0029    | 13 1.6029        | 14 1.0029  | 15 1.0021  | 10 1.0021  | 17 1.002+  | 10 1.002.   | le laduel | 20 1.30/7  |
| 21   | 1.0027  | 22 1.0027    | 23 1.0026        | 24 1.0026  | 25 1.0026  | 26 1.0021  | 21 1.6626  | 21 1.6025   | er tables | 16 1.0021  |
| - 31 | 1.0025  | 52 1.6624    | 33 1.0024        | 44 1.0024  | 35 1.6024  | 38 1.0023  | 11.0023    | 38 1.0023   | Se 1      | 4. 1.00/5  |
| 41   | 1.0022  | 42 1.0022    | 41 1.0C22        | 44 1.0022  | 45 1.0021  | 46 1.GOZ1  | 47 1.0021  | 42 1.JC21   | as touvel | 56 F.0020  |
| - 51 | 1.0020  | 52 1.0020    | 53 1.0020        | 54 1.0020  | 55 1.0019  | 56 1.0014  | 57 1.0014  | 51 1.0017   | 57 1.661  | 10 1.6612  |
| 61   | 1.0018  | : 62 1.001F  | 84 1.6018        | /# 1.0017  | es 1.0017  | 66 1.UC17  | e7 1.0017  | - CS 1.9017 | er 1.631r | 16 1.0015  |
| 71   | 1.0016  | 72 1.0616    | 73 1.0015        | 74 1.0015  | /5 1.0015  | 76 1.0015  | // 1.0015  | 78 1.0014   | 11 1.0011 | ru 1.6014  |
| 81   | 1.0014  | 22 1.0014    | A3 1+0013        | EW 1.0013  | b5 1.0013  | to 1.0011  | n/ 1.0015  | LO 1.0012   | HY ILUJIZ | 10 1.0012  |
| 91   | 1.0012  | 92 1.0011    | 93 1.0011        | 94 1.0011  | 95 1.0011  | 96 1.0011  | 77 1.001C  | v⊢ 1.0613   | 1.0.1     | 100 1.0015 |
| 101  | 1.0010  | 102 1.0009   | 105 1.0009       | 164 1.0004 | 15 1.0009  | 156 1.0017 | 177 1.0000 | 10+ 1.0004  | 167 .037  | 110 1.60.0 |
| 111  | 1.0006  | : 112 1.0067 | 113 1.00(7       | 114 1.0007 | 115 1.0007 | 116 1.0007 | 117 1.0006 | 318 1.00ve  | 11/ 1-600 | 126 1.0016 |
| 121  | 1.0006  | 122 1.0005   | 123 1.0005       |            |            |            |            |             |           |            |

| 1          | PAC=   | -0.99 | 95F CC | T              | PA 1 | =         | 0.+592 | 26-05  |      |        |     |        |      |        |                |        |      |        |      |         |
|------------|--------|-------|--------|----------------|------|-----------|--------|--------|------|--------|-----|--------|------|--------|----------------|--------|------|--------|------|---------|
| ERRE       | UR SUP | TPA=  | 0.166  | 52 <b>2-01</b> |      |           |        |        |      |        |     |        |      |        |                |        |      |        |      |         |
| 1          | 1.0001 | 2     | 1.000  | 1 3            | 1.   | . UCU 1   | 4      | 1.0001 | 5    | 1.0001 | 6   | 1.0061 | 1    | 1.0001 | •              | 1.0091 |      | 1.03.1 | 1.   | 1.00.1  |
| 11         | 1.0001 | 12    | 1.000  | 1 13           | 1.   | .0061     | 14     | 1.0001 | 15   | 1.0001 | 16  | 1.0001 | 17   | 1.0001 | 15             | 1.66.1 | 1+   | 1.0001 | 26   | 1.00.1  |
| 21         | 1.0001 | 22    | 1.000  | 1 24           | 1.   | 0051      | 24     | 1.0001 | 25   | 1.0001 | 26  | 1.0001 | - 21 | 1.0001 | 20             | 1.06.1 | 24   | 1.6361 | ي.   | 1.6001  |
| 31         | 1.0001 | 32    | 1.000  | 1 33           | ۱.   | .0601     |        | 1.0601 | 35   | 1.0001 | 16  | 1.0001 | - >1 | 1.0011 | • <del>1</del> | 1.60.1 |      | 1.6001 | 46   | 1.0001  |
| - 41       | 1.0001 | 42    | 1.006  | 1 43           | 1.   | . UCO 1   | - 44   | 1.00LC | 45   | 1.0000 | 46  | 1.0000 | 47   | 1.0000 | 46             | 1.000  |      | 1.630  | باد  | 1.00.0  |
| 51         | 1.0000 | ; 52  | 1.000  | 0 55           | 1.   | 0000      | 54     | 1.0000 | 55   | 1.0000 | 54  | 1.0000 | - 57 | 1.0000 | 56             | 1.5662 | 51   | 1.433  | 63   | 1.00.0  |
| 61         | 1.0000 | : 62  | 1.010  | 0 63           | 1.   | CCOO      | 64     | 1.0000 | 65   | 1.0000 | 66  | 1.0000 | 67   | 1.0000 | ĄH             | 1.6006 | 1    | 1      | 14   | 1.00.   |
| 71         | 1.0000 | ) 72  | 1.000  | 0 73           | 1.   | .ccan     | 74     | 1.006. | - 75 | 1.000  | 76  | 1-0664 | 11   | 1.60 0 | - 7n           | 1.000  | - 1+ | 1.000  | ru   | 1.00.00 |
| <b>e</b> 1 | 1.0000 | ; F2  | 1.000  | しり!            | 1.   | . 6 C u a | 94     | 1.0000 | 65   | 1.0000 | 38  | 1.0000 | 67   | 1.0000 | モガ             | 1.0600 | . 4  | 1.000  | 16   | 1.00    |
| 91         | 1.0000 | 92    | 1.000  | 0 93           | 1.   | . 0000    | 94     | 1.00(0 | 95   | 1.0000 | 96  | 1.0000 | 97   | 1.6000 | 76             | 1.000. | 41   | 1.600  | luu. | 1.00    |
| 101        | 1.0000 | 192   | 1.000  | 0 107          | 1.   | 1000      | 1.3#   | 1.0030 | 105  | 1.0000 | 166 | 1.1000 | 16 F | 1.0000 | 14, F          | 1.0000 | 1.1  | 1.092  | 110  | 1.006.  |
| 111        | 1.0000 | ; 112 | 1.000  | 0 113          | 1.   | .0000     | 114    | 1.0000 | 115  | 1.0000 | 116 | 1.0660 | 117  | 1.0006 | 11r            | 1.000. | 117  | 1.000  | 126  | 1.0001  |
| 121        | 1.0000 | 122   | 1.00   | 0 123          | 1.   | . c C C O |        |        |      |        |     |        |      |        |                |        |      |        |      |         |

## Fig 11123\_ Mise en place de la ligne de référence



------

~-



......

į.

#

----4.4 ,



.

.

--

". ~. ه. ست ر ! 4 1 .



Fig. III.4.2\_\_\_ Mesures des mi-largeurs à f de la profondeur

•

~

ſ

~

•

۰. ۲ مک 

.....



ļ

.

**j** .

;

,



## Fig: III.4. respondence.

~~ ~ ~~ -... .. ..

1





Fig: III.4.3\_\_\_Organigramme du sous programme TRMIN Recherche du minimum de transmission et de l'énergie correspondante,

-

- -

.

,

•

•

.





ઝે

Fig. III.5.1\_ Diagramme d'ensemble du code SPNBE 085.

|   |                               | CODE | SPNBE | 0 85 |
|---|-------------------------------|------|-------|------|
| • | den i oden o                  |      |       | • 6  |
| 1 | CØRP1, CØRP 2                 |      | 21    | 4 0  |
| 1 | MANIP , ICAS , ISELEC , NZØNE |      | 14    | 15   |
| 1 | GL. RE                        |      | 6 E   | 12.5 |

Fig 111.6.1

:

•

 1
 PL (i)
 6E 12 5
 NZØNE
 PL (I)
 I = 1, NZØNE
 6 E 12.5

 NZØNE
 Z (I)
 I = 1, NZØNE
 6 E 12 5
 NZØNE
 Z (I)
 I = 1, NZØNE
 6 E 12.5

 NZØNE
 Z (I)
 I = 1, NZØNE
 6 E 12 5
 NZØNE
 Z (I)
 I = 1, NZØNE
 6 E 12.5

 NCA(I)
 I = 1, NZØNE
 14 I 5

| 1<br>1       | B A<br>INITR INFTR               |                  | 6 E 12.5<br>14 1 5   | NOTA<br>INITR = 5n                                    |
|--------------|----------------------------------|------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| INFTR INITR+ | 1 T (I) , DELTAT (I)             | I = INITR, INFTR | 10 F 7.4             | $\frac{1}{n} \text{ et } n = \frac{5 \cdot n}{2} - 1$ |
| 1            | TEF ÞA<br>NRESØL                 |                  | 6 e 12.5<br>14 I 5   |                                                       |
|              | 1 T 1,T2,T3,T4,T5,T6<br>1 CNYLØN |                  | 6 E 12.5<br>6 E 12.5 |                                                       |
| NRESOL       | 1 T1 T2 T3 T4 T5 T6<br>1 CNYLØN  |                  | 6 E 12.5<br>6 E 12.5 |                                                       |
| 1            | NCALTP                           |                  | 14 I 5               |                                                       |









NCALTP fois

١

NUMERC LE L'EXPEPTENCE 64017 CAS 1 NIOBIUM

ON CALCULE LA LIGNE CE REFERENCE POUR LA (CU LES) 1 RESENANCE(S) SUIVANTE(S)

#### 1 ER= 0.26460F 04

TPAD= -0.1291E 01 TPA1= -0.1112E-C5 ERREUR SUR TPA= 0.14848E-C1

| 1  | 0.9923 | 2 0.9924  | 3 0.9925  | 4 0.9925  | 5 6.9926  | 6 C.9927   | 7 0.9928  | 8 0.9929  | 9 0.9930  | 10 0.9930 |
|----|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 11 | 0.9931 | 12 C.9932 | 13 C.9933 | 14 0.9934 | 15 C.9935 | 16 C.9735  | 17 0.9936 | 18 0.9937 | 19 C.9938 | 20 0.9939 |
| 21 | 0.9940 | 22 0.9940 | 23 0.9941 | 24 0.9442 | 25 0.9943 | 26 C. J944 | 27 0.9944 | 28 0.9945 | 29 6.9948 | 30 0.9947 |
| 31 | 0.9948 | 32 0.1949 | 33 0.9949 | 34 0.9950 | 35 0.9951 | 36 C.9952  | 37 0.9953 | 38 0.9953 | 39 0.9954 | 10 0.9955 |
| 41 | 0.9956 | 42 0.9957 | 43 0.9958 | 44 C.9958 | 45 0.9955 | 46 C.996C  | 47 C.9961 | 48 0.9962 | 49 0.9962 | 50 0.9963 |
| 51 | 0.9964 | 52 0.9965 | 53 C.9966 | 54 0.9967 | 55 0.9967 | 56 C.9968  | 57 0.9969 | 58 0.9970 | 59 0.9971 | 60 0.9971 |
| 61 | 0.9972 | 62 0.9973 | 63 0.9974 | 64 C.9975 | 65 C.9975 | 66 C.9976  | 67 0.7977 | 68 0.9978 | 69 0.9979 | 70 0.9986 |
| 71 | 0.9980 | 72 0.9481 | 73 0.7482 | 74 0.9983 | 75 0.9984 | 76 C.9984  | 17 0.9985 | 78 0.9986 | 79 0.9987 | 80 0.9988 |
| 81 | 0.9488 | 82 0.9989 | 83 C.9970 | 84 0.9971 | E5 C.9992 | 86 C. 9972 | 87 C.9993 | 88 0.9974 | 89 C.9995 | 90 0.9996 |
| 91 | 0.9796 | 92 0.9777 | 53 C.9998 | 94 0.9999 | 95 1.OCCC | 96 1.COCC  | 97 1.0001 | 98 1.0002 | 99 1.00C3 |           |

.

| TPAO=      | -0.1006E 01    | TPA1= | -0.236CE-05 |  |
|------------|----------------|-------|-------------|--|
| ERREUR SUP | R TPA= 0.14833 | SF-C1 |             |  |

-

| 1  | 0+9999 | 2    | 0.9999 | 3  | 0.9999  | - 4  | 0.9999 | 5    | C. 4955 | 6  | C.9999 | 7    | 0.9999 | 8    | 0.4999 | 9          | 0.9995 | 10  | 0.9999 |
|----|--------|------|--------|----|---------|------|--------|------|---------|----|--------|------|--------|------|--------|------------|--------|-----|--------|
| 11 | 0.9999 | 12   | 0.9999 | 13 | 0.4999  | 14   | 0.9995 | 15   | C.99955 | 16 | C.9997 | 17   | C.9999 | 18   | 0.9999 | 19         | 0.9995 | 20  | 0.9999 |
| 21 | 0.9999 | 22   | u.9993 | 23 | C•9999  | 24   | 0.9999 | 25   | 6.9955  | 26 | C.9999 | 27   | 0.9999 | 28   | 0.9999 | 29         | 0.9999 | 30  | 0.9999 |
| 31 | 0.9999 | - 12 | 0.9999 | 33 | 0. 1999 | 34   | 1.0000 | 35   | 1.0000  | 36 | 1.0000 | 37   | 1.0000 | - 38 | 1.0000 | 39         | 1.0000 | 40  | 1.0000 |
| 41 | 1.0000 | 42   | 1.000C | 43 | 1.0000  | 44   | 1.0000 | 45   | 1.0000  | 46 | 1.0000 | - 47 | 1.0000 | 48   | 1.0000 | 49         | 1.0000 | 50  | 1.0000 |
| 51 | 1.0000 | 52   | 1.000c | 53 | 1.0000  | 54   | 1.0000 | 55   | 1.0000  | 56 | 1.0000 | 57   | 1.0000 | 58   | 1.0000 | <b>*</b> 9 | 1.000C | 60  | 1.0000 |
| 61 | 1.0000 | 62   | 1.0000 | ٤3 | 1.0000  | 64   | 1.0000 | 65   | 1.0000  | 66 | 1.0000 | 67   | 1.0000 | 68   | 1.0000 | 69         | 1.0000 | 7C  | 1.0000 |
| 71 | 1.0000 | 72   | 1.0000 | 73 | 1.0600  | - 74 | 1.6000 | 75   | 1.0000  | 76 | 1.0000 | 77   | 1.0600 | 78   | 1.0000 | 79         | 1.0000 | ec. | 1.0000 |
| 81 | 1.0000 | 82   | 1.0000 | 83 | 1.0000  | 64   | 1.0006 | £5   | 1.0000  | £6 | 1.0000 | 87   | 1.0000 | 88   | 1.0000 | 89         | 1.0000 | 90  | 1.0000 |
| 91 | 1.0000 | 92   | 1.0001 | 93 | 1.0001  | 94   | 1.0001 | - 55 | 1.0001  | 96 | 1.0001 | 97   | 1.0001 | 98   | 1.0001 | 99         | 1.0001 |     |        |

| TPAD= -0.1001E C1 TPA1= -0.2227E-66<br>FRRFUR SLR TPA= 0.14831E-C1 |        |           |                  |                   |           |                  |           |           |           |           |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------------|--------|-----------|------------------|-------------------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|--|--|
| 1                                                                  | 1.0000 | 2 1.0000  | 3 1.0000         | 4 1.000C          | 5 1.0CCC  | 6 1.COCC         | 7 1.00GC  | 8 1.0060  | 9 1.0000  | 10 1.0000 |  |  |  |
| - 11                                                               | 1.0000 | 12 1.0000 | 13 1.0000        | 14 1.000C         | 15 1.0GCC | 16 1.0000        | 17 1.000C | 18 1.0000 | 19 1.000C | 20 1.0000 |  |  |  |
| 21                                                                 | 1.0000 | 22 1.000r | 23 1.0000        | 24 1.0CCC         | 25 1.OCCC | 26 1.000C        | 27 1.0000 | 28 1.0000 | 29 1.000C | 30 1.0000 |  |  |  |
| 31                                                                 | 1.0000 | 32 1.00GL | 43 1.CCOC        | 34 1.0000         | 35 1.0CCC | 36 l.000C        | 37 1.000C | 38 1.0000 | 39 1.000C | 40 1.0000 |  |  |  |
| 41                                                                 | 1.0000 | 42 1.00CC | 43 1.0000        | 44 1.00UC         | 45 1.OCCC | 46 1.COCC        | 47 1.0000 | 48 1.0000 | 49 1.00CC | 50 1.0000 |  |  |  |
| 51                                                                 | 1.0000 | 52 1.0000 | 53 1.00CG        | 54 1.0000         | 55 1.00CC | 56 1.00CC        | 57 1.0000 | 58 1.0000 | 59 1.00CC | 60 1.0000 |  |  |  |
| 61                                                                 | 1.0000 | 62 1.000( | 63 1.0000        | 64 <b>1.0</b> 000 | 65 1.0CCC | £6 1.00CO        | 67 1.0000 | 68 1.0000 | 69 L.COOC | 70 1.0000 |  |  |  |
| 71                                                                 | 1.0000 | 72 1.000L | 73 1.0000        | 74 1.0GOC         | 75 1.OCCC | 76 1.000C        | 77 1.0000 | 78 1.0000 | 79 1.000C | 80 1.0000 |  |  |  |
| 81                                                                 | 1.0000 | 62 1.00GL | <b>23 1.0000</b> | E4 1.0CCC         | £5 1.0CCC | 86 1.COOC        | 87 1.000C | 88 1.0000 | 89 1.000C | 90 1.0000 |  |  |  |
| 91                                                                 | 1.0000 | 92 1.0000 | 93 1.00CC        | 94 1.OCCC         | 55 1.00CC | <b>96 1.00CO</b> | 97 1.0000 | 98 1.0000 | 99 1.0COC |           |  |  |  |

Fig. 111.6.2

S C E Saclay

•

٠

•

| TRANSMISSION | S RESONNANTES | ET | LEURS | ERREURS | OBTENUES | <b>APRES</b> | 3 | ITERATION(S) |
|--------------|---------------|----|-------|---------|----------|--------------|---|--------------|
|              |               |    |       |         |          |              |   |              |

. .

5

.

| 1    | TR(1)   | DELTR(I) | I    | TR(1)     | DELTR(1) | 1       | TR(I)   | DELTRIII |
|------|---------|----------|------|-----------|----------|---------|---------|----------|
| 2301 | C.94700 | C.01996  | 2302 | C. \$7332 | C. C2C36 | 2 303   | C.96709 | 0.02046  |
| 2304 | 0.95522 | C.02036  | 2305 | 0.59332   | 0.C2076  | 2306    | 0.95647 | 0.02035  |
| 2307 | 0.95326 | C.02015  | 2308 | 0.95238   | 0.02015  | 2309    | 0.94142 | 0.02005  |
| 2310 | 0.94406 | C.C2004  | 2311 | 0.99352   | C. C2085 | 2312    | 0.98729 | 0.02075  |
| 2313 | C.99003 | C.C2085  | 2314 | C. 98854  | 0.02084  | 2315    | 0.95151 | 0.02024  |
| 2316 | 0.96451 | C.C2054  | 2317 | 0.97691   | 0.02054  | 2318    | 0.94915 | 0.02013  |
| 2319 | 0.98449 | C.02083  | 2320 | 0.90683   | 0.01983  | 2321    | 0.96149 | 0.02043  |
| 2322 | G.95748 | 0.02043  | 2323 | 0.94563   | 0. C20C2 | 2324    | 0.94223 | 0.02002  |
| 2325 | 0.93028 | C+01972  | 2326 | 0.90767   | 0.01961  | 2327    | 0.89915 | 0.01951  |
| 2328 | 0.89968 | C.01951  | 2329 | 0.67849   | 0.01921  | 2330    | 0.85147 | 0.01900  |
| 2331 | 0.85793 | C.01900  | 2332 | 0.81614   | 0.01830  | 2333    | 0.85035 | 0.01900  |
| 2334 | 0.85058 | C.01900  | 2335 | 0.84920   | 0.01890  | 2336    | 0.86611 | 0.01900  |
| 2337 | C.86473 | C.01899  | 2338 | 0.84848   | 0.01885  | 2 3 3 9 | 0.86730 | 0.01939  |
| 2340 | 0.84944 | C.01899  | 2341 | 0.79885   | C.01848  | 2342    | 0.79265 | 0.01818  |
| 2343 | 0.74880 | C778     | 2344 | 0.73890   | 0.01768  | 2345    | 0.67939 | 0.01687  |
| 2346 | 0.61779 | 6.01577  | 2347 | C.53461   | 0.C1456  | 2348    | 0.42765 | 0.01305  |
| 2347 | 0.34801 | C.C1195  | 235C | 6.26116   | C.C1054  | 2351    | 0.19671 | 0.00933  |
| 2352 | 0.15565 | C+00863  | 2353 | 0.15032   | 0.00863  | 2354    | 0.16385 | 0.00863  |
| 2355 | 0.22474 | C.00973  | 2356 | C.32534   | 0.C1164  | 2357    | 0.45190 | 0.01344  |
| 2358 | 0.60844 | C.01575  | 2359 | 0.68231   | 0.01665  | 2360    | 0.73260 | 0.01745  |
| 2361 | 0.82228 | C.C1845  | 2362 | 0.87666   | C.C1925  | 2 363   | 0.93935 | 0.02036  |
| 2364 | ¢•97186 | C.C2076  | 2365 | 0.96586   | 0.02075  | 2 366   | 0.98503 | 0.02105  |
| 2367 | 0.98234 | C.C2095  | 2368 | 1.02475   | 0.02145  | 2369    | 1.01515 | 0.02135  |
| 2370 | 1.00013 | 0.02105  | 2371 | 1.00726   | 0.C2135  | 2372    | 1.02491 | 0.02144  |
| 2373 | 1.00980 | C.C2134  | 2374 | 1.04068   | C.C2184  | 2375    | 1.01554 | 0.02154  |
| 2376 | 1.02598 | C.C2164  | 2377 | 1.04432   | 0.02174  | 2378    | 6.99637 | 0.02113  |
| 2379 | 1.04345 | C.J2193  | 2380 | 1.(3455   | C.C2193  | 2 3 8 1 | 1.04708 | 0.02203  |
| 2382 | 1.02747 | C.C2133  | 2383 | 6.57734   | 0.02092  | 2 384   | 1.00759 | 0.02132  |
| 2385 | 1.02121 | C.C2142  | 2386 | C.594Cl   | C.L21C2  | 2 387   | 1.01784 | 0.02142  |
| 2388 | 1.01466 | C.02142  | 2389 | 1.00417   | 0.02111  | 2390    | 1.02580 | 0.02151  |
| 2391 | 1.00551 | C.02121  | 2392 | 0.98142   | 0.C2C81  | 2393    | 1.02044 | 0.02131  |
| 2394 | 1.01360 | 0.02130  | 2395 | 1.00248   | 0.02110  | 2 3 9 6 | C.97490 | 0.02570  |
| 2397 | 1.00481 | C.C211C  | 2378 | 1.02063   | G.C212C  | 2 3 9 9 | 1.03304 | 0.02160  |

,

٩

.

•

-

NUMERC CE L EXPERIENCE 64017 CAS 1 NIOBIUM

ER= 2.64597E C3

r i

TFININUM= 0.14776

| F=0.1667 | G2F= 0.13354E 01 | ERR.= 0.37835E-01 | G1F= 0.12398E 01 | ERR.= 0.31843E~01   | GF= 0.25752£ 01 | ERR.= 0.69678E-01 |
|----------|------------------|-------------------|------------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| F=0.3333 | G2F= 0.20552E 01 | ERR.= 0.30282E-01 | G1F= 0.17C96E C1 | ERR.= 0.17786E-01   | GF= 0.37648E 01 | ERR.= 0.48068E-01 |
| F=0.5000 | G2F= 0.26984E 01 | ERR.= 0.21010E-01 | G1F= 0.21366E 01 | ERR.= 0.13807E-01   | GF= 0.48349E 01 | ERR.= 0.34816E-01 |
| F=0.6667 | G2F= 0.35993E C1 | ERR.= 0.28477E-G1 | G1F= 0.29473E C1 | ERR. # 0. 20369E-01 | GF= 0.65466E 01 | ERR.= 0.48845E-01 |

| GAMPAEXP= 0.57764E C1 | GAMMAAPP= 0.30984E 01 | 8ETAEXP= 0.59178E 00       | GETAAPP= 0.11033E 01       |
|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1SOTOPE 93.00         | N= 0.87700E-04        | (SIGNAMAX)EXP= 0.21803E 05 | {SIGMAMAX}APP= 0.16516E 05 |
| R = C.16637E 01       | PHI/BETA= C.4867CE-OC | DELTA= 0.17092E 01         |                            |

•

| IRA  | IRB  | ALP2A  | ALP1A | AR/DELTA | DELTAA | ALP2T  | TR(IRA)         | ERR.   | ALPIT  | TR(IRB) | ERR.   |  |
|------|------|--------|-------|----------|--------|--------|-----------------|--------|--------|---------|--------|--|
| 2353 | 2353 | C.128  | 0.295 | 0.3634   | 0.0C37 | с.     | C.15C3          | 0.0086 | 980.0  | 0.1503  | 0.0086 |  |
| 2352 | 2354 | 0.556  | 0.727 | 1.0822   | 0.0C64 | C.342  | 0.1556          | 0.0086 | 0.513  | 0.1639  | 0.0086 |  |
| 2351 | 2355 | C.984  | 1.154 | 1.7574   | 0.0087 | C.77L  | C.1967          | 0.0093 | 0.941  | 0.2247  | 0.0099 |  |
| 235C | 2356 | 1.412  | 1.582 | 2.3620   | 0.011C | 1.198  | C.2612          | 0.0105 | 1.368  | 0.3253  | 0.0116 |  |
| 2349 | 2357 | 1.841  | 2.009 | 2.8753   | 0.0134 | 1.627  | C.3480          | 0.0119 | 1.795  | 0.4519  | 0.0134 |  |
| 2348 | 2358 | 2.269  | 2.435 | 3.2877   | C.0160 | 2.055  | 0.4276          | 0.0131 | 2.222  | 0.6084  | 0.0157 |  |
| 2347 | 2359 | 2.698  | 2.862 | 3.6229   | 0.0186 | 2.484  | C.5346          | 0.0146 | 2.649  | 0.6823  | 0.0167 |  |
| 2346 | 2360 | 3.127  | 3.288 | 3.9009   | 0.0211 | 2.913  | C.6178          | 0.0158 | 3,,075 | 0.7326  | 0.0175 |  |
| 2345 | 2361 | 3.556  | 3.715 | 4.1142   | 0.C237 | 3.342  | C.6794          | 0.0169 | 3.502  | 0.8223  | C.0185 |  |
| 2344 | 2362 | 3.986  | 4.141 | 4.2788   | 0.0262 | ?.771  | 0.7389          | 0.0177 | 3.928  | 0.8767  | 0.0193 |  |
| 2343 | 2363 | 4.415  | 4.567 | 4.4126   | C•0286 | 4.200  | C.7488          | 0.0178 | 4.354  | 0.9394  | 0.0204 |  |
| 2342 | 2364 | 4.845  | 4.993 | 4.5137   | 0.0310 | 4.630  | 0.7927          | 0.0182 | 4.780  | 0.9719  | 0.0208 |  |
| 2341 | 2365 | 5.275  | 5.418 | 4.6147   | 0.0332 | 5.C6C  | C <b>.</b> 7988 | 0.0185 | 5.205  | 0.9659  | 0.0208 |  |
| 2340 | 2366 | 5.705  | 5.844 | 4.6858   | 0.0353 | 5.490  | 0.8494          | 0.0190 | 5.631  | 0.9850  | 0.0211 |  |
| 2339 | 2367 | 6.135  | 6.269 | 4.7504   | C.0373 | 5.920  | 0.8673          | 0.0194 | 6.056  | 0.9823  | 0.0210 |  |
| 2338 | 2368 | 6.565  | 6.694 | 4-8051   | 0.0393 | 6.35C  | 0.8485          | 0.0189 | 6.481  | 1.0248  | 0.0215 |  |
| 2337 | 2369 | 6.996  | 1.119 | 4.8569   | 0.0412 | 6.781  | C.8647          | 0.0190 | 6.906  | 1.0151  | 0.0213 |  |
| 2336 | 2370 | 7.427  | 7.544 | 4.9145   | 0.0429 | 7.211  | 0.8661          | 0.0190 | 7.331  | 1.0001  | C-0210 |  |
| 2335 | 2371 | 7.858  | 7.968 | 4.9764   | 0.0446 | 7.642  | C • 84 92       | 0.0189 | 7.756  | 1.0073  | 0.0213 |  |
| 2334 | 2372 | 8.289  | 8.392 | 5.0303   | 0.0462 | 8.073  | 0.8566          | 0.0190 | 8.180  | 1.0249  | 0.0214 |  |
| 2333 | 2373 | 8.720  | 8-017 | 5.0911   | 0.0478 | 8.5C4  | 0.8503          | 0.0190 | 8.605  | 1.0088  | 0.0213 |  |
| 2332 | 2374 | 9.151  | 7.241 | 5.1506   | 0.0494 | 8.936  | 0.8161          | 0.0193 | 9.029  | 1.0467  | 0.0218 |  |
| 2331 | 2375 | 9.583  | 9.665 | 5.2053   | 0.0509 | 9.367  | C.8579          | 0.0190 | 9.453  | 1.0155  | C.0215 |  |
| 233C | 2375 | 16.015 | 9.665 | 5.2694   | 0.0515 | 9.799  | C.8515          | 0.0190 | 9.453  | 1.0155  | 0.0215 |  |
| 2329 | 2375 | 10.447 | 9.665 | 5.3220   | 0.0522 | 16.231 | 0.8785          | 0.0192 | 9.453  | 1.0155  | 0.0215 |  |
|      |      |        |       |          |        |        |                 |        |        |         |        |  |

Fig 111 6 4

S C E SACLAY

-



٠

٠

S C E Saclay



•

ŧ

1

J,

1

i

. .

5 | |





S C E

4 6

and the second s

NUPERC CE L EXPERIENCE 64617 CAS 1 NIOBIUM

ER= 2.42263E 33

- --

•

**TMINIMUM= 0.10594** 

F=0.1667 G2F= 0.14109C U1 ERR.= 0.3C592E-01 GIF= C.10451E C1 ERR.= 0.34370E-01 GF= 0.24600E 01 ERR.= 0.54961E-01 F=0.3333 G2F= 0.21956F 01 ERR.= 0.4C894E-01 G1F= 0.15262E C1 ERR.= 0.22689E-01 GF= 0.37218E 01 ERR.= 0.63583E-01 F=0.500C G2F= 0.28239L U1 ERR.= 0.15187E-01 G1F= 0.2C345E C1 ERR.= 0.15232E-01 GF= 0.48584E C1 ERR.= 0.34419E-01 F=0.6667 G2F= 0.37669E 01 ERR.= 0.32431E-01 G1F= U.25C33E C1 ERR.= 0.11977E-01 GF= 0.62703E C1 ERR.= 0.44408E-C1

.

| GAMPAEXP= 0.481761 01 | GAMMAAPP= 0.2155CE 01 | BETAEXP= C.67856E CO       | BETAAPP= 0.15178E 01       |
|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| ISCTCPE 93.00         | N= 0.877CUE-04        | (SIGMAMAX)EXP= 0.25597E 05 | (SIGMAMAN)APP# C.30357E 05 |
| R= 0.14887F 01        | PH1/BETA= C.45513E-OC | DELTA= C.16355E 01         |                            |

.

,

•

٩

| IRA  | IKB   | ALP2A | ALP1A | AR/DELTA | DELTAA | ALP21 | TR(IRA)   | ER4.          | ALPIT | TR(IRB) | ERR.          |
|------|-------|-------|-------|----------|--------|-------|-----------|---------------|-------|---------|---------------|
| 2679 | 2679  | 6.235 | 0.157 | C.3511   | 0.0041 | C.C35 | C.1036    | 0.0100        | 0.    | 0.1036  | C.0106        |
| 2678 | 2680  | C.627 | 0.548 | 1.0418   | C.CC71 | C.431 | C.1180    | 0.0103        | 0.352 | 0.1183  | 0.0107        |
| 2677 | 2631  | 1.019 | C.94C | 1.7018   | C.0C95 | C.823 | 0.1381    | 0. J107       | 0.744 | 0.1770  | 0.0121        |
| 2676 | 2682  | 1-411 | 1.331 | 2.3003   | 0.0119 | 1.215 | 0.1932    | 0.0117        | 1.135 | 0.2787  | 0.0141        |
| 2675 | 2683  | 1.803 | 1.722 | 2.5014   | 0.0146 | 1.607 | C.3180    | 0.0141        | 1.526 | 0.4025  | 0.0162        |
| 2014 | 2684  | 2.176 | 2.113 | 3.2383   | C.C173 | 1.999 | C.3734    | <b>U.0153</b> | 1.917 | G.5115  | 0.0179        |
| 2673 | 2685  | 2.522 | 2.503 | 3.5971   | 6.0201 | 2.392 | C.4350    | 0.0163        | 2.308 | 0.6495  | C.0203        |
| 2672 | 2606  | 2.901 | 2.894 | 3.8697   | C.023C | 2.785 | C.5384    | 6.0179        | 2.699 | 6.7663  | C.0223        |
| 2671 | 2687  | 3.374 | 3.284 | 4.6780   | 0.6259 | 3.177 | C+6536    | 0.0198        | 3.089 | 0.8150  | C.0232        |
| 2670 | 2681  | 3.767 | 3.675 | 4.2410   | C.C23P | 3.570 | C.6785    | 0.0201        | 3.479 | C.906C  | 6.0249        |
| 2664 | 768 J | 4.160 | 4.065 | 4.3744   | C.0315 | 3.964 | C.7216    | 0.0207        | 3.870 | G.9387  | C.0251        |
| 2663 | 2670  | 4.554 | 4.455 | 4.4909   | 6.0341 | 4.357 | C.7560    | 0.6212        | 4.260 | C.9475  | C.0257        |
| 2067 | 2671  | 4.947 | 4.844 | 4.5442   | C.C367 | 4.750 | C • 82 39 | 0.0224        | 4.650 | 1.0410  | r.0273        |
| 2660 | 2692  | 5.341 | 5.234 | 4.6225   | C.C392 | 5.144 | C.8015    | 0.0222        | 5.039 | C.9997  | 0.0267        |
| 2665 | 2693  | 5.735 | 5.624 | 4.6711   | 0.0416 | 5.538 | C.8540    | 0.0279        | 5.429 | 1.0229  | C-0272        |
| 2664 | 2694  | 0.129 | 0.013 | 4.7167   | 0.0438 | 5.932 | C.84C5    | 0.0228        | 5.818 | 1.0437  | C.0774        |
| 2664 | 7695  | 6.129 | 6.402 | 4.6860   | 0.6452 | 5.932 | C.84C5    | 0.0228        | 6.208 | 1.0795  | C.0286        |
| 2664 | 2096  | 6.129 | c.791 | 4.0580   | C.C46L | 5.932 | C.0405    | 0.0228        | 6.597 | 1.0720  | 0.0285        |
| 2684 | 2691  | 6.129 | 7.180 | 4.+270   | C.C479 | 5.932 | 0.8405    | 0.0228        | 6.986 | 1.0796  | 0.0286        |
| 2664 | 269   | 6.129 | 1.569 | 4.5475   | 0.0492 | 5.932 | C.84C5    | 0.C228        | 7.374 | 1.1015  | <b>℃.0291</b> |
| 2004 | 2071  | 6.129 | 7.957 | 4.5062   | C.C5C4 | 5.532 | C•84C5    | 0.0228        | 7.763 | 1.0548  | 0.0279        |
| 2064 | 27 5  | c.129 | 4.340 | 4.5531   | C.0515 | 5.932 | C.84C5    | 0.0228        | 8.152 | 1.0339  | Ú.C277        |
| 2014 | 1701  | 6.129 | 2.734 | 4.5358   | 0.0526 | 5.932 | 0.8405    | 0.0228        | 8.540 | 1.0444  | 0.0278        |
| 2064 | 2702  | e-129 | 9.122 | 4.5167   | C.C537 | 5.932 | 0.8405    | 0.0228        | 8.928 | 1.0492  | C.0278        |
| 2164 | 2703  | 6.129 | 9.510 | 4.4777   | 0.0549 | 5.932 | C.84C5    | 0.0225        | 9.316 | 1.1006  | C.0294        |
| 2064 | 27 4  | 129   | 9.695 | 4.4432   | C.0561 | 5.932 | C.8405    | 0.0228        | 9.704 | 1.0887  | 0.0293        |

Fig 11.6.6

------ -~



SACLAY

.

•

٠

•

•

| S  | ¢  | E  |
|----|----|----|
| 5A | CL | AY |

-

•

•

. . .

.

-

.

.

.

-

| 0.     | 5.1 |   | .2 č |   | • 4 | r.5 | C.u | 6.1 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 |
|--------|-----|---|------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2664 . |     |   |      |   |     |     |     |     | ٠   | •   | • • |     |     |     |
| 2665 . |     |   |      |   |     |     |     |     | •   |     | •   |     |     |     |
| 2666 . |     |   |      |   |     |     |     |     | •   |     | •   |     |     |     |
| 2667 . |     |   |      |   |     |     |     |     | ٠   |     | •   | •   |     |     |
| 2668 . |     |   |      |   |     |     |     | •   |     |     | •   |     |     |     |
| 2669 . |     |   |      |   |     |     |     | •   |     |     | •   | •   | •   |     |
| 2670 . |     |   |      |   |     |     |     | •   |     |     | •   |     |     |     |
| 26/1 . |     |   |      |   |     | _   | •   |     |     |     | •   |     |     | L.  |
| 2672 . |     |   |      |   | _   | •   |     |     |     |     | •   |     |     | •   |
| 2013 . |     |   |      | • | •   |     |     |     |     |     | •   |     |     |     |
| 2476   |     |   |      |   |     |     |     |     |     |     | •   |     |     |     |
| 2676   |     | • |      | • |     |     |     |     |     |     | •   |     |     | •   |
| 2677   |     | • |      |   |     |     |     |     |     |     | •   |     |     |     |
| 2678 . |     | • |      |   |     |     |     |     |     |     | •   |     |     |     |
| 2679 . | •   |   |      |   |     |     |     |     |     |     | •   |     |     |     |
| 2680 . |     | 1 |      |   |     |     |     |     |     |     | •   |     |     |     |
| 2681 . |     | • |      |   |     |     |     |     |     |     | •   |     |     |     |
| 2682 . |     |   | •    |   |     |     |     |     |     |     | •   |     |     |     |
| 1083 · |     |   |      |   | •   |     |     |     |     |     | •   |     |     |     |
| 2684 . |     |   |      |   |     |     |     |     |     |     | • . |     |     |     |
| 2685 . |     |   |      |   |     |     | •   | _   |     |     | •   |     |     |     |
| 7686 • |     |   |      |   |     |     |     | 1   | •   |     | •   |     |     |     |
| -601 - |     |   |      |   |     |     |     |     | •   | •   | •   |     |     |     |
| 2000 • |     |   |      |   |     |     |     |     |     | -   | •   |     |     |     |
| 2007 . |     |   |      |   |     |     |     |     |     | •   |     |     |     |     |
| 2690 • |     |   |      |   |     |     |     |     |     |     | • • |     |     |     |
| 2692   |     |   |      |   |     |     |     |     |     |     | •   |     |     |     |
| 7693 . |     |   |      |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2694 . |     |   |      |   |     |     |     |     |     |     | • • |     |     |     |
| 2695 . |     |   |      |   |     |     |     |     |     |     | •   | •   |     |     |
| 2696 . |     |   |      |   |     |     |     |     |     |     | • ' | •   |     |     |
| 7697 . |     |   |      |   |     |     |     |     |     |     | •   | •   |     |     |
| 2698 . |     |   |      |   |     |     |     |     |     |     | •   | •   |     |     |
| 2699 . |     |   |      |   |     |     |     |     |     |     | • • |     |     |     |
| 2700 • |     |   |      |   |     |     |     |     |     |     | • • |     |     |     |
| 2701 • |     |   |      |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2702 • |     |   |      |   |     |     |     |     |     |     |     | •   |     |     |
| 2103 . |     |   |      |   |     |     |     |     |     |     | •   | •   |     |     |
| 2704 • |     |   |      |   |     |     |     |     |     |     | -   | _   |     |     |

#### TRACE DES TRANSMISSIONS INTERFERI-RESONNANTES ENTRE LE CANAL 2664 ET LE CANAL 2704

.

•

Fig. 111. 6.7 -

• -- COLLECTION

Ż

U

CEA-N 826

ł

8

- Note CEA-N 826 -

Département de Physique Nucléaire Service de Physique Nucléaire à Basse Energie

METHODE D'ANALYSE DES RESONANCES INDUITES PAR LES NEUTRONS S DANS LES EXPERIENCES DE TRANSMISSION PAR TEMPS-DE-VOL ET AUTOMATISATION DE CES METHODES SUR ORDINATEUR IBM 7094 II

Chapitre 4

.par

Charles CORGE

- Octobre 1967 -

Département de Physique Nucléaire Service de Physique Nucléaire à Basse Energie

\$

METHODE D'ANALYSE DES RESONANCES INDUITES PAR LES NEUTRONS S DANS LES EXPERIENCES DE TRANSMISSION PAR TEMPS-DE-VOL ET AUTOMATISATION DE CES METHODES SUR ORDINATEUR IBM 7094 II

Chapitre 4

par

Charles CORGE

١

### CHAPITRE IV

## DETERMINATION DES PARAMETRES DE RESONANCE CODE SPNBE 082

4

#### IV.1 INTRODUCTION

Le présent chapitre est consacré à la description du code SPNEE 082 dont l'objet est l'analyse proprement dite des résonances, c'est-à-dire, la détermination de certains de leurs paramètres caracréristiques tels l'énergie, la section efficace totale au droit de cette énergie, la largeur totale, à partir de l'ensemble des données expérimentales que constituent les grandeurs d'analyse. Hypothèse est faite que la section efficace totale peut être décrite par une somme de formules de Breit et Wigner à un niveau. C'est dire que le domaine d'utilisation d'un tel programme peut se confondre avec le domaine de validité de cette formule.

1

1

On sait que la transmission d'un écran ne se manifeste pas aux yeux de l'expérimentateur par une transparence dont les variations pourraient s'exprimer en fonction de l'énergie en écrivant directement, telle quelle, la section efficace totale en argument de l'exponentielle. Au contraire le phénomène se trouve brouillé par un élargissement Döppler et un effet de résolution. Si le premier se situe au niveau de l'écran, le second se place à celui de l'appareillage. Cela signifie

que la première convolution portera sur la section efficace tandis que la seconde portera sur une fonction de transmission déformée. Le

programme respectera donc cet ordre pour calculer les valeurs des

fonctions d'analyse qu'il aura à comparer à leurs valeurs expérimentales correspondantes.

\$

Si nous écrivons fonctions d'analyse au pluriel, c'est parce que nous avons appris dès le premier chapitre que l'analyse pouvait faire appel à de multiples méthodes différentes, caractérisées par des grandeurs d'analyse de nature différente. Il est aisé de prévoir a priori que ces méthodes risquent de se révéler plus ou moins précises, ou plus ou moins bien adaptées selon les cas, compte tenu de la forme des résonances, de leur groupement ou de leur séparation, de l'épaisseur d'écran étudiée, etc...

Jusqu'à présent, et en ne considérant que les méthodes ayant fait l'objet d'une automatisation sur calculateur électronique, les programmes ne prenaient en considération qu'une seule épaisseur d'écran et présentaient un caractère spécialisé ne mettant en œuvre qu'une seule méthode à la fois. Dès lors une première difficulté se présentait, celle d'estimer à partir des différentes valeurs de paramètres obtenues pour une résonance étudiée sur plusieurs écrans la valeur définitive de ces paramètres considérée comme la plus proche de la valeur réelle inaccessible. Il fallait donc après analyse mettre encore en jeu une méthode statistique de moindres carrés, non linéaire, dont il est bien difficile de dire si elle reflétait la précision que l'expérimentateur pensait pouvoir attacher à chacune de ses mesures compte tenu des conditions d'implantation, de calage et de statistique de comptage de son expérience.

En une première étape nous avons évité cette difficulté en considérant que, pour la résolution du système surabondant d'équations exprimant l'égalité entre valeurs théoriques et valeurs expérimentales

- 376 -

par une méthode de moindres carrés classique et linéaire, l'épaisseur

d'écran ne jouait aucun rôle particulier, n'étant en fait qu'un paramètre

...

sans signification statistique, chaque équation du système portant

en elle la pondération attachée à la précision des mesures telle qu'elle résulte des programmes de traitement antérieurs.

Ainsi avons nous écrit trois programmes autonomes mettant en oeuvre trois méthodes d'analyse automatiques, respectivement :

.

le code SPNBE 048 pour la méthode des aires partielles dont nous avons vu au premier chapitre qu'elle pouvait être très imprécise sous sa forme graphique d'origine, et que nous avons portée à son degré actuel d'efficacité en y introduisant l'effet de résolution ;

le code SPNBE 066 pour la méthode des formes dont nous avons modifié l'expression pour l'adapter au schéma de calcul de la méthode précédente ;

le code SPNBE 055 pour la méthode des mi largeurs à f de la profondeur du creux de transmission, qui nous est propre, que nous avons développée en prolongement des schémas précédents et qui se révèle très utile là où les méthodes précédentes perdent de leur précision sinon toute possibilité d'être appliquées.

Cependant la spécialisation des programmes apporte une gêne et même une limitation dans l'automatisation de l'analyse des résonances. C'est pourquoi nous avons pensé pouvoir palier cet inconvénient en réunissant les trois méthodes en un seul programme offrant à l'utilisateur le choix de la meilleure méthode jugée la mieux adaptée en chaque circonstance à chaque épaisseur d'écran. Telle est l'idée directrice du code SPNBE 082 qui, de plus, met à profit les renseignements fournis par la connaissance du minimum de transmission dont on a vu une application au premier chapitre mais qui ne saurait se suffire à elle même en tant que méthode d'analyse.

La souplesse ainsi gagnée dans l'exploitation des résultats expé-

- 377 -

#### rimentaux se paie malheureusement du prix de l'impossibilité de

pouvoir traiter simultanément sans pénalisation trop onéreuse autant

de résonances qu'il était possible de le faire avec les programmes spécialisés. Autrement dit tout se passe comme si la restriction dans le nombre des méthodes se change en une restriction dans le nombre des résonances. En réalité nos ambitions sont, pour la méthode mixte, limitées à l'étude des doublets, et la pratique montre que cela est suffisant, tout au moins dans un domaine d'énergie assez étendu au delà duquel, d'ailleurs, il convient de faire intervenir les résonances plus éloignées, soit par des artifices de calcul, soit par le passage à une analyse ayant pour point de départ la formule de Breit et Wigner multiniveaux, deux façons de faire que nous examinerons au cours des deux chapitres suivants.

Nous ne présenterons pas ici les trois programmes séparés que nous avons cités plus haut pour mémoire, mais, comme nous l'avons dit, le seul programme SPNBE 082 que nous conviendrons d'appeler programme d'analyse par la méthode mixte. Notons que l'étude avait été faite au départ avec le souci de conserver le même éventail des résonances que pour les programmes spécialisés, mais le découpage du programme en suites devait conduire à des difficultés que la pratique ne devait pas justifier et que nous n'avons pas retenu pour cette raison. C'était essentiellement une question d'encombrement du mémoire. Il y a toutefois deux suites

Le programme considère donc quatre fonctions d'analyse, nommèment

la fonction d'aire

la fonction de forme

- la fonction du minimum de transmission
- la fonction des largeurs

- 378 -

\$

Leur étude est faite au paragraphe suivant dans un espace de variables réduites dont le principal avantage est de pouvoir ignorer ce que furent les conditions propres à l'appareillage et de libérer ainsi le programme de toutes contraintes qui pourraient lui être imposées sur ce plan. Les paramètres de réduction sont des largeurs de sorte que les variables se trouvent être sans dimension. L'utilité de cette normalisation apparait lors de l'étude numérique des fonctions. Elle permet d'effectuer les calculs de convolution sans interpolation comme cela est décrit au paragraphe IV.3. Elle facilite la définition des intervalles d'intégration. Le paragraphe IV.4 reprend un exposé succinct de la méthode des moindres carrés et indique l'adaptation numérique qui en a été faite. Not uns ici qu'un artifice permet dans certains cas d'assurer la progression du processus itératif vers la solution lorsqu'une trop grande avance des paramètres se trouve incompatible avec le sens de variation du  $\chi^2$ . Cet artifice consiste simplement à diminuer le pas de progression trouvé d'un facteur 2.

La structure du code fait l'objet, quant à elle, du paragraphe IV.5. Le problème dominant est l'imbrication des calculs de façon à conserver en mémoire aussi longtemps que possible les résultats intermédiaires portant sur la première convolution de l'élargissement Döppler. Ceci conduit à une réorganisation des points expérimentaux dont l'exploration doit permettre d'aborder le calcul des fonctions ou des dérivées sans être obl'gé de tout reprendre en chaque point.

Enfin les paragraphes IV.6 et IV.7 donnent respectivement les spécifications et le listing du code.

## IV.2 ETUDE ANALYTIQUE DES FONCTIONS D'ANALYSE

Considérons donc un ensemble fini de Q résonances successives prises dans l'ordre des énergies croissantes et dont les contributions en tout point d'un certain intervalle I qu'elles recouvrent ne sont pas négligeables. Supposons pour l'instant qu'elles soient toutes relatives à un même écran d'épaisseur n. Elles peuvent appartenir à des isotopes différents d'un même élément. Soit donc  $a_k$  l'abondance de l'isotope responsable de la résonance indicée k. Ces résonances sont, par ailleurs, caractérisées par leur énergie de résonance  $E_{R_k}$ , leur section efficace au droit de cette énergie  $\sigma_{bk} = \sigma(E_{R_k})$ , et leur largeur totale à mi-hauteur  $\Gamma_k$ . Les conditions expérimentales de température et de nature chimique de l'échantillon, d'une part, et celles de résolution, d'autre part, sont respectivement décrites par les largeurs Döppler  $\Delta_k$  et les largeurs de résolution  $R_k$  que nous prendrons constantes sur l'intervalle  $I_k$  de la résonance k. Notons que  $I = U^{I_k}$ 

k (Q

En un point d'abcisse E'' (I la section efficace totale peut être décrite par une somme de formules de Breit et Wigner à un niveau pour peu que les hypothèses de validité de c^tte formule soient satisfaites partout, ce que nous supposerons. Ainsi

$$\sigma(\mathbf{E}'') = 4 \pi \mathbf{R}'^2 + \sum_{k \in \mathbf{Q}} \mathbf{a}_k \left[ \sigma_k \left( \mathbf{E}'' \right) \right]_{\mathrm{IR}} + \sigma_{\mathrm{ailes}} \qquad (\mathrm{IV.2.1})$$

où R' est le rayon nucléaire effectif pour tous les isotopes,  $\sigma_{ailes}$  la contribution résiduelle de toutes les résonances n'appartenant pas à l'ensemble Q, et avec

$$\left[\sigma_{k}(E'')\right]_{IR} = \frac{\sigma_{0k} \Gamma_{k}}{\Gamma_{k}^{2} + 4(E'' - E_{Rk})^{2}} \left[1 + \frac{2(E'' - E_{Rk})}{\Gamma_{k}} t_{0}K_{k}\right] \qquad (IV. 2.2)$$

dans laquelle  $K_k$  désigne le double du déphasage de l'amplitude de diffusion potentielle.

On sait que la section efficace de diffusion potentielle  $\sigma_{pk}$  elle même, s'écrit pour les ondes s

đ,

$$\sigma_{p_k} = 4\pi \, (12 \, \text{K}_k) \qquad (\text{IV.2.3})$$
où  $(12 \, \text{K}_k)$  (IV.2.3)  
où  $(12 \, \text{K}_k)$  (IV.2.3)

- 381 -  

$$K_{k} = 1,2395.10^{-3} (q_{pk} \cdot E_{Rk})^{1/2}$$
 (IV.2.4)

\*

En revenant aux notations habituelles des variables réduites (IV.2.2) s'ècrit

$$\left[\sigma_{k}(x'')\right]_{IR} = \frac{\sigma_{0k}}{1+x''^{2}k} \left(1 + x''_{k} tg K_{k}\right)$$
 (IV.2.5)

Compte tenu de l'élargissement Döppler et de l'effet de résolution on obtient pour la transmission interféro-résonnante une expression analogue à celle donnée en (I.2.68). En posant

$$a \sigma_0 = (a_j \sigma_j)_{j \in Q}$$
  $\beta = (\beta_j)_{j \in Q}$  (IV.2.6)

elle s'écrit pour la résonance k

$$T_{IR} (an\sigma_{0}, \beta, \Psi_{k}, K_{k}; x_{k})$$

$$= \frac{1}{\varphi_{k}\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} T_{IR} (an\sigma_{0}, \beta, K_{k}; x'_{k}) \exp \left[-\frac{1}{2} \frac{(x_{k} - x'_{k})^{2}}{(\varphi^{2}_{k})^{2}}\right] dx'_{k}$$
(IV.2.7)

avec

٠

$$T_{IR}(an\sigma_{o},\beta,K_{k}; x'_{k}) = \exp \left[-n \sum_{j \notin Q} a_{j} \sigma_{o_{j}} (\psi_{jk} + \Phi_{jk} tgK_{k})\right]$$
(IV.2.8)

les fonctions  $\Psi_{jk}$  et  $\phi_{jk}$  étant les analogues des fonctions  $\Psi$  et  $\phi$  définies en (I.4.2) et (I.4.8).

Plus explicitement

$$\Psi_{jk} (B_{jk}; x'_{j}) = \frac{1}{B_{jk}\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{1+x''_{j}^{2}} \exp \left[-\frac{(x'_{j}-x''_{j})^{2}}{B^{2}_{jk}}\right] dx''_{j}$$

# (IV.2.9)

- 382 -

$$\Phi_{jk}(B_{jk}; x'_{j}) = \frac{1}{B_{jk}\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{x''_{j}}{1+x''_{j}^{2}} \exp\left[-\frac{(x'_{j}-x''_{j})^{2}}{B^{2}_{jk}}\right] dx''_{j}$$
(IV.2.10)

$$B_{jk} = \frac{2\Delta_k}{\Gamma_j} = \beta_j \frac{\Delta_k}{\Delta_j}$$
(IV.2.11)

I

et

$$x'_{j} = (x'_{k} - \overline{x}_{jk}) \frac{\Gamma_{k}}{\Gamma_{j}}$$
 (IV.2.12)

où

$$\bar{\mathbf{x}}_{jk} = \frac{2(E_{Rj} - E_{Rk})}{k}$$
 (JV.2.13)

Les  $\overline{x}_{jk}$  apparaissent donc comme les zéros des fonctions  $\phi_{jk'}$ L'ordre des indices n'est pas indifférent. En effet

$$\bar{\mathbf{x}}_{jk} = -\bar{\mathbf{x}}_{kj} - \frac{\Gamma_j}{\Gamma_k}$$
(IV.2.14)

ł

1

L'intérêt d'écrire  $x'_j$  sous la forme (IV.2.12) est de se ramener par là même à une partition commune en  $x'_k$  centrée sur la résonance k pour toutes les fonctions qui ont été écrites plus haut pour une résonance isolée.

IV.2.1 La fonction d'aire

Cette fonction décrit l'aire partielle comprises entre l'horizontale d'ordonnée unité, la courbe interféro-résonnante et les deux limites verticales d'abcisses

$$a_{k,1} = \frac{E_{Rk} - E_1}{\Delta_k}$$
;  $a_{k,2} = \frac{E_2 - E_{Rk}}{\Delta_k}$  (IV.2.15)

Cette aire, sans dimension, a pour expression

$$\frac{1}{\Delta_{k}} A_{\text{IR}}(\text{ang},\beta,\varphi_{k},K_{k};\alpha_{k}) = \frac{1}{\beta_{k}} \int_{-\alpha_{k},1^{\beta_{k}}}^{\alpha_{k},2\beta_{k}} \left[1 - T_{\text{IR}}(\text{ang},\beta,\varphi_{k},K_{k};x_{k})\right] dx_{k}$$
(IV.2.16)

i

-

•

1

£

Ł

- 383 -

où l'on a posé

$$\alpha_{\rm k} = (\alpha_{\rm k,1}, \alpha_{\rm k,2})$$
 (IV.2.17)

\$

soit, compte tenu de (IV.2.7),

$$\frac{1}{\Delta} \Lambda_{IR}(an\sigma_0,\beta,\Psi_{\kappa},K_{k};\alpha_{k}) = \alpha_{k,1} + \alpha_{k,2} - (IV.2.18)$$

$$\frac{1}{\beta_{k} \varphi_{k} \sqrt{2\pi}} \int_{-\alpha_{k,1}}^{\alpha_{k,2}} \beta_{k} \int_{-\infty}^{+\infty} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{(x_{k}-x'_{k})^{2}}{\varphi_{k}^{2}}\right] T_{IR} (anq_{j},\beta,K_{k};x'_{k}) dx'_{k} dx_{k} dx_{k}$$

On peut transformer cette expression par permutation de l'ordre des intégrations légitimée par leur convergence uniforme, et en posant

$$u = \frac{(x_k - x'_k)}{\varphi_k \sqrt{2}}$$
, (IV.2.19)

écrire

-

$$\frac{1}{\Delta_{\kappa}} A_{IR}(an\sigma_{0},\beta,\psi_{k},K_{k};\alpha_{k}) = \alpha_{k,1} + \alpha_{k,2} - (IV.2.20)$$

$$\frac{1}{\beta_{k}\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} T_{IR}(an\sigma_{0},\beta,K_{k};x'_{k}) \int_{-\infty}^{\frac{\alpha_{k,2}\beta_{k}-x'_{k}}{\varphi_{k}\sqrt{2}}} e^{-u^{2}} dudx'_{k}$$

$$\frac{\alpha_{k,1}\alpha_{k}+x'_{k}}{\varphi_{k}\sqrt{2}}$$

d'où

$$\frac{1}{\Delta_{k}} \Lambda_{IR}(an\sigma_{0},\beta,\psi_{k},K_{k};\alpha_{k}) = \alpha_{k,1} + \alpha_{k,2} - (IN.2.21)$$

$$\frac{1}{2B_{kk}} \int_{-\infty}^{+\infty} \operatorname{T_{IR}(an\sigma_0,\beta,K_k;x'_k)} \sum_{i=1}^{i=2} \operatorname{erf}\left(\frac{\alpha_{k,i}B_{kk}-(-1)^i x'^k}{\psi_k \sqrt{2}}\right) dx'_k$$

puisque T<sub>kk</sub> = Ak

## - 384 -

.

### IV.2.2 La fonction de transmission ou de forme

Comme précédemment on peut considérer plus particulièrement la fonction d'aire (IV.2.21) ci-dessus comme la somme de deux fonctions  $F(a_{k,i})$  avec i = 1,2 définies en les points  $a_{k,i}$  respectifs résultant des énergies  $E_i$  correspondantes appartenant à l'intervalle  $I_k$ . On voit alors qu'en ces points on peut écrire pour la transmission inter-féro-résonnante

$$T_{IR}(an\sigma_{0},\beta,K_{k};\alpha_{k,i}) = 1 - \frac{dF(\alpha_{k,i})}{d\alpha_{k,i}} \qquad i=1 \text{ ou } 2 \qquad (IV.2.22)$$

Sous cet aspect la transmission se présente comme une fonction d'une variable réduite qui, à l'inverse de  $x_k$ , est directement accessible expérimentalement. Par dérivation sous le signe  $\int$  on obtient :

$$T_{IR}(an\sigma_{0},\beta,K_{k};\alpha_{k},i) \qquad (IV.2.23)$$

$$= \frac{1}{\varphi_{k}\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} T_{IR}(an\sigma_{0},\beta,K_{k};x'_{k}) \exp\left[-\left(\frac{\varphi_{\kappa,i}}{\varphi_{\kappa}\sqrt{2}}\right)^{2}\right] d\alpha'_{\kappa}$$

$$\dot{k} = 4.2$$

#### IV.2.3 La fonction du minimum de transmission

A l'examen de l'expression (IV.2.23) on peut noter que la valeur de la transmission interféro-résonnante à l'origine est donnée par

$$T_{\mathrm{IR}}(\mathrm{an\sigma}_{0},\beta,\mathrm{K}_{\mathrm{k}}; 0) = \frac{1}{\varphi_{\mathrm{k}}\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} T_{\mathrm{IR}}(\mathrm{an\sigma}_{0},\beta,\mathrm{K}_{\mathrm{k}};\mathbf{x'}_{\mathrm{k}}) \exp\left[-\frac{\mathbf{x'}_{\mathrm{k}}^{2}}{2\varphi_{\mathrm{k}}^{2}}\right] \mathrm{d}\mathbf{x'}_{\mathrm{k}} (\mathrm{IV}.2.24)$$

Ce serait le minimum de la fonction  $T_{IR}$  dans la mesure où la dérivée en ce point est nulle. Or cette derniere s'écrit

$$\frac{dT_{iR}}{d\alpha_{k,i}} = \frac{B_{kk}}{\varphi_{k}^{3}\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} T_{iR}(an\sigma_{0},\beta,K_{k};x_{k}') \exp\left[-\frac{x_{k}'^{2}}{2\varphi_{k}^{2}}\right] x_{k}' dx_{k}' \quad (IV.2.25)$$

$$i = 4, 2$$

- 385 -

.

Hormis le cas trivial  $T_{IR}(an\sigma_0,\beta,K_k;x'_k) \equiv 0 \forall x'_k$ , l'intégrale (IV.2.25) ne peut s'annuler que si sont intégrant est impair. Cette imparité implique la symétrie de la fonction  $T_{IR}(an\sigma_0,\beta,K_k;x'_k)$ , c'està-dire, l'absence d'interférence entre le terme de diffusion potentielle et celui de diffusion résonnante en même temps que la réduction de l'ensemble Q à un élément unique. Ces conditions ne sont jamais remplies en toute rigueur, et à moins de se trouver dans des cas d'approximation acceptables tels que ceux rencontrés à basse énergie il faut toujours considérer la dérivée (IV.2.25) essentiellement différente de zéro. Malheureusement il est impossible d'en définir le signe en toute généralité car il dépend en fait de la forme de la fonction  $T_{IR}(an\sigma_0,\beta,K_k;x'_k)$ .

Il convient cependant de formuler les deux remarques simples suivantes.

En premier lieu reprenons la formule de Breit et Wigner écrite pour une résonance isclée. Nous avions

$$\left[\sigma(x''_{k})\right]_{1R} = \frac{\sigma_{0}^{k}}{1+x''_{k}^{2}} (1 + x''_{k} tgK_{k}) \qquad (IV.2.2)$$

Le minimum de transmission qui en résulte, abstraction faite de l'effet Döppler est de l'effet de résolution, s'en déduit aisément. son abseisse, et celle du maximum de transmission, respectivement

t

Į.

désignées par 
$$(\mathbf{x''}_k)_{\min}$$
 et  $(\mathbf{x''}_k)_{\max}$ , s'écrivent  
 $(\mathbf{z''}_k)_{\min} = \frac{1 - \cos K_k}{\sin K_k} = \operatorname{tg}(\frac{1}{2}K_k)$  (IV.2.27)

$$(x''_k)_{max} = -\frac{1 + \cos K_k}{\sin K_k} = -\cot g(\frac{1}{2}K_k)$$
 (IV.2.28)

1

5.

í

Les relations ci-dessus montrent que  $(x''_k)_{\min}$  est positive et  $(x''_k)_{\max}$  est négative compte tenu des déphasages  $K_k$  que l'on rencontre dans le domaine d'énergie où nous nous plaçons. C'est dire que dans le référentiel des variables  $\alpha_{k,i}$  l'abcisse du minimum  $\alpha_{k,\min}$  serait du type i = 2 et celle du maximum  $\alpha_{k,\max}$  du type i = 1.

A ces abcisses correspondent pour la section efficace les valeurs

$$(\sigma_{\rm IR})_{\rm Tmin} = \frac{1}{\cos K_k} \sigma_{\rm ok} \cos^2(\frac{1}{2}K_k)$$
 (IV.2.29)

$$(\sigma_{\rm IR})_{\rm T_{\rm max}} = -\frac{1}{\cos K_{\rm k}} \sigma_{\rm ok} \sin^2(\frac{1}{2}K_{\rm k})$$
 (IV.2.30)

Reconnaissons en passant l'expression

$$(\sigma_{\rm IR})_{\rm Tmax} = -g \frac{\Gamma_n}{\Gamma} \sigma_p$$

dans le second membre de (IV.2.30).

La figure IV.2.1 illustre la position relative de  $(x''_k)_{min}$  et  $(x''_k)_{max}$  par rapport à l'origine. On peut affirmer que cette situation demeure lorsque l'on fait intervenir l'effet Döppler. En effet la transmission interféro-résonnante s'écrit selon (IV.2.8), (voir figure IV.2.2),

 $T_{IR}(an\sigma_0,\beta,K_k;x'_k) = \exp\left[-a_kn\sigma_{0k}(\psi_{kk} + \phi_{kk} tgK_k)\right]$  (IV.2.31) d'où pour la dérivée prise à l'origine l'expression

- 386 -

$$\frac{dT_{IR}}{dx'_{k}} = 0 = -a_{k} n \sigma_{ok} tgK_{k} T_{IR} (x'_{k} = 0) \cdot \frac{\partial \Phi_{kk}}{\partial x'_{k}} (IV.2.32)$$

dont le signe est négatif, compte tenu de ce que l'on sait de la fonction  $\Phi_{kk'}$ , ce qui établit celui de  $(x'_k)_{min}$ . On peut aller plus loin. L'examen de la fonction (IV.2.31) montre que lorsqu'on se déplace le long de l'axe des abcisses dans le sens des  $x'_k$  croissants la fonction passe par son minimum, comme il vient d'être dit, puis augmente pour tendre asymptotiquement vers l'horizontale d'ordonnée unité sans jamais la couper. Au contraire du côté des abcisses négatives la fonction remonte plus vite, dépasse l'unité, passe par son maximum puis décrôft asymptotiquement vers la même horizontale sans jamais repasser dessous. Ainsi dans (IV.2.25) l'intégration sur le demi-axe négatif l'emporte-t-elle sur celle relative à l'autre demi-axe, conférant une valcur négative à la dérivée du premier membre, ce qui confirme le type i=2 de  $a_{k.min}$ .

Notre deuxième remarque aura pour point de départ la formule de Breit et Wigner (IV.2.26) écrite pour deux résonances de forme symétrique, autrement dit caractérisées par des déphasages K<sub>i</sub> nuls. On n'enlèvera rien au caractère général du raisonnement en

prenant

$$\sigma_{01} = \sigma_{02} = 1$$
 et  $\Gamma_1 = \Gamma_2$ , (IV.2.33)

de sorte que l'on peut écrire pour la section efficace interférorésonnante de la première résonance rapportée à son propre référentiel

$$\left[\sigma(x''_{1})\right]_{IR} = \frac{1}{1+x''_{1}^{2}} + \frac{1}{1+(x''_{1} - \bar{x}_{21})^{2}}$$
(IV.2.34)

où par analogie avec (IV.2.12) on a posé

$$x''_2 = x''_1 - \overline{x}_{21}$$
 (IV.2.35)

1

- 387 -

.

#### Dans ces conditions on a pour dérivée à l'origine

$$\frac{d \left[\sigma(x''_{1})\right]}{dx''_{1}} \xrightarrow{\mathbf{x}''_{1}=0} = \frac{2\vec{x}_{21}}{(1+\vec{x}_{21}^{2})^{2}}$$
(IV. 2. 36)

2

Si les résonances sont placées dans l'ordre croissant des énergies, cette dérivée est positive, et ceci indique un déplacement du sommet dans le sens des abcisses croissantes.

- 388 -

Parallèlement on peut écrire, avec les mêmes conventions

$$\left[\sigma(\mathbf{x''}_{2})\right]_{\mathrm{IR}} = \frac{1}{1 + (\mathbf{x''}_{2} + \bar{\mathbf{x}}_{21})^{2}} + \frac{1}{1 + \mathbf{x''}_{2}^{2}} \qquad (1V.2.37)$$

d'où

$$\frac{d\left[\sigma(x''_{2})_{IR}^{\dagger}\right]}{dx''_{2}} = 0 = -\frac{2\bar{x}_{21}}{(1+\bar{x}_{21}^{2})^{2}} \qquad (IV.2.38)$$

1

;

Cette fois la dérivée est négative, et ceci indique un déplacement du sommet dans le sens des abcisses décroissantes.

Ainsi donc lorsqu'on se trouve en présence d'un doublet il y a rapprochement apparent des sommets de résonances, ou en termes de transmission, rapprochement des minimums. Un tel déplacement est illustré par la figure IV.2.3 où la courbe 1 représente un minimum de transmission afférent à une résonance complètement isolée alors que la courbe 2 montre à la fois le glissement et la déformation de cette même fourbe de transmission si on introduit en son voisinage une deuxième résonance côté canaux d'ordre plus élevé. Notons cependant que le glissement n'atteint l'équivalent d'un canal que dans la mesure où le doublet est très serré, dans la plupart des cas trop serré même pour que l'analyse des deux composantes

puisse aboutir à des valeurs de paramètres suffisamment précises.

Ces remarques ont leur importance pour la conduite des calculs numériques des minimums. On peut, en effet, en inférer que dans la très grande majorité des cas les abcisses de ces minimums sont du type  $a_{k,2}$ , c'est-à-dire, que leur calcul implique la fonction (IV.2.23) avec i = 2, et qu'en conséquence on abordera le calcul par l'examen de cette fonction en premier.

#### IV.2.4 La fonction des largeurs de transmission

Soit donc  $\alpha_{k,\min}$  l'abcisse du minimum de transmission. C'est notons le, un point donné expérimentalement et dont on connait l'ordonnée. On peut donc définir des largeurs de transmission, dénotées  $\gamma_{k,f}$ , mesurées en unités  $\Delta_k$  à f de la profondeur du creux de transmission. Ces largeurs doivent être plus précisément considérées comme la somme des deux largeurs partielles  $\gamma_{k,f}^{(1)}$ ,  $\gamma_{k,f}^{(2)}$ solutions de la double équation

$$T_{IR}(an\sigma_0,\beta,K_k;\gamma_{k,f}^{(i)}) = (1-f) T_{IR}(an\sigma_0,\beta,K_k;\alpha_{k,min})$$
 (IV.2.39)  
 $i = 1,2$ 

٢

dans laquelle les fonctions du premier membre sont les fonctions respectives (IV.2.23) et celle du second membre l'une ou l'autre de ces deux fonctions selon les remarques faites plus haut.

Les largeurs  $\gamma_{k,f}^{(i)}$  sont, bien entendu, des fonctions des trois paramètres caractéristiques de la résonance k et des autres.

#### IV.3 CALCUL NUMERIQUE DES FONCTIONS D'ANALYSE ET DE LEURS DERIVEES

#### IV.3.1 La fonction d'aire

Considérons d'abord une fonction d'aire portant sur une seule résonance complètement isolée, dans laquelle, par commodité, nous omettrons d'écrire l'indice k et où nous prendrons  $\alpha_1$  =

- 389 -

Pour le calcul de cette fonction il est loisible de se limiter à

un intervalle d'intégration fini dont les bornes seraient de la forme

 $\pm$  (A $\psi$  + $\alpha\beta$ ).

#### - 390 -

Considérons, en effet, la figure IV.3.1. Elle donne l'allure de la courbe représentative de la fonction erf(u) dont on sait de par sa définition qu'elle est impaire. Cette fonction tend asymptotiquement vers l'horizontale d'ordonnée unité et, de fait, la partie principale de son développement asymptotique s'écrit :

$$[erf(u)]_{u \gg 1} \simeq 1 - \frac{1}{u \sqrt{\pi}} e^{-u^2}$$
 (IV.3.1)

ţ

1

Soit alors la fonction  $\mathbb{R}(X)$  définie par

$$\Re(X) = \frac{1}{2\beta} \int_{X}^{\infty} T_{IR}(x') \left[ erf\left(\frac{\alpha\beta + x'}{\psi\sqrt{2}}\right) + erf\left(\frac{\alpha\beta - x'}{\psi\sqrt{2}}\right) \right] dx' (IV.3.2)$$

TIR(x') étant une transmission interféro-résonnante qui ne saurait expérimentalement dépasser 4 que très exceptionnellement, cette fonction vérifie l'inéquation

$$\Re (X) \leq \frac{2}{\beta} \int_{X}^{\infty} \left[ \operatorname{erf} \left( \frac{\alpha \beta + x'}{\varphi \sqrt{2}} \right) + \operatorname{erf} \left( \frac{\alpha \beta - x'}{\varphi \sqrt{2}} \right) \right] dx'$$
 (IV.3.3)

que l'on peut tout aussi bien écrire

$$\Re(X) \leqslant \frac{2}{\beta} \int_{X}^{\infty} \left[ \operatorname{erf}\left(\frac{x' + \alpha\beta}{\psi \sqrt{2}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{x' - \alpha\beta}{\psi \sqrt{2}}\right) \right] dx' \qquad (IV.3.4)$$

avec d'ailleurs

$$\operatorname{erf}\left(\frac{x'-\alpha\beta}{\varphi\sqrt{2}}\right) \leq \operatorname{erf}\left(\frac{x'+\alpha\beta}{\varphi\sqrt{2}}\right) \qquad \forall x' \in (X,\infty) \quad (IV.3.5)$$

Dès lors il est possible de prendre pour borne inférieure de l'intervalle de définition de la fonction  $\Re$  (X) un nombre C suffisamment grand pour que le plus petit argument des fonctions (IV.3.5) reste constamment supérieur à un nombre B qui permette de remplacer

ces fonctions par leur développement asymptotique (IV. 3.1), de sorte

que les implications suivantes sont vraies

$$(X \geqslant C) \Rightarrow \left(\frac{x' - \alpha\beta}{\varphi \sqrt{2}} \geqslant B\right) \Rightarrow \left[ \Re(X) \right]_{X \geqslant C}$$

$$\leq \frac{4}{\beta \sqrt{\pi}} \int_{C}^{\infty} \frac{1}{(x' - \alpha\beta)/\varphi \sqrt{2}} \exp\left[ -\left(\frac{x' - \alpha\beta}{2}\right)^{2} \right] dx'$$

$$(IV.3.6)$$

D'où encore en majorant l'intégrant et en posant  $A=B\sqrt{2}$ 

$$(\mathbf{x}' \gg A (\boldsymbol{\varphi} + \alpha \boldsymbol{\beta}) \Longrightarrow [\mathcal{R}(\mathbf{x})] \xrightarrow{X \gg C} \stackrel{\leq}{\times} \frac{4 \boldsymbol{\varphi}}{A \boldsymbol{\beta} \sqrt{\pi}} \int_{B}^{\infty} e^{-\mathbf{u}^{2}} d\mathbf{u} \qquad (IV.3.7)$$

Notons par ailleurs que la fonction  $\hat{H}(-X)$  définie par

$$\mathcal{D}_{\sigma}(-X) = \frac{1}{2\beta} \int_{-\infty}^{-X} T_{\text{IR}}(x') \left[ \operatorname{erf}\left(\frac{\alpha\beta + x'}{\varphi\sqrt{2}}\right) + \operatorname{erf}\left(\frac{\alpha\beta - x'}{\varphi\sqrt{2}}\right) \right] dx'$$
(IV. 3.8)

peut s'écrire

$$\Re (-X) = \frac{1}{2\beta} \int_{X}^{\infty} T_{IIR} (-x^{\dagger}) \left[ \operatorname{erf} \left( \frac{\alpha \beta + x^{\dagger}}{\varphi \sqrt{2}} \right) + \operatorname{erf} \left( \frac{\alpha \beta - x^{\dagger}}{\varphi \sqrt{2}} \right) \right] dx^{\dagger}$$

$$(IV.3.9)$$

ţ

١

ł

;

\ | |

11

ł

et qu'en conséquence on a aussi l'implication

$$(x' \ge A \varphi + \alpha \beta) \Rightarrow [\Re(-X)]_{|X| \ge C} \le \frac{4 \varphi}{A \beta \sqrt{\pi}} \int_{\beta}^{\infty} e^{-u^2} du \quad (IV.3.10)$$

Si bien qu'au total

$$\frac{1}{\Delta} A_{\text{III}}(\text{anc}_{0},\beta,\Psi,K;\alpha) = 2 \alpha$$

$$+ \frac{1}{2\beta} \int_{-(A\Psi + \alpha\beta)}^{A\Psi + \alpha\beta} T_{\text{III}}(\text{anc}_{0},\beta,K;x') \sum_{i=1}^{i=2} \operatorname{erf}\left(\frac{\alpha\beta - (-1)^{i}x'}{\Psi\sqrt{2}}\right) dx'$$

$$+ \mathcal{E} \qquad (IV. 3.11)$$

avec

$$\mathcal{E} \lesssim \frac{8\Psi}{A\beta\sqrt{\pi}} \int_{B}^{\infty} e^{-u^2} du \qquad (IV.3.12)$$
- 392 -

Le second membre de (IV.3.12) est indépendant des grandeurs caractéristiques de la résonance. Il fait uniquement intervenir le rapport ' $f/\beta$  reflet des conditions expérimentales de résolution et d'élargissement Döppler.

Nous choisirons de prendre A=6,5, pour lequel

$$\mathcal{E} \leq \frac{\varphi}{\beta} \, 10^{-9} \, \leq \, 10^{-6} \, (\text{IV}.3.13)$$

£

sur un domaine couvrant largement celui que l'on rencontre dans la pratique. Ce choix confère à la fonction erf elle-même une valeur qui justifie de la confondre avec son développement asymptotique.

Ceci étant, il est aisé de se placer dans le cas plus général où l'analyse porte sur un ensemble de Q résonances pour chacune desquelles on dispose d'un certain nombre de tels couples  $(\alpha_{j,1}, \alpha_{j,2})$ parmi lesquels il n'est d'ailleurs pas exclu d'en trouver plusieurs comportant un élément commun. En repérant ces couples par un indice supplémentaire i qui parcourra leur ensemble  $P_j$  afférent à chaque résonance j, on pourra définir l'intervalle fini sur lequel portera l'intégration numérique à l'aide des bornes  $\frac{1}{2} \times max$  telles que

$$x'_{\max} = 6,5 \operatorname{Max}(\Psi_{j}) + \operatorname{Max}(\alpha^{i}_{j,e},\beta_{j}) \qquad (IV.3.14)$$

$$j \in \mathbb{Q}$$

$$i \in \mathbb{P}_{j}$$

$$j \in \mathbb{Q}^{j}$$

La méthode d'intégration que nous utiliserons est une méthode des trapèzes à pas h variable choisi de telle façon que

$$1 - p^{-0}$$

$$h = 2^{-6} \quad \text{pour } x'_{k} \in \{2^{-}, 2^{-}\} \quad p=0,1..9 \text{ (IV.}$$
  
Au départ (IV.3.15)  
$$h = 2^{-6} \quad \text{pour } x'_{k} \in \{0,1\}$$

On calculera donc l'intégrant de la relation  $(1^{,2.21})$  en les différents points constituant la partition du type (IV.3.15) de l'inter-

- 393 -

valle minimum convenable recouvrant  $(-x'_{\max}, x'_{\max})$ . En particulier il en sera ainsi fait tout d'abord pour la fonction  $T_{IR}(an\sigma_0,\beta,$  $K_k;x'_k)$  qui intervient quelle que soit la fonction d'analyse désirée. Ceci implique la connaissance de la matrice des fonctions  $(\Psi_{jk})_{j \in Q}$ et  $(\Phi_{jk})_{j \in Q}$  en tous les points de cet intervalle dont nous  $k \in Q$  $k \in Q$ 

limiterons le nombre au plus à 1282, le dernier point correspondant à un  $x'_{max}$  possible atteignant 512.

Les résonances étant classées par ordre des énergies  $E_{R_j}$ croissantes et k désignant celle d'entre elles en cours d'analyse, trois cas peuvent se présenter selon que j est inférieur, égal ou supérieur à k. L'organigramme du sous-programme MATRIS de la figure IV.5.20 permet de suivre les différents enchaînements d'opérations qui en découlent.

Avantage est pris du fait que l'on a les relations

$$\Psi_{jk}^{(B_{jk}; x'_{j})} = \Psi_{jk}^{(B_{jk}; -x'_{j})}$$
 (IV.3.16)

$$\Phi_{jk} (B_{jk} ; x'_j) = - \Phi_{jk} (B_{jk} ; -x'_j)$$
 (IV.3.17)

Il faut donc repérer la position du point x'<sub>k</sub> par rapport à  $\bar{x}_{ik}$ , j parcourant Q.

En pratique on caractérisera chaque point de la partition (IV.3.15) par un indice IK((1,641) ou JK((642,1282) suivant qu'il est d'abcisse posizive ou négative et l'on calculera les variables réduites correspondant à ce point pour chacune des fonctions non diagonales de la matrice en posant selon (IV.2.12)

$$x'_{j} = x^{*} = (x'_{k} - \bar{x}_{jk}) \frac{\Gamma_{\kappa}}{\Gamma_{k}}$$
 (IV.3.18)

Pour les fonctions diagonales on aura directement

$$x_{j}^{i} = x^{*} = x_{k}^{i}$$
 (IV.3.19)

Compte tenu de la programmathèque disponible au CEN SACLAY deux options s'cífrent pour effectuer le calcul des fonctions  $\Psi_{jk}$  ( $B_{jk}, x^*$ ) et  $\Phi_{jk}$  ( $B_{jk}, x^*$ ). On peut, soit évaluer d'abord les fonctions de la première catégorie à l'aide du sous-programme PSSI décrit par ailleurs [IV.3.1], puis en déduire celles de la seconde catégorie par la relation ci-après déduite de (I.4.9)

$$\tilde{\Phi}_{jk}(B_{jk},x^*) = \frac{1}{2}B_{jk}\frac{\partial \Psi_{jk}}{\partial x^*} + x^* \Psi_{jk}(B_{jk},x^*) \quad (IV.3.20)$$

.

dans laquelle la dérivée  $\partial \psi_{jk} / \partial x^*$  aura été rapprochée par une formule du type Lagrange à cinq points, soit utiliser le sous-programme PSIFI qui fournit les valeurs des deux fonctions pour un même point [IV.3.2] [IV.3.3].

C'est la deuxième option qui fut choisie ici sauf pour les points  $x^*=0$  où l'on a simplement fait appel au sous-programme PSSI mis sous forme de fonction bibliothèque.

Ceci étant, on en déduit, en chaque point de la partition, la valeur de la transmission  $T_{IR}(an\sigma_0,\beta,K_k;x'_k)$ , on calcule par sousprogramme celle des fonctions erf impliquées dans la relation (IV.2.21), puis on effectue la sommation des valeurs de l'intégrant qui en résultent pour tout indice IK ou JK significatif, c'est-à-dire tel que  $x'_k \in (-x'_{max}, x'_{max})$ .

La figure IV.5.15 emprunte à l'organigramme du sous-programme DECIS le schéma de construction de la partition (IV.3.15) bâtie à partir de son plus petit intervalle en même temps que la configuration des diverses articulations qui conduisent à l'obtention de la fonction d'aire.

- 394 -

Pour calculer les dérivées partielles de cette fonction par rapport aux différents paramètres nous ferons simplement le rapport de sa variation résultant d'un accroissement convenable de chacun des paramètres à ce même accroissement, et c'est la méthode que nous adopterons pour toutes les fonctions.

### - 395 -

#### IV.3.2 La fonction de transmission ou de forme

En ce qui concerne cette fonction on peut se limiter aussi a priori à un intervalle d'intégration fini dont les bornes seraient également de la forme A $\Psi$ + $\alpha\beta$  explicitée en (IV.3.14).

#

;

En effet on peut écrire cette fois avec les mêmes notations que celles utilisées au paragraphe précédent et dans les mêmes hypothèses

$$T_{IR}(an\sigma_{0},\beta,K;\alpha) =$$

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-(A \psi + \alpha\beta)}^{A \psi + \alpha\beta} \int_{-(A \psi + \alpha\beta)}^{A \psi + \alpha\beta} \exp \left[ -\left(\frac{\alpha\beta - (-1)^{i} x'}{\psi\sqrt{2}}\right)^{2} \right] dx'$$

$$+ A \frac{\beta}{\psi} \xi$$

$$(IV. 3. 21)$$

Ce qui assurerait une précision meilleure. En réalité l'intervalle d'intégration peut être plus court que cela.

Pour évaluer l'intégrale on fera appel à la même méthode des trapèzes que précédemment en prenant toutefois des précautions quant à la finesse de la partition (IV.3.15) eu égard à la valeur de  $\Psi$ . En particulier on sait que la courbe en cloche de Gauss est d'autant plus aigüe que  $\Psi$  est plus petit. Dans ces conditions il faudra resserrer les points pour que le pas conserve une valeur relativement petite comparée à l'écart type. L'expérience montre qu'il est convenable d'avoir au moins un rapport 5 entre les deux dans toute une région centrée sur la valeur moyenne  $\alpha\beta$ . Au contraire, loin du sommet, sur les ailes on évitera tout calcul car la fonction gaussienne tend asymptotiquement vers zéro. Au delà de quelques écarts types la précision acquise sera largement cuffisante. Déjà on

on obtient 99,99 % de l'intégrale en s'éloignant seulement à 6 écarts types.

Toutefois toutes ces dispositions deviennent superflues si au

départ 4 est suffisamment petit, car, si tel est le cas, cela signifie

que physiquement l'effet de résolution n'aura pas eu d'incidence perceptible sur les mesures expérimentales . On se bornera alors à calculer la fonction de transmission aux différents points  $x=\alpha\beta$ par interpolation de la fonction  $T_{IR}(an\sigma_0,\beta,K;x')$ .

4

ŧ

La figure IV.5.16 montre comment s'articule dans le sousprogramme DECIS la branche de calcul de la fonction de transmission alors que la figure suivante montre plus particulièrement les détails de structure de cette branche lorsque l'effet de résolution n'est pas négligeable.

#### IV.3.3 La fonction du minimum de transmission

Le minimum de transmission sera déterminé très simplement en recherchant parmi cinq points d'abcisses équidistantes pris sur la courbe de transmission, le premier de ces points étant au départ confondu avec le point d'abcisse · nulle, lequel d'entre eux, désigné  $I_m$ , se trouve être le plus bas. Parallèlement on retiendra parmi les cinq valeurs de transmission obtenues pour cette suite de points la valeur la plus petite  $T_{min}$  ainsi que la plus grande  $T_{max}$ .

Si le double critère d'arrêt portant, d'une part, sur le rapport  $T_{max}/T_{min}$ , d'autre part, sur le rapport de la distance séparant les points extrêmes de la suite à l'abcisse absolue du point médian, n'est pas satisfait on procèdera à la définition d'une nouvelle suite de points déduite de la précédente par glissement et division par deux, ou division seulement, selon que le point I<sub>m</sub> aura été un point intermédiaire ou un point extrême, et l'on cherchera à nouveau le point le plus bas. La figure IV.3.2 illustre plus clairement le mécanisme de la procédure employée.

- 396 -

Les remarques faites au paragraphe IV.2.3 suggéraient d'entreprendre la recherche du minimum de transmission avec pour hypothèse de travail une abcisse du type  $\alpha_{k,2}$ , la fonction de transmission utilisée étant alors la fonction (IV.2.23) dans laquelle on aura fait

- 397 -

i = 2. Cependant si les critères de convergence ci-dessus devaient se trouver satisfaits alors que le point le plus bas reste le premier de la suite, cela signifierait qu'en fait l'abcisse recherchée est du type  $\alpha_{k,1}$  et qu'il faut passer de l'autre côté de l'origine.

#

La figure IV.5.18 présente les détails de structure du calcul du minimum de transmission à l'intérieur du sous-programme DECIS.

IV.3.4 La fonction des largeurs de transmission

Pour résoudre les équations (IV.2.39) nous nous déplacerons le long de la courbe de transmission jusqu'à ce que la valeur obtenue pour la fonction (IV.2.23) approche suffisamment le second membre de ces équations. C'est ce que montre l'organigramme de la figure IV.5.19.

Les fonctions des largeurs  $\gamma_{k,f}^{(i)}$  sont des fonctions implicites définies par les équations (IV.2.39). Elles admettent des dérivées partielles par rapport aux différents paramètres. Pour les calculer nous utiliserons les équations précitées, mais, pour cela, nous introduirons auparavant des notations simplifiées qui allègeront l'écriture et qui se comprendront d'elles-mêmes si l'on sait qu'avec elles nous conviendrons d'écrire (IV.2.39) sous la forme

$$T_{IR}(a,\gamma) = (1-f) T_{IR}(a,\alpha_{min}) + f$$
 (IV.3.22)

1

ł

et nous poserons

$$F(a,\alpha) = T_{IR}(a,\alpha) - (1-f) T_{IR}(a,\alpha_{min}) - f$$
 (IV.3.23)

a désignant un paramètre quelconque.

Dès lors nous aurons pour la dérivée partielle par rapport à a

$$\frac{\partial \gamma}{\partial r} = \left[ -\frac{\partial F(a,\alpha)}{\partial F} \right]$$
(IV. 3.24)

 $\int a = \begin{bmatrix} \partial a \\ \partial a \end{bmatrix} = \gamma$  (14.0.22)

avec

$$\frac{\partial F}{\partial a} = \left[ \frac{\partial T_{IR}(a,\alpha)}{\partial a} \right]_{\alpha = \gamma} - (1-f) \left[ \frac{\partial T_{IR}(a,\alpha_{min})}{\partial a} \right]$$
(IV.3.25)

X

ł

;

;

Numériquement, si on désigne par  $\triangle$  a l'accroissement du paramètre a, on aura, compte tenu de l'équation (IV.3.22),

- 398 -

$$\frac{\partial F}{\partial a} \simeq \frac{1}{\Delta a} \left[ T_{IR}(a + \Delta a, \gamma) - (1 - f) T_{IR}(a + \Delta a, \alpha_{inin}) - f \right] (IV.3.26)$$

#### **IV.4** DETERMINATION DES PARAMETRES DE RESONANCE

Le problème fondamental se pose ainsi : étant donnée une suite de valeurs expérimentales des grandeurs d'analyse dont nous connaissons désormais les expressions théoriques en fonction des paramètres ( de résonance inconnus, nous voulons en déduire la valeur de ces paramètres.

Ce problème n'a pas de solution rigoureuse. Tout ce que l'on peut faire, c'est une estimation de chacun des paramètres par une méthode qui procède de théories statistico-mathématiques et d'associer à cette estimation un domaine auquel est attachée une probabilité déterminée de contenir les valeurs exactes des paramètres inconnus. La méthode choisie ici est la méthode dite des moindres carrés.

IV.4.1 Méthode des moindres carrés

Cette méthode est classique. Nous en rappellerons brièvement le principe  $[II.4, \underline{I}]$ ,  $[V.4, \underline{I}]$ , [IV.4, 2].

Considérons un échantillon de taille  $\beta_{\max}$  d'observations indépendantes, que nous assimilerons à un vecteur écrit sous la forme d'une matrice colonne

$$\{\Psi\}_{k_1} = \Psi_1$$
; s = 1,2,..., s<sub>max</sub> (IV.4.1)

et résultant de s<sub>max</sub> mesures effectuées sur les composantes du vecteur des grandeurs d'analyse également écrit sous forme d'une

matrice colonne

$$\{F\}_{s1} = F_{s}; s = 1, 2, \dots, s_{max}$$
 (IV. 4.2)

Supposons que les composantes du vecteur F soient des fonctions linéaires des paramètres  $A_j$  inconnus en nombre  $j_{max}$ , ce que l'on peut traduire par la relation matricielle

$$I^{r} = XA \qquad (IV.4.3)$$

2

۱

;

dans laquelle X est une matrice de s<sub>max</sub>.j<sub>max</sub> éléments avec s<sub>max</sub> > j<sub>max</sub>, et où

$${A }_{j1} = A_{j}; \quad j = 1, 2, \dots, j_{max}$$
 (IV. 4. 4)

La matrice X est très exactement connue, mais les grandeurs d'analyse, quant à elles, sont déterminées avec des erreurs de mesure  $\xi_s$ , de sorte que, si l'on désigne par  $\xi$  le vecteur de ces erreurs, on a

$$\Psi = F + \epsilon \qquad (1 \vee 4.5)$$

Ces erreurs sont d'inégale précision. Pour tenir compte de cette situation on affectera à chacune des observations un poids  $p_s$ . Soit P la matrice diagonale de ces poids.

Nous ferons l'hypothèse que les composantes du vecteur d'erreur sont indépendantes, normales et centrées sur zéro. Dans ces conditions on a pour les vecteurs espérances mathématiques  $E(\varepsilon)$  et  $E(\psi)$ les relations respectives ci-après

$$E(\xi) = 0$$
 (IV. 4.6)

$$\mathbf{E} (\mathbf{U}) = \mathbf{F} \tag{TV 4.7}$$

Il en résulte que chacune des observations  $\bigvee_{t_{\delta}}$  est normale et que la densité de probabilité du vecteur échantillon, dite fonction de vraisemblance, s'écrit

$$J_{\sigma}(\Psi, A) = \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\right)^{\delta_{mdx}} \left[\det(P)\right]^{1/2} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2} V^{T} PV\right] (IV. 4.8)$$

- 400 -

expression dans laquelle on a posé

$$V = \Psi - F = \Psi - XA$$
 (IV.4.9)  
 $V^{T}$  étant la matrice transposée de V et où l'écart moyen quadratique

σ est inconnu.

Si donc l'épreuve, ou l'ensemble des mesures expérimentales, attribue au vecteur F les composantes du vecteur  $\psi$  il est naturel de choisir comme estimation du vecteur A un vecteur qui rende maximum la fonction L( $\psi$ ,A), ce qui revient à rendre minimum l'expression V<sup>T</sup>PV, et c'est là le fondement de la méthode des moindres carrés.

Soient donc respectivement  $\vec{A}$  et  $\vec{V}$  le vecteur des estimations obtenu par cette méthode et le vecteur déduit de V par substitution de à à A.

L'estimateur à est solution des équations dites normales

$$C \tilde{A} = X^{T} P \Psi$$
 (IV.4.10)

1

dans lesquelles

$$C = X^{T} P X \qquad (IV.4,11)$$

est une matrice carrée non singulière et symétrique de rang j<sub>max</sub>. C'est un vecteur aléatoire normal à  $j_{max}$  dimensions. Il est sans erreur systématique, autrement dit,

$$E(\vec{A}) = A$$
 (IV. 4.12)

Le vecteur  $\hat{V}$  de son côté est un vecteur aléatoire normal à  $(s_{max} - j_{max})$  dimensions.

On peut montrer par ailleurs que la quantité aléatoire  $\frac{1}{\sigma^2} \tilde{V}^T P \tilde{V}$ est indépendante de  $\tilde{A}$ . Elle est distribuée comme la variable aléatoire  $\chi^2_{s_{max}}$  -  $j_{max}$  à  $(s_{max} - j_{max})$  degrés de liberté, formée à partir de la somme des carrés de variables aléatoires normales

réduites en nombre (s<sub>max</sub> - j<sub>max</sub>), de sorte que

- 401 -

$$\frac{1}{\sigma^2} \quad \tilde{V}^T P \tilde{V} = \frac{\chi^2 s_{max} j_{max}}{s_{max} - j_{max}} \quad (IV.4.13)$$

#

Il s'ensuit que la variable

$$t_{s_{max} - j_{max}} = \sqrt[\widetilde{A_j} - A]{\sqrt{\{C^{-1}\}}} \frac{\widetilde{V}^T \ \widetilde{PV}}{\widetilde{V}}$$
(IV. 4.14)

est une variable de Student à  $(s_{max} - j_{max})$  degrés de liberté, ce qui permet de construire un intervalle de confiance pour  $\widetilde{A}_{j}$ .

Si l'on choisit de prendre pour probabilité de présence de la vraie valeur du paramètre  $A_j$  à l'intérieur de cet intervalle celle qui correspondrait au seuil de confiance que l'on attache généralement à une variable aléatoire normale réduite, c'est-à-dire, une probabilité égale à 0,68, alors l'intervalle de confiance I, peut être pris d'après la figure IV.4.1 comme suit

$$I_{j} = \begin{bmatrix} \tilde{A}_{j} - \sqrt{\{C^{-1}\}_{jj}} & \frac{\tilde{V}^{T} P \tilde{V}}{s_{max}^{-j} max} & \tilde{A}_{j} + \\ \sqrt{\{C^{-1}\}_{jj}} & \frac{\tilde{V}^{T} P \tilde{V}}{s_{max}^{-j} max} \end{bmatrix}$$
(IV.4.15)

En effet cette figure présente les courbes de variation de  $\gamma_p$ en fonction du degré de liberté n de la variable de Student  $t_n$  telles que la probabilité pour cette variable d'être en valeur absolue inférieure à  $\gamma_p$  soit égale au seuil de confiance choisi p ; autrement

dit, le long de ces courbes

$$P\left\{ \left| \mathbf{t}_{n} \right| \leq \gamma_{p} \right\} = p \qquad (IV.4.16)$$

۲

1

On voit que pour p compris entre 0,6 et 0,7 il est très raisonnable de prenare  $\gamma_p = 1$  dès que n =  $s_{max}$ -j<sub>max</sub> dépasse 5, ce qui doit être toujours le cas dans la pratique.

### - 402 -

### IV.4.2 Adaptation numérique

Ilypothèse a été faite en (IV.4.3) que les composantes du vecteur F des grandeurs d'analyse étaient des fonctions linéaires des paramètres  $A_j$ , mais, tel n'étant pas le cas, il est nécessaire pour se servir des résultats obtenus plus haut de linéariser ces fonctions en les prenant sous forme de leur développement limité en série de Taylor arrêté au premier ordre. Considérons donc des valeurs suffisamment approchées  $A_i^*$  et opérons la substitution

$$A_{j} = A_{j}^{*} + \delta A_{j}^{*}$$
;  $j = 1, 2, ..., j_{max}$  (IV. 4.17)

Dès lors on peut écrire

$$\mathbf{F}_{s} = \mathbf{F}_{s}^{\star} + \sum_{j=1}^{j=j_{\max}} \qquad \left\{ \mathbf{A}_{j}^{\star} \left( \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{A}_{j}} \right) + \dots; s=1,2..,s_{\max} \quad (IV.4.18) \right\}$$

où  $A_i = A_i^*$  pour i=1,2,...,j<sub>max</sub>, et prendre pour nouvelles grandeurs d'analyse les grandeurs

$$f_s = F_s - F_s^*$$
; s=1,2,..., s<sub>max</sub> (IV.4.19)

۲

ļ

#

ce qui ne change en rien le vecteur V qui reste

$$V = \Psi^{*} - f = \Psi - F$$
 (IV. 4. 20)

ni la matrice des poids P.

Les nouveaux paramètres inconnus sont les paramètres  $\begin{cases} A_j^* \\ j \end{cases}$  de sorte que la relation (IV. 4. 3) devient

$$f = X \ \delta A^*$$
. (IV. 4. 21)

avec

$$\left\{ f \right\}_{s1} = f_{s} ; \left\{ X \right\}_{sj} = \frac{\partial F_{s}}{\partial A} ; \left\{ \delta A^{*} \right\}_{j1} = \delta A_{j}^{*}$$

<u>م</u>



$$C \widetilde{SA}^* = X^T P \Psi^* \qquad (IV.4.23)$$

C étant défini comme en (IV.4.11) par

$$C = X^{T} P X$$
 (IV.4.24)

Plus explicitement les  $\widetilde{\delta A}_{j}^{*}$  sont solutions du système d'équations  $\sum_{j=1}^{j=j} \max \{C\}_{\eta j} \quad \widetilde{\delta A}_{j} = \{X^{T} P_{\gamma}, *\}_{\eta 1}; \eta = 1, 2... J_{\max} (IV. 4.25)$ 

où

$$\left\{C\right\}_{\eta j} = \sum_{s=1}^{s=s} p_s \frac{\partial F_s}{\partial A_{\eta}} \cdot \frac{\partial F_s}{\partial A_{\eta}} \qquad (IV.4.26)$$

et

$$\left\{ \mathbf{X}^{\mathrm{T}} \mathbf{P} \boldsymbol{\psi}^{*} \right\}_{\eta_{1}} = \sum_{\mathbf{s}=\bar{\mathbf{I}}}^{\mathbf{s}=\mathbf{s}_{\mathrm{max}}} \mathbf{p}_{\mathbf{s}} \left( \boldsymbol{\psi}_{\mathbf{s}} - \mathbf{F}_{\mathbf{s}}^{*} \right) \frac{\partial \mathbf{F}_{\mathbf{s}}}{\partial \mathbf{A}_{\eta}}$$
(IV. 4. 27)

les dérivées partielles étant prises aux points  $A_i = A_i^*$ ,  $i=1,2,...j_{max}$ . En ce qui concerne l'intervalle de confiance I, il aura pour demi-longueur, d'après (IV.4.15)

$$\sqrt{\left\{C^{-1}\right\}_{jj}} \frac{H}{s_{max} - j_{max}}$$
(IV.4.28)

ţ

avec

$$H = \tilde{V}^{T} P \tilde{V} = \sum_{s=1}^{s=s_{max}} p_{s} (\bigvee_{5} - \tilde{F}_{s})^{2}$$
(IV.4.29)

où  $\tilde{F}_s$  est déduit de  $F_s$  par substitution des  $\tilde{A}_j$  aux  $A_j$ .

Pour déterminer numériquement les estimateurs  $\widetilde{A}_{j}$  nous utiliserons un processus itératif suggéré par la relation (IV.4.17). Au départ, c'est-à-dire, à l'itération zéro, nous prendrons pour valeur approchée  $A_{j}^{\star}$  une valeur de départ  $a_{j}^{(0)}$ , puis on calculera l'estimation  $\widetilde{A}_{j}$  en ajoutant à  $\alpha_{j}^{(0)}$  l'estimation  $\widehat{\alpha}_{j}^{(0)} = \widetilde{A}_{j}^{*}$  solution du système des céquations normales (IV. 4. 23). A l'itération suivante nous prendrons pour nouvelle valeur approchée  $A_{j}^{*}$  la valeur obtenue précédemment pour  $\widetilde{A}_{j}$ , soit  $\alpha_{j}^{(1)}$ ; et l'on calculera  $\alpha_{j}^{(2)}$  de la même manière que  $\alpha_{j}^{(1)}$  en résolvant le nouveau système d'équations normales résultant de la nouvelle valeur de  $A_{j}^{*}$ , et ainsi de suite, si bien que l'on pourra écrire après la  $r^{ième}$  itération

$$\widetilde{\Lambda}_{j} = \alpha_{j}^{(r+1)} = \alpha_{j}^{(r)} + \delta \alpha_{j}^{(r)} \qquad (IV.4.30)$$

où  $\Im \alpha_{j}^{(r)}$  sera solution du système (IV.4.23) correspondant. On montre [IV.4.3] que sous les conditions

 $| | \nabla - \mathbf{F} |$  borné supérieurement,

-  $\Gamma$  xistence jusqu'au deuxième ordre des dérivées particlles du vecteur F par rapport aux  $\delta a_j$ , ces dérivées étant bornées supérieurement,

det (C) borné inférieurement, la résolution du système des équations normales à chaque itération conduit à une convergence quadratique vers la solution.

On prendra pour critère d'arrêt

$$\left|\frac{\Pi^{(r+1)} - \Pi^{(r)}}{\Pi^{(0)}}\right| \lesssim \xi$$
 (IV. 4. 31)

(

II<sup>(r)</sup> étant la valeur de H défini en (IV.4.29) à l'itération r.

Toutefois la convergence aura pu être effective sans que ce critère n'ait été satisfait pour autant. Ce serait le cas si  $\ell$  était choisi trop sévèrement. Dans ce cas le calcul sera arrêté si

- 40.1 -

 $H^{(r+1)} - H^{(r)} > 0$ 

### avec la mention "PAS D'AMELIORATION ARRIVE A CE STADE".

- 405 -

La convergence ayant été atteinte l'intervalle de confiance sera défini à partir de (IV.4.28) où l'on aura donné à U la valeur de  $H^{(r+1)}$ .

Par ailleurs il est raisonnable de prendre pour éléments de la matrice diagonale P les poids  $p_s$  inversement proportionnels aux carrés des erreurs estimées sur les valeurs expérimentales  $\psi_{L}$ .

Si les paramètres  $\beta_j$  et  $\alpha_{0j}$  interviennent directement dans les expressions des fonctions d'analyse, le paramètre d'énergie  $E_{Rj}$ , quant à lui, ne joue son rôle qu'indirectement pur le truchement des abcisses  $\alpha_{j,l}^i$  telles qu'elles sont introduites en (IV.4.14) et des  $\bar{x}_{jk}$ . Aussi les abcisses expérimentalement mesurées  $\alpha_{j,l}^i$  doivent elles être non seulement modifiées en temps voulu pour le calcul des dérivées partielles dans le sous-programme DECIS (figure IV.5.13) selon

$$\alpha_{j,\ell}^{i} + \delta \alpha_{j,\ell}^{i} = \alpha_{j,\ell}^{i} - (-1) \frac{\delta^{E}R_{j}}{\Lambda_{j}}$$
;  $\ell = 1,2$  (IV. 4. 32)

mais encore elles doivent chacune à leur tour faire l'objet d'un calage lors du transfert de la nouvelle valeur de l'énergie de résonance après chaque itération. Ainsi

$$\alpha_{j,l}^{i(r+1)} = \alpha_{j,l}^{i,(r)} - (-1)^{l} \frac{E_{R_{k}}^{(r+1)} - E_{R_{k}}^{(r)}}{\sum_{k}} ; l = 1,2 \quad (IV.4.33)$$

Notons que faire varier  $E_{R_k}$ , k repérant, rappelons le, la résonance sur laquelle porte l'analyse, revient comme le montrent les relations (IV.4.32) et (IV.4.33) à faire glisser la courbe de transmission le long de l'axe des abcisses. La figure IV.4.2 illustre un tel glissement. Elle indique qu'un même glissement produit des

variations relatives des fonctions d'aire ou de forme plus importantes lorsque les abcisses 1 et 2 sont proches. Ceci suggère, et la nécessité en est confirmée par l'expérience, d'introduire un pas variable fonction des grandeurs d'analyse correspondantes. Nous le choisirons proportionnel à leur carré.

### - 406 -

\$

### IV.4.3 Recherche des valeurs approchées

La linéarisation des fonctions d'analyse selon (IV.4.18) et la méthode itérative de résolution des équations normales qu'elle suggère s'appuient toutes deux sur l'hypothèse que les estimateurs obtenus successivement après chaque itération constituent une suite de valeurs suffisamment voisines. Cette hypothèse se trouve assurément véfifiée à partir d'un certain rang puisque, sous les conditions que nous avons vues, cette suite est convergente. Il est donc tentant de faciliter la convergence du processus au départ en prenant pour  $\alpha_{i}^{(U)}$ , non pas les valeurs expérimentales fournies par le programme décrit au chapitre précédent, mais des valeurs approchées situées au voisinage de la solution finale. Cette approche ne portera que sur les paramètres  $\mu$  et  $\sigma_0$  car les énergies (E<sub>R</sub>)<sub>exp</sub> ne sauraient être trop différentes des énergies finales. On choisira d'ailleurs les  $(E_R)_{exp}$  sur un écran aussi mince que possible pour que l'effet interféro-résonnant joue aussi peu que possible. L'Par ailleurs on procèdera résonance par résonance en supposant figés les paramètres autres que ceux de la résonance sur laquelle on travaille.

On peut, selon les cas, envisager d'utiliser l'une des trois méthodes décrites ci-après.

### IV.4.3.1 <u>Résolution d'un système réduit</u>

Cette méthode consiste à résoudre successivement des systèmes de deux équations prélevées sur celles du système surabondant des  $s_{max}$  équations

$$F_{s}(\beta_{j \in Q}, \sigma_{oj \in Q}) - \psi_{s} = 0 ; s = 1, 2... s_{max} (IV. 4.34)$$

ŧ

Ş

déduites de l'équation vectorielle (IV.4.5) par omission volontaire du vecteur d'erreur. Ces équations exprimeraient donc l'égalité entre les grandeurs d'analyse et le résultat de leurs mesures.

Les équations couplées doivent bien entendu porter sur des

grandeurs d'analyse relevant de la même résonance. Considérons donc un tel couple d'équations

$$\begin{cases} II = F_{g_1} (\beta_{j \in Q}, \sigma_{oj \in Q}) - \gamma_{g_1} = 0 \\ G = F_{g_2} (\beta_{j \in Q}, \sigma_{oj \in Q}) - \gamma_{g_2} = 0 \end{cases}$$
(IV. 4.35)

Ā

et soient x et y les deux inconnues

$$x = \beta_k$$
;  $y = \sigma_{ok}$  (IV. 4.36)

Nous résoudrons ce système par le processus à convergence quadratique décrit ci-après [IV. 4, 4].

Si on désigne par  $x^{(r)}$  et  $y^{(r)}$  les valeurs de x et de y à la r<sup>ième</sup> itération, on aura

$$x^{(r+1)} = x^{(r)} + \frac{1}{D} \left[ \prod \frac{\partial G}{\partial y} - G \frac{\partial \Pi}{\partial y} \right]$$
 (IV. 4.37)

$$y^{(r+1)} y^{(r)} + \frac{1}{D} \left[ G \frac{\partial H}{\partial x} - H \frac{\partial G}{\partial x} \right]$$
 (IV.4.38)

avec

$$D = \frac{\partial G}{\partial x} \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\partial G}{\partial y} \frac{\partial H}{\partial x}$$
(IV.4.39)

On prendra pour  $x^{(0)}$  et  $y^{(0)}$  les valeurs expérimentales de paramètres  $\beta_k$  et  $\sigma_{ok}$ . Les tests d'arrêt feront intervenir les quantités

$$P_x = |x^{(r+1)} - x^{(r)}|$$
  $P_y = |y^{(r+1)} - y^{(r)}|$  (IV.4.40)

$$Q_x = |x^{(r+1)}|$$
  $Q_y = |y^{(r+1)}|$  (IV. 4. 41)

et seront satisfaits si les conditions suivantes sont remplies



1

-

ì

La figure IV.5.8 montre l'organigramme de résolution par itération des systèmes successifs (IV.4.35). Seule s'y trouve détaillée la structure interne de la case de calcul des fonctions il et G, les autres cases relatives aux dérivées de ces fonctions ayant une structure analogue.

8

### IV.4.3.2 Fonctions de Bessel asymptotiques

Cette méthode très simple consiste en la résolution du système de deux équations écrit à partir des relations telles que (I.6.10) et (I.6.11) dans lesquelles interviennent les formes asymptotiques des fontions de Eessel pour exprimer les aires totales des creux de transmission dans le cat d'un écran très mince ou d'un écran très épais.

Toutes réductions faites les valeurs approchées sont données par les relations

$$\beta = 4 \frac{r_{e} r_{m}}{n_{m} \psi_{2}^{2}}$$
 (IV.4.43)

÷

ŧ

$$\sigma_0 = 0,31831 \ \beta \ \psi_m \ \cdot \ \frac{1}{a \ n_m}$$
 (IV.4.44)

dans lesquelles  $\Psi_{e}$ ,  $\Psi_{m}$  désignent les aires partielles expérimentales les rlus grandes mesurées respectivement sur l'écran le plus épais d'épaisseur n<sub>e</sub> et le plus mince d'épaisseur n<sub>m</sub>. a représente l'abondance isotopique.

L'identification des indices d'écran  $J_e$ ,  $J_m$  correspondant à  $n_e$ et  $n_m$  se fait dans le programme principal. Les grandeurs d'analyse  $\Psi_e$ ,  $\Psi_m$  passent du sous-programme LECTRE au programme

- .108 -

principal par les communs dans le bloc ADES(I,J) où I est l'indice de résonance et J l'indice d'écran.

Il va de soi qu'une telle méthode d'approximation ne saurait être

utilisée sans que la méthode des aires ne soit mise en oeuvre par

l'analyse.

### - 409 -

### IV.4.3.3 Cheminement dans la vallée

Les figures IV.4.3, IV.4.5 et IV.4.7 s'appuient sur un exemple banal pour illustrer la forme générale de la surface du  $\chi^{z}$ , en fonction des paramètres  $\beta$  et  $\sigma_0$ , obtenue lors de l'analyse d'une résonance, respectivement, par la méthode des aires partielles, celle des formes et celle des mi-largeurs à f de la profondeur. Les trois surfaces présentent un caractère commun. Elles ont la forme d'une vallée à peu près orientée comme le serait une droite qui joindrait l'origine au point de convergence. En ce dernier point d'ailleurs elle présente un puits très marqué. Cette configuration se retrouve sur les figures IV.4.4, IV.4.6 et IV.4.8 qui représentent différents cheminements vers la solution à partir de quelques points de départ dispersés sur la surface. Les projections de ces cheminements sur le plan  $(\beta,\sigma_0)$  montrent clairement cette orientation et, s'il demeure difficile de voir ce qui se passe dans l'espace  $(II^{(r)},\beta,\sigma_0)$ , du moins dans le plan ( $\beta.\sigma_0$ ) il est clair que certaines de ces projections suivent la direction générale de la vallée après l'avoir rejointe en une ou plusieurs étapes selon le point d'origine et la direction prise au départ.

Il s'avère par ailleurs que les points expérimentaux définis par les couples  $[\beta_{exp'}(\sigma_0)_{exp}]$  se situent généralement dans la vallée suffisamment près du fond pour que cette situation suggère de tenter a priori une approche de la solution en prenant pour axe de la vallée la droite qui joint l'origine au point expérimental.

On arrêtera de progresser le long de cette direction si la variation du  $\chi^2$  montre que le chemin suivi prend de l'altitude vers les bords de la vallée. L'évaluation du  $\chi^2$  implique celle de la tonction

d'analyse. Le calcul sera imbriqué avec ceux nécessaires à la méthode des moindres carrés, en les suites d'instructions convenables, dans le programme principal ainsi que le montre la figure IV.5.9.

### - 410 -

C'est l'indice IAV mis à 1 qui provoquera le débranchement au moment voulu.

### IV.4.3.4 <u>Remarques sur les méthodes de recherche des</u> valeurs approchées

Pour discuter du choix le meilleur quant à la méthode d'estimation de valeurs approchées nous commenterons la figure IV.4.9 sur laquelle sont présentés dans le plan des  $(\beta,\sigma_0)$  les différents ch<sub>i</sub>, eminements d'approximation pour les deux composantes d'un doublet du néodyme repris au paragraphe IV.6.3 pour illustrer la présentation des résultats.

Les solutions sont situées au centre des deux carrés, de coordonnées

 $\begin{array}{c} \beta = 2,16 \\ \sigma_{0} = 6200 \text{ barns} \end{array} \end{array} pour la première résonance \\ \beta = 3,96 \\ \sigma_{0} = 3620 \text{ barns} \end{array} pour la deuxième résonance$ 

Est tracée en traits pleins la progression des solutions d'approché à chaque itération de la résolution du système réduit pour les trois méthodes des aires partielles, des formes et des mi-largeurs. Spécifions toutefois que le troisième système réduit est mixte en ce sens que si l'une des équations est une équation portant sur les mi-largeurs, l'autre est une équation de formes.

Les traits en pointillé représentent le cheminement dans la vallée et les héxagones sont centrés sur les solutions approchées données par les relations (IV.4.43) et (IV.4.44).

Ceci étant, on peut remarquer que la résolution des systèmes réduits fournit de bonnes approximations situées à l'intérieur des carrés des solutions finales, et même, preque confondues avec elles lorsqu'il s'agit de la méthode des formes.

ļ

Les aires, en revanche, conduisent à des approximations bien moins bonnes pour ne pas dire assez éloignées, mais qui suivent le même tracé que celui des formes. On pourra remarquer que si pour la première composante l'approximation se trouve être par excès, elle est par défaut pour la deuxièrne. Ceci est lié au choix des aires qui porte pour chaque composante sur l'aire la plus petite et la plus grande mesurées toutes deux cur le même écran (confer les figures IV.6.4 et IV.6.7).

#

Il est certain que les grandes aires sont affectées par le recouvrement partiel des résonances de manière différente selon l'importance relative de la composante voisine. On pourrait donc penser préférable de ne prendre que des pevites aires sur des écrans différents pour échapper aux effets de recouvrement. Mais, d'une part, ces aires sont entachées d'erreurs statistiques relatives plus grandes et, d'autre part, il est prudent de prélever les deux aires du système sur le même écran pour bénéficier de la meilleure homogénéité des mesures.

11

Ę

i

Pour les formes, au contraire, on peut choisir des points converablement situés qui ne subissert que peu l'influence de la résonance voisine.

La méthode des mi-largeurs risque, de son côté, d'être sensible à la proximité des résonances et c'est bien ce que reflète la résolution du troisième système. En particulier la déviation est plus forte pour la petite résonance que pour la résonance la plus marquée.

Le cheminement dans la vallée, quant à lui, ne mène qu'à des approximations assez grossières et s'arcête vite, dès la première

- 411 -

étape pour les aires, la seconde pour les formes et la troisième pour les formes associées aux mi-largeurs. Cependant cette méthode a l'avantage de progresser très vite en comparaison de la précédente qui procède d'une méthode itérative avec calcul des dérivées. Plus rapide encore est la méthode des fonctions de Bessel asymptotiques. Cependant la figure montre que les valeurs approchées ainsi obtenues sont loin de la vallée. En fait ces valeurs sont d'autant plus éloignées que les épaisseurs d'échantillon s'écartent des conditions de validité des expressions asymptotiques.

.

En réalité donc, à moins de se trouver dans les conditions extrêmes d'écran très épais ou très mince, pour lesquels d'ailleurs l'analyse par toindres carrés devient difficile la résolution d'un système réduit lorsqu'il s'agit de la méthode des formes conduit à une très bonne approximation. Toutefois le temps d'exécution au total ne s'en trouve pas diminué autant qu'il serait ratsonnable de l'espérer. En effet, le temps gagné sur la méthode des moindres carrés est pratiquement compensé par celui pris par la résolution du système à moins de concéder quelques aménagements aux critères de convergence pourtant peu rigoureux.

### IV.5 LOGIQUE DU CODE

# IV.5.1 <u>Opportunité du calcul des matrices de fonctions $\psi_{jk}$ </u> <u>et $\Phi_{jk}$ </u>

ł

ļ

La question se pose de savoir s'il est nécessaire de refaire le calcul des matrices de fonctions  $\Psi_{JK}$  et  $\Phi_{JK}$  afférentes aux différents points de la partition (IV.3.15) pour chacun des points expérimentaux de la partition, c'est-à-dire, pour chacun des couples de valeurs

$$(\alpha^{i}_{j,1}, \alpha^{i}_{j,2})_{i \in P_{j}}_{i \in Q}$$

car il y a là matière à gain de temps considérable.

- 412 -

En fait pour décider de l'opportunité de ce calcul on peut s'appuyer sur la remarque suivante.

Outre la variable réduite x'<sub>k</sub> dont les différentes valeurs sont fixées à l'avance par la partition (IV.3.15) les fonctions  $U_{JK}$  et  $\Phi_{jK}$  ne dépendent que des paramètres  $\beta_j$  et des quantités  $\overline{x}_{jk}$  définies en (IV.2.13). Cela signifie qu'une fois obtenus, les éléments de matrice pour un  $x'_k$  donné resteront valables tant que l'on ne touchera ni aux  $\beta_j$  ni aux  $\overline{x}_{ik}$ . Plus explicitement :

8

1) toutes les matrices se conservent lorsqu'on passe du calcul des fonctions d'analyse à celui de leurs dérivées partielles par rapport aux paramètres  $\sigma_{oi}$ ,

2) l'ensemble des colonnes de même rang de toutes les matrices est caractéristique d'une résonance k et demeure indépendant de l'épaisseur de l'écran,

3) les éléments diagonaux restent invariants lorsqu'on passe du calcul des fonctions d'analyse à celui de leurs dérivées par rapport aux  $E_{R_j}$ , car  $\bar{x}_{kk} = 0$ , mais il se peut que, les  $E_{R_k}$  intervenant dans la définition des  $\alpha_{j,\ell}^i$ , toute modification des premiers en se répercutant sur les seconds, ait pour effet d'allonger l'intervalle de définition  $(-x'_{max}, x'_{max})$ . Ainsi s'ajouteraient de nouvelles matrices correspondant aux points de la partition qui peuvent s'introduire de la sorte dans l'intervalle de définition.

La remarque 1) suggère d'entrelacer calculs des fonctions d'analyse et calculs des dérivées partielles par rapport aux  $\sigma_{oj}$  en faisant suivre immédiatement les premiers des seconds pour chaque point expérimental.

La remarque 2) suggère de construire toutes les colonnes de même rang en tous les points  $x'_k$ , chaque rang remplaçabt le précédent en mémoire au trut dernier moment. On aura donc soin de rester sur une même résonance aussi longtemps qu'il ne sera pas

- 413 -

nécessaire de refaire le calcul des éléments de la colonne correspondante. Pour ce faire on répartira les fonctions  $\psi_{J\kappa}$  et  $\Phi_{i\kappa}$  dans des blocs double dimensionnés dont les indices de dimension seront respectivement l'indice J pour repérer le numéro de la réso-

nance dont on calcule la contribution et l'indice IK ou JK, pour désigner le point de la partition (IV.3.15) en lequel la valeur des fonctions est prise. La figure IV.5.1 montre comment se présente ce regroupement par rapport à l'ensemble des matrices et la figure IV.5.20 montre l'organigramme du sous-programme MATRIS qui effectue les calculs.

\$

Pour rester sur une même résonance aussi longtemps que possible on doit à l'intérieur de chaque méthode procéder au réarrangement des points expérimentaux dont le classement à la lecture est celui que présentent les listes de résultats fournis par le programme précédent de traitement des données expérimentales tel que le montre la figure III.6.4. Ainsi dispose-t-on pour un écran de toutes les grandeurs d'analyse relatives aux différentes résonances classées à l'intérieur d'une même résonance dans l'ordre croissant des abcisses ou l'ordre croissant des profondeurs selon la méthode. Il s'agit alors de reprendre ces données et de les grouper par résonance pour tous les écrans en conservant leur ordre à l'intérieur d'une même résonance.

Schématiquement, si  $N_v(1,J)$  désigne le nombre de grandeurs d'analyse expérimentales dont on dispose pour chaque résonance I de chaque écran J, les points expérimentaux, à l'intérieur de chaque groupe caractérisé par un couple (I,J) sera celui indiqué dans les cases claires de la rigure IV.5.2, la numérotation se faisant en allant croissant lorsqu'on se déplace le long des flèches claires. Dès lors pour épuiser tous les points expérimentaux relatifs à une même résonance, quel que soit l'écran, il faudra que le réarrangement de ces points aboutisse à la deuxième numérotation des premiers points de chaque groupe inscrite cette fois dans les cases hachurées sauf en ce qui concerne le premier et le dernier groupe dont les numéros sont évidemment identiques. On obtient la nouvelle numérotation

- 414 -

simplement en parcourant le plan i,J le long des flèches hachurées. En fait la numérotation finale des points expérimentaux s'obtiendra en cours de lecture par substitution à un indice qui se voudrait duronologique d'un indice IS défini de la manière indiquée dans le sous-programme LECTRE à la figure IV.5.11 qui . effectue la lecture des grandeurs d'analyse.

On doit aussi épuiser toutes les méthodes requises avant de passer à la résonance suivante. C'est pourquoi la méthode d'exploration des points expérimentaux schématisée à la figure IV.5.2 sera généralisée par l'examen du plan des (I,J) afférent à chaque méthode dans les conditions représentées à la figure IV.5.3.

C'est le sous-programme DECIS qui réalise cette exploration et décide du calcul de la colonne des fonctions  $\psi_{jk}^{i}$ ,  $\hat{\Phi}_{jk}^{i}$  dans la mesure où cette décision n'a pas déjà été prise en toute connaissance de cause dans le programme principal. Très schématiquement le bloc diagramme de la figure IV.5.4 montre comment se partagent les phases d'exploration et de décision entre le programme principal et le sous-programme DECIS. Elles sont explicitées en détail dans les organigrammes des figures IV.5.7 et IV.5.13. L'attribution de la valeur unité à l'indice IMAT entraîne la demande de calcul des fonctions d'élargissement Döppler, sa remise à zéro l'évite au contraire. Cette demande sera validée ou non suivant qu'il s'agit d'une fonction d'analyse ou de ses différentes dérivées par rapport aux paramètres  $\beta_j$ ,  $\sigma_{oj}$ ,  $E_{R_j}$ . On conviendra des valeurs suivantes pour l'indice d'identification

IDER = 0 pour les fonctions d'analyse IDER = 1 pour les dérivées par rapport aux  $\beta_j$ IDER = 2 pour les dérivées par rapport aux  $\sigma_{oj}$ IDER = 3 pour les dérivées par rapport aux  $E_{R_j}$ . La demande est validée si IDER  $\neq 2$ .

## - 416 -

IV.5.2 Structure générale

Le programme est partagé en deux suites.

IV.5.2.1 Première suite

Dans la première suite le programme prend connaissance des méthodes que l'utilisateur désire mettre en jeu pour effectuer l'analyse. L'information lui est transmise en clair, écrite avec le votabulaire conventionnel donné plus loin en (IV.5.2). Il la répercute en mettant à 1 les indices de présence baptisés METODi et prends note du numéro NMETOD de la dernière méthode requise. E procède ensuite à la lecture des paramètres expérimentaux et fait appel au sous-programme LECTRE pour effectuer la lecture des grandeurs d'analyse qu'il ordonne ce faisant pour répondre aux soucis du paragraphe précédent. Il calcule

 $\alpha_{\max} = \max (\alpha_{j,\ell}^{i}) \qquad (1 \vee .5.1)$   $\ell = 1,2$   $i \in I^{2},$   $j \in Q^{1}$ 

et fixe les différents pas nécessaires. Tout ceci apparait sur la figure IV.5.5

| AIRES  | : méthode | d'analyse  | des aires | partielles | ; | MET.OD1=1  |
|--------|-----------|------------|-----------|------------|---|------------|
|        |           |            |           |            |   | si oui     |
| FORMES | :méthode  | d'analyse  | des forme | s          | ; | METOD2=1   |
|        |           |            |           |            |   | si oui     |
| TMIN   | :méthode  | d'analyse  | du minimu | ım de      | ; | METOD3=1   |
|        | transmis  | ssion      |           |            |   | si oui     |
| LARGEU | : méthode | d'analy se | des mi-la | geurs à    | ; | METOD4 = 1 |
|        | f de la j | profondeur | ,         |            |   | si oui     |

(IV.5.2)

Dans la deuxième partie de la suite dont l'organigramme est donné par la figure IV.5.6, le programme examine si demande est faite de procéder à un calcul de valeurs approchées pour les paramètres  $\beta_j$  et  $\sigma_{oj}$ . A cette fin il compare la variable en lecture APPROX aux trois libellés suivants :

| SYSTEM | pour la recherche par résolution d'un système réduit |
|--------|------------------------------------------------------|
|        | prélevé sur le système surabondant,                  |
| BESSEL | pour la recherche à l'aide des fonctions de Bessel   |
|        | asymptotiques,                                       |
| VALLEE | pour la recherche par cheminement dans la vallée     |
|        | de la surface en $\chi^2$ .                          |

S'il y a identité avec le premier libellé le programme demande à lire les numéros ISIi des points expérimentaux identificateurs des équations prélevées, en même temps que les méthodes dont relèvent ces équations, et procède au reclassement de ces points pour les reconnaitre correctement dans la suite des points déjà ordonnés par le sous programme LECTRE. Ce reclassement est en fait exécuté par le sous-programme RECLAS dont l'organigramme est représenté à la figure IV.5.12. La résolution du système proprement dite sera effectuée dans la deuxième suite. Indiquer une valeur nulle pour les ISIi relatifs à une résonance évite d'effectuee les calculs d'approximation pour celle-ci.

S'il y a identité avec le second libellé le programme recherche l'écran le plus épais ainsi que le plus mince et résoud les équations ecrites à partir des expressions asymptotiques des fonctions de Bessel. Notons qu'à cette fin le sous-programme LECTRE aura profité de la lecture des grandeurs d'analyse aires partielles pour en retenir les plus grandes de chaque écran et les ranger dans les communs ABES(I,J).

ł

S'il y a identité avec le libellé VALLEE le programme se contente d'indiquer à la deuxième suite qu'elle aura à estimer des valeurs approchées par la méthode correspondante en mettant à 1 l'indice IAV.

Si à l'examen aucun des trois libellés n'est reconnu le programme passe directement à la deuxième suite.

Quand il y a estimation de valeurs approchées les calculs sont conduits, dans cette première suite, jusqu'au point où il devient plus économique de passer à la suite 2 qui présente des séquences d'instructions dont les enchainements écrits pour l'analyse peuvent fournir des parties de programme aboutissant aux résultats cherchés pourvu que l'on emprunte certains des branchements qui s'y trouvent.

IV.5.2.2 Deuxième suite

· · · ·

Arrivé en ce point le programme s'apprête à aborder l'analyse demandée. D'une façon générale le programme principal met en oeuvre la méthode des moindres carrés mais confie le calcul des fonctions d'analyse au sous-programme DECIS qui lui transmet la réponse sous la notation V(IS'), s'il s'agit de la fonction elle-même, ou sous la notation W(IS'), s'il s'agit d'une valeur voisine destinée au calcul d'une dérivée partielle, IS' étant le numéro courant d'identification du point expérimental à travers toutes les méthodes.

1

١

Ē

,

Mais tout d'abord le programme effectue un transfert des valeurs initiales qui peuvent être des valeurs expérimentales ou des valeurs estimées. Si cette estimation doit être faite dans cette deuxième suite, par résolution d'un système réduit on l'aborde immédiatement. Elle se bâtit simplement et directement selon la méthode indiquée au sous paragraphe IV.4.3.1 en faisant appel au sous-programme DECIS dans les conditions montrées à la figure IV.5.8. Si elle fait appel à la méthode du cheminement dans la vallée les opérations nécessaires sont faites plus loin. Quoi qu'il en soit, l'intervalle  $(-x'_k, x'_k)$  maximum est défini par appel du sous-programme XMAXI.

Ceci étant, en une première phase il s'agit de mettre en œuvre le processus itératif décrit au paragraphe IV.4.2, puis en une deuxième phase de passer au calcul d'erreur suivi de l'impression des résultats. Ces deux phases sont caractérisées par l'indice NJ qui prend respectivement les valeurs 1 ou 2.

Pour illustrer l'imbrication des calculs des différentes fonctions et de leurs dérivées partielles, telle que l'ont suggérée les remarques du paragraphe IV.5.1 nous nous appuierons sur un exemple arbitrairement choisi mais réaliste en supposant que l'analyse doive porter sur deux résonances pour lesquelles nous disposons au total de 22 valeurs expérimentales obtenues lors d'expériences faites sur trois épaisseurs d'écran différentes. En outre nous nous placerons dans l'hy pothèse où l'analyse fait

appel à deux méthodes que nous baptiserons respectivement i et j avec la répartition indiquée ci-contre. L'ordre des calculs est alors celui indiqué ci-après;

|                         | métł<br>i | node | métł | iode<br>j |
|-------------------------|-----------|------|------|-----------|
| Réso-<br>nance<br>Ecran | 1         | 2    | 1    | 2         |
| 1                       | 3         | 3    | 2    | 2         |
| 2                       | 2         | 3    | 1    | 2         |
| 3                       | 1         | 1    | 1    | 1         |

ł

|        |                    |    | r   | Reson           | ence 1                   |            |                  |     |     | Reso           | nance 2             | <u>,</u>   |
|--------|--------------------|----|-----|-----------------|--------------------------|------------|------------------|-----|-----|----------------|---------------------|------------|
|        | stion              |    | -   | de -            | Fonction                 | notation   | de               |     | _   | a _            | Fonction            | notatim    |
|        | c rdre<br>preseute | 51 | 151 | ordre<br>cal cu | c alculee                | programme  | ordre<br>preseut | 51  | 151 | ordre<br>calcu | colculee            | brogramme  |
|        |                    |    |     |                 |                          | METHOD     | æ                | i   |     |                |                     |            |
|        |                    |    |     | ٨               | F <sub>L</sub> (٩)       | v(^)       |                  |     |     | 34 ·           | f.(7)               | (٦)        |
|        | 1                  | 1  | 1   | 2               | ۶۴٫ (۱)/ کا ۲۵٫          | Der(2,1)   | 4                | 7   | 7   | 32             | 9£ (7)/75,          | DER (2,7)  |
|        |                    |    |     | 3               | <i>ک</i> ۳.(۱)/۵۳۰۶      | der(5,1)   |                  |     |     | 33             | 9E (1)/96°5         | DER(5,7)   |
| へ      |                    |    |     | 4               | F. (2)                   | ۷(2)       |                  |     |     | 34             | F;(8)               | ν(8)       |
|        | 2                  | 2  | 2   | 5               | 9£:(2)/3504              | DER (2,2)  | 5                | 8   | 8   | 35             | df:(8)/d5.          | DER (2,8)  |
| RAN    |                    |    |     | 6               | dF;(2)/dF.2              | DER (5,2)  |                  |     |     | 36             | 0F.(8)/0F02         | DEK (5,8)  |
| С<br>Ш |                    |    |     | 7               | F <sub>c</sub> (3)       | ∨(3)       |                  |     |     | 37             | F.(9)               | V(9)       |
|        | 3                  | 3  | 3   | 8               | ∂F.(3)/∂r₀1              | DER (2,3)  | 6                | 9   | 9   | 38             | 9E (9)/350.1        | DER (2,9)  |
|        |                    |    |     | 9               | 0F.(3)/0502              | DER (5,3)  |                  |     |     | 39             | dF.(9)/0502         | DER(5,9)   |
|        |                    |    |     | 10              | F. (4)                   | √(4)       |                  |     |     | 40             | F.(10)              | V(10)      |
|        | 7                  | 4  | 4   | 11              | 3F. (4)/3 50             | DE R (2,4) | 9                | 10  | 10  | 41             | DF.(10)/2531        | DER (2,10) |
|        |                    |    |     | 12              | ∂F: (4)/∂F <sub>02</sub> | DER(5,4)   |                  |     |     | 42             | 0F.(10)/0502        | DER (5,40) |
| Ы      |                    |    |     | 13              | F_(5)                    | V(5)       |                  |     |     | 43             | F. (11)             | V(11)      |
|        | 8                  | 5  | 5   | 14              | DF. (5) / 2001           | DER (2,5)  | 10               | 11  | 11  | 44             | 0F. (11)/3501       | DER(2,11)  |
| CRAN   |                    |    |     | . 12            | 0F; (S) /0002            | DER(5,5)   |                  |     |     | 45             | 0F; (11)/05,2       | DER (5,11) |
| Т<br>Ш |                    |    |     |                 |                          |            |                  |     |     | 46             | F <sub>c</sub> (12) | V(12)      |
|        |                    |    | ł   |                 |                          | 1          |                  | 112 | 10  | 1.7            | 25. (42) 25         | 050 (9.12) |

ł

- 420 - .

|--|

|        |                   |    |    |                |                     | - 43        | 21 .             |    |                       |                |                    |             |
|--------|-------------------|----|----|----------------|---------------------|-------------|------------------|----|-----------------------|----------------|--------------------|-------------|
| 1      |                   |    | Re | 5072           | ince 1              |             |                  |    | Re                    | .son i         | ence 2             |             |
|        | de<br>Min         |    |    | _ ۳            | Fonction            | notation    | de<br>atim       |    |                       | de             | Fondion            | notation    |
|        | ordre<br>presenta | 51 | 15 | ordre<br>Calcu | colculee            | programme   | ordre<br>present | 15 | 151                   | ordre<br>colcu | colculé            | programme   |
|        |                   |    |    |                |                     | METHOD      | E                | i  |                       |                | •                  |             |
| ъ      |                   |    |    | YE             | F;(6)               | ٧(6)        |                  |    |                       | 49             | F:(13)             | ٧(١٦)       |
| z      | 12                | ٩  | 6  | 17             | ∂F;(6)/∂r₀₁         | DER(2,6)    | 13               | 13 | 43                    | 20             | 0F; (13)/36,1      | DER(2,13)   |
| ECRA   |                   |    |    | 18             | 9Fr (6)/9Co2        | DER (5,6)   |                  |    |                       | 51             | DF.(13)/DG.2       | DER(5,13)   |
| L      |                   |    | L  | L              |                     | ME THO :    | DE               | j  |                       |                |                    | Å           |
|        |                   |    |    | 19             | F <sub>2</sub> (1 ) | V(14)       |                  |    |                       | 52             | F <sub>0</sub> (5) | V(18)       |
|        | ٨                 | λ  | 14 | 20             | dF; (1)/dron        | DER(2,14)   | 3                | 5  | ٨٤                    | 53             | DF3 (5)/DE01       | DER(2,18)   |
| 4      |                   |    |    | 21             | OF; (1)/3002        | DER (5,14)  |                  |    |                       | 54             | ∂F) (5)/∂502       | DER(5,18)   |
| となん    |                   |    |    | 22             | F <sub>6</sub> (2)  | ۷ (۸۵)      |                  |    |                       | 55             | F3 ( ¢)            | V(19)       |
| Ш      | 2                 | 2  | 72 | 23             | DF3 (2)/DFm         | DER(2,15)   | 4                | ς  | ٩٨                    | 56             | 0F, (6)/2001       | DER (2, 19) |
|        |                   |    |    | 24             | 0F, (2)/7002        | DER (5,15)  |                  |    | a<br>•<br>•<br>•<br>• | 57             | 0FJ(6)/0002        | DER (5, 19) |
|        |                   |    |    | 25             | F; (3)              | V (16)      |                  |    |                       | 58             | F3(7)              | V(20)       |
|        | 5                 | З  | 16 | 25             | 25; (3) /2501       | DER (2,16)  | 6                | 7  | 20                    | 59             | ∂F}(7)/∂601        | DER(2,20)   |
| N<br>Z |                   |    |    | 27             | 0Fj(3)/0502         | DER (5, 16) |                  |    |                       | 60             | of (7)/05.2        | DER(5,20)   |
| ECRA   |                   |    |    |                |                     |             |                  |    |                       | 61             | F3(8)              | V(21)       |
|        |                   |    |    |                |                     |             | 7                | 8  | 21                    | 62             | ) JF (8)/0501      | DER(2,21)   |
|        |                   |    |    |                |                     |             | •                | 1  |                       | 63             | 0FJ(8)/050L        | DER (5,21)  |
|        | 1                 |    | 1  |                | 1                   | l           | 1                | ł  |                       | 1              |                    | 1           |

| ¢٦                       | N A                                                      |         | 12                       | لب ۵۵                                                                               | トミン                                                                                                                        |                 | ∞                                                   |        | ordre de<br>présentation |         |
|--------------------------|----------------------------------------------------------|---------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------|--------|--------------------------|---------|
| درى                      | ل نې                                                     |         | 6                        | A N                                                                                 | <u>ل ۲۵</u>                                                                                                                |                 | 4                                                   |        | 15                       |         |
| 16                       | 2<br>У<br>7<br>Т                                         | 1       | 6                        | 2 V                                                                                 | ل                                                                                                                          |                 | t c                                                 |        | 15'                      | 17      |
| St-                      | 5t<br>5t                                                 |         | 3t                       | 4 4                                                                                 | 67<br>67                                                                                                                   |                 | 22 28                                               |        | ordre de<br>calcul       | e 50 M  |
| ∂Fj(3)/∂ER.              | کاج (۲)/کو <sub>لا ۲</sub><br>کاج (۲)/کو <sub>لا ۲</sub> |         | ∂F₁ (6)/∂E <sub>K₄</sub> | שר: (4)/שב <sub>ת א</sub><br>שר: (5)/שבתא                                           | عF. (۱)/ ۵ER,<br>٦F. (۱)/ ۵ER,<br>٦F. (۶)/ ۵ER,<br>٦F. (۶)/ ۵ER,                                                           |                 | F; (4)<br>0F; (4)/05,<br>0F; (4)/05,<br>0F; (4)/05, |        | Fonclin<br>Calculée      | ence 1  |
| DER (3,16)               | Der (3,14)<br>Der (3, 15)                                | ETHO Je | 9er (3, 6 )              | DER(3,4)<br>DER(3,5)                                                                | Der (3,1)<br>Der (3,2)<br>Der (3,3)                                                                                        | <b>イモナいく ひょ</b> | V(17)<br>DER(2,17)<br>DER(5,17)                     | 4E TH0 | nstation<br>progremme    |         |
| ح ليہ<br>ا               | v 2                                                      | 2       | 73                       | 6 C K                                                                               | 6 9 5                                                                                                                      | ۳.<br>د ۱       | ى                                                   | D E    | crdre de<br>présentation |         |
| لم ∞                     | 5 4                                                      | ]       | 57                       | 10<br>11<br>12                                                                      | به ۵۰ د                                                                                                                    |                 | 4                                                   | 0      | 15                       |         |
| 20                       | ь <i>г</i><br>в <i>г</i>                                 | 1       | ۶V                       | 10                                                                                  | له ۵۵ هـ                                                                                                                   |                 | 22                                                  |        | 15'                      | R       |
| 48<br>98                 | 5 °<br>8 °<br>8 °                                        |         | 8<br>دى                  | 8 8 8<br>2 1 0                                                                      | et<br>et<br>Lt                                                                                                             |                 | 66<br>62                                            |        | ordre de<br>calcul       | 6501    |
| ٦F3 (٤)/٩EK              | ٦٤; (٦)/٦٤ <sub>٣٦</sub><br>٦٤; (٦)/٦٤ <sub>٣٦</sub>     |         | 2F. (13)/2EK,            | ∂F. (10)/∂E <sub>K1</sub><br>∂F. (11)/∂E <sub>K1</sub><br>∂F. (12)/∂E <sub>K1</sub> | $\partial F_{L}(q)/\partial E_{R_{A}}$<br>$\partial F_{L}(q)/\partial E_{R_{A}}$<br>$\partial F_{L}(q)/\partial E_{R_{A}}$ |                 | Fg (9)<br>2Fg (9)/2Fg<br>2Fg (9)/2Fg                |        | Fonction<br>Coloutie     | IZMIC Z |
| DER (3,20)<br>DER (3,21) | UER(3,18)<br>DER(3,19)                                   |         | 9er(3,13)                | DER (3, 10)<br>DER (3, 11)<br>DER (3, 12)                                           | ver (3, 7)<br>ver (3, 8)<br>ver (3, 9)                                                                                     |                 | V(22)<br>9er(2,22)<br>9er(5,22)                     |        | notalini<br>programme    |         |

| •       |                 |    | Res     | 1540           | nu 1                                     |             | Resonance 2     |      |    |                |                                           |             |  |  |  |
|---------|-----------------|----|---------|----------------|------------------------------------------|-------------|-----------------|------|----|----------------|-------------------------------------------|-------------|--|--|--|
|         | tatim           | .0 | 70      | ر ا<br>را      | Fonction                                 | notation    | de<br>talim     |      |    | ار<br>ار       | Function                                  | nutaliori   |  |  |  |
|         | crdre<br>préseu | 5  | 51      | ordre<br>calci | calculée                                 | programme   | crare<br>presew | 51   | 15 | ordre<br>Lalci | calcule                                   | programme   |  |  |  |
|         |                 |    |         |                |                                          | Ле          | T140 J          | DE } | •  |                |                                           |             |  |  |  |
| ECRAN 3 | 8               | ų  | ላጉ      | 76             | ۶£.(۲) / ۶٤ <sup>٤۷</sup>                | DER (3, 17) | ٩               | ٩    | 22 | 88             | JE <sup>9</sup> (d)/JE <sup>K4</sup>      | DER(3,22)   |  |  |  |
|         | METHODE L       |    |         |                |                                          |             |                 |      |    |                |                                           |             |  |  |  |
| 4       | ٨               | л  | л       | 89             | ٥F; (١)/٥E                               | JER(6,1)    | 4               | F    | 7  | 99             | 3F1 (7)/DER2                              | DER(6,7)    |  |  |  |
| 2       | 2               | 2  | 2       | 90             | $\partial F_{L}(2) / \partial E_{R_{2}}$ | PER(6, L)   | s               | 8    | 8  | 100            | $\partial F_{L}(8)/\partial E_{R_{2}}$    | DER (6,8)   |  |  |  |
| ECRA    | 3               | 3  | 3       | 91             | ∂F;(3)/∂E <sub>R2</sub>                  | DER (6,3)   | م               | 9    | ٩  | 101            | ) FL (9)/JER2                             | DER (6,9)   |  |  |  |
| 2       | 7               | 4  | 4       | 92             | )F. (4) /JE <sub>R1</sub>                | DER (6,4)   | 9               | Ло   | 10 | 10 Z           | 3FL (40)/ 3ER2                            | DER (6,10)! |  |  |  |
| Z       | 8               | 5  | 5       | 93             | $\partial F_{L}(5) / \partial E_{R_2}$   | DER (6,5)   | Лù              | 11   | 11 | 103            | $\partial F_{L}(11) / \partial E_{R_{2}}$ | DER (6,11), |  |  |  |
| ECRI    |                 |    |         |                |                                          |             | ЛЛ              | ٨2   | A2 | 104            | ∂F <sub>L</sub> (12) /∂ER2                | DER (6,12)  |  |  |  |
| ECRAN S | 12              | 6  | 6       | 94             | JE' (6) /JE <sup>KI</sup>                | DER (6,6)   | ЛЗ              | 13   | ٨3 | 105            | JFL (13)/JER2                             | DER(6,13)   |  |  |  |
|         |                 | 6  | <u></u> |                | м                                        | ETHODE      | 9               |      | L  |                |                                           |             |  |  |  |
| ۲       | 4               | Л  | ЛЦ      | 95             | θF <sub>6</sub> (1)/∂E <sub>R2</sub>     | DER(6,14)   | 3               | 5    | 18 | 106            | 9E <sup>6</sup> (2)/9E <sup>K5</sup>      | DER(6,18)   |  |  |  |
| GCRAN   | 2               | 2  | 15      | 96             | 9£. (5)/95 <sup>K2</sup>                 | DER(6,15)   | 4               | 6    | ٨q | 107            | OF, (6)/JER2                              | DER(6,19)   |  |  |  |
| 2 2     | 5               | 3  | ٦6      | 97             | 0F; (3)/der2                             | VER(6,16)   | L               | 1    | 20 | 801            | dFj (7)/dER2                              | VEK (6, 20) |  |  |  |
| ECRAI   |                 |    |         |                |                                          |             | 7               | 8    | 21 | 109            | 3Fg (8)/3CR2                              | DER (6,21)  |  |  |  |
| ECRAN 3 | 8               | 4  | 17      | 98             | df; (4)/de <sub>r:</sub>                 | DER (6, 17) | 9               | 9    | 22 | 140            | 9E <sup>9</sup> (d)/9E <sup>k s</sup>     | DER(6,22)   |  |  |  |

- 423 -

•

) 1 4

•

|             |                          | ************************************** | RE :       | 0 N S              | nce 1                   |                       |                         |    | Res         | סמשמ               | ice 2                |             |
|-------------|--------------------------|----------------------------------------|------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|----|-------------|--------------------|----------------------|-------------|
|             | ordre de<br>oresentation | 15                                     | 151        | ordre de<br>colcul | Fonction<br>colculée    | notation<br>programme | ordre de<br>prezentatim | 15 | `د)         | ordre de<br>caleul | Fonction             | programme   |
|             |                          |                                        |            | <u> </u>           |                         | METH                  | ) V E                   |    |             |                    |                      |             |
|             | 1                        | ٨                                      | Л          | ллл                | ∂F. (^) ∕∂G,            | VER(1, 1)             | 4                       | 7  | 7           | 121                | <b>Ͽ</b> Ϝͺ (Ŧ)/δβλ  | VER(1,7)    |
| * >         | 2                        | 2,                                     | 2          | 142                | ٥٤ (٦)/٩٦               | )EK(1,2)              | 5                       | 8  | 8           | 122                | JE (8)/Jp1           | DER(1,8)    |
| ECRAI       | 3                        | 3                                      | 3          | <i>M</i> 3         | DF_(3)/d&1              | VER(1,3)              | 6                       | 9  | 9           | 423                | UF. (9)/J/31         | VER(1,1)    |
| 5           | 7                        | 4                                      | 4          | ллц                | عة: (4)/ كامع           | DER (1,4)             | 3                       | ло | ٨٥          | 124                | عة. (٢٥)/٥٦٨         | DER(1,10)   |
| 2           | 8                        | 5                                      | 5          | 145                | 2F. (5)/2ps,            | DER (1,51             | ٨O                      | ٨L | 44          | 125                | DF. (11)/DF.         | DER (1, 11) |
| E<br>C<br>K |                          |                                        |            |                    |                         |                       | 11                      | A2 | <b>∧</b> 2  | 126                | JF. (12)/JG.         | DCK(1,12)   |
| ELRAN 3     | ٨2                       | 6                                      | 6          | лаб                | ðF. (6)/ðþa             | DER (1,6)             | ЛЗ                      | ЛЗ | 13          | 127                | <b>ῦ</b> Ϝ. (13)/ῦβλ | VER(1,13)   |
|             |                          |                                        | . <b>A</b> | , <u>baan</u>      |                         | METHO                 | ÿΕ                      | 9  | * *** * *** | <b></b>            |                      | <b>.</b>    |
| ۲           | A                        | x                                      | л4         | 117                | 0F{(1)}}                | YER (1, 14)           | 3                       | 5  | 18          | 128                | JF (5)/Jr            | DER(1,15)   |
| ELRAN       | 2                        | 2                                      | ٨5         | A18                | رج) 6 / (2) کل          | DEN (1,15)            | 4                       | 6  | 19          | 129                | DF (6)/DP1           | UCK(1,19)   |
| ۲<br>۲      | 5                        | 3                                      | 16         | .119               | of (3)/Jan              | DER(1,16)             | 6                       | 7  | 2.0         | 130                | 2F 3(7)/2p-1         | yer.(1,20)  |
| ECRA        |                          |                                        |            |                    |                         |                       | 7                       | 8  | 21          | 131                | 9E) (8) / 9K1        | DER (1, 21) |
| E CAAN 3    | 8                        | 4                                      | 17         | 120                | ٥ <sup>F</sup> ;(4)/کهم | DER(1,17)             | 9                       | 9  | 22          | 132                | مور/ (٩) مع          | DER (1,22)  |

| - 424 - |  |
|---------|--|
|---------|--|

| - |                                         |                            |                    |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                    |                           |                                         |                 |    |                        |         |
|---|-----------------------------------------|----------------------------|--------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|-----------------|----|------------------------|---------|
|   | (22'4) ABQ                              | 2 ere/ (6) P3e             | 735                | 22      | Ь                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ь                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | (Ły''n)¥3Œ                         | でde/(り)ら                  | 081                                     | ŧr              | γ  | 8                      | ECRAN 3 |
|   | ע א א א א א א א א א א א א א א א א א א א | zsle/(8) <sup>9</sup> z1,  | rer                | 5       | 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | t                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                           |                                         |                 |    |                        | ECRA    |
| • | <i>(</i> ∞'५)४∍८                        | 2de/(t) <sup>9</sup> 30    | ۰٤r                | 30      | t                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | ¢רי'זפ) שנע                        | zde/ (s) f3e              | ьт                                      | ۶r              | ę  | ٢                      | N 2     |
|   | (br'4)¥3(                               | マタレノ (1) りょし               | bzr                | br      | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | (sr'h) yao                         | z46\(z)636                | 822                                     | sr              | 7  | 7                      | ECRAI   |
|   | ט בע (ר' וז)                            | 25% (S) <sup>8</sup> 30    | 82V                | 8 r     | ٤                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | £                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | (אי'ט) אשט                         | ~ડોર\ (૪) <sup>6</sup> ∃દ | trv                                     | 'n٢             | r  | r                      | 2       |
|   |                                         |                            |                    |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | P                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 300413                             | Ч                         |                                         |                 |    |                        |         |
|   | (&r'h) X30                              | રે¢∕(દr)]ગદ                | 177                | ٤٢      | ٤r                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | er                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | (פ'ל) פאפע                         | ₹de/(9)]⊒0                | 9+r                                     | 9               | 9  | 75                     | ECRAN 3 |
| 3 | חבא (ני אז)                             | 25℃/(27) 320               | )?r                | zr      | τr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | W                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                           |                                         |                 |    |                        | ECR     |
| · | (++ (+) אפע                             | 2Er (24) /262              | 58Y                | rr      | rr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | or                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | (ג'ז) אשט                          | 2 ele/(2) 3 e             | 548                                     | S               | و  | 8                      | AN      |
|   | (07'4) X70                              | rde/ (0r) =1e              | יזצי               | or      | or                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Ø                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | (ל'ל) אפע                          | 2. sle/ (4) ] ze          | 4rr                                     | 4               | 5  | ŧ                      | 2       |
|   | (6'り) メヨハ                               | રવે૯/ (ક) મ઼૯              | 87Y                | ь       | Ъ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | (E'h) Y3C                          | ع وا (ت) Fr               | err                                     | v               | ç  | દ                      | ECRAI   |
|   | ۵۶۶ (ל`ָאַ)                             | <sup>2</sup> داد / (8) باو | 228                | 8       | 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | しょくしょう) ひょうく                       | 296 (s) /2p2              | 248                                     | ٦               | ъ  | ъ                      | Z       |
|   | (L'Y)¥30                                | ~de/(t)30                  | rzr                | Ł       | £                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | η                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | (1'1)430                           | ²de1(v) 'ze               | ***                                     | r               | r  | r                      |         |
|   |                                         | 8                          |                    |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 7 14 0 DE                          | aM                        |                                         |                 |    |                        |         |
|   | nnmargard                               | כפונטופנ                   | ordre de<br>caleul | 15'     | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ordre de<br>presentatio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | programme                          | د و احدادهم               | ordre du<br>calcul                      | <sup>ر</sup> ۲۱ | ١S | ordre de<br>présentati |         |
|   | miloton                                 | ע צ 2                      | PN0                | २२५<br> | I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | wileton                            | דמעליאיי                  | 0~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~ | y               | L  |                        |         |
|   |                                         |                            |                    |         | and the second value of th | and the second se | NAME AND ADDRESS OF TAXABLE PARTY. |                           |                                         |                 |    |                        | ·       |

•

.

- 452 -

La séquence de calculs indiquée est une de celles que l'on rencontre tout naturellement lorsqu'on se déplace tout au long de la

- 426 -

suite (2,4) du programme en faisant les incursions nécessaires dans le sous-programme DECIS lorsqu'on met en oeuvre la méthode des moindres carrés. On peut en suivre les différents cheminements sur les figures IV.5.4, IV.5.7, IV.5.9 qui est de loin la plus explicite, et sur la figure IV.5.13.

Au départ l'indice NJ vaut 1. On empruntera donc le branchement correspondent. Dès le début IMAT mis à 1 demande le calcul de la matrice des fonctions  $V_{ik}$  et  $\Phi_{ijk}$ . Il aborde en effet le premier point expérimental. Il sera rétabli à zéro tout de suite après. IDEBSU à son tour est mis à zéro. Ensuite la méthode i est identifiée. Comme 🖡 NDER vaut 1 on entreprend immédiatement le calcul de la fonction F<sub>i</sub>(1). IDEBSU n'ayant pas été modifié par le sous-programme DE CIS on évalue la valeur du  $\chi^2$  pour le premier point. Dès lors qu'il ne s'agit pas d'estimer une approximation des valeurs finales par cheminement dans la vallée, le test de comparaison de l'indice IAV à l'unité nous fait passer au calcul de la dérivée  $\partial F_i(1) / \partial \sigma_{01}$ . Ce calcul étant effectué, comme celui de la fonction par appel du sous-programme DECIS, le programme principal demande si tous les paramètres sur lesquels porte l'analyse ont été passés en revue. Cette interrogation n'apparaît pas sur le diagramme simplifié de la figure IV.5.7 mais l'organigramme détaillé de la figure IV.5.9 montre que la réponse négative à cette question renvoie sur la boucle de calcul de la dérivée avec changement de paramètre. En l'occurence  $\sigma_{01}$ sera remplacé par  $\sigma_{02}$  et la dérivée calculée sera  $\partial F_i(1) / \partial \sigma_{02}$ . Au contraire, si tous les paramètres  $\sigma_0$  ont été pris en considération la réponse à la question précédente devient affirmative et l'on retourne en début de branchement NJ=1 avec incrémentation de l'indice IS d'une unité, c'est-à-dire que l'on examine le point expérimental suivant. Le processus se répète de la même façon jusqu'au point

ſ

ł

IS=6 de la méthode i. Le programme tente alors de passer au point IS=7 de cette même méthode, mais, cette fois, selon le schéma d'exploration des points donné à la figure IV.5.4 le sous programme DECIS ne trouvera un groupe (I,J) auquel appartient le point qu'à la seule condition de ne pas rester sur la même résonance alors que parallèlement aucun calcul des fonctions  $\mathcal{Y}_{_{A}\mathcal{K}}$  et  $\mathfrak{T}_{_{A}\mathcal{K}}$  n'a été demandé et qu'il ne s'agit pas non plus de la dernière méthode. La conjonction de ces conditions conduit à examiner la méthode suivante j. IDEDSU est mis à 1. Cela signifie que dans le programme principal on incrémentera directement d'une unité IS après avoir mis en IS la valeur IS, qu'il avait lorsqu'on a abandonné la méthode j la fois précédente. Au premier tour cette valeur est évidemment nulle si ubien qu'en fait le programme considère désormais le point 1 de la méthode j repéré par IS' = 14 en numérotation courante, ou encore le 19ème point dans l'ordre des valeurs calculées. Dans l'appel précédent le sous programme DECIS n'a effectué aucun calcul et comme IDEISU vaut 1 le retour se fait en se branchant directement sur l'incrémentation de IS =  $IS_j$  = o comme il vient d'être dit. IDEBSU est remis à zéro. Les calculs reprennent comme pour la méthode i, les différentes phases se déroulant de la même manière jusqu'au poirt IS = 4 de la méthode j, soit IS' = 17 ou encore le 30ème point du calcul.

Pour le point suivant qui serait le point IS =5 de la méthode j les tests de scrutation des groupes de points expérimentaux de la figure IV.5.4 vont nous amener à comparer le numéro de la méthode en cours avec celui de la dernière méthode à mettre en jeu. L'identité entre ces deux numéros nous force cette fois à remettre IMAT à 1 et à reprendre en considération la méthode i mais les calculs porteront désormais sur la résonance 2, avec le même enchainement que précédemment jusqu'au point IS=9 de la méthode j, **₩**,>\*\*

1

i
soit IS' = 22, ou encore le point de calcul 66. Le programme tente ensuite le point IS = 10 de la méthode j mais l'exploration de détermination du groupe auquel devrait appartenir ce point, faite dans le sous programme DECIS fait normalement sortir de la boucle après avoir épuisé toutes les valeurs de I et de J. La méthode sollicitée étant la dernière demandée IDEBSU prend la valeur 2, ce qui a pour conséquence, retour étant fait au programme principal, d'aiguiller le déroulement des opérations sur un test qui demande si l'itération en cours est l'itération zéro. Dans l'affirmative on initialise le  $\chi^2$ total, on effectue le transfert de valeurs intermédiaires et l'on revient sur le branchement de début comme si NJ valait 2 avec cependant NJ = 1. Ceci a pour effet de brancher le programme sur le calcul des autres dérivées qui se déroule suivant le inême processus.

Après avoir traité le 120 ème point de calcul le programme passe à la construction de la matrice des équations normales que l'on résoud puisque NJ = 1. Après rangement des valeurs paramétriques obtenus on aborde la 2ème itération au cours de laquelle, à partir de ces valeurs, on déterminera celles qui en découlent pour les fonctions et qui conduisent à une nouvelle valeur de  $\chi^2$  à comparer à la précédente. Le cycle recommence si les critères de convergence ne sont pas satisfaits. Dans le cas contraire on fait NJ = 2. Dès lors NJ envoie sur la branche du calcul d'erreurs avec impression des résultats.

## IV.5.3 Sous programme DECIS

Le sous programme DECIS prend la décision de calcul des fonctions d'élargissement Döppler. Nous avons vu comment il le faisait au cours du ou des paragraphes précédents. Nous ne reviendrons donc pas sur ce point. Il effectue aussi le calcul des fonctions d'analyse et nous allons plutôt voir comment est structuré dans ses grandes lignes le schéma de calcul des fonctions. C'est dire que nous entrerons dans le sous programme DECIS au niveau du connecteur 2 de la figure IV.5.13.

Il y a quatre fonctions possible à calculer. L'indice IDER indiquera s'il s'agit d'associer par la suite la valeur trouvée pour la fonction considérée à une valeur déjà calculée en un point voisin pour en déduire celle de la dérivée. Certaines mises à jour sont nécessaires au départ, en particulier celle des abcisses exprimées en énergie réduite si l'analyse porte sur 3 paramètres par résonance. Les retours au programme principal se feront en conséquence, après, par exemple, rétablissement de ces mêmes abcisses qui auront vari é pour avoir suivi indirectement les accroissements provisoires subis par les énergies de résonance. Les accroissements qui en résultent pour les abcisses apparaissent à la figure IV.5.13, leur suppression se fait en fin de diagramme de la figure IV.5.14.

Quoi qu'il en soit, on rencontre d'abord une première partie commune que l'on évitera par la suite si, tout restant égal par ailleurs, on ne considère pas une épaisseur d'écran différente. Il s'agit du calcul de la transmission  $T_{JR}(an\sigma_0,\beta,K_k;x'_k)$  en tous les points de la partition (IV.3.15). Cette transmission étant acquise quatre options s'offrent selon qu'il s'agit de l'une ou l'autre des quatre fonctions d'analyse.

i) Fonction d'aire – Le cheminement est direct. Il emprunte le connecteur 3'. La figure IV.5.15 reprend en détail le cheminement à partir du connecteur 3 de la figure précédente.

ii) Fonction de forme - On prend le connecteur 4 et l'on calcule les parties variables avec le point expérimental qui interviennent dans les arguments de l'intégrant, puis on procède au calcul de la transmission affectée de l'effet de résolution, soit par intégration, soit par simple interpolation selon que la largeur de résolution est grande ou négligeable. Les figures IV.5.16 et IV.5.17 explicitent l'organigramme.

iii) Fonction du minimum de transmission - On emprunte le connecteur 5, mais si la section efficace de diffusion potentielle est inférieure à 1 % on considère que le minimum se situe à l'origine et l'on calcule la valeur de la transmission en cette abcisse en se branchant sur le connecteur 4 de la fonction de forme. L'ès lors que l'indicatif de méthode a pour valeur 3 le test sur IMETOD envoie sur celui de nullité de l'indice spécifique IGAM( $I_R$ ,  $J_E$ ,  $K_D$ ). En la circonstance la réponse est positive puisque cet indice n'a pas <sup>1</sup>/<sub>2</sub>té touché depuis son initialisation à zéro. Le cheminement se poursuivra donc en direction du test sur ISEE qui, lui aussi, est resté à sa valeur d'initialisation nulle, ce qui a pour effet de vaire effectuer le simple transfert de la valeur de transmission dans la mémoire de rangement du minimum, suivi de la mise à 1 de l'indice IGAM ( $I_R$ ,  $J_E$ ,  $K_D$ ) et du retour au programme principal.

Si, à l'inverse, la section efficace de diffusion potentielle est supérieure à 1 % le programme entreprend une recherche effective du minimum par comparaison des valeurs de transmission prises en cinq abcisses équidistantes. Le processus en a été expliqué au paragraphe IV.3.3, la figure IV.5.18 en illustre la structure. Pour chacun des cinq points dont l'abcisse est calculée en largeur indicée, on fait le calcul de la transmission en retournant au connecteur 4 de la fonction de forme, mais, cette fois, IGAM(I<sub>R</sub>, J<sub>E</sub>, K<sub>D</sub>) étant toujours nul, on aborde le test sur ISEE avec une valeur non nulle pour cet indice. La conséquence en est que l'on se trouve branché sur toute une suite de transferts et de tests pour déterminer sur lequel des cinq points on trouve la plus petite transmission et aussi la plus grande. Selon de numéro d'ordre du point on procède à des glissements différents, tant que les critères de convergence ne sont pas satisfaits. Eventuellement on passe de l'autre côté de l'origine. Le retour au programme principal se fait comme précédemment.

ł

ŧ

iv) Fonction de largeur - La valeur de IMETOD aiguille sur le connecteur 6 où dès l'entrée le programme s'enquiert de savoir si l'analyse a fait appel ou non à la méthode du minimum de transmission. Une valeur non nulle de l'indice METOD3 répond affirmativement. Dans l'hypothèse d'une telle réponse, la question se pose alors de savoir s'il s'agit d'un calcul d'approximation ou pas. C'est l'examen de l'état du voyant 3 qui y répond. S'il ne s'agit pas d'un tel calcul on dispose alors du minimum de transmission et pour le cas où il s'agirait de la fonction de largeur elle-même par opposition à un calcul en un point voisin dans l'espace des paramètres, c'est-à-dire pour IDER nul, le programme procède au calcul de la transmission à f de la profondeur du creux et initialise le calcul itératif pour résoudre l'équation (IV.3.23). Tant que les critères de convergence ne sont pas satisfaits on tourne sur la boucle itérative sans sortir de la figure IV.5.19. IAST est nul et nous sommes en effet placés dans l'hypothèse METOD3 = 1, et par voie de conséquence IGAM  $(I_R, J_E, K_D)$  n'est pas nul. A la sortie de la boucle on dispose de la mi-largeur  $\gamma_{k,f}^{(1)}$  ou  $\gamma_{k,f}^{(2)}$ . Dès lors on met l'indice IAS'i à 1 et le programme entreprend le calcul de la transmission en un point très voisin obtenu par accroissement de la mi-largeur. Ceci en vue de calculer le terme  $(\partial F/\partial \alpha)_{\alpha=\gamma}$  de la relation (IV.3.24). Pour cela le programme se rebranche sur le connecteur 4, figure IV.5.16, où le test sur l'identité de la méthode renvoie au connecteur 7 de la figure IV.5.18. La nouvelle transmission est calculée. Comme IGAM ( $I_R$ ,  $J_E$ ,  $K_D$ ) est positif on quitte immédiatement l'organigramme par le connecteur 8 qui nous ramène à la figure IV.5.19 avec cette fois IAST = 1.

Quand il s'agit d'un calcul de dérivée IDER n'est pas nul et le premier test sur sa valeur rencontré lorsqu'on parcourt l'organigramme de la figure IV.5.19 met IAST à 1 et reprend le calcul de la transmission pour celui de l'expression  $\Im F/\Im a$  définie en (IV.3.26). ì

1

ł

1

i

ł

2

Si on se place au contraire dans l'hypothèse où la méthode du minimum de transmission n'a pas été sollicitée antérieurement à la méthode des mi-largeurs, il est nécessaire de faire le calcul du minimum. Rappelons que tant que ce dernier n'est pas exécuté IGAM  $(I_R, J_E, K_D)$  reste nul.

## - 433 -

- -

-

ì

.,

ŧ

# IV.6 SPECIFICATION DU CODE SPNBE 082

# IV.6.1 Nomenclature

| IV. | 6.1.1 | Liste | des | sous-programmes |
|-----|-------|-------|-----|-----------------|
|-----|-------|-------|-----|-----------------|

| Nom                   | memoires<br>occupees | Travail effectué                        |
|-----------------------|----------------------|-----------------------------------------|
| LECTRE (NVAL)         | 1134,00              | Effecture la lecture des grandeurs d'   |
|                       |                      | analyse expérimentales et de leurs      |
|                       |                      | erreurs, celle éventuelle des abscisses |
|                       |                      | correspondantes, en ordonnant les       |
|                       |                      | valeurs lues comme il est dit au        |
|                       |                      | paragraphe 1V. 5. 1. A l'interveur d'   |
|                       |                      | une même méthode la suite de            |
|                       |                      | points regroupe toutes les épaiseurs    |
|                       |                      | d'écran résonance par résonance         |
|                       |                      | Le bloc en argument NVAL lu             |
|                       |                      | dans le sous-programme même dé-         |
|                       |                      | signe le nombre de grandeurs            |
|                       |                      | d'analyse pour chaque résonance         |
|                       |                      | de chaque eicran.                       |
| RECLAS (NVAL , ISIN ) | 15410                | Reclassement des points expérimen-      |
|                       |                      | taux choses pour les calculo d'ap-      |
|                       |                      | proximation par la résolution d'un      |
|                       | 1                    |                                         |

système réduit. ISIN numéro d'urdre du reclassement

•

| Nom                        | memoires<br>occupées | Travail effectué                      |
|----------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| DECIS (NVAL)               | 7388,0               | Décision de calcul des fonctions      |
|                            |                      | d'élargissement Döppler par identifi- |
|                            |                      | cation du point considéré eu éjurd    |
|                            |                      | au classement des points expérimen.   |
|                            |                      | taux. Calcul des fonctions d'analy    |
|                            |                      | se selon la methode dont elles reli   |
|                            |                      | vent. En argument NVAL le nom         |
|                            |                      | de la méthode:                        |
|                            |                      | NAIRFS : anes fartielles              |
|                            |                      | NPTS : formes                         |
|                            |                      | NTMIN : minimum de transmission       |
|                            |                      | NLARG : mi-largeuro                   |
| ΧΜΑΧΙ                      | 149,00               | Calcul de l'abscisse absolue de la    |
|                            |                      | borne de l'intervalle maximum         |
|                            |                      | sur lequel porte l'intégration nu.    |
|                            |                      | mérique et qui est définie en         |
|                            |                      | (14.3.14)                             |
| MATRIS                     | 1903,0               | Calcul des fonctions d'élanguesse.    |
|                            |                      | ment Döppler en tous les              |
|                            |                      | ponts de la partition (1V.3.15)       |
|                            | 10728 10V            |                                       |
| (1) 1198, mémoires pour le |                      |                                       |

- 434 -

t

;

ł

•

ł

ŧ

1 1198, memores pour le programme principal suite 1 4491,0 mémores pour le programme principal suite 2

| IV.6.1.2 GIOSSAIRE des variables symbol | oliques |
|-----------------------------------------|---------|
|-----------------------------------------|---------|

-

|           | Symbole        | Ecriture   | Dimen- | Co | mmuns   | Descention                       |        |
|-----------|----------------|------------|--------|----|---------|----------------------------------|--------|
|           | tique          | FORTRAN    |        | (* | si our) | y courphinn                      | •      |
| Données   |                | DONN (I)   | 8      |    |         | noms des méthodes d'analyse      | 1      |
| $\bigvee$ |                |            |        |    |         | whilisies                        | •      |
|           |                |            |        |    |         | AIRES (I=1) : aires farhelles    | •      |
|           |                |            |        |    |         | FORMES (I=2) · formes            | ı      |
|           |                |            |        |    |         | THIN (I=3). minimum de           |        |
|           |                |            |        |    |         | transmission                     | ,      |
|           |                |            |        |    |         | LARGEU (I=4) · m- largeurs       | ,<br>, |
|           |                | NECRAN     |        |    | *       | nombre d'écans                   | • •    |
|           | ବ              | NRESO      |        |    | *       | nombre de résonances             |        |
|           |                | NPARA      |        |    | *       | nombre de paramètres par         |        |
|           |                |            |        |    |         | résonance.                       |        |
|           |                | SIGMAP (I) | 2      |    | ×       | section efficace de deffusion po |        |
|           |                |            |        |    |         | tentielle pour la résonance I    |        |
|           | a <sub>i</sub> | ABISO (I)  | 2      |    | *       | abondance sotopique pour la      | ,<br>, |
|           |                |            |        |    |         | Voonance I                       |        |
|           | n              | EN(3)      | 5      |    | *       | épaisseur de l'énan J expu-      |        |
|           |                |            |        |    |         | mée en atomes/barn               |        |
|           | (ERk)erp       | ER1(K)     | 2      |    | *       | inergie de résonance expéri-     |        |
|           | ·              |            |        |    |         | mentale in élection-volts        |        |

|                     | Symbole<br>mathema- | Ecritine   | Dimen- | Communs    | Description                     |
|---------------------|---------------------|------------|--------|------------|---------------------------------|
|                     | tique               | FORTRAN    | sim    | (* pi our) | orrequisit                      |
| )onniecs<br>(suite) |                     |            |        |            | ce en et pour la resonance      |
| <b>↓</b>            |                     |            |        |            | κ.                              |
|                     | (Tok) erf           | SIGMAN (K) | 2      | ×          | section efficare totale expéri- |
|                     |                     |            |        |            | mentale en banns four la ré.    |
|                     |                     |            |        |            | sonance K                       |
|                     | ۵ <sub>k</sub>      | DELTA (K)  | 2      | *          | Largeur Döppler en ev jour      |
|                     |                     |            |        |            | la résonance K                  |
|                     |                     | R(I,J)     | (2,5)  | *          | Largem de résolution en ev      |
|                     |                     |            |        |            | pour la résonance K de l'enan   |
|                     |                     |            |        |            | J                               |
|                     |                     | APPROX     |        |            | nom de la méthode utilisee      |
|                     |                     |            |        |            | eventuellement pour l'approx.   |
|                     |                     |            |        |            | mation des valeurs de para      |
|                     |                     |            |        |            | metres                          |
|                     |                     |            |        |            | SYSTEM four la méthode de       |
|                     |                     |            |        |            | révolution d'un syste           |
|                     |                     |            |        |            | me réduit à deux                |
|                     |                     |            |        |            | equations par résonance         |
|                     |                     |            |        |            | BESSEL pour la méthode d'ap     |
|                     |                     |            |        |            | proximation à l'aide            |
|                     |                     |            |        |            | de fonctions de Bersel          |

- 436-

# de fonctions de Boessel eougniplotiques. VALLEE four la méthode

1

de la mithode système à deux ayone à deux IM2(K) et relatifs à la relevant de la methodo derner pourt ex-ತ premier pourt ex relatifs à d'ana ezténnen du Eyje 1 tout farm lo I м Jarme du Cremnement Carte vierge preu éviter de grandeurs Néronan colul d'approximation IH1(K) J hour numbre de pourts Ж Decuption d' abrasses chour relevant Å. pérmental du Resenance eimental du ち ч guméro du **b** rismanu lye hour mound huméro rmbre nefereé مأرفرهم LowE l'eua Jomts tauk \* (100 Communs \* \* \* ¥ æ رہ gimension (2, S ) (2,5) (3,5) એ 2 2 ま NPT54(1,3) NP TS 2(1,5) NVAL (I, J) FORTRAN Ecutive 1512(K) 1511(K) 1H1 (K) 1M2(K) Symbole mathéna. tique N, (I,J)

- 454 -

.

Données (sute)

| iniance 1 de | meiliode d'a- | elle des formes |
|--------------|---------------|-----------------|
| ч<br>Ч       | , Ja          | tant c          |
| nor          | [ man         | ۰ ۲<br>یکو      |
| 2 20         | J' ''         | male            |

----

.

- -

| - |                                 |           |        |                   |                        |
|---|---------------------------------|-----------|--------|-------------------|------------------------|
|   | and i sang 15 dans              |           |        |                   |                        |
|   | - votro pour pour pour p        |           |        |                   |                        |
|   | Valen & La grandsur             | 64        | 00r    | (51) 152          | ۴ (                    |
|   | 21 genor de magnes              |           |        |                   |                        |
| : | Laquelle on concasie La         |           |        |                   |                        |
|   | ne miainerent de vous           |           |        |                   |                        |
| ť | valeur de la profession au      | *         | 04     | RROFON (15)       | \$                     |
| : | si Enou                         |           |        |                   |                        |
|   | véconnante expirmentale de      |           |        |                   |                        |
|   | de la travementer marie         |           |        |                   |                        |
|   | seufeits no desquelles no Teb   | *         | 0 ዓ    | ALP&T (15)        | T <sub>z</sub> b (z, b |
|   | referre des abrenses d't et     | *         | 04     | (21) Tr91A        | 1, 1, d 1, 1           |
|   | si gnor its                     |           |        |                   |                        |
| > | menue l'aire partielle          |           |        |                   |                        |
|   | no elluquest estre Aza to       | *         | ٥h     | (21) 82918        | dis ; dia              |
|   | Arb soarchs ab anistrev         | *         | ٥h     | (51) 48974        | vp · · · ep            |
|   | Juofandeur                      | Ì         |        |                   |                        |
|   | de transmussion a f de la       |           |        |                   |                        |
|   | tant celle des me Cargeuns      |           |        |                   |                        |
|   | 5, la méthode d'analyse é-      |           |        |                   |                        |
|   | pour la résorrance I de l'érran |           |        |                   |                        |
|   | s no 2 mp m cocoses b           |           | (5'8)  | (נ׳ו)ארע פּג(ו׳ז) |                        |
|   | undrominique dimod ab ordnow    | J         | (5'2)  | מרעעפיו (ז'ז)     |                        |
|   |                                 | (mg 15 *) | 1015   | NAATAOT           | tique                  |
|   | Description                     | suniumon  | -nomir | Penture           | -maypon                |
|   | L                               |           | L      |                   |                        |

(stine)

| ł |
|---|
| 4 |
| U |
| Q |
| 1 |

|                                                                     |                                                                                         |                                                   |                                              |                                                                                     |                                                               |                                            | P.P.<br>suite (1,4)                     | Donners<br>(sinte)                                                  |                              |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|                                                                     |                                                                                         |                                                   |                                              |                                                                                     |                                                               |                                            |                                         | Ên                                                                  | Symbole<br>mathima-<br>tique |
| EKJEKO (K)                                                          | ER (K)                                                                                  | NHETOD                                            | метој 4                                      | Metod 3                                                                             | HETOD 2                                                       | METOD 1                                    | DONNEE (I)                              | ERR (15)                                                            | Eaitme<br>FORTRAN            |
| ч                                                                   | ч                                                                                       |                                                   |                                              |                                                                                     |                                                               |                                            | r                                       | 200                                                                 | Jimen -<br>siin              |
| *                                                                   | ¥                                                                                       | *                                                 | *                                            | *                                                                                   | *                                                             | *                                          |                                         | *                                                                   | Communs<br>(r si oui)        |
| nance K, ou valuer interné-<br>diaire.<br>value mitrale de l'énerge | durière méthode sollicitée<br>valeur introle de l'inerges<br>de résonance pour la viso- | la méthode 4 (m. largemo)<br>numéro d'ordre de la | tranomission)<br>India de sollicitation pour | la metriode 2 (formes)<br>Indice de vollecitation pour<br>la métriode 3 (minimum de | la méthode 1 (aves partiebles)<br>India de roblicitation pour | I=4: LARGEU<br>Indue de rollicitation quom | I=1 : AIRES<br>I=2: FORMES<br>I=3: TMIN | la méthode utilisée.<br>Enveur sur la zrandsur<br>d'analyze PSI(15) | Description                  |

···· · ·

~

~\*

----

-----

•

| l |  |
|---|--|
| 0 |  |
| + |  |
| 4 |  |
| 1 |  |

- .

| Echildre Jimen-Cc<br>FORTRAN SIM (*<br>IGHA (K) 2<br>Stark (K) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Echimu<br>FORTRAN<br>IGHA (K)<br>IGHA (K)<br>S2<br>S2<br>S3<br>S3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

₩ ₩ \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \*

2.2. Sutt (1,4)

| ns Descrivetion .   |          | valeur de 15 à chaque fois | que la méthode 4 est proc | eu amidération | value maximahe de 15 | pou la milhode 1 | valeur maximale de 15 | pour la méthode 2 | valeur mazimale deis | from la méthode 3 | valeur maximale de 13 | pour la méthode 4 | nombu maximal de | points expérimentaux | value da plus pondo de | toutes les absurres d'3,1                                    | nombre total de paramèties | unconnus. | JHAX - NFARA + 1 | JHAX - NPARA +2 | has du paraviète incomu<br>de rang J,<br>pour la méthode I |  |
|---------------------|----------|----------------------------|---------------------------|----------------|----------------------|------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------|------------------|-----------------|------------------------------------------------------------|--|
| Commun              | (* si ou | *                          |                           |                | *                    | <u></u>          | *                     |                   | *                    |                   | *                     |                   | *                |                      | *                      |                                                              | *                          |           | *                | *               | *                                                          |  |
| Dimension           |          |                            |                           |                |                      |                  | <u></u>               |                   |                      |                   |                       |                   |                  |                      |                        |                                                              |                            |           |                  |                 | (۹, ٤)                                                     |  |
| Ecciture            | FORTRAN  | 154                        |                           |                | ISIMAX               |                  | IS2 MAX               |                   | 153 MAX              |                   | 154 нах               |                   | IS HAX           |                      | ALPMAX                 |                                                              | JHAX                       |           | JJHAX            | KMAX            | PNS (1,3)                                                  |  |
| Symbole<br>matteine | tique    |                            |                           |                | <u></u>              |                  |                       |                   |                      |                   |                       |                   | b max            | ,                    | et max                 | Max (2 <sup>1, 1</sup> )<br>1:4,2<br>1:4,2<br>1:4,2<br>1:4,2 | à max                      |           | <b></b>          |                 | ومرز                                                       |  |
|                     |          | 3.6                        | suite (1, 4)              | -D             |                      |                  |                       |                   |                      |                   |                       | _                 |                  |                      |                        |                                                              |                            |           |                  |                 |                                                            |  |

~

\*\*

一十十十一

¥ •

| des mi Cargence.                |            | 1     | 1             | 1     |               |
|---------------------------------|------------|-------|---------------|-------|---------------|
| NVAL (I,J) pour la méthode      | *          | (5'2) | א רא גע (1'2) |       |               |
| miniment de transmin ub         |            |       |               |       |               |
| NVAL (1, J) pour la méthode     | *          | (5'2) | NTMIN(1,5)    |       |               |
| des avies.                      | ·          |       |               |       |               |
| NVAL (1, J) pour la mithode     | *          | (5'2) | מאוגפג (ו,5)  |       |               |
| la mithode utelisée.            |            |       |               |       |               |
| numéro d'édentification de      | *          |       | QOT 3MI       |       |               |
| Busel asymptotiques bessel      |            |       |               | Ĩ     |               |
| mation par les fonctions de     |            |       |               |       |               |
| résonance K dans l'approsés.    |            |       |               |       |               |
| puese our l'eccore J pour la    |            |       |               |       |               |
| valeur de l'ane parielle        | *          | (5'2) | ABES (K'1)    | μ, Ψ  |               |
| 7:3: AALLEE                     |            |       |               |       |               |
| Z=S: ISESSEC                    |            |       |               |       |               |
| MJT2Y2 : 1=I                    |            |       |               |       |               |
| verteuris appe à abartieur      |            |       |               |       |               |
| varable d'i dente fration de la |            | £     | (I) 99A2 3A   |       |               |
| dans la vallei                  |            |       |               |       |               |
| mation par cheminement          |            |       |               |       |               |
| Travité de colour d'approxi     | ×          |       | VAI           |       |               |
| aft controvisedes ceb sources   |            |       |               |       | 4             |
| pondetisting affection of the.  | *          | 00V   | £             | °4    | (2.2<br>(2.2) |
| <b>1</b>                        | (ino ie *) |       | ИАЯТЯОЭ       | tique |               |

;

1

ŕ

•

:

| Noityinsel |          | nonzusmig | ·····    | -smertham |
|------------|----------|-----------|----------|-----------|
| ,          | รแกนเพอา |           | Ecriture | synamps   |

- 644 -

|                             | Symbole<br>mathima- | Enstrue    | Jimension | Communs    | Description                   |
|-----------------------------|---------------------|------------|-----------|------------|-------------------------------|
|                             | tique               | FORTRAN    |           | (* AL OUL) |                               |
| P P<br>suite (1,4)          |                     | NPT5 (1,3) | (2,5)     | *          | NVAL(1,J) pour la méthode     |
| $\downarrow$                |                     |            |           |            | des formes.                   |
|                             |                     | JE1 (K)    | 2         | *          | numéro d'écran auquel         |
|                             |                     |            |           |            | apportient 1511(K).           |
|                             |                     | JE2 (K)    | 2         | ×          | numero d'eiran auquel         |
|                             |                     |            |           |            | appartient 1512(K).           |
| S/P LECTRE                  |                     | 1CAL (15)  | 40        | *          | indice de natine de l'abs.    |
| ↓<br>↓                      |                     |            |           |            | une du fourt 15               |
|                             |                     |            |           |            | = 0 si aboussi du type 1      |
|                             |                     |            |           |            | sout q'2T=0 pour le pour      |
|                             |                     |            |           |            | = 1 si abscisse du tiple 2    |
|                             |                     |            |           |            | soit qAT=0 pour le pour       |
|                             |                     | IARG(IS)   | 40        | *          | induce de nature de la        |
|                             |                     |            |           |            | mi-langen 15                  |
|                             |                     |            |           |            | = 0 De mesurie du coté        |
|                             |                     |            |           |            | des absures du type 1.        |
|                             |                     |            |           |            | = 1 Ar meaurée du coté des    |
|                             |                     |            |           |            | absunes du type 2             |
| P. P.                       |                     | NPRIM      |           | *          | nombre maximum de pa.         |
| <u>suite (2,4)</u>          |                     | l<br>1     |           |            | namietres impliqués 100 réso- |
| $\stackrel{\frown}{\vdash}$ |                     |            |           |            | manie dans les rationes       |
|                             |                     |            |           |            |                               |

-443-



|                             |                     |            | ومرجعت الألفية ويربق ومحجور والمواجع |            |                                 |  |
|-----------------------------|---------------------|------------|--------------------------------------|------------|---------------------------------|--|
|                             | Symbole<br>mathima. | Ecriture   | Dimension                            | Communs    | Description                     |  |
|                             | tique               | FORTRAN    |                                      | (* A1 oui) |                                 |  |
| P. P.<br><u>suite (2,4)</u> | (r.)                | NITER      |                                      | *          | nonz de l'ilération en          |  |
| Ą                           |                     |            |                                      |            | cours dans la methode de        |  |
|                             |                     |            |                                      |            | mondres carris                  |  |
|                             |                     | NITERA     |                                      |            | compteur d'itérations dans      |  |
|                             |                     |            |                                      |            | les méthodes d'approximation    |  |
|                             | φ                   | PH1 (1, 5) | (2,5)                                | *          | Largem de resolution exprimée   |  |
|                             |                     |            |                                      |            | en largeur de résonance I       |  |
|                             |                     |            |                                      |            | four l'eiran J                  |  |
|                             | Man (4)<br>259 J    | PHIMAX     |                                      | *          | valun maximale des PHI(1,3)     |  |
|                             | Max (p)             | BETMAX     |                                      | *          | valeur maximal des BETA(K)      |  |
|                             | 2'max               | ХМАХ       |                                      | *          | abrance absolue de la horne     |  |
|                             |                     |            |                                      |            | de l'intervalle maximum         |  |
|                             |                     |            |                                      |            | our lequel porte l'un régration |  |
|                             |                     | IDER       |                                      | *          | Indres d'identification des     |  |
|                             |                     |            |                                      |            | dérivées partielles             |  |
|                             |                     |            |                                      |            | 0 : fonction d'analyse          |  |
|                             |                     |            |                                      |            | 1 : 0/0p                        |  |
|                             |                     |            |                                      |            | 2. 3/25                         |  |
|                             |                     |            |                                      |            | 3 : 0/DER                       |  |
|                             |                     | JDER       |                                      | *          | IDER + 1                        |  |
| •                           |                     |            |                                      |            |                                 |  |

- 444 -

|  | KDER |   | ¥ | numéros d'udente fication  |
|--|------|---|---|----------------------------|
|  |      |   |   | du paramètre sur lequel    |
|  |      |   |   | forte la dérivée fartielle |
|  |      | 1 | 1 | 1                          |

|                    |                   | والمحادثة والمتحدث والمتحدث والمحادث والمحادث والمحادث والمحادث والمحادث والمحادث والمحادث والمحادث والمحاد |           |             | والأنباط الإمار بالمستقوف فالمواجع مقالهم وعور متوالي والمراجع والمراجع والمتحد والمتحد والمحت والمتحد والمحاج والمحاج والمحاج والمحاج |
|--------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | Symbole           | Ecriture                                                                                                    |           | Communs     | 2                                                                                                                                      |
|                    | mathema.<br>tique | FORTRAN                                                                                                     | Jimension | (* A1 oui)  | Vescription                                                                                                                            |
| B.P<br>suite (2,4) | IR                | IRESO                                                                                                       |           | *           | indue d'identification de la                                                                                                           |
| $\downarrow$       |                   |                                                                                                             |           |             | résonance à laquelle appartunt                                                                                                         |
|                    |                   | 3                                                                                                           |           |             | le point experimental consideré.                                                                                                       |
|                    | J <sub>E</sub>    | JE CRAN                                                                                                     |           | ×           | induce d'udentification de l'é                                                                                                         |
|                    |                   |                                                                                                             |           |             | eran auguel appartient b                                                                                                               |
|                    |                   |                                                                                                             |           |             | point expérimental considéré.                                                                                                          |
|                    | ז'                | JPRIM                                                                                                       |           | ×           | indie d'identification de l'é-                                                                                                         |
|                    |                   |                                                                                                             |           |             | cron auquel appartenant le.                                                                                                            |
|                    |                   |                                                                                                             |           |             | pourt expiremental précédent                                                                                                           |
| I                  | 15'               | ISPRIM                                                                                                      |           | ¥           | numérs courant d'identi                                                                                                                |
|                    |                   |                                                                                                             |           | f<br>{<br>} | fication du point expériment.                                                                                                          |
|                    |                   |                                                                                                             |           |             | tal à travers loute, les                                                                                                               |
|                    |                   |                                                                                                             |           |             | méthodes.                                                                                                                              |
|                    | ν(ιs' )           | V (ISPRIM)                                                                                                  | 00 N      | *           | fonction d'analyse au joint                                                                                                            |
|                    |                   |                                                                                                             |           |             | ،د.                                                                                                                                    |
|                    | w(15')            | W (IS PRIM)                                                                                                 | 100       | *           | valeur de la fonction d'ana.                                                                                                           |
|                    |                   | 1                                                                                                           |           | 8<br>-      | lype au point 15' pour un                                                                                                              |
|                    |                   |                                                                                                             |           | 1           | accrossement petit de l'un                                                                                                             |
|                    |                   |                                                                                                             |           |             | des paramietres                                                                                                                        |
|                    | (DE)              | <b>⊅v (</b> is)                                                                                             | 40        | *           | dérivée de la finction de                                                                                                              |

•

- 445-

₩₹

ť

•

، ۲ سالی عار ۲۰۰۹

.

t

|  |  | largeur par rapport a la<br>mi largeur au point 15 |  |
|--|--|----------------------------------------------------|--|
|  |  | de la méthiode.                                    |  |

|                | paramètre de rang KI, prine           |            |                   |                 |                                                      |                     |
|----------------|---------------------------------------|------------|-------------------|-----------------|------------------------------------------------------|---------------------|
|                | d'analyse per represt au              |            |                   |                 | c                                                    |                     |
| s              | denver partielle des fanction         |            | (00r'g)           | שבת (גנ׳יזפגווו | AG<br>AG                                             |                     |
|                | -septens d'analyse.                   |            |                   |                 |                                                      |                     |
|                | des derivée partielles des            |            |                   |                 |                                                      |                     |
|                | et inde catef de branchemen           |            |                   |                 |                                                      |                     |
|                | numiro d'ardre de caleul              |            |                   | NJEK            |                                                      |                     |
|                | · cours no                            |            |                   |                 |                                                      |                     |
| •              | valeur du Xº à L'ileration            |            |                   | ÅATZH           | <sub>2</sub> لا` <sub>(۳)</sub> ⊬                    |                     |
| 1<br>4<br>1    | priédente,                            |            |                   |                 |                                                      |                     |
|                | value der Xª à 2º veration.           |            |                   | ыязн            | 2× (1-2)H                                            |                     |
|                | marces, alter natrivement blor des    |            |                   |                 | 20                                                   |                     |
|                | mature de équations noc.              |            | ( rz'z <i>v</i> ) | ע (ג'ר)         | <sup>24</sup> (۳)<br>۲ <sup>-</sup> ۲ <sup>-</sup> ۲ |                     |
|                | and                                   |            |                   |                 |                                                      |                     |
| <br> <br> <br> | Valem du X <sup>2</sup> à L'itération |            |                   | HZEKO           | ,Х´ <sub>(0)</sub> Н                                 |                     |
| 8              | l'estruation des erreurs              |            |                   |                 |                                                      |                     |
| •              | no estomon morandes os                |            |                   |                 |                                                      |                     |
|                | the caluets our to restriction        |            |                   |                 |                                                      |                     |
|                | Inducatif de branchement              |            |                   | LN              |                                                      |                     |
| :<br>;         | me baryeur dremes.                    |            |                   |                 |                                                      |                     |
|                | an parametre a pair une               |            |                   |                 |                                                      |                     |
|                | trupper ver meganet de vert           |            |                   |                 |                                                      | Ŷ                   |
|                | - mp as a contract of ta fare-        | *          |                   | Ma              | $\left(\frac{3\alpha}{2E(\alpha,\ell)}\right)$       | 2.2.<br>Suite (2,4) |
|                |                                       | (ino ia *) |                   | NAA7A07         | supit                                                |                     |

• 

.

.

ŧ

•

. • • ŧ

• 4. 1 2

という あいま あとい

| Desciption |         | mensusmic |          | · su sitan |
|------------|---------|-----------|----------|------------|
|            | summano |           | suture 3 | sasmps     |

|                    | Symbole             | Ecriture                |           | Communs    | On the                         |
|--------------------|---------------------|-------------------------|-----------|------------|--------------------------------|
|                    | tique               | FORTRAN                 | DANENSION | (* AI OUL) | Description                    |
| <b>ያ.</b> ያ.       |                     |                         |           |            | au point experimental 15PRIM   |
| <u>suite (2,4)</u> | م <sup>(n)</sup>    | ALPHA (I)               | 6         |            | valeur des parametre de        |
|                    |                     |                         |           |            | rang J à l'iteration (r).      |
|                    | dj <sup>(2+1)</sup> | Aprin (3)               | ۵         |            | Valeur du parametre de rang    |
|                    |                     |                         |           |            | J à l'iteration (2+1).         |
|                    | a; (2+1)            | ASECON (J)              | 6         |            | valeur finale du parametre     |
|                    |                     |                         |           |            | de rang J.                     |
|                    | V'(15')             | vprim(Isprim)           | 100       |            | mémoire de rangement de        |
|                    |                     |                         |           |            | la fonction d'ansly an pour    |
|                    | *<br>*<br>*         |                         |           |            | espérimental ISPRIM.           |
|                    | 5<br>1<br>1         | DEPRIM(KPRIM<br>ISPRIM) | (2, 100)  |            | mémore de rangement de la      |
|                    | ;<br>l              |                         |           |            | dérivée jartrelle juse par rap |
|                    |                     |                         |           |            | port au parametre de rang      |
|                    |                     |                         |           |            | KPRIM au point extennenta      |
|                    |                     |                         |           |            | ISPRIM - (derivée par rapport  |
|                    |                     |                         |           |            | à un 50).                      |
|                    | gīn                 | G GAMAN (I)             | 2         |            |                                |
|                    | •                   | IMAT                    |           | *          | Indre de calcul de la          |
|                    |                     |                         |           |            | colonne des fonctions d'élan   |
|                    |                     |                         |           |            | gussement Döppler.             |
|                    |                     | IDEACU                  |           |            | The base of t                  |

- 447-

|  | 176020 | * | Indrie de nelestie de       |
|--|--------|---|-----------------------------|
|  |        |   | changement de méthode en    |
|  |        |   | cours de calail de fonction |
|  | •      | • |                             |

| des pourts expérimentaure.  |           |         |                |     |              |
|-----------------------------|-----------|---------|----------------|-----|--------------|
| materature & emop ethous    |           |         |                |     |              |
| numero d'ordre de fui de    |           |         | AATESI         |     |              |
| · × metreminique            |           |         |                |     |              |
| etmony as nortor also sure  |           |         |                |     |              |
| valeur de 18ESO à le prévi  |           |         | ו געוש         |     |              |
| sunt                        |           |         |                |     |              |
| ter super la durine tot     |           |         |                |     |              |
| et le parametre KRER par    |           |         |                |     |              |
| la résonance I, de d'énan J |           |         |                |     |              |
| mon warmonant its mumini    | ,         |         |                |     |              |
| Indies de comacounes de m   |           | (5'2'9) | 1GAM (1, 5, K) |     |              |
| , moreannesser              |           |         |                |     |              |
| calcul du minume de         |           |         |                |     |              |
| Indree de pressage sur le   |           |         | 1965           |     |              |
| anspraz                     |           |         |                |     |              |
| de l'équation unplicité des |           | •       |                |     |              |
| vourne de fret de réveluent |           |         |                |     | 4            |
| Indrie de Branchement au le |           |         | T 2A1          |     | SD3C         |
| tuellement                  |           |         |                |     |              |
| à la première méthode even. |           |         |                |     |              |
| qu'il fout four retour      |           |         |                |     |              |
| ou de derivée, maicalum     |           | •       |                |     | ן ליר)<br>לי |
|                             | (ma is a) |         |                | mbn |              |

| noildinne |          | กอเรพรพม่ใ |           | - mistem |
|-----------|----------|------------|-----------|----------|
| •         | รนกาเพอา |            | 3 من لتدو | symps    |

-877-

t

•

| $\begin{array}{c} \begin{array}{c} \label{eq:constraint} \begin{tabular}{c} \end{tabular} & tabu$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                     | 1         | 1            | 1                                     | 1                                                                        |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------|--------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| $\begin{split} & Z_{qhable} = Distribution of the matrix of the matri$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | errs experimentates d.              |           |              |                                       |                                                                          |    |
| $\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | India de noture des als             |           |              | 7 00 FI                               | smerI                                                                    |    |
| $\begin{array}{c} \begin{array}{c} & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & & \\ & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & $ | · septeme à crost                   |           |              |                                       |                                                                          |    |
| $\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | médiaire de certames fonc-          |           |              |                                       |                                                                          |    |
| $\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Tremana de rangement une            |           |              | n                                     |                                                                          |    |
| SubscriptionSubscriptionrindpinestExamuneCommunefigureForther( $y$ ni oui)figureFORTRANSubscriptionfigureFORTRANSubscriptionfigureFORTRANSubscriptionfigureFORTRANSubscriptionfigureFORTRANSubscriptionfigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigurefigure <td>La parintur (14.3.25).</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | La parintur (14.3.25).              |           |              |                                       |                                                                          |    |
| $\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | lation untre dans pourt de          |           |              |                                       |                                                                          |    |
| $\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | afritur's truad m's serisado        |           |              | MINAX                                 |                                                                          |    |
| $\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | de la faituir (14.3.15).            |           |              |                                       |                                                                          |    |
| $\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | absense du pourt 1K ou JK           |           | 282r         | X STAR (1K),<br>X STAR (1K)           | °,z                                                                      |    |
| Servitianie     Servitianie       Kiques     Evaluation       Kiques     Evaluation       Kiques     FORTRRN       Nismerie     Description       Kiques     FORTRRN       Is'     Is       Is     Is       Is <td>pla (11.2.10)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | pla (11.2.10)                       |           |              |                                       |                                                                          |    |
| Severipting.<br>Severipting.<br>Kapue FortRAN Dimension<br>Kapue FORTRAN Dimension<br>Kapue FORTRAN Dimension<br>Namension<br>15'<br>15<br>15'<br>15'<br>15'<br>15'<br>15'<br>15'                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | g'ob monschupente d'aboutient       | *         | (2, 1 2 8 2) | 9 6 6 HI (2' 2K)<br>6 6 HI (2' IK)    | (!,r) x!&                                                                |    |
| Sestription<br>Sestription<br>Sestription $SestriptionSestription SestriptionSestription SestriptionSestriptionSestription SestriptionSestription SestriptionSestriptionSestription SestriptionSestriptionSestription SestriptionSestription SestriptionSestriptionSestription SestriptionSestription SestriptionSestription SestriptionSestriptionSestription SestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionSestriptionS$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | fler (N.2.9).                       |           |              |                                       |                                                                          |    |
| Symbolic<br>BillioneEcutivue<br>Commune<br>LiqueCommune<br>Commune<br>(x ni oui)Description<br>Description15'IsIs15'IsIs15'IsIs15'IsIs15'IsIs15'IsIs15'IsIs15'IsIs15'IsIs15'IsIs16'IsIs16'IsIs16'IsIs16'IsIs16'IsIs16'IsIs16'IsIs16'IsIs17'IsIs18'IsIs18'IsIs18'IsIs19'IsIs18'IsIs18'IsIs18'IsIs19'IsIs19'IsIs19'IsIs19'IsIs19'IsIs19'IsIs19'IsIs19'IsIs19'IsIs10'IsIs10'IsIs10'IsIs10'IsIs10'IsIs10'IsIs10'IsIs10'IsIs10'Is                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Fructure d'alor grosement Dop.      | *         | (5) 1585)    | 6931 (J.1K)<br>6931 (J.1K)            | (!x) * ! !                                                               |    |
| NatheneEcutureCanany<br>niensingServitureKapiteBesichtingKapiteFORTRANKapiteFORTRANKapiteFORTRANKapiteFORTRANKapiteFORTRANKapiteFORTRANKapiteISKapiteISKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapiteKapite <td>diffueran fotuntulle (14.2.4).</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | diffueran fotuntulle (14.2.4).      |           |              |                                       |                                                                          |    |
| rindrives (in our in with the source of the                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Double du de phasays de la          | *         | 2            | GUA (K)                               | ۲ <sup>א</sup>                                                           |    |
| Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Severificant<br>Se                                                        | (11.3.15)                           |           |              |                                       |                                                                          |    |
| Symbolic Ecuture Dimension Communs Description<br>mathema-<br>trapies FORTRAN Dimension (* n. 1001)<br>15' 15' 15<br>16(RARE, P., T(1K), T(3K) 2822<br>7(R(RARE, P., T(1K), T                                                                                                                                                            | attitued in its its durand of us at |           |              |                                       | (1)                                                                      |    |
| Symbolic Eculture Dimension<br>Mathema-<br>Kique FORTRAN<br>15'<br>15'<br>15'<br>15'<br>15'<br>15'<br>15'<br>15'                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | vournueur vitelais résumment        |           | 2832         | ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــ | זוע (מאה, אין אין און און און אין און און און און און און און און און או |    |
| Symbolic Ecuture Dimension<br>House I and Manue Communs Description<br>House FORTRAN<br>Lique FORTRAN<br>151<br>21<br>21<br>21<br>21<br>21<br>21<br>21<br>21<br>21<br>2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | aspartism are studi                 |           |              |                                       |                                                                          |    |
| Symbole Ecuture Bimension Communs Description<br>mathemer FORTRAN Bimension (* 10 mi)<br>Eque FORTRAN (21 mi 000)<br>15' 12' 21                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | verse à lotreminier triou ab        |           |              |                                       |                                                                          |    |
| Symbole Ecuture Dimension<br>mathéme - Bescription<br>Tique FORTRAN<br>(** 1: 042)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | meter querent d'édentification      |           |              | 15                                    | ، <sup>51</sup>                                                          | 51 |
| Symbole Ecuture Bimension Beschelien                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                     | (mo 14 K) |              | иаятяот                               | supi                                                                     |    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | neutopisse                          | รแมาพพอว  | Nirmensin    | Ecuture                               | Symbole<br>Mathema-                                                      |    |

|           | Symbole<br>mathima- | Ecriture              | Dimension | Communs    | Description                      |
|-----------|---------------------|-----------------------|-----------|------------|----------------------------------|
|           | tique               | FORTRAN               |           | (* si oui) |                                  |
| S/P DELLS | Tir (air)           | TSTAR                 |           |            | Tranomission solution de l'é     |
| 4         |                     |                       | 1         |            | quation (1V.3 22) à l'iteration  |
|           |                     |                       |           |            | (n)                              |
|           |                     | TPREC                 |           |            | transmission TSTAR à l'iléra-    |
|           |                     |                       |           |            | tion précedente.                 |
|           | Tir (a, qmin)       | VO(IRESO,             | (2,5)     |            | valeur du minimum de trans.      |
|           |                     | DECKNIN J             |           |            | monun pour la résonance IRESO    |
|           |                     |                       |           |            | de l'écran JECRAN                |
|           | quin                | GAM(IRESO,<br>JECRAN) | (2,5)     |            | absusse de l'énergre de réso-    |
|           |                     | 0-00000               |           |            | nance mare resportée à l'é-      |
|           |                     |                       |           |            | nergre de réponsance expériment  |
|           |                     |                       | }         |            | tale.                            |
|           | Tir (a+ba, or)      | WO (IRESO,            | (2,5,6)   |            | valeur du minimum de trans       |
|           |                     | VE CRATIV, NYERJ      |           |            | mission pour la résonance IRESO  |
|           |                     |                       |           |            | de l'énan JECRAN pour un         |
|           |                     |                       |           |            | acusivement donne au fara.       |
|           |                     |                       |           |            | mète KDER.                       |
|           |                     | WGAM (IRESO,          | (2,5,6)   |            | Valeur de l'abscisse GAM (IRESO, |
|           |                     | JECKAN, KYEK          |           |            | JECRAN) pour la résonance IRESO  |
|           |                     |                       |           | l          |                                  |

-450-

|   |  |   | accoursement | donne' au | hara |
|---|--|---|--------------|-----------|------|
|   |  |   | mëtre KDER.  |           |      |
|   |  |   |              |           |      |
| ſ |  | 8 | •            |           | 8    |

|        |     | Symbole<br>mathé-<br>matique                        | Ecriture<br>FORTRAN | Dimension | (*si oui) | Description                                                                                              |
|--------|-----|-----------------------------------------------------|---------------------|-----------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| S/P DE | CIS | $(\gamma^{(i)}_{k,f},\gamma)$<br>$\pm \alpha_{min}$ | RESU(MS)            | 40        |           | valeur de la <b>e</b> geur $\gamma_{k,f}^{(i)}$<br><sup><math>\alpha</math></sup> min près (fig.IV.3.2). |
|        |     | - "min                                              |                     |           |           | mm pres (iig.iv.)                                                                                        |

IV.6.2 Présentation des données

La figure IV.6.2 représente le diagramme descriptif de la présentation des données avec les mêmes conventions que celles des codes précédents. Dans la première colonne de chaque table on trouve le nombre de cartes nécessaires à la liste des données écrite dans la deuxième colonne. Ce nombre est bien entendu pris égal à l'entier arrondi supérieurement quand il est donné sous forme de fraction. En regard, dans la troisième colonne figurent les modèles de lecture.

Le diagramme pparaft découpé en blocs sans liaison flechée de bloc à bloc. Cela est dû au fait qu'après avoir fourni le prémier ensemble de listes imposé quatre options indépendantes sont offertes quant au choix de la méthode d'analyse avec toutefois les restrictions suivantes :

l'ordre des options doit être celui indiqué dans les cercles en tête de chaque titre,

le nombre des options choisies peut être quelconque, soit de 1 à 4, mais l'option 3, c'est-à-dire, la méthode du minimum de transmission doit toujours être couplée à une autre, de préférence la 1 ou la 2.

Après avoir fait choix des méthodes il faut indiquer si demande est faite de procéder à une estimation de valeurs approchées. L'absence d'une telle demande est marquée par une carte vierge.

Rappelons que toutes les données spécifiées sur le diagramme

descriptif de la figure IV.6.2 sont disponibles sur les feuilles de résultats du code SPNBE 085.

- 452 -

IV.6.3 Présentation des résultats

Les figures IV.6.3 à IV.6.11 sont des extraits de listing prése tant les résultats intermédiaires et finals de l'analyse portant sur le doublet du Néodyme dont les composantes attribuées à l'isotope 145 se situent respectivement à 102,17 eV et 103,63 eV.

La première figure reprend, pour les deux composantes, l'ensemble des ordonnées expérimentales autres que les grandeurs d'analyse. Il s'agit des valeurs expérimentales des paramètres, de la largeur Döppler, des largeurs de résolution pour chacune des épaisseurs et des épaisseurs elle-mêmes.

Cette première page est commune à toutes les méthodes d'analyse.

En deuxième page se trouve la liste des grandeurs d'analyse. En l'occurence le tableau de la figure IV.6.4 récapitule la liste des aires partielles avec leurs erreurs, les abcisses réduites  $\alpha_1^{\Lambda}$  et  $\alpha_2^{\Lambda}$  entre lesquelles elles ont été mesurées.

A la première ligne de la troisième page, figure IV.6.5, on trouve le nombre de paramètres considérés par résonance. Il est écrit ici que l'analyse porte sur les trois paramètres On y lit aussi que les valeurs initiales prises pour la méthode des moindres carrés sont égales aux valeurs expérimentales. C'est dire qu'aucune approximation n'est faite en première étape. Suivent ensuite les tableaux de valeurs trouvées à chaque itération pour les six paramètres cherchés. Explicitement les paramètres se distribuent ainsi :

> paramètre 1 :  $\beta$ 1 paramètre 2 :  $\sigma_{01}$ paramètre 3 :  $E_{R1}$ paramètre 4 :  $\beta_2$ paramètre 5 :  $\sigma_{02}$ paramètre 6 :  $E_{R2}$

Dans l'exemple choisi les critères de convergence ont été satisfaits à la quatrième itération. Des lors le dernier tableau répétant l'itération 4 est immédiatement suivi des résultats du calcul d'erreur et de la présentation des résultats finals pour chacune des résonances (figure IV.6.6). Y sont rappelées les valeurs expérimentales des paramètres, les valeurs initiales qui se trouvent être ici la répétition des valeurs expérimentales et les valeurs finales complétées par la valeur du produit  $g \Gamma_n$ .

Dans le libellé les conventions suivantes sont utilisées.

ER :  $(E_R)_{exp}$ ,  $E_{R_k}$ GAMMA :  $\Gamma_{exp}$ ,  $\Gamma_k$ SIGMAO :  $\sigma_{ok}$ G\*GAMMA.N :  $g \Gamma_n$ 

La figure IV.6.7 reprend l'exemple précédent à la page 2 du listing alors que l'approche de l'analyse est différente. Cette fois on procède à une estimation des paramètres préalablement à la recherche de la solution finale par moindres carrés. La méthode d d'approximation adoptée est celle de la résolution d'un système d'équations prélevé sur le système surabondant. Le listing en fait mention et, sous la rubrique "NUMEROS DES POINTS CHOISIS' renseigne quant à l'identité des équations retenues pour constituer ce système. En l'espèce ce sont les équations 1,8,9 et 15 relevant toutes de la méthode 1. Au dessous on peut noter le reclassement des points expérimentaux suivi de la progression des solutions intermédiaires vers la solution prise pour point initial. Pour chacune des composantes on a atteint ce point approché en 4 itérations.

La suite du listing se présente comme dans le cas précédent. Les figures IV.6.8 et suivantes illustrent le même exemple dans

### - 453 -

le cas d'une analyse effectuée par la méthode des formes. La première page du listing serait identique à celle de la figure IV.6.3. La

deuxième, figure IV.6.8, consacrée à la liste des grandeurs d'analyse en est évidemment différente puisqu'il s'agit de transmissions interféro-résonnantes, les abcisses réduites sont des  $\alpha_1^{T}$  et  $\alpha_2^{T}$ et si trouvent décalées d'un demi canal par rapport aux  $\alpha_1^{A}$  et  $\alpha_2^{A}$ précédents.

La dernière page fait l'objet de la figure IV.6.9. Avant d'arriver à la liste de résultats finals qu'elle exhibe, on peut y noter que les critères de convergence trop sévères n'ont pas été satisfaits. Ceci apparait dans le libellé "PAS D'AMELIORATION ARRIVE A CE STADE" suivi plus loin du commentaire "N'A PAS CONVERGE". Ceci, d'après l'organigramme de la figure IV.5.7 indique un déplacement trop grand dans l'espace des paramètres lors de la deuxième itération a été corrigé par un recul à mi-chemin. La valeur du  $\chi^1$ qui en résulte lève tout doute quant à la validité des résultats. D'ailleurs cements se révèlent très voisins de ceux obtenus par la méthode des aires partielles. En particulier ceci est vrai pour les g  $\Gamma_n$ .

1

1

La figure IV.6.10 reprend la méthode des formes avec l'étape intermédiaire d'une recherche de solution approchée par cheminement dans la vallée. Trois itérations suffisent pour atteindre la valeur approchée la plus satisfaisante.

La figure IV.6.11 donne les résultats finals. La valeur du  $\chi^{t}$ non indiquée ici est très petite. Les valeurs de paramètres obtenues sont d'ailleurs très voisines de celles qui l'ont été jusqu'à présent. En fait les différentes solutions obtenues d'un cas de figure à l'autre sont fortement groupées et se situent largement à l'intérieur des intervalles de confiance.

En ce qui concerne les temps d'exécution on ne peut que donner une indication. En moyenne il faut compter 4 à 7 minutes par

## - 454 -

résonance lorsque l'énergie  $E_R$  est considérée comme connue.

- 454 bis -

.'

Pour revenir sur les marges d'erreurs indiquées sur les listes en regard des valeurs finales des paramètres, remarquons toutefois qu'elles constituent en fait des estimations optimistes. Elles sont plus étroites lorsqu'il s'agit de la méthode des formes. C'est que les formes sont plus riches d'informations. Mais il convient d'attirer l'attention sur le fait que ces marges sont calculées en tenant pour exactes certaines grandeurs telles en particulier la largeur de résolution plus déterminante pour les formes que pour les aires et la largeur Doppler. Elles ne comprennent ni erreurs systématiques, ni erreurs d'appréciation d'ordre physique difficiles à évaluer.

7

ł

1.

.

. \_ ? - 455 - SUITE(1,4)

IV.7 LISTE DU CODE SPNBE 082

ANALYSE DES RESONANCES PAR LA METHODE MIXTE С С С С DONNFES MISES EN LECTURE С NOMS DES METHODES D ANALYSE UTILISEES С DONN(I) С AIRES (I=1) POUR LA METHODE DES AIRES PARTIEL-С LES FORMES (1=2) POUR LA METHODE DES FORMES С POUR LA METHODE DU MINIMUM DE TMIN (I=3)С С **TRANSMISSION** С LARGEU (I=4) POUR LA METHODE DES LARGEURS DE С TRANSMISSION A F DE LA PROFONDEUR С NOMBRE D ECRANS NECRAN NOMBRES DE RESONANCES С NRESO С NOMBRE DE PARAMETRES PAR RESONANCE NPARA SECTION EFFICACE DE DIFFUSION POTENTIELLE POUR LA С SIGMAP(I) С RESONANCE I С ABISO(I) ABONDANCE ISOTOPIQUE POUP LA RESONANCE I EPAISSEUR DE L ECRAN J EXPRIMEE EN ATOMES/BARN С EN(J) С ER1(K) ENERGIE DE RESONANCE EXPERIMENTALE EN EV POUR LA RESONANCE K С С LARGEUR TOTALE DE LA RESONANCE EN EV POUR LA RESO-GAMMA1(K) С NANCE K SECTION EFFICACE TOTALE EXPERIMENTALE EN BARNS С SIGMA1(K) С POUR LA RESONANCE K С LARGEUR DOPPLER EN EV POUR LA RESONANCE K DELTA(K) С LARGEUR DE RESOLUTION EN EV POUR LA RESONANCE K DE R(K,J)С L ECRAN J NOM DE LA METHODE D APPROXIMATION DES VALEURS INI-С APPROX С TIALES С POUR LA METHODE DE RESOLUTION D'UN SYS-SYSTEM С TEME REDUIT A 2 EQUATIONS PAR RESONANCE C POUR LA METHODE D APPROXIMATION A L AIDE BESSEL С DE FONCTIONS DE BESSEL ASYMPTOTIQUES С POUR LA METHODE DU CHEMINEMENT VALLEE С CARTE VIERGE POUR EVITER TOUT CALCUL D APPROXI-MATION С ISI1(K), IM1(K) NUMERO DU PREMIER POINT EXPERIMENTAL DU SYSTEME A С С 2 EQUATIONS, CHOISI PARMI LES POINTS AFFERENTS A LA С METHODE REPEREE IM1(K) ET RELATIFS A LA RESONANCE K С ISI2(K), IM2(K) NUMERO DU DERNIER POINT EXPERIMENTAL DU SYSTEME A С 2 EQUATIONS, CHOISI PARMI LES POINTS AFFERENTS A LA METHODE REPEREE IM2(K) ET RELATIFS A LA RESONANCE K С С NOMBRE DE GRANDEURS D'ANALYSE POUR LA RESONANCE I NVAL(I,J) С **DE L ECRAN J POUR LA METHODE DES AIRES PARTIELLES** С OU CELLE DU MINIMUM DE TRANSMISSION NOMBRE DE POINTS EXPERIMENTAUX D'ABSCISSES DU TYPE С NPTS1(I,J) С 1 OU 2 POUR LA RESONANCE I DE L ECRAN J POUR LA ME-NPTS2(I,J) THODE DES FORMES С

| С | NLARG1(I,J) | NOMBRE DE POINTS EXPERIMENTAUX D'ABSCISSES DU TYPE  |
|---|-------------|-----------------------------------------------------|
| C | NLARG2(I,J) | 1 OU 2 POUR LA RESONANCE I DE L ECRAN J POUR LA ME- |
| С |             | THODE DES LARGFURS DE TRANSMISSION A F DE LA PRO-   |
| С |             | FONDEUR                                             |
| С | ALP1A(IS)   | VALEURS DES ABSCISSES ALPHA 1 A ET ALPHA 2 A ENTRE  |

```
ALP2A(IS)
                LESQUELLES ON MESURE L AIRE PARTIELLE DE RANG IS
                VALEUPS DES ABSCISSES ALPHA 1 T ET ALPHA 2 T DES
ALPIT(IS)
                TPANSMISSIONS POUR LF POINT EXPERIMENTAL DE RANG IS
ALP2T(IS)
                VALEUR DE LA PROFUNDEUR CORRESPONDANT A LA LARGFUR
PROFON(IS)
                DE RANG IS
                VALEUR DE LA GRANDEUR D'ANALYSE DE RANG IS DANS LA
PSI(IS)
                METHODE UTILISEE
ERR(IS)
                ERREUR SUR LA GRANDEUR D'ANALYSE CONSIDEPEE CI DES-
                SUS
DIMENSION DONNEE(4), DONN(8)
DIMENSION RESAPP(3)
DIMENSION ALP1A(40), ALP2A(40), ALP1T(40), ALP2T(40), PROFON(40)
DIMENSION ICAL(40), IARG(40)
DIMENSION ER1(2), GAMMA1(2), SIGMA1(2), ERZERO(2)
DIMENSION ER(2), GAMMA(2), SIGMA(2), DELTA(2), BETA(2), R(2,5), PHI(2,5)
DIMENSION PAS(4,6),GAM(2,5),DV(40)
DIMENSION ABISO(2), EN(5), SIGMAP(2), QUA(2)
DIMENSION PSI(100), ERR(100), P(100)
DIMENSION V(100), W(100)
DIMENSION NAIPES(2,5),NTMIN(2,5),NLARG(2,5),NPTS(2,5)
DIMENSION ISI1(2), ISI2(2), IM1(2), IM2(2), JE1(2), JE2(2)
DIMENSION ALPHA(6)
DIMENSION GPSI(2,1282), GPHI(2,1282)
DIMENSION ABES(2,5)
COMMUN ALPMAX
COMMUN XMAX, PHIMAX, BFTMAX
COMMUN ALP1A, ALP2A, ALP1T, ALP2T, PROFON, ICAL, IARG
COMMUN NRESO, NECRAN, NPARA
COMMUN IMAT, IDEBSU, IMETOD, IDER, JDER, KDER
COMMUN IRESO, JECRAN, JPRIM
COMMUN METOD1, METOD2, METOD3, METOD4, NMETCO
COMMUN IS, ISPRIM
COMMUN PAS, GAM, DV, DW
COMMUN NPRIM
COMMUN ER, GAMMA, SIGMA, DELTA, BETA, R, PHI
COMMUN IS1, IS2, IS3, IS4
COMMUN ABISO, EN, SIGMAP, QUA
COMMUN GPSI, GPHI
COMMUN V,W
COMMUN NITER, ERZERO, ALPHA
COMMUN IS1MAX, IS2MAX, IS3MAX, IS4MAX, ISMAX
COMMUN PSI, ERR, P
COMMUN ABES
COMMUN ISI1, ISI2, IM1, IM2, JE1, JE2
COMMUN JMAX, NAIRES, NTMIN, NLARG, NPTS, KMAX, JJMAX
COMMUN ER1, GAMMA1, SIGMA1
COMMUN IAV
DETERMINATION DES INDICES METOD I ET NMETOD
```

- 456 -

С

С

С

С

С С

С С

С

С

80 MODELE(1A6) 10 MODELE(4A6) 1 MODELE(1415) 23 MODELE(6E12.5)

```
B
      DONNEE(1)=213151256260
      DONNEE(2)=264651442562
B
B
      DONNEF(3)=634431456060
B
      DONNEE(4)=432151272564
      METOD1=0
      METOD2=0
      METOD3=0
      METOD4=0
      LIRE 10, (DONN(I), I=1,4)
      FAIRE 8 I=1,4
      SI(DONN(I)-DONNEE(1))2,3,2
    3 METOD1=1
      NMETOD=1
      ALLER A 8
    2 SI(DONN(I)-DONNEE(2))4,5,4
    5 METOD2=1
      NMETOD=2
      ALLER A 8
    4 SI(DONN(I)-DONNEE(3))6,7,6
    7 METOD3=1
      NMETOD=3
      ALLER A 8
    6 SI(DCNN(I)-DONNEE(4))8,9,8
    9 METOD4=1
      NMETOD=4
    8 CONTINUER
C
C
C
      LECTURE DES PARAMETRES EXPERIMENTAUX ET TRANSFERT
      FAIRE 11 I=1,40
      ALP1A(I)=0.0
      ALP2A(I)=0.0
      ALP1T(I)=0.0
      ALP2T(I)=0.0
      ICAL(I)=0
      IARG(I)=0
   11 CONTINUER
      LIRE 1, NECRAN, NRESO, NPARA
      LIRE 23, (SIGMAP(I), I=1, NRESO)
      LIRE 23, (ABISO(1), I=1, NRESO)
      LIRE 23, (EN(J), J=1, NECRAN)
      FAIRE 201 K=1, NRESO
      LIRE 23, ER1(K), GAMMA1(K), SIGMA1(K), DELTA(K), (R(K, J), J=1, NECRAN)
      ER(K) = ER1(K)
      ERZERO(K) = ER1(K)
      GAMMA(K)=GAMMA1(K)
      SIGMA(K)=SIGMA1(K)
      BETA(K)=2.*DELTA(K)/GAMMA1(K)
  201 CONTINUER
      IMPRIMER 100
```

```
- 457 -
```

VOYANT O

```
100 MODELE(1H1)
   K=1
   IMPRIMER 101,K,ER1(K)
101 MODELE(5X,28HON CONVIENT DE DESIGNER PAR 12,16H LA RESONANCE A E12
```

1.5,4H EV.//) SI(NRE SO-1)102,102,103 103 FAIRE 104 K=2, NRESO IMPRIMER 105,K,ER1(K) 105 MODELE(33X, I2, 16H LA RESONANCE A F12.5, 4H EV.//) **104 CONTINUER** IMPRIMER 120 120 MODELE(5X,11HCECI ETANT,//) FAIRE 121 K=1,NPESO IMPRIMER 122,K 122 MODELF(16X, 18HPOUR LA RESONANCE [1,5H ON A//) IMPPIMER 123, GAMMA1(K) IMPRIMER 124, SIGMA1(K) 15) IMPRIMER 125, SIGMAP(K) 15) IMPRIMER 126, DELTA(K) IMPRIMER 127, BETA(K) IMPRIMER 128 128 MODELE(23×,26HLARGEUR(S) DE RESOLUTION ) FAIRE 129 J=1, NECRAN IMPRIMER 130, J, R(K, J) 130 MODELE(49X,6HECRAN I1,6H.....E12.5,4H EV.) 129 CONTINUER IMPRIMER 131 131 MODELE(23X,12HEPAISSEUR(S)) FAIRE 132 J=1,NECRAN IMPRIMER 133, J, EN(J) 133 MODELE(49X,6HECPAN I1,6H.....E12.5,12H ATOMES/BARN) **132 CONTINUER** IMPPIMER 134, ABISO(K) 121 CONTINUER 1C2 IS1MAX=0IS2MAX=0IS3MAX=0IS4MAX=0SI(METOD1)15,15,14 14 IMETOD=1 APPEL LECTRE(NAIRES) 15 SI(METOD2)18,18,16 16 IMETOD=2APPEL LECTRE (NPTS) 18 SI(METOD3)20,20,19 19 IMETOD=3APPEL LECTRE(NTMIN)

- 458 -

```
20 SI(METOD4)22,22,21
21 IMETOD=4
APPEL LECTRE(NLARG)
C
C CALCUL DE ALPMAX
```

----

```
- 459 -
```

;

ţ

ł

```
С
   22 ISMAX=IS1MAX+IS2MAX+IS3MAX+IS4MAX
      IMPRIMER 60
   60 MODELE(1H1)
      ALPMAX = ALP1A(1)
      FAIRE 53 I=2, IS1MAX
      SI(ALPMAX-ALP1A(I))54,53,53
   54 ALPMAX=ALP1A(I)
   53 CONTINUER
      FAIRE 55 I=1, IS1MAX
      SI(ALPMAX-ALP2A(I))56,55,55
   56 ALPMAX=ALP2A(I)
   55 CONTINUER
      FAIRE 39 I=1, IS2MAX
      SI(ALPMAX-ALP1T(I))40,39,39
   40 ALPMAX=ALP1T(I)
   39 CONTINUER
      FAIRE 41 I=1, IS2MAX
      SI(ALPMAX-ALP2T(I))44,41,41
   44 ALPMAX=ALP2T(I)
   41 CONTINUER
      K=IS1MAX+IS2MAX+IS3MAX+1
      FAIRE 57 I=K, ISMAX
      SI(ALPMAX-PSI(1)) 58,57,57
   58 ALPMAX=PSI(I)
   57 CONTINUER
С
С
      FIXATION DES PAS
С
      JMAX=NRE SO*NPARA
      JJMAX=JMAX-NPARA+1
      KMAX=JMAX-NPARA+2
      I=0
      FAIRE 30 K=1, JJMAX, NPARA
      I = I + 1
      PAS(1,K)=0.002
      PAS(2,K) = 0.002
      PAS(3,K) = 0.200
      PAS(4,K) = PAS(3,K)
      SI(NPARA-2)30,38,37
   37 PAS(1,K+2)=ER(1)*5.E-04
      PAS(1,K+2)=PAS(1,K+2)*50.0
      PAS(2,K+2)=ER(I)*5.E-04
      P/S(2,K+2)=PAS(2,K+2)*2.0
      PAS(3,K+2)=ER(1)*5.E-04
      PAS(4,K+2)=PAS(3,K+2)
   38 PAS(1,K+1)=5.0
      PAS(2,K+1)=5.0
      PAS(3,K+1) = 600.
      PAS(4,K+1)=PAS(3,K+1)
   30 CONTINUER
```

```
ERRMAX=0.0
   FAIRE 29 JS=1, ISMAX
   SI(ERR(IS)-ERRMAX)27,27,28
28 ERRMAX=ERR(IS)
27 P(IS)=1./ERR(IS)**2
```

```
29 CONTINUER
      FAIRE 31 IS=1, ISMAX
      P(IS) = P(IS) * (ERRMAX * * 2)
   31 CONTINUER
С
С
      VALEURS APPROCHEES PAR LES FONCTIONS DE BESSEL ASYMPTOTIQUES
С
      IMPRIMER 111, NPARA
  111 MODELE(///2X,28HCALCUL- ANALYSE PORTANT SUR I1,25H PARAMETRES P4R
     1RESDNANCE///)
      LIRE 80, APPROX
      IAV=0
                                                                           SYSTI
8
      RESAPP(1)=627062632544
                                                                           BESSI
      RESAPP(2)=222562622543
В
      RESAPP(3)=652143432525
B
                                                                           VALLE
      FAIRE 75 IAP=1,3
      SI(RESAPP(IAP)-APPROX) 75,78,75
   78 ALLER A (76,74,79), IAP
   75 CONTINUER
      ALLEP A 77
   74 JEPAIS=1
      JMINCE=1
      ENMAX=EN(1)
      ENMIN=EN(1)
      IMPRIMER 106
  106 MODELE(5X,97HLFS VALFURS INITIALES RESULTENT D UNE APPROXIMATION A
     1 L AIDE DE FONCTIONS DE BESSEL ASYMPTOTIQUES//)
      FAIRE 70 J=2, NECRAN
      SI(ENMAX-EN(J))71,72,72
   71 ENMAX=EN(J)
      JEPAIS=J
      ALLER A 70
   72 SI(ENMIN-EN(J))70,70,73
   73 ENMIN=EN(J)
      JMINCE=J
   70 CONTINUER
      FAIRE 81 K=1, NRESO
      BETA(K)=(4.0*ABES(K,JMINCE)*EN(JEPAIS))/(ABES(K,JEPAIS)**2*EN(JMIN
     1CE))
      SIGMA(K)=(ABES(K,JMINCE)*BFTA(K)*0.31831)/(EN(JMINCE)*ABISD(K))
   81 CONTINUER
      ALLER A 112
      RECLASSEMENT DES POINTS CHOISIS POUR L'ESTIMATION DES VALEURS
      APPROCHEES PAR RESOLUTION D UN SYSTEME REDUIT
   76 LIPE 1, (ISI1(K), IM1(K), ISI2(K), IM2(K), K=1, NPESO)
      IMPRIMER 107
  107 MODELE(5X, 108HLES VALEURS INITIALES RESULTENT DE LA RESOLUTION D'U
     IN SYSTEME D EQUATIONS PRELEVE SUR LE SYSTEME SURABONDANT//)
```

- 460 -

i

- IMPRIMER 109
- 196 ISIN=ISI1(K)

```
IMETOD=IM1(K)
    ALLER A (188,189,190,191), IMETOD
188 APPEL RECLAS(NAIRES, ISIN)
    ALLER A (186,187), NCLAS
189 APPEL RECLAS(NPTS, ISIN)
    ALLER A (186,187), NCLAS
190 APPEL RECLAS(NTMIN, ISIN)
    ALLER A (186.187), NCLAS
191 APPEL RECLASINLARG, ISIN)
    ALLER A (186,187), NCLAS
186 ISI1(K) = ISIN
    JE1(K)=JECRAN
195 SI(ISI2(K))184,184,192
192 ISIN=ISI2(K)
    NCLAS=2
    IMETOD=IM2(K)
    ALLER A (188,189,190,191), IMETOD
187 ISI2(K)=ISIN
    JE2(K)=JECRAN
184 CONTINUER
    IMPRIMER 110
110 MODELE(5X, 28HRECLASSEMENT DES DITS POINTS)
    IMPRIMER 1, (ISI1(K), IM1(K), ISI2(K), IM2(K), K=1, NRESO)
    ALLER A 112
79 IMPRIMER 113
113 MODELE(5X,61HLES VALEURS INITIALES RESULTENT DU CHEMINEMENT DANS L
   1A VALLEE//)
    IAV=1
    ALLER A 112
 77 IMPRIMER 108
108 MODELE(5X, 67HLES VALEURS INTIALES SONT PRISES FGALES AUX VALEURS
   1EXPERIMENTALES//)
112 APPEL SUITE(2,4)
    FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)
```

```
- 461 -
```

1

t

•

• •

NCLAS=1

٠

```
SOUS PROGRAMME LECTRE(NVAL)
    SOUS PROGRAMME LECTRE(NVAL)
    DIMENSION ISOMME(2)
    DIMENSIUN NVAL(2,5), NPTS1(2,5), NPTS2(2,5), NLARG2(2,5), NLARG1(2,5)
    DIMENSION ALP1A(40), ALP2A(40), ALP1T(40), ALP2T(40), PROFON(40)
    DIMENSION ICAL(40), IARG(40)
    DIMENSION ER(2), GAMMA(2), SIGMA(2), DELTA(2), BETA(2), R(2,5), PHI(2,5)
    DIMENSION PAS(4,6), GAM(2,5), DV(40)
    DIMENSION ABISO(2), EN(5), SIGMAP(2), QUA(2)
    DIMENSION V(100), W(100)
    DIMENSION GPSI (2,1282), GPHI (2,1282)
    DIMENSION ERZERO(2), ALPHA(6)
    DIMENSION PSI(100), ERR(100), P(100)
    DIMENSION ABES(2,5)
    COMMUN ALPMAX
    COMMUN XMAX, PHIMAX, BETMAX
    COMMUN ALPIA, ALP2A, ALPIT, ALP2T, PROFON, ICAL, IARG
    COMMUN NRESO, NECRAN, NPARA
    COMMUN IMAT, IDEBSU, IMETOD, IDER, JDER, KDER
    COMMUN IRESO, JECRAN, JPRIM
    COMMUN MFTOD1, METOD2, METOD3, MFTOD4, NMETOD
    COMMUN IS, ISPRIM
    COMMUN PAS, GAM, DV, DW
    COMMUN NPRIM
    COMMUN ER, GAMMA, SIGMA, DELTA, BETA, R, PHI
    COMMUN IS1, IS2, IS3, IS4
    COMMUN ABISO, EN, SIGMAP, QUA
    COMMUN GPSI, GPHI
    COMMUN V,W
    COMMUN NITER, EPZERO, ALPHA
    COMMUN ISIMAX, IS2MAX, IS3MAX, IS4MAX, ISMAX
    COMMUN PSI, ERR, P
    COMMUN ABES
  1 MODELE(1415)
  3 MODELE(6E12.5)
     IMETOD=IMETOD
     IMPRIMER 55
 55 MODELE(1H1)
    ALLER A(50,51,52,53), IMETOD
• 50 IMPRIMER 30
 30 MODELE(8X, 39HGPANDEURS D ANALYSE - AIRES PARTIELLES-/)
  4 LIRE 1, ((NVAL(I, J), I=1, NRESO), J=1, NECRAN)
    ALLER 4 20
 51 IMPRIMER 36
 36 MODELE(8X, 58HGRANDEURS D ANALYSE - TRANSMISSIONS INTERFERD-RESONNA
   1NTES-/)
  5 LIRE 1, ((NPTS2(I, J), NPTS1(I, J), I=1, NRESO), J=1, NECRAN)
    FAIRE 18 J=1, NECRAN
    FAIPE 18 I=1; NRESO
    NVAL(I,J)=NPTS1(I,J)+NPTS2(I,J)
 19 CONTINUER
    ALLER A 20
 52 IMPRIMER 40
```

```
- 462 -
```

----
SOUS PROGRAMME LECTRE(NVAL)

- ·

```
40 MODELE(8X,46HGRANDEURS D ANALYSE - MINIMUN DE TRANSMISSION-/)
   ALLER A 4
53 IMPRIMER 43
43 MODELE(8X,52HGRANDEURS D ANALYSE - LARGEURS A F DE LA PROFONDEUR-/
  1)
 6 LIRE 1,((NLARG2(I,J),NLARG1(I,J),I=1,NRESO),J=1,NECRAN)
   FAIRE 17 J=1,NECRAN
   FAIRE 17 1=1, NRESO
   NVAL(I,J) = NLARG1(I,J) + NLARG2(I,J)
17 CONTINUER
20 FAIRE 2 J=1,NECRAN
   FAIRE 2 I=1, NRESO
   IMPRIMER 42, I, J
42 MODELE( /2X, 33HDONNEES RELATIVES A LA RESONANCE I1, 13H DE L FCKA
  1N I1//)
   SI(J-1)8,7,8
 7 \text{ ISOM}=0
   SI(I-1/10,9,10
10 L = I - 1
   FAIRE 11 K=1, NECRAN
   ISOM=ISOM+NVAL(L,K)
11 CONTINUER
   ISOMME(I)=ISOM+ISOMME(L)
   ALLER A 12
 9 ISONME(I)=1
   ALLER A 12
 8 M=J-1
   ISOMME(I)=ISOMME(I)+NVAL(I,M)
12 I1=ISOMME(I)
   I2=I1+NVAL(I,J)-1
   IMETOD=IMETOD
   SI(NVAL(I,J))2,2,19
19 ALLER A (13,14,15,16), IMETOD
13 LIRE 3, (ALP2A(IS), IS=I1, I2)
   LIRE 3_{1}(ALP1A(IS), IS=I1, I2)
   LIRE 3, (PSI(IS), IS=11,12)
   LIRE 3, (ERR(IS), IS=I1, I2)
   ABES(I,J) = PSI(I2)
   IMPRIMER 31
31 MODELE(5X,15HLISTE DES ALP2A)
   IMPRIMER 32, (ALP2A(IS), IS=I1, I2)
32 MODELE(7X,6E15.5)
   IMPRIMER 33
33 MODELE(5X,154LISTE DES ALP1A)
   IMPRIMER 32, (ALP1A(IS), IS=I1, I2)
   IMPRIMER 34
34 MODELE(5X, 15HLISTE DES AIRES)
   IMPRIMER 32, (PSI(IS), IS=I1, I2)
   IMPRIMER 35
35 MODELE(5X, 17HLISTE DES ERREURS)
   IMPRIMER 32, (ERR(IS), IS=I1, I2)
   IS1MAX=IS1MAX+NVAL(I,J)
 ALLERA 2
14 IN=11+NPTS2(1,J)-1
   INPRIM=IN+IS1MAX
   I1PRIM=I1+IS1MAX
```

ł

ł

1

23

```
- 463 -
```

SOUS PROGRAMME LECTRE(NVAL) I2PRIM=I2+IS1MAX LIRE 3, (ALP2T(IS), IS=I1, IN) LIRE 3, (PSI(IS), IS=I1PRIM, INPPIM) LIRE 3, (ERR(IS), IS=I1PRIM, INPRIM) IMPRIMER 37 37 MCDELE(5X,15HLISTE DES ALP2T) IMPRIMER 32, (ALP2T(IS), IS=I1, IN) IMPRIMER 38 **RANDELE(5X, 27HLISTE DES TRANSMISSIONS I-R)** IMPRIMER 32, (PSI(IS), IS=I1PRIM, INPRIM) **IMPRIMER 35** IMPRIMER 32, (ERR(IS), IS=I1PRIM, INPPIM) FAIRE 21 IS=I1, IN ALPIT(IS)=0.0ICAL(IS)=1**21 CONTINUER** IN=IN+1INPRIM=INPRIM+1 LIRE 3, (ALP1T(IS), IS=IN, I2) LIPE 3, (PSI(IS), IS=INPRIM, I2PRIM) LIPE 3, (ERR(IS), (S=INPRIM, I2PRIM) IMPRIMER 39 39 MODELE(5X,15HLISIE DES ALPIT) IMPRIMER32, (ALPIT(IS), IS=IN, I2) IMPRIMER 38 IMPRIMER 32, (PSI(IS), IS=INPRIM, I2PRIM) IMPRIMER 35 IMPRIMER 32, (ERR(IS), IS=INPRIM, I2PRIM) FAIRE 22 IS=IN, I2 ALP2T(IS)=0.0ICAL(IS)=022 CONTINUER IS2MAX=IS2MAX+NVAL(I,J) ALLER A 2 15 Ilprim=Il+IS1MAX+IS2MAX I2PRIM=I2+IS1MAX+IS2MAX LIRE 3, (PSI(IS), IS=I1PRIM, I2PRIM) LIRE 3, (ERR(IS), IS=I1PRIM, I2PRIM) IS3MAX=IS3MAX+NVAL(I,J) **IMPRIMEP 41** 41 MODELE(5X, 18HLISTE DES MINIMUMS) IMPRIMER 32, (PSI(IS), IS=I1PRIM, I2PRIM) **IMPRIMER 35** IMPRIMER 32, (ERR(IS), IS=I1PRIM, I2PRIM) ALLER A 2 16 SI(NLARG2(I, J))60,60,61 61 IN=I1+NLARG2(I,J)-1INPPIM=IN+IS1MAX+IS2MAX+IS3MAX I1PRIM=I1+IS1MAX+IS2MAX+IS3MAX LIRE 3, (PROFON(IS), IS=I1, IN)

```
- 464 -
```

1

1

LIRE 3,(PSI(IS),IS=I1PRIM,INPRIM) LIRE 3,(ERR(IS),IS=I1PRIM,INPRIM) IMPRIMER 44 44 MODELE(5X,33HLISTE DES FRACTIONS DE PROFONDEUR) IMPRIMER 32,(PROFON(IS),IS=I1,IN) IMPRIMER 45

```
- 465 -
```

1

\$

SOUS PROGRAMME LECTRE(NVAL)

.

.

v

```
45 MODELE(5X, 24HLISTE DES LARGEURS-ARG2-)
   IMPRIMER 32, (PSI(IS), IS=I1PRIM, INPRIM;
   IMPRIMER 35
   IMPRIMER 32, (ERR(IS), IS=I1PRIM, INPRIM)
   FAIRE 62 IS=I1,IN
   IARG(IS)=1
62 CONTINUER
60 SI(NLARG1(I,J))63,63,64
64 IN=I1+NLARG2(I,J)
   INPRIM=IN+IS1MAX+IS2MAX+IS3MAX
   I2PRIM=I2+IS1MAX+IS2MAX+IS3MAX
   LIRE 3, (PROFON(1 5), IS=IN, I2)
   LIRE 3, (PSI(IS), IS=INPRIM, I2PRIM)
   LIRE 3, (ERR(IS), IS=INPRIM, I2PRIM)
   IMPRIMER 44
   IMPRIMER 32, (PROFON(IS), IS=IN, I2)
   IMPRIMER 66
66 MODELE(5X,24HLISTE DES LARGEURS-ARG1-)
   IMPRIMER 32, (PSI(IS), IS=INPRIM, I2PRIM)
   IMPRIMER 35
   IMPRIMER 32, (ERR(IS), IS=INPRIM, I2PRIM)
   FAIRE 65 IS=IN,I2
   IARG(IS)=0
65 CONTINUER
63 IS4MAX=IS4MAX+NVAL(I,J)
 2 CONTINUER
   RETOUR
```

```
FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)
```

```
SOUS PROGRAMME RECLAS(NVAL, ISIN)
   SOUS PROGRAMME RECLAS(NVAL, ISIN)
   DIMENSION NVAL(2,5)
   DIMENSION ALP1A(40), ALP2A(40), ALP1T(40), ALP2T(40), PROFON(40)
   DIMENSION ICAL(40), IARG(40)
   DIMENSION PAS(4,6),GAM(2,5),DV(40)
   DIMENSION ER(2), GAMMA(2), SIGMA(2), DELTA(2), BETA(2), R(2,5), PHI(2,5)
   DIMENSION ABISO(2), EN(5), SIGMAP(2), QUA(2)
   DIMENSION GPSI(2,1282),GPHI(2,1282)
   DIMENSION V(100), W(100)
   DIMENSION ERZERO(2), ALPHA(6)
   COMMUN ALPMAX
   COMMUN XMAX, PHIMAX, BETMAX
   COMMUN ALPIA, ALP2A, ALPIT, ALP2T, PROFON, ICAL, IARG
   COMMUN NRESO, NECRAN, NPARA
   COMMUN IMAT, IDEBSU, IMETOD, IDER, JDER, KDER
   COMMUN IRESD, JECRAN, JPRIM
   COMMUN METOD1, METOD2, METOD3, METOD4, NMETOD
   COMMUN IS, ISPRIM
   COMMUN PAS, GAM, DV, DW
   COMMUN NPRIM
   COMMUN ER, GAMMA, SIGMA, DELTA, BETA, R, PHI
   COMMUN IS1, IS2, IS3, IS4
   COMMUN ABISD, EN, SIGMAP, QUA
   COMMUN GPSI, GPHI
   COMMUN V.W
   COMMUN NITER, ERZERO, ALPHA
•
  NP = 0
   I3=0
   FAIRE 61 J=1,NECRAN
   FAIRE 61 I=1, NRESO
   NP=NP+NVAL(I,J)
   SI(NP-ISIN)62,64,64
64 ISA=ISIN-I3
   JECRAN=J
   I1=0
   SI(I-1)79,79,78
78 IR = I - 1
   FAIRE 70 II=1, IR
   FAIRE 70 JJ=1,NECRAN
   I1=I1+NVAL(II, JJ)
70 CONTINUER
79 SI(J-1)81,81,80
80 JE=J-1
   FAIRE 82 JJ=1, JE
   I1=I1+NVAL(I,JJ)
82 CONTINUER
```

ŧ

\$

٠

- 466 -

ISIN=I1 RETOUR 62 I3=NP 61 CONTINUER RETOUR FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)

81 I1=ISA+I1

**1 · · · · ·** 

te

```
DIMENSION ALP1A(40), ALP2A(40), ALP1T(40), ALP2T(40), PROFON(40)
      DIMENSION ICAL(40), IARG(40)
      DIMENSION ER1(2), GAMMA1(2), SIGMA1(2), GGAMAN(2), ERZERO(2)
      DIMENSION ER(2), GAMMA(2), SIGMA(2), DELTA(2), BETA(2), R(2,5), PHI(2,5)
      DIMENSION PAS(4,6), GAM(2,5), DV(40)
      DIMENSION ABISO(2), EN(5), SIGMAP(2), QUA(2)
      DIMENSION PSI(100), ERR(100), P(100)
      DIMENSION V(100), W(100), VPRIM(100), DER(6, 100), DEPRIM(2, 100)
      DIMENSION A(12,24)
      DIMENSION NAIRES(2,5), NTMIN(2,5), NLARG(2,5), NPTS(2,5)
      DIMENSION ISI1(2), ISI2(2), IM1(2), IM2(2), JE1(2), JE2(2)
      DIMENSION ALZERO(6), APRIM(6), ALPHA(6), ASECON(6)
      DIMENSION GPSI(2,1282), GPHI(2,1282)
      DIMENSION ABES(2,5)
      COMMUN ALPMAX
      COMMUN XMAX, PHIMAX, BETMAX
      COMMUN ALP1A, ALP2A, ALP1T, ALP2T, PROFON, ICAL, IARG
      COMMUN NRESO, NECRAN, NPARA
      COMMUN IMAT, IDEBSU, IMETOD, IDER, JDER, KDER
      COMMUN IRESO, JECRAN, JPRIM
      COMMUN METOD1, METOD2, METOD3, METOD4, .. 19TUD
      COMMUN IS, ISPRIM
      COMMUN PAS, GAM, DV, DW
      COMMUN NPRIM
      COMMUN ER, GAMMA, SIGMA, DELTA, BETA, R, PHI
      COMMUN IS1, IS2, IS3, IS4
      COMMUN ABISO, EN, SIGMAP, QUA
      COMMUN GPSI, GPHI
      COMMUN V,W
      COMMUN NITER, ERZERO, ALPHA
      COMMUN IS1MAX, IS2MAX, IS3 MAX, IS4MAX, ISMAX
      COMMUN PSI, ERR, P
      COMMUN ABES
      COMMUN ISI1, ISI2, IM1, IM2, JE1, JE2
      COMMUN JMAX, NAIRES, NTMIN, NLARG, NPTS, KMAX, JJMAX
      COMMUN ER1, GAMMA1, SIGMA1
      COMMUN IAV
С
С
      ESTIMATION DES VALEURS APPROCHEES PAR LA RESOLUTION DU SYSTEME
С
      REDUIT
С
    2 \int = 0
      FAIRE 20 K=1, JJMAX, NPARA
      I = I + 1
      ALZERO(K)=BETA(I)
      SI (NPARA-2) 20,21,22
   22 ALZERO(K+2)=ER1(I)
   21 ALZERO(K+1)=SIGMA(I)
```

```
- 467 -
```

SUITE(2,4)

Ł

1

20 CONTINUER FAIRE 227 K=1,NRESO SI(ISI1(K))227,227,210 210 TOX=0.0 TOY=0.0 ROX=0.0

4

```
RNY=0.0
   NPRIM=2
   NITERA=0
   NITER=0
   IMPRIMER 300
300 MODELE(///5X,24HSOLUTIONS INTERMEDIAIRES//)
    IMPRIMER 301,K
301 MODELE(10X,10HRESONANCE I1//)
    IMPRIMER 303, NITERA, SIGMA(K)
    IMPRIMER 302, NITERA, BETA(K)
211 APPEL XMAXI
   NITERA=NITERA+1
    XMAX=6.5*PHIMAX+ALPMAX*BETMAX
    IDER=0
   KDER=1
    JDER=1
    IS=ISII(K)
    IMETOD=IM1(K)
    ALLER A (175,176,177,178), IMETOD
175 ISPRIM=IS
    ALLER A 179
176 ISPRIM=IS+IS1MAX
    ALLER A 179
177 ISPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX
    ALLER A 179
178 ISPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX+IS3MAX
179 IRESD=K
    JECRAN=JE1(K)
    APPEL MATRIS
    VOYANT 3
    VOYANT 4
    APPEL DECIS(R)
    H=V(ISPRIM;-PSI(ISPRIM)
    SI (NPARA-2) 216, 212, 212
212 IS=ISI2(K)
    IMETOD=IM2(K)
    ALLER A (180,181,182,183), IMETOD
180 ISPRIM=IS
    ALLER A 184
181 ISPRIM=IS+IS1MAX
    ALLER A 184
182 ISPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX
    ALLER A 184
183 ISPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX+IS3MAX
184 JECRAN=JE2(K)
    VOYANT 3
    VOYANT 4
    APPEL DECIS(R)
     G=V(ISPRIM)-PSI(ISPRIM)
```

•

```
- 468 -
```

٦

•

۳.

• 1

SI(NPARA-2)216,213,214 213 I=2\*K ALLER A 215 214 I=3\*K-1 215 INER=2 JDER=3 KDER=I

v

```
IS=ISI1(K)
    185TOD=IM1(K)
   ALLER A(195,196,197,198), IMETOD
195 ISPRIM=IS
    ALLER A 199
196 ISPRIM=IS+IS1MAX
   ALLER A 199
197 ISPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX
    ALLER A 199
198 ISPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX+IS3MAX
199 IRESO=K
    JECRAN=JE1(K)
    SIGMA(K)=SIGMA(K)+PAS(IMETOD,I)
    APPEL MATRIS
    VOYANT 3
    VOYANT 4
    APPEL DECIS(R)
    SI(IMETOD-4)400,401,401
ALLER A 402
400 HY=(W(ISPRIM)-V(ISPRIM))/PAS(IMETOD,I)
4U2 SIGMA(K)=SIGMA(K)-PAS(IMETOD,I)
    IS=ISI2(K)
    IMETOD=IM2(K)
    ALLER A(185,186,187,188), [METOD
185 ISPRIM=IS
    ALLER A 189
186 ISPRIM=IS+IS1MAX
    ALLER A 189
187 ISPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX
    ALLER A 189
188 ISPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX+IS3MAX
189 JECRAN=JE2(K)
    SIGMA(K)=SIGMA(K)+PAS(IMETOD,I)
    VOYANT 3
    VOYANT 4
    APPEL DECIS(R)
    SI(IMETOD-4)403,404,404
404 GY=-DW/DV(IS)
    ALLER A 405
403 GY=(W(ISPRIM)-V(JSPRIM))/PAS(IMETOD,I)
405 SIGMA(K)=SIGMA(K)-PAS(IMETOD,I)
    ALLER A 217
2'6 I=K+1
217 IDER=1
    JDER=2
    L=I-1
    KDER=L
    IS=ISI1(K)
    IMETOD=IM1(K)
    ALLER A (190,191,192,193), IMETOD
```

```
- 469 -
```

```
190 ISPRIM=IS
ALLER A 194
191 ISPRIM=IS+ISIMAX
ALLER A 194
192 ISPRIM=IS+ISIMAX+IS2MAX
```

```
ALLER A 194
193 ISPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX+IS3MAX
194 \text{ IRESO=K}
    JECRAN=JE1(K)
    BETA(K)=BETA(K)+PAS(IMETOD,L)
    APPEL MATRIS
    JPRIM=0
    VOYANT 3
    VOYANT 4
    APPEL DECIS(R)
    SI (IMETOD-4) 406, 407, 407
407 HX = -DW/DV(IS)
    ALLER A 408
406 HX=(W(ISPRIM)-V(ISPRIM))/PAS(IMETOD,L)
408 BETA(K)=BETA(K)-PAS(IMETOD,L)
    SI(NPARA-2)219,218,218
218 IS=ISI2(K)
    IMETOD=IM2(K)
    ALLER A (201, 202, 203, 204), IMETOD
201 ISPRIM=IS
    ALLER A 205
202 ISPRIM=IS+IS1MAX
    ALLER A 205
203 ISPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX
    ALLER A 205
204 JSPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX+IS3MAX
205 JECRAN=JE2(K)
    BETA(K)=BETA(K)+PAS(IMETOD,L)
    VOYANT 3
    VOYANT 4
    APPEL DECIS(R)
    SI(IMETOD-4)409,410,410
410 GX = -DW/DV(IS)
    ALLER A 411
409 GX=(W(ISPRIM)-V(ISPRIM))/PAS(IMETOD,L)
411 BETA(K)=BETA(K)-PAS(IMETOD,L)
    DET=GX*HY-GY*HX
    DELY=(G*HX-H*GX)/DET
    PARY=SIGMA(K)+DELY
    TOY=ABSF(DELY)
    ROY=ABSF(PARY)
    SIGMA(K)=PARY
    IMPRIMER 303, NITERA, SIGMA(K)
303 MODELE(15X,9HITERATIONI3:8H SIGMA=E12.5,6H BARNS)
    DELX=(H*GY-G*HY)/DET
    ALLER A 220
219 DELX=-HX/H
220 PARX=BETA(K)+DELX
    TOX=ABSF(DELX)
    ROX=ABSF(PARX)
    BETA(K)=PARX
```

```
- 470 -
```

IMPRIMER 302, NITERA, BETA(K)

- 302 MODELE(15X,9HITERATIONI3,8H BETA =E12.5)
  - SI(TOX/ROX-0.01) 221,221,211
- 221 SI(NPARA-2)222,223,223
- 222 ALZERO(L)=BETA(K)

ALLER A 227 223 SI(TOY/ROY-0.01)224,224,211 224 ALZERO(L)=BETA(K) ALZERG(I)=SIGMA(K) 227 CONTINUER NPRIM=NPARA **RESOLUTION PAR MOINDRES CARRES** NJ=1 EPS=1.E-03 NITER=0 NITERA=0 HZEPO=0.0JMMAX=JMAX+1 35 FAIRE 34 K=1, JMAX A(K, JMMAX) = 0.0FAIRE 34 L=1,K A(K,L)=0.0**34 CONTINUER** 236 APPEL XMAXI XMAX=6.5\*PHIMAX+ALPMAX\*BETMAX HSTAR=0.0 NDER=1 1 K 1 = 1I1=1K3=3 13=1 ALLER A(33,36),NJ 33 IMAT=1 JPRIM=0 IS1=0IS2=0IS3=0 IS4=0 IS=0 24 IMETOD=1 25 IS=IS+1 I'.FTOD≈IMETOD IDEBSU=0 ALLER A (26,31,42,28), [METOD 26 SI(METOD1)27,27,28 27 IMETOD=2 IS=IS2 ALLER A 25 31 SI(METOD2)32,32,28 32 IMETOD≈3 IS=IS3 ALLER A 25 42 SI (METOD3)43,43,28 43 IMETOD=4

C C

C

- 471 -

٠

```
IS=IS4
ALLER A 25
28 ALLER A(59,77,86),NDER
C
C CALCUL DES FONCTIONS THEORIQUES ET DE LEURS DERIVEES PAR RAPPORT
```

```
C
      AUX SIGMA
С
   59 IDER=0
      JDER=1
      KDER=1
      IMETOD=IMETOD
      ALLER A(60,61,62,63), IME TOD
   60 ISPRIM=IS
      APPEL DECIS(NAIRES)
      ALLER A 100
   61 ISPRIM=IS+IS1MAX
      APPEL DECIS(NPTS)
      ALLER A 100
   62 ISPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX
      APPEL DECIS(NTMIN)
      ALLER A 100
   63 ISPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX+IS3MAX
      APPEL DECIS(NLARG)
  100 SI(IDEBSU-1)54,25,230
   64 SI (NITER) 65, 66, 65
   65 HSTAR=HSTAR+(PSI(ISPRIM)-V(ISPRIM))**2*P(ISPRIM)
      ALLER A 67
   66 H7EPO=HZERO+(PSI(ISPRIM)-V(ISPRIM))**2*P(ISPRIM)
   67 SI(IAV-1)74,25,25
   74 SI(NPARA-2)25,68,68
С
С
      ESTIMATION DES VALEURS APPROCHEES PAR CHEMINEMENT DANS LA VALLEE
С
  230 SI(IAV-1)106,231,231
  231 FAIRE 232 M=1, NRESO
      IMPRIMER 303.NITER, SIGMA (M)
      IMPRIMER 302, NITER, BETA(M)
  232 CONTINUER
      IMPRIMER 55
   55 MODELE(//)
      SI (NI TER) 233, 233, 235
  233 NITER=NITER+1
      FAIRE 234 M=1, NRESO
      BETA(M) = BETA(M) \neq 1.2
      SIGMA(M) = SIGMA(M) * 1.2
  234 CONTINUER
      M=0
      FAIRE 240 MK=1, JJMAX, NPARA
      M = M + 1
      ALPHA(MK) = BETA(M)
      SI (NPARA-2) 240, 241, 243
  243 ALPHA(MK+2)=ER1(M)
  241 ALPHA(MK+1)=SIGMA(M)
  240 CONTINUER
```

```
- 472 -
```

235 SI(HSTAR-HZERO)237,242,238 237 HZERG=HSTAR ALLER A 233 238 FAIPE 239 M=1, NRESO BETA(M) = BETA(M)/1.2SIGMA(M) = SIGMA(M)/1.2

ALLER A 236

```
239 CONTINUER
242 IAV=0
   ALLER A 2
68 IDER=2
    JDER=3
    I=0
    IMETOD=IMETOD
   K=2
70 I = I + 1
   SIGMA(I)=SIGMA(I)+PAS(IMETOD,K)
   KDER=K
    ALLER A (69,71,73,75),1METOD
69 APPEL DECIS(NAIRES)
    ALLER A 72
71 APPEL DECIS(NPTS)
    ALLER A 72
73 APPEL DECIS(NTMIN)
    ALLER A 72
75 APPEL DECIS(NLARG)
    DER(K, ISPRIM) =- DW/DV(IS)
    ALLER A 76
72 DER(K, ISPRIM) = (W(ISPRIM) - V(ISPRIM)) / PAS(IMETOD, K)
76 SIGMA(I)=SIGMA(I)-PAS(IMETOD,K)
    K=K+NPARA
    SI(K-KMAX) 70, 70, 25
    CALCUL DES DERIVEES PAR RAPPORT AUX ER
77 IDER=3
    JDER = 4
    IMETOD=IMETOD
    ALLER A (78,80,82,84), IMETUD
 78 ISPRIM=IS
    SI(ISPRIM-IS1MAX)81,81,95
 95 APPEL DECIS(NAIRES)
    ALLER A 99
 80 ISPRIM=IS+IS1MAX
    SI(ISPRIM-IS1MAX-IS2MAX)81,81,96
 96 APPEL DECIS(NPTS)
    ALLER A 99
 82 ISPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX
    SI(ISPRIM-IS1MAX-IS2MAX-IS3MAX)81,81,97
 97 APPEL DECIS(NTMIN)
    ALLER A 99
 84 ISPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX+IS3MAX
    SI(ISPRIM-ISMAX)81,81,98
 98 APPEL DECIS(NLARG)
    ALLER A 99
 81 PAS(IMETOD,K3)=PAS(IMETOD,K3)*PSI(ISPRIM)**2
    ER(13) = ER(13) + PAS(IMETOD, K3)
```

```
- 473 -
```

KDER=K3 ALLER A (5,6,7,8),IMETOD 5 APPEL DECIS(NAIRES) ALLER A 83 6 APPEL DECIS(NPTS) ALLER A 83

С

C C

```
7 APPEL DECIS(NTMIN)
      ALLER A 83
    8 APPEL DECIS(NLARG)
   83 ER(13)=ER(13)-PAS(IMETOD,K3)
      PAS(IMETOD,K3)=PAS(IMETOD,K3)/PSI(ISPRIM)**2
   99 SI(IPEBSU-1)13,25,85
   13 SI(IMETOD-4)412,413,413
  413 DER(K3, ISPRIM) =- DW/DV(IS)
      ALLEP A 25
  412 DER(K3, ISPRIM) = (W(ISPRIM) - V(ISPRIM)) / (PAS(IMETDD, K3)
     1 \neq PSI(ISPRIM) \neq 2)
      ALLER A 25
   85 K3=K3+NPARA
      SI (K3-JMAX) 79, 79,106
   79 [3=13+1
      ALLER A 33
С
С
      CALCUL DES DERIVEES PAR RAPPORT AUX BETA
С
   86 IDER=1
      JDER=2
   90 BFTA(I1)=BETA(I1)+PAS(IMETOD,K1)
      KDER=K1
      IMETOD=IMETOD
      ALLER A(87,89,91,93), IMETOD
   87 ISPRIM=IS
      APPEL DECIS(NAIRES)
      ALLER A 92
   89 ISPRIM=IS+IS1MAX
      APPEL DECIS(NPTS)
      ALLER A 92
   91 ISPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX
      APPEL DECIS(NTMIN)
      ALLER A 92
   93 ISPRIM=IS+IS1MAX+IS2MAX+IS3MAX
      APPEL DECIS(NLARG)
   92 BETA(I1)=BETA(I1)-PAS(IMETOD,K1)
      SI(IDEBSU-1)17,25,94
   17 SI(IMETOD-4)414,415,415
  415 DER(K1, ISPRIM)≈-DW/DV(IS)
      ALLER A 25
  414 DER(K1, ISPRIM) = (W(ISPRIM) - V(ISPRIM)) / PAS(IMETOD, K1)
      ALLEK A 25
   94 K1=K1+NPARA
      SI(K1-JJMAX)88,48,106
   88 I1=I1+1
      ALLER A 33
С
С
      PASSAGE AU POINT EXPERIMENTAL SUIVANT ET INDICATION DU CALCUL
С
      DEMANDE
```

- 474 -

```
106 ALLER A(107,113,114),NDER
107 SI(NITER)108,108,112
108 HPRIM=HZEPO
```

IMPRIMER 51

C

51 MODELE(///5X,46HCALCUL DES VALEURS FINALES PAR MOINDRES CARRES//)

```
I = 0
      FAIRE 171 K=1, JJMAX, NPARA
      I = I + 1
      APRIM(K)=BETA(I)
      ALPHA(K) = APRIM(K)
      SI (NPARA-2) 171, 172, 173
  173 APRIM(K+2)=ER(I)
      ALPHA(K+2) = APRIM(K+2)
  172 APRIM(K+1)=SIGMA(I)
      ALPHA(K+1) = APRIM(K+1)
  171 CONTINUER
      FAIRE 52 L=1, JMAX
      IMPRIMER 53, NITER, L, ALPHA(L)
   52 CONTINUER
      IMPRIMER 54, HZERO
   53 MODELE(15X,9HITERATION I3,3X,9HPARAMETREI3,2X,1H=E12.5)
   54 MODELE(/30X,8HKICARRE=E12.5//)
   36 SI(NPARA-2)110,110,111
  110 NDER=3
      ALLER A 33
  111 NDER=2
      ALLER A 33
  112 IMPRIMER 54, HSTAR
      ALLER A 126
  113 NDER=3
      XMAX=6.5*PHIMAX+ALPMAX*BETMAX
      ALLER A 33
С
С
      RESOLUTION DES EQUATIONS NORMALES
С
  114 FAIRE 120 IS=1, ISMAX
      FAIRE 120 K=1, JMAX
      FAIRE 117 L=1,K
      SI(L-K)116,115,116
  115 A(K, JMMAX) = A(K, JMMAX) + DER(K, IS) * P(IS) * (PSI(IS) - V(IS))
  116 A(K,L) = A(K,L) + DER(K,IS) + DER(L,IS) + P(IS)
      A\{L,K\}=A\{K,L\}
  117 CONTINUER
      ALLER A(120,118),NJ
  118 FAIRE 119 J=1, JMAX
      L=JMAX+J
      A(K,L) = 0.0
  119 CONTINUER
      L=JMAX+K
      A(K,L) = 1.0
  120 CONTINUER
      FAIRE 121 L=1, JMAX
      ASECON(L) = APRIM(L)
  121 CONTINUER
      KPRIM=0
      FAIRE 122 K=2,KMAX,NPARA
      KPRIM=KPRIM+1
```

```
- 475 -
```

FAIRE 122 IS=1, ISMAX VPRIM(IS)=V(IS) DEPRIM(KPRIM,IS)=DER(K,IS) 122 CONTINUER

```
ALLER A(123,139),NJ
  123 APPEL BRER (A, APRIM, 12, JMAX, 1)
      NITER=NITER+1
      FAIRE 124 L=1, JMAX
      APRIM(L) = ALPHA(L) + A(L, JMMAX)
      IMPRIMER 53, NITER, L, APRIM(L)
  124 CONTINUER
      FAIRE 125 J=1, JMAX
      ALPHA(J) = APRIM(J)
  125 CONTINUER
      ALLER A 35
С
С
      CRITERES DE CONVERGENCE ET IMPRESSION DES RESULTATS
С
  126 SI(HSTAR-HPRIM)135,127,127
  127 SI(HSTAR/HPRIM-1.00001)136,136,128
  128 SI(NITERA)206,206,131
  206 IMPRIMER 129
  129 MODELE(//10X, 36HPAS D AMELIORATION ARRIVE A CE STADE//)
      NITERA=NITERA+1
      FAIRE 130 L=1, JMAX
      ALPHA(L)=(ASECON(L)+APRIM(L))*0.5
  130 CONTINUER
      SI(HSTAR/HPRIM-1.0001)131,131,35
  131 IMPRIMER 132
  132 MODELE(//10X,16HN A PAS CONVERGE//)
      FAIRE 133 L=1,JMAX
      APRIM(L)=ASECON(L)
      ALPHA(L) = A SECON(L)
  133 CONTINUER
      KPRIM=0
      FAIRE 134 K=2,KMAX,NPARA
      KPRIM=KPRIM+1
      FAIRE 134 IS=1, ISMAX
      V(IS)=VPRIM(IS)
      DER(K, IS)=DEPRIM(KPRIM, IS)
  134 CONTINUER
      ALLER A 136
  135 RAP=(HPRIM-HSTAR)/HZERO
      HPRIM=HSTAR
      SI(RAP-EPS)136,136,36
  136 FAIRE 137 L=1, JMAX
      IMPRIMER 53, NITER, L, APRIM(L)
  137 CONTINUER
      IMPRIMER 138
  138 MODELE(//10X,15HCALCUL D ERREUR//)
      NJ=2
      ALLER A 1
  139 APPEL BRER(A, APRIM, 12, JMAX, JMAX)
      TETA=HSTAR/FLOTF(ISMAX-JMAX)
```

```
- 476 -
```

```
FAIRE 140 I=1,JMAX
K=JMAX+I
A(I,K)=RACF(A(I,K)*TETA)
IMPRIMER 50,I,A(I,K)
50 MODELF(15X,23HERREUR SUR LE PARAMETREI3,2X,1H=E12.5)
140 CONTINUER
```

```
IMPRIMER 141
141 MODELE(///5X,16HRESULTATS FINALS///)
    1=0
    FAIRE 164 K=1, JJMAX, NPARA
    I = I + 1
    IMPRIMER 142, I
142 MODELE(//5X,16HRESONANCE NUMERO,12)
    IMPRIMER 143
143 MODELE(25X, 22HVALEURS EXPERIMENTALES)
    IMPRIMER 144, ER1(I)
                            =E12.5,4H EV.)
144 MODELE(49X,10HER
    IMPRIMER 145, GAMMA1(I)
                            =E12.5,4H EV.)
145 MODELE(49X,10HGAMMA
    IMPRIMER 146, SIGMA1(I)
146 MODELE(49X, 10HSIGMA0
                          =E12.5,6H BARNS)
    IMPRIMER 147
147 MODELE(25X, 17HVALEURS INITIALES)
    ALZERO(K)=2.*DELTA(I)/ALZERO(K)
    SI (NPARA-2)148,149,150
148 IMPRIMER 145, ALZERO(K)
    ALLER A 151
149 IMPRIMER 145, ALZERO(K)
    IMPRIMER 146, ALZERO(K+1)
    ALLER A 151
150 IMPRIMER 144, ALZERO(K+2)
    IMPRIMER 145, ALZERO(K)
    IMPRIMER 146, ALZERO(K+1)
151 IMPRIMER 152
152 MODELE(25X, 15HVALEURS FINALES)
    ASECON(K)=2.*DELTA(I)/ASECON(K)
    J=JMAX+K
    A(K,J)=ASECON(K)**2*A(K,J)/(2.*DELTA(I))
    SI (NPARA-2) 153, 155, 157
153 IMPRIMER 154, ASECON(K), A(K, J)
                           =E12.5,19H EV.
                                            AVEC + OU - E12.5,4H FV.)
154 MODELE(49X,10HGAMMA
    GGAMAN(I)=SIGMA1(I)*ASECON(K)*ER1(I)*1.E-06/2.608
    CUSQUA=COSF(1.2395E-03*RACF(ER1(I)*SIGMAP(I)))
    GGAMAN(I)=GGAMAN(I)/COSQUA
    IMPRIMER 163, GGAMAN(I)
    ALLER A 164
155 IMPRIMER 154, ASECON(K), A(K, J)
    IMPRIMER 156; ASECON(K+1), A(K+1, J+1)
156 MODELE(49X,10HSIGMAO = E12.5,19H BARNS AVEC + OU - E12.5,6H BARNS
   1)
    GGAMAN(I)=ASECON(K+1)*ASECON(K)*ER1(I)*1.E-06/2.608
    CDSQUA=COSF(1.2395E-03*RACF(ER1(I)*SIGMAP(I)))
    GGAMAN(I)=GGAMAN(I)/COSQUA
    IMPRIMER 163, GGA MAN(I)
    ALLER A 164
157 IMPRIMER 158, ASECON(K+2), A(K+2, J+2)
158 MODELE(49X,10HER
                            =E12.5,19H EV.
                                              AVEC + OU - E12.5,4H EV.)
```

```
- 477 -
```

IMPRIMER 154,ASECON(K),A(K,J)
IMPRIMER 156,ASECON(K+1),A(K+1,J+1)
GGAMAN(I)=ASECON(K+1)\*ASECON(K)\*ASECON(K+2)\*1.E-06/2.60F
CDSQUA=COSF(1.2395E-03\*RACF(ASECON(K+2)\*SIGMAP(I)))
GGAMAN(I)=GGAMAN(I)/COSQUA

- 478 -

,

,

,

•

:

, , ,

IMPRIMER 163,GGAMAN(I) 163 MODELE(49X,10HG\*GAMMA.N=E12.5,4H EV.) 164 CONTINUER APPEL EXIT FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)

٠

```
SDUS PROGRAMME DECIS(NVAL)
   SOUS PROGRAMME DECIS(NVAL)
   DIMENSION NVAL(2,5)
   DIMENSION Z(2),XSTAR(1282),TGK(2)
   DIMENSION WGAM(2,5,6), IGAM(2,5,6), WO (2,5,6), GAMA(5)
   DIMENSION ALP1A(40), ALP2A(40), ALP1T(40), ALP2T(40), PROFON(40)
   DIMENSION ICAL(40), IARG(40)
   DIMENSION PAS(4,6), GAM(2,5), DV(40)
   DIMENSION VO(2,5), RESU(40)
   DIMENSION ER(2), GAMMA(2), SIGMA(2), DELTA(2), BETA(2), R(2,5), PHI(2,
   DIMENSION ABISO(2), EN(5), SIGMAP(2), QUA(2)
   DIMENSION GPSI(2,1282),GPHI(2,1282)
   DIMENSION V(100), W(100)
   DIMENSION T(1282), TETA1(1282), TETA2(1282)
   DIMENSION ERZERO(2), ALPHA(6)
   COMMUN ALPMAX
   COMMUN XMAX, PHIMAX, BETMAX
   COMMUN ALPJA, ALP2A, ALP1T, ALP2T, PROFON, ICAL, IARG
   COMMUN NRESO, NECRAN, NPARA
   COMMUN IMAT, IDEBSU, IMETOD, IDER, JDER, KDER
   COMMUN IRESD, JECRAN, JPRIM
   COMMUN METOD1, METOD2, METOD3, METOD4, NMETOD
   COMMUN IS, ISPRIM
   COMMUN PAS, GAM, DV, DW
   COMMUN NPRIM
   COMMUN ER, GAMMA, SIGMA, DELTA, BETA, R, PHI
   COMMUN IS1, IS2, IS3, IS4
   COMMUN ABISO, EN, SIGMAP, QUA
   COMMUN GPSI, GPHI
   COMMUN V,W
   COMMUN NITER, ERZERO, ALPHA
   FONCF(BET, ALP1A, ALP2A, X) = ALP1A+ALP2A-X/BET
   IAST=0
   ISEE=0
   SI(VOYANT 4)15,64
15 SI(JDER-2)16,16,2
16 FAIRE 17 I=1,2
   FAIRE 17 J=1,5
   FAIRE 17 K=1,6
   IGAM(I,J,K)=0
17 CONTINUER
   ALLER A 2
64 \text{ ISSTAR}=0
   SI(ISPRIM-1)6,6,9
 6 IPRIM=1
   IRESO=1
   JECRAN=1
   ALLER A(406,406,407,407), JDER
```

```
- 479 -
```

FAIRE 405 J=1,5 FAIRE 405 K=1,6 IGAM(I,J,K)=0 405 CONTINUER

406 FAIRE 405 I=1,2

```
407 SI(IMAT-1)2,14,14
14 SI(IDER-1)1,1,3
  3 SI(IDER-3)2,153,153
153 IER=NPARA*IRESO
    IMETOD=IMETOD
    ALLER A (21,22,1,1), [METOD
 ?1 ALP1A(IS)=ALP1A(IS)+PAS(1,IER)/DELTA(IRESO)
    ALP2A(IS)=ALP2A(IS)-PAS(1,IER)/DELTA(IRESO)
    XMAX=6.5*PHIMAX+BETMAX*MAX1F(ABSF(ALP1A(IS)),ABSF(ALP2A(IS)))
    ALLER A 1
 22 ALPIT(IS)=ALPIT(IS)+PAS(2,IER)/DELTA(IRESO)
    ALP2T(IS)=ALP2T(IS)-PAS(2,IER)/DELTA(IRESO)
    XMAX=6.5*PHIMAX+BETMAX*MAX1F(ABSF(ALP1T(IS)),ABSF(ALP2T(IS)))
  1 APPEL MATRIS
    IMAT=0
  2 IMETOD=IMETOD
    ALLER A 60
 97 IS1=IS
    ALLER A 107
 98 IS2=IS
    ALLER A 107
99 IS3=IS
    ALLER A 107
100 IS4=IS
107 IPRIM=IRESO
    JPRIM=JECRAN
```

```
SI(IDER-3)166,167,167
167 IMETOD=IMETOD
    ALLER A (23,24,166,166), IMETOD
    RETOUR
   RETOUR
```

```
23 ALP1A(IS)=ALP1A(IS)-PAS(1,IER)/DELTA(IRFSO)
    ALP2A(IS)=ALP2A(IS)+PAS(1,IER)/DELTA(IRESO)
 24 ALP1T(IS)=ALP1T(IS)-PAS(2,IER)/DELTA(IRESO)
    ALP2T(IS)=ALP2T(IS)+PAS(2,IER)/DELTA(IRESO)
  9 FAIRE 12 I=1,NRESO
    FAIRE 12 J=1,NECRAN
    ISSTAR = ISSTAR + NVAL (I, J)
    SI(IS-ISSTAR)11,11,12
 12 CONTINUER
    SI(IMETOD-NMETOD)10,13,13
 10 IMETOD=IMETOD+1
  4 ALLER A (202,203,204,205), IMETOD
202 IS=IS1
    ALLER A 52
203 IS=IS2
```

.

```
- 480 -
```

13 IDEBSU=2 RETOUR 11 IRESO=1 JECRAN=J

ALLER A 52

ALLER A 52

204 IS=IS3

205 IS=IS4 52 IDEBSU=1 RETOUR

SI(IRESO-IPRIM)7,3,7 7 SI(IMAT-1)8,14,14 8 SI(IMETOD-NMETOD)10,5,5 5 IMAT=1JPRIM=0 IMETOD=1 ALLER A 4 60 IC=ISPRIM SI(IDER)163,163,162 163 SI(NPRIM-2)162,162,169 169 ALLER A (310,311,162,162),IMETOD 310 ALP1A(IS)=ALP1A(IS)+(ER(IRESO)-ERZERO(IRESO))/DELTA(IRESO) ALP2A(IS)=ALP2A(IS)-(ER(IRESO)-ERZERO(IRESO))/DELTA(IRESO) ALLER A 162 311 ALPIT(IS)=ALPIT(IS)+(ER(IRESO)-ERZERO(IRESO))/DELTA(IRESO) ALP2T(IS)=ALP2T(IS)-(ER(IRESO)-ERZERO(IRESO))/DELTA(IRESO) 162 ALLER A (168,181,168,168), JDER 181 SI(JECRAN-JPRIM)168,108,168 168 SOM1=0.0 SOM2=0.0 FAIRE 102 J=1, NRESO TGK(J)=TANF(QUA(J))  $Z(J) = ABISO(J) \neq SIGMA(J)$ SOM1=SOM1+Z(J)\*(GPSI(J,1)+GPHI(J,1)\*TGK(J)) SOM2=SOM2+Z(J)\*(GPSI(J,642)+GPHI(J,642)\*TGK(J)) **102 CONTINUER** T(1) = EXPF(-EN(JECRAN) + SOM1)T(642) = EXPF(-EN(JECRAN) + SOM2) XSTAR(1) = 0.0XSTAR(642)=0.0 D1=0.0 H=0.015625 FAIRE 103 N=1,10 FAIRE 104 M=1,64  $IK = 64 \neq (N-1) + M+1$ JK = IK + 641XSTAR(IK)=D1+FLOTF(M)\*H XSTAR(JK) = -XSTAR(IK)SI(XSTAR(IK)-XMAX)105,105,106 106 IKMAX=IK JKMAX=JKALLER A 108 105 SOM1=0.0 SOM2=0.0 FAIRE 207 J=1, NRESO SOM1=SOM1+Z(J)\*(GPSI(J,IK)+GPHI(J,IK)\*TGK(J))SOM2=SOM2+Z(J)\*(GPSI(J,JK)+GPHI(J,JK)\*TGK(J)) 207 CONTINUER 143 T(IK)=EXPF(-EN(JECRAN)\*SOM1) T(JK)=EXPF(-EN(JECRAN)\*SOM2) **104 CONTINUER** D1=XSTAR(64\*N+1) SI(N-2)103,109,109 109 H=2.\*H 103 CONTINUER

- 481 -

```
IKMAX=641
    JKMAX=1282
108 ALLER A (314, 313, 62, 63), IMETOD
314 DENO=1.41421356*PHI(IRESO, JECRAN)
    UME=BETA(IRESO)*ALP2A(IS)
    UNE=BETA(IRESO)*ALPIA(IS)
    FAIRE 110 IK=1, IKMAX
    APPEL ERF((UME-XSTAR(IK))/DENO,TETA1(IK))
    APPEL ERF((UNE+XSTAR(TK))/DENO,TETA2(IK))
    TETA1(IK)=TETA1(IK)+TETA2(IK)
    TETA1(IK) = T(IK) * TETA1(IK)
110 CONTINUER
    FAIRE 111 JK=642, JKMAX
    APPEL ERF((UME-XSTAR(JK))/DENO,TETA1(JK))
    APPEL ERF((UNE+XSTAR(JK))/DENO,TETA2(JK))
    TETA1(JK)=TETA1(JK)+TETA2(JK)
    TETA1(JK) = T(JK) * TETA1(JK)
111 CONTINUER
    H=0.015625
    S1=0.0
    S2=0.0
    FAIRE 112 N=1,10
    SDM1=0.0
    SOM2=0.0
    FAIRE 113 M=1,63
    IK = 64 \times N - 63 + M
    JK = IK + 641
    SOM1=SOM1+TETA1(IK)
    SOM2=SOM2+TETA1(JK)
    SI(IK-IKMAX+1)113,114,114
113 CONTINUER
    S1=S1+H*(S0M1+0.5*(TETA1(64*N-63)+TETA1(64*N+1)))
    S2=S2+H*(SDM2+0.5*(TETA1(64*N+578)+TETA1(64*N+642)))
    SI (N-2)112,115,115
115 H=2.*H
112 CONTINUER
114 S1=S1+H*(SOM1+0.5*(TETA1(64*N-63)+TETA1(IKMAX)))
    S2=S2+H*(SUM2+0.5*(TETA1(64*N+578)+TETA1(JKMAX)))
    SOM = (S1 + S2) * 0.5
    SI(IDER-1)149,150,150
149 V(IC)=FONCF(BETA(IRESO),ALP1A(IS),ALP2A(IS),SOM)
    ALLER A 208
150 W(IC)=FONCF(BETA(IRESO),ALP1A(IS),ALP2A(IS),SOM)
208 SI(VOYANT 3)166,97
313 DENO=1.41421356*PHI(IRESO, JECRAN)
    DENO2=2.*PHI(IRESO, JECRAN)**2
    DEN03=DEN0 *1.7724539
    SI(IMETOD-2)137,137,201
137 S. (ICAL(IS))134,136,134
134 UME=BETA(IRESO)*ALP2T(IS)
    SIGNE \approx 1 \cdot 0
    ALLER A 201
136 UME=BETA(IRESD)*ALP1T(IS)
    SIGNE = -1.0
201 SI (PHI (IRE SO, JECRAN)-0.039)239,200,200
```

- 482 -

```
239 FAIRE 243 N=1,10
   FAIRE 243 M=1,64
    IK=64*(N-1)+M
    JK=IK+641
    SI(SIGNE)241,241,240
240 ISTAR=IK
    ALLER A 242
241 ISTAR=JK
242 SI(XSTAR(IK+1)-UME)243,244,245
243 CONTINUER
244 U=T(ISTAR+1)
    ALLER A 222
245 U=T(ISTAR)+(T(ISTAR+1)-T(ISTAR))*(UME-XSTAR(IK))/
   1(XSTAR(IK+1)-XSTAR(IK))
    ALLER A 222
200 H=0.015625
    S=0.0
    FAIRE 211 N=1,10
    NPAS=5.*H/PHI(IRESO,JECRAN)+1.
    HPRIM=H/FLOTF(NPAS)
    FAIRE 209 M=1+64
    IK = 64 \times (N-1) + M
    JK = IK + 641
    SOM=0.0
    VOYANT 1
    SI(XSTAR(IK+1)-(SIGNE+UME-9.+DENO))268,260,260
260 SI(XSTAR(IK)-(SIGNE*UME+9.*DENG))261,261,268
261 ISTAR=IK
    SIGNEK=1.0
272 SI(NPAS-2)274,273,273
273 FAIRE 255 MI=2,NPAS
    XI = MI - 1
    XPRIM=XSTAR(1STAR)+SIGNEK*XI*HPRIM
    EXPON=EXPF(-(UME-SIGNE*XPRIM)**2/DENO2)
    T1=T(ISTAR)+(T(ISTAR+1)-T(ISTAR))*XI/FLOTF(NPAS)
    SOM=SOM+T1*EXPON
255 CONTINUER
274 SOM=SOM+0.5*(T(ISTAR)*EXPF(-(UME-SIGNE*XSTAR(ISTAR))
   1**2/DENO2)+T(ISTAR+1)*EXPF(-(UME-SIGNE*XSTAR(ISTAR+1))**2/DENO2))
268 SI (VOYANT 1)269,264
269 SI (XSTAR (JK)-(SIGNE*UME-9.*DENO))264,270,270
270 SI(XSTAR(JK+1)-{SIGNE*UME+9.*DEN0})271,271,264
271 ISTAR=JK
    SIGNEK=-1.0
    ALLER A 272
264 S=S+SOM*HPRIM
    SI(IK-IKMAX) 209, 214, 214
209 CONTINUER
    SI(N-2)211,212,212
212 H=H*2.
211 CONTINUER
214 U=S/DEN03
222 SI(IMETOD-2)223,223,319
223 SI(IDER-1)249,250,250
249 V(IC)=U
   ALLER A 246
```

```
- 483 -
```

٠

SOUS PROGRAMME DECIS(NVAL)

- 484 -

•

SOUS PROGRAMME DECIS(NVAL) 250 W(IC)=U 246 SI (VOYANT 3) 166,98 62 SI(SIGMAP(IRESO)-0.01)320,320,321 320 UME=0.0 SIGNE=-1.0ALLERA313 321 SIGNE=1.0 11002=2322 GAMA(5)=0.1 323 GAMA(1)=0.0324 GAMA(4)=(GAMA(5)-GAMA(1))\*0.25 GAMA(2) = GAMA(1) + GAMA(4)GAMA(3) = GAMA(2) + GAMA(4)GAMA(4) = GAMA(3) + GAMA(4)TMINIM=2.0 TMAXIM=0.0 I=0 ISEE=1341 I = I + 1SI(I-5)328,328,340 328 UME=BETA(IRESO)\*GAMA(I) ALLER A 313 317 TSTAR=U SI(TSTAR-TMINIM) 325, 326-326 325 TMINIM=TSTAR IMIN=I SI(IMIN-1) 327, 327, 341 326 SI(TSTAR-TMAXIM)341,341,327 327 TMAXIM=TSTAR ALLER A 341 340 SI(TMINIM-0.005)350,350,329 329 SI(TMAXIM/TMINIM-1.0001) 351,351,330 330 ALLER A (331,332,334,335,349), IMIN 331 GAMA(5) = GAMA(2)ALLER A 323 332 GAMA(5) = GAMA(3)ALLER A 324 334 GAMA(5) = GAMA(4)GAMA(1)=GAMA(2)ALLER A 324 335 GAMA(1)=GAMA(3)ALLER A 324 349 GAMA(5)=2.\*GAMA(5) ALLER A 323 350 SI(IDER)416,416,417 416 VO(IRESO, JECRAN) =0.0  $GAM(IRESO, JECRAN) = 0_0$ ALLER A 418 417 WGAM(IRESO, JECRAN, KDER)=0.0 WO(IRESO, JECRAN, KDER) = 0.0 418 IGAM(IRESO, JECRAN, KDER)=1 ALLER A 316 351 SSIGNE=-1.0 SI(IMIN-1)353,353,352 353 ALLER A (354,364),I10U2

```
364 I10U2=1
    TMAX1=TMINIM
    SIGNE = -1.0
    ALLER A 322
352 ALLER A (354,356), I10U2
354 SI(ABSF(GAMA(5)-GAMA(1))/GAMA(2)-0.10)355,355,370
370 SI(TMAXIM/TMINIM-1.000001)355,355,330
355 SI(IDER)413,413,414
413 VO(IRESO, JECRAN) = TMINIM
    GAM(IRESO, JECRAN) = GAMA(3) * SSIGNE
    ALLER A 415
414 WO(IRE_O, JECRAN, KDER) = TMINIM
    WGAM(IRESO, JECRAN, KDER) = GAMA(3) * SSIGNE
415 IGAM(IRESO, JECRAN, KDER)=1
    ALLER A 316
356 SSIGNE =- SSIGNE
    ALLER A 354
319 SI(IGAM(IRESO, JECRAN, KDER))308, 308, 419
308 SI(ISEE)318,318,317
318 SI(IDER)410,410,411
410 VO(IRESO, JECRAN) =U
    GAM(IRESO, JECRAN)=0.0
    ALLER A 412
411 WO(IRESO, JECRAN, KDER) = U
    WGAM(IRESO, JECRAN, KDER) = 0.0
412 IGAM(IRESO, JECRAN, KDER)=1
316 SI(IMETOD-3)307,307,404
307 SI(IDER-1)360,361,361
360 V(IC)=VO(IRESO, JECRAN)
    ALLER A346
361 W(IC)=WO(IRESO, JECRAN, KDER)
346 SI(VOYANT3)166,99
63 SI(METOD3)403,403,401
401 SI(VOYANT 3)402,404
402 VOYANT 3
403 SI(IGAM(IRESO, JECRAN, KDER))62,62,404
404 SI(IDER)462,462,420
462 FNUL=PROFON(IS)+(1.-PROFON(IS))*VO(IRESO,JECRAN)
421 SI(IARG(IS))470,470,471
471 I1002=2
    SIGNE=1.0
    ALLER A 440
470 I10U2=1
    SIGNE=-1.0
440 TSTAR=0.0
    GAM1=0.0
    GAMA(1)=0.1
436 TPREC=TSTAR
    UME=BETA(IRESO)*GAM1
    ALLER A 313
419 SI(IDER) 408, 408, 420
408 SI (IAST) 472, 472, 473
472 TSTAR=U
    SI (TSTAR/FNUL-0.9999) 437, 439, 438
```

```
437 SI(TPREC-TSTAR)442,442,443
```

- 485 -

1

Ł

SOUS PROGRAMME DECIS(NVAL) 443 GAMA(1)=GAMA(1)/2. 442 GAM1=GAM1+GAMA(1) ALLER A 436 438 SI(TSTAR/FNUL-1.0001)439,439,441 441 SI(TPREC-TSTAR)445,447,447 445 GAMA(1)=GAMA(1)/2. 447 GAM1=GAM1-GAMA(1)ALLER A ∜36 439 SI(IARG(IS))444,444,479 479 RESU(IS)=GAM1 V(IC)=RESU(IS)-GAM(IRESO, JECRAN) ALLER A 480 444 RESU(IS)=GAM1 V(IC)=RESU(IS)+GAM(IRSSO, JECRAN) 480 IAST=1 PASGAM=RESU(IS)/50. GAM1=RESU(IS)+PASGAM UME=BETA(IRESO)\*GAM1 ALLER A 313 473 DV(IS)=(U-TSTAR)/PASGAM ALLER A446 420 SI ( IAST ) 477, 477, 478 477 GAMET=RESU(IS) IAST=1 SI(IARG(IS))474,474,475 475 I10U2=2 SIGNE=1.0 ALLER A 476 474 I10U2=1 SIGNE=-1.0476 UME=BETA(IRESO) #GAMET ALLER A313 478 DW=(U-(1.-PROFON(IS))\*WO(IRESO,JLCRAN,KDER)-PROFON(IS))/PAS(IMETOD 1,KDER) 445 SI(VOYANT 3)166,100 166 RETOUR FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)

- 486 -

1

ł

```
SOUS PROGRAMME XMAXI
   DIMENSION ALP1A(40), ALP2A(40), ALP1T(40), ALP2T(40), PROFON(40)
   DIMENSION ICAL(40), IARG(40)
   DIMENSION PAS(4,6), GAM(2,5), DV(40)
   DIMENSION ER(2), GAMMA(2), SIGMA(2), DELTA(2), BETA(2), R(2,5), PHI(2,5)
   DIMENSION ABISO(2), EN(5), SIGMAP(2), QUA(2)
    DIMENSION GPSI(2,1282), GPHI(2,1282)
    DIMENSION V(100), W(100)
   DIMENSION ERZERO(2), ALPHA(6)
   COMMUN ALPMAX
   COMMUN XMAX, PHIMAX, BETMAX
   COMMUN ALP1A, ALP2A, ALP1T, ALP2T, PROFON, ICAL, JARG
   COMMUN NRESO, NECRAN, NPARA
    COMMUN IMAT, IDEBSU, IMETOD, IDER, JDER, KDER
    COMMUN IRESO, JECRAN, JPRIM
    COMMUN METOD1, METOD2, METOD3, METOD4, NMETOD
    COMMUN IS, ISPRIM
    COMMUN PAS, GAM, DV, DW
    COMMUN NPRIM
    COMMUN ER, GAMMA, SIGMA, DELTA, BETA, R, PHI
    COMMUN IS1, IS2, IS3, IS4
    COMMUN ABISO, EN, SIGMAP, QUA
    COMMUN GPSI, GPHI
    COMMUN V,W
    COMMUN NITER, ERZERO, ALPHA
    SI(NITER)183,183,177
177 I=0
    FAIRE 178 K=1, NRESO
    I = I + 1
    GAMMA(K)=2.*DELTA(K)/ALPHA(I)
    BETA(K)=ALPHA(I)
    SI(NPARA-2)178,179,179
179 I=I+1
    SIGMA(K)=ALPHA(I)
    SI(NPARA-2)178,178,180
180 SI(IDER)181,181,182
181 ERZERO(K)=ER(K)
182 I=I+1
    ER(K) = ALPHA(I)
178 CONTINUER
183 FAIRE 1 K=1, NRESO
    QUA(K)=1.2395E-03*RACF(ERZERD(K)*SIGMAP(K))
  1 CONTINUER
    PHI(1,1) = R(1,1) / GAMMA(1)
    PHIMAX=PHI(1,1)
    BETMAX=BETA(1)
    FAIRE 171 I=1, NRESO
    SI(BETMAX-BETA(I))174,175,175
174 BETMAX=BETA(I)
175 FAIRE 171 J=1, NECRAN
    PHI(1,J)=R(I,J)/GAMMA(I)
```

```
- 487 -
```

## SI(PHIMAX-PHI(I,J))172,171,171 172 PHIMAX=PHI(I,J)

SOUS PROGRAMME XMAXI

- 488 -

•

SOUS PROGRAMME XMAXI

171 CONTINUER BETMAX=2.\*RETMAX PHIMAX=2.\*PHIMAX RETOUR FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0) - 489 -

SOUS PROGRAMME MATRIS

SOUS PROGRAMME MATRIS

```
DIMENSION ALPIA(40), ALP2A(40), ALPIT(40), ALP2T(40), PROFON(40)
  DIMENSION ICAL(40), IARG(40)
  DIMENSION PAS(4,6), GAM(2,5), DV(40)
  DIMENSION ER(2), GAMMA(2), SIGMA(2), DELTA(2), BETA(2), R(2,5), PHI(2,5)
  DIMENSION ABISO(2), EN(5) SIGMAP(2), QUA(2)
  DIMENSION GPSI(2,1282), GPHI(2,1282)
  DIMENSION XBAR(2,2), XSTAR(1282)
  DIMENSION V(100), W(100)
  DIMENSION ERZERO(2), ALPHA(6)
  COMMUN ALPMAX
  COMMUN XMAX, PHIMAX, BETMAX
  COMMUN ALP1A, ALP2A, ALP1T, ALP2T, PROFON, ICAL, IARG
  COMMUN NRESO, NECRAN, NPARA
   COMMUN IMAT, IDEBSU, IMETOD, IDER, JDER, KDER
  COMMUN IRESO, JECRAN, JPRIM
   COMMUN METOD1, METOD2, METOD3, METOD4, NMETOD
   COMMUN IS, ISPRIM
   COMMUN PAS, GAM, DV, DW
   COMMUN NPRIM
   COMMUN ER, GAMMA, SIGMA, DELTA, BETA, R, PHI
   COMMUN IS1, IS2, IS3, IS4
   COMMUN ABISD, EN, SIGMAP, QUA
   COMMUN GPSI, GPHI
   COMMUN V,W
   COMMUN NITER, ERZERO, ALPHA
   K = IRESO
   FAIRE 1 J=1, NRESO
   GAMMA(J)=2.*DELTA(J)/BETA(J)
   FAIRE 1 JJ=1,NECRAN
   PHI(J,JJ)=R(J,JJ)/GAMMA(J)
 1 CONTINUER
   FAIRE 101 J=1,NRESO
   XBAR(J,K)=2.*(ER(J)-ER(K))/GAMMA(K)
   D1=0.0
   H=0.015625
   SI(ER(J)-ER(K))17,18,19
18 BET=BETA(K)
   XSTAR(1) = 0.0
   XSTAR(642)=0.0
   GPSI(J,1) = PSSIF(D1,BET)
   GPSI(J, 642) = GPSI(J, 1)
   GPHI(J,1) = 0.0
   GPHI(J, 642) = 0.0
   FAIRE 20 N=1,10
   FAIRE 21 M=1,64
   IK = 64 \times (N-1) + M+1
   JK = IK + 641
   XSTAR(IK)=D1+FLOTF(N)*H
   XSTAR(JK) = -XSTAR(IK)
   SI(XSTAR(IK)-XMAX)22,22,23
22 APPEL PSIFI(XSTAR(IK), BET, PSI, FI)
   GPSI(J, IK) = PSI
```

```
SOUS PROGRAMME MATRIS
   GPSI(J,JK) = GPSI(J,IK)
   GPHI(J,IK) = FI
   GPHI(J,JK) = -GPHI(J,IK)
   ALLER A 21
23 GPSI(J,IK)=0.0
   GPSI(J,JK)=0.0
   GPHI(J,IK)=0.0
   GPHI(J,JK)=0.0
21 CONTINUER
   D1 = XSTAR(64 \neq N+1)
   SI(N-2)20,28,28
28 H=2.*H
20 CONTINUER
   ALLER A 101
17 \text{ SIGNE} = +1.0
   ALLER A 67
19 SIGNE=-1.0
67 VOYANT1
   BET=BETA(J)*DELTA(K)/DELTA(J)
   FAIRE 29 N=1,10
   FAIRE 30 M=1,64
   SI (VOYANT1)31,32
31 IK=1
   JK=642
   XIK=0.0
   XSTAR(IK) = -XBAR(J,K) * GAMMA(K) / GAMMA(J)
   XSTAR(JK)=XSTAR(IK)
   VOYANT 1
   ALLER A 33
32 IK = 64 \times (N-1) + M + 1
   JK = IK + 641
   XIK=D1+FLOTF(M) #H
   XSTAR(IK) = (XIK - XBAR(J,K)) * GAMMA(K) / GAMMA(J)
   XSTAR{JK}=-(XIK+XBAR{J,K})*GAMMA(K)/GAMMA(J)
33 SI(ER(J)-ER(K))69,69,70
69 IIK=IK
   JJK=JK
   XAST1=XSTAR(JK)
   XAST2=\lambda STAR(IK)
   XAST3=XSTAR(JK)
   ALLER A 68
70 JJK=IK
   IIK=JK
   XAST1=XSTAR(IK)
   XAST2=XSTAR(JK)
   XAST3=XSTAR(IK)
68 SI(XMAX+SIGNE*XBAR(J,K))36,36,37
36 SI(XIK-XMAX)57,57,41
41 GPSI(J,IK)=0.0
   GPSI(J,JK)=0.0
   GPHI(J,IK)=0.0
   GPHI(J,JK)=0.0
                                            ٠
   ALLER A 46
57 APPEL PSIFI(XAST1,BET,PSI,FI)
   GPSI(J, JJK) = PSI
   GPHI(J,JJK) = FI
```

```
- 490 -
```

SOUS PROGRAMME MATRIS ALLER A 45 37 SI(XIK+SIGNF\*XBAR(J,K))57,57,50 50 SI(XIK-XMAX)51,51,41 51 APPEL PSIFI(XAST3, BET, PSI, FI) GPSI(J,JJK)=PSIGPHI(J,JJK)=FI45 APPEL PSIFI(XAST2,BET,PSI,FI) GPSI(J,IIK)=PSI GPH1(J,IIK)=FI 46 SI(VOYANT1)32,30 30 CONTINUER D1=XIK SI(N-2)29,64,64 64 H=2.\*H 29 CONTINUER **101 CONTINUER** RETOUR FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)

- 491 -



ŧ.

•

.

٠

-----



-

~>

+

-

•



•

- -

---

F



-----

-->

- ----



7

· .,

ŧ

!

Fig: IV.2.3 — Glissement et déformation de la courbe de transmission 1 qui vient en 2 en présence d'une résonance voisine sur sa droite.

, x

•

.



Fig: IV. 3.1 \_\_ Fonction erf(u)

e •

.

-

•

•

۰ · ·



. .

.

-

. .

٠

-



Fig: IV. 4.1\_\_\_ Distribution de la variable  $t_n$  de Student. Courbe de  $\partial_p$  en fonction de n telles que P ( $|tn| \leq \sigma_p$ ) = p

•

-

•

--



-

, ,





ŧ.

-

• •

## Fig: IV. 4.2\_Dérivation par rapport à $E_{R_k}$ . Glissement de la courbe $T_{iR}$

.
| ╺┽┽┿╋╌┥╍┝╌┥╌┥╌┥╌┥╌ | · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·   | olefans job of                                               | waxi sallaitred ave    | PPOULAN CTN |  |
|--------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|--|
|                    |                                         |                                                              |                        | 3 8 8 8     |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         | ╶╟╼┽╍╎╍╎╼╎╵┝╍                                                |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              | ┥╍┝╍┧╵╎╍┥┅┧╺╍╎╍╎╍┥╍┝╍┥ |             |  |
|                    | 7                                       | ╺ <mark>┠╴</mark> ┽╍┾╍┾╸┼┉┼╸<br>╾ <mark>┠╶╶┼╸</mark> ┾╺╌┝╺┾╸ | ╶╢╌╢╼╎╌╢╌╢╌╢╌╢╌╢╌╢╌╢╌╢ |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              | !                      |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
| S S                |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
| 9                  | ╺╍┝╍╁╼┽┥╎╼┼╼┼╶╎                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        | ST .        |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        | <u>X</u>    |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         |                                                              |                        |             |  |
|                    |                                         | ┝╌┨╾┾╍╊╌┼╵┠╌┿                                                |                        |             |  |
|                    | • • • • • • • • • • • • • • • • • • • • | ┝╍┨╺┾╍┠╍┾╍┠╍┿                                                |                        |             |  |
|                    | •                                       | ╞╼┨╍╞╍┠╍┼┍┠╍┽                                                |                        |             |  |
|                    |                                         | +-     + + +                                                 |                        |             |  |

ē



るかって



L

|   |              |            |          |      |                  |            |                                       |           |            |            |            |                  |          |             |                  |                |             |                  |            |       |              |          |               |               |            |          |                |                                               |           |                                       |                |                    |            |                  |               |          |                                         |          |             |            |                 |                             |                  |                 |                   |                |               |             |              | 7        |
|---|--------------|------------|----------|------|------------------|------------|---------------------------------------|-----------|------------|------------|------------|------------------|----------|-------------|------------------|----------------|-------------|------------------|------------|-------|--------------|----------|---------------|---------------|------------|----------|----------------|-----------------------------------------------|-----------|---------------------------------------|----------------|--------------------|------------|------------------|---------------|----------|-----------------------------------------|----------|-------------|------------|-----------------|-----------------------------|------------------|-----------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|--------------|----------|
|   |              | -          |          |      |                  |            |                                       |           |            |            | - (        | 05               | 0'       | ę           | ٢                | γ <sup>‡</sup> | )           | 7                | יאר        | 7 का  | ns           | 3        | A             | 3             | 4          | .AL      | ax             | 4                                             | +         | ร่อง                                  | 43             | oł                 |            | sak              | <u>s</u> +    | -ap      | ιġ                                      | 10       | u           |            | S               | -17                         |                  | v-              | ġ                 | 1              | <u>:</u>  -   | -           |              | 1        |
|   | -            | <u>.</u>   | -†-      |      |                  |            | Ţ.                                    |           |            |            |            |                  | -        |             | 78<br>1          |                | -<br>-      | -                | •          | •     | Ť            | <b>-</b> | -<br>         | -             | -          | ;        |                | Ī                                             |           | 1                                     |                |                    |            |                  | _             | -#       |                                         |          |             |            |                 | Ì                           |                  | -               | 1                 |                | _             | 1           |              | 1        |
|   |              |            |          |      |                  | •          |                                       |           |            |            |            |                  |          |             |                  |                |             |                  |            |       | -            |          |               | 2             | +          | -<br>    | *              | ł                                             | +         | 00                                    | ,              |                    |            |                  | <br>2.        | +        |                                         |          |             |            | د               | ~                           |                  |                 | 4                 | \$             |               |             | <u></u>      | <u>†</u> |
| _ | - <u> </u> - | ╉          | +        | ╉    | +                | ·   ·      | <u> ':</u><br> :                      |           | -          |            |            |                  |          |             |                  |                |             |                  | -          | ·<br> | +            | ç        | 2             | +             | +          |          | 5              | +                                             |           | <u>Ö</u>                              |                |                    | 2          |                  | $\frac{1}{1}$ | +        | 00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00- |          |             | - d        | 3               |                             | $\neg$           | ç               | 3                 | _              | -6            | <b>J</b> Øn | +            | +        |
| ŀ |              | -          |          |      |                  | <u> </u> . | <u> </u>                              |           |            |            |            | -                | _        | -           | l o              | י<br>  פ       |             | ,                | -          | _     | $\downarrow$ |          |               |               | Ī          |          |                |                                               | ł         |                                       |                |                    |            |                  |               | 4        | -                                       |          |             | -          |                 |                             |                  | <u> </u>        |                   | 4              |               |             |              | Ŧ        |
| ŀ |              |            |          | -    |                  | -          | <u> </u>                              |           | -          |            |            |                  | •••      |             | •                | ·              |             | •                |            | 4     | 1            | .  <br>  |               | -   •         |            | -        | -              | -                                             | -         | ·                                     |                | ·                  |            |                  |               | +        |                                         |          |             |            |                 |                             |                  |                 |                   | 7              | /∰            |             | ₩L           | +        |
|   |              | -          |          |      |                  |            |                                       |           |            | i          | -          |                  | -        |             |                  |                |             | <br>7-           |            | /+    |              |          |               |               | -          | -   -    |                |                                               |           |                                       |                |                    |            |                  |               |          | $\pm$                                   |          | - <u> -</u> |            |                 |                             |                  |                 | 7                 | $\frac{1}{2}$  |               |             |              |          |
|   |              |            |          | -    |                  |            | ·••                                   |           |            | •          |            |                  |          | •           |                  |                |             |                  | Z          | -     | -            |          | -             |               |            | -        | - -            | +                                             | -         |                                       | -              |                    |            |                  | -             |          |                                         | -   -    |             |            |                 |                             |                  |                 | 4                 |                |               | ▦           | ₫-           | +        |
|   |              |            |          |      |                  | -          | 1                                     |           | -          |            |            |                  |          |             | •                |                |             | Ż                |            |       | -            | Ŧ        | -             | +             | -          | +.       |                |                                               | 1-        | -                                     | <b> </b> _     |                    |            |                  |               |          |                                         | -        | -           |            |                 |                             |                  | <u>7</u> .      | 1                 | -              | -             | R           | 1-           | Ŧ        |
| ł |              |            | · .      |      | 1                | - -        | 1                                     |           |            |            |            |                  |          |             |                  | ~              | 4           |                  |            | _     |              | _        |               |               | +          |          | +              | 1                                             |           |                                       |                |                    | _          |                  |               |          |                                         |          |             |            |                 |                             | 1                |                 |                   | _              |               |             | ∰            | +        |
| ł | ·'           | +          | · ·      |      | - <del> </del> - | +          |                                       |           |            |            |            |                  |          |             | /                | /              |             |                  |            |       | -            |          | -             |               |            | $\pm$    | +              |                                               | +         |                                       |                |                    |            |                  |               |          |                                         |          |             |            |                 |                             | 1                | ·               |                   |                |               |             | #            | +        |
| ŀ | +            | +          | -+       | ÷    |                  |            | +                                     |           |            |            |            |                  | Ş        |             | 1                |                | -           |                  |            | -     |              | +        | ╉             | +             | ╇          | +        | +              | +-                                            | ╀         | +-                                    | -              | $\left  - \right $ |            | $\left  \right $ | ÷             | +        |                                         | +        | ╞           |            | 1               |                             | +                |                 | +                 | +              | -#            | 罪           | ╟            | ÷        |
|   | -            | -          |          | -    | -                |            | -                                     |           |            |            |            |                  |          | Z           |                  |                | _           |                  | _          |       |              | _        |               |               | -          | ŀ        | -              | _                                             | 1         |                                       |                |                    |            |                  | _             |          |                                         |          | -           | Z          |                 |                             | 1                |                 |                   | _              | -             |             | <u>.</u>     | Ŧ        |
|   | 1            |            | 1        |      |                  |            |                                       |           |            |            | - +        |                  | /        |             |                  |                |             |                  |            |       | ╢            |          | • • • • •     |               |            | ·        |                |                                               |           |                                       |                |                    | -          |                  |               |          |                                         |          | 1           |            |                 |                             | Ţ.               |                 |                   |                | 1             |             | <u>⋕</u>     | 1        |
|   | +            | -          |          |      | _                |            |                                       |           | Ļ          |            | -          | /-               |          |             |                  |                | -           |                  |            |       | -            | -        |               | -             |            | -        |                |                                               | Ę -       | -                                     |                | -                  |            |                  |               |          |                                         | T        | -           | -          |                 | -                           | ÷                | ·               | +                 | Ż              | <u>/.</u>     | Щ           | #-           | +        |
|   |              |            |          | -  - |                  |            |                                       |           |            | -          | <i>[</i> . |                  |          |             |                  |                | +           |                  |            |       |              |          | -             | -             |            |          |                |                                               | <b>.</b>  | <u>.</u> .                            |                |                    |            |                  |               |          | r                                       |          | -           |            |                 |                             | - #-             |                 |                   |                | <u>.</u>      |             | <b>A</b>     | +        |
|   |              | -          |          |      | 1                | -          |                                       | -         | 9          | 7-         |            |                  | '        |             |                  |                |             | ÷                |            |       | -            | _        |               | -  -          | _          | ·        | 1              |                                               |           |                                       |                | <u> </u>           |            |                  |               | -        | 1                                       |          |             |            |                 |                             |                  | Ż               |                   |                | -             |             | ₽            | Ŧ        |
|   | _            | _          |          | -    |                  |            | ·+                                    |           | /          |            |            |                  |          |             |                  |                |             |                  |            | _     |              | _        |               | _             |            |          |                |                                               |           | -                                     |                |                    |            |                  |               | 1        |                                         |          | 1           |            | X               |                             | ſ.               | <br>-           |                   |                | +             |             | ₩            | ŧ        |
|   |              |            | <u> </u> |      |                  |            | 9                                     | Х         | ╘          |            |            |                  |          |             |                  |                |             |                  | _          |       |              |          |               |               | +          |          | +              |                                               | Ť         |                                       |                |                    |            |                  | 件             |          | +                                       | +        | t           |            |                 | Ϋ́.                         |                  | · · ·           |                   |                |               | TT,         | 椚            | +        |
|   |              | +          | +        | -    | -                | +          |                                       |           |            |            |            |                  |          |             |                  |                |             | ÷                |            | -+    | -            | +        | 7             |               |            | 1        | Ŧ              |                                               | +         | +                                     | :<br> .        | -<br> -            |            |                  |               |          | ·                                       |          | <u> </u>    | ŀ          |                 | $  \downarrow \rangle$      | ŀ                |                 | <br>  .           |                |               |             | ₩-           | +        |
|   |              | _          | -        | -    | 1                | 4          | 1                                     | 1         |            | _          |            |                  |          |             | <u> </u>         |                | _           |                  |            |       | _            |          | _             | _             |            |          |                |                                               |           | -                                     | 1              | 1                  | Z          |                  | 1             |          |                                         | -        | -           | ŀ          |                 |                             | N                |                 | :<br>             | , <sup>1</sup> |               |             | ₽-           | 4        |
|   | _            | -          |          | 1    | _                | 4-         |                                       | ļļ.       |            |            | -          |                  | <u> </u> |             |                  |                |             | •                | 1          |       |              |          |               |               | 4          | 7        | 1              |                                               |           | ÷.                                    | X              | -/                 |            |                  |               |          |                                         |          |             |            | <u><u></u></u>  |                             | ÷.,+             |                 |                   |                |               |             |              | :        |
|   | +            | -          | -+       | -    | <u>/</u> +       |            | +                                     |           | · ·        | -          |            |                  |          |             | $\overline{Z}$   |                | . [         | ì                |            |       |              |          | ł             | $\frac{1}{2}$ |            | +        |                |                                               |           | <u>+</u>                              |                | K                  |            |                  |               |          |                                         |          | Ŀ           | · · · ·    | - <u>+</u><br>- | · · ·<br>· ·                |                  |                 | 1_ <u>1</u>       |                |               |             | ₩-           | <u>+</u> |
|   | "            | -[[        | 5        |      | 1                |            |                                       | .         |            |            |            |                  |          | .7          | ř.               |                | . <u></u>   |                  |            | 7     | 4            | 4        |               |               |            | -        |                | <u></u>                                       |           |                                       | ; ; <u> </u> ; | 1. "<br>           | X          |                  |               |          |                                         |          |             | <br>       |                 | - <u>-</u> :                |                  |                 | <b>   </b>        |                |               |             | ╨            | 4        |
|   |              |            |          | H.   | -                |            | ;                                     |           |            |            |            |                  |          |             |                  |                |             |                  |            | Ź     |              |          |               |               |            | -        |                |                                               |           |                                       |                |                    |            |                  | X             |          |                                         |          |             | 11.        |                 |                             | i.:<br>          |                 |                   |                |               |             | #-           |          |
|   |              | 1          |          |      |                  |            | 1.                                    | <u>††</u> | <u> </u>   |            | <br>  .    |                  | 7        |             |                  | 1.<br>         |             | ili              | ;;;<br>;;; |       | Z.           |          |               |               |            | -+-      |                |                                               |           |                                       | <u> </u>       |                    |            | , i j i i        |               |          | X                                       |          |             |            |                 | :<br>:.!:                   |                  |                 | 111               |                |               | 5           | 茻            |          |
|   |              |            | <b>A</b> |      |                  |            |                                       | ╫         | <u> </u>   |            | /          |                  |          |             |                  |                | <br>        |                  |            |       | - f          | X        | +             |               | <u> </u>   | -        |                | , <u>, , , , , , , , , , , , , , , , , , </u> |           |                                       |                |                    |            |                  |               |          |                                         | Ê        |             |            |                 | ''''''<br>1 <sup>1</sup> 11 |                  |                 | 11.*<br>   ++     |                |               |             |              |          |
|   |              | -          |          |      | 4                | +          | - <br>                                |           |            | F          | <br>       |                  | <u> </u> |             | '.<br> :ii:      | []<br>         | 141:<br>  1 | ` <u>.</u><br> ! | ( ·        |       | <u>`</u>     | -        | $\frac{1}{1}$ | ×             | <u>.</u>   |          | +              | :::[i]<br>                                    | 1         |                                       |                | • <u>•</u> •       |            |                  |               |          | <u> •: </u>   <br> •• ,                 |          |             |            |                 |                             |                  | <br>            |                   | ·:!!           | Y             |             |              |          |
|   |              |            |          | Щ    |                  | X          |                                       |           | -          |            | ļ          | -                |          | ;::<br>; :: |                  |                |             | ;                |            |       |              |          |               |               | -          | 4        |                |                                               |           |                                       | , i:           |                    |            |                  |               |          |                                         |          |             |            | 111             | ••                          |                  |                 |                   |                | X             | ġ           |              |          |
|   |              |            | 0        |      |                  |            | ·                                     | Ŀ         |            | -<br>      |            |                  | 11:1     |             |                  |                | <br> '      |                  |            |       |              |          | [:<br>        |               |            |          |                |                                               | ¥         |                                       |                |                    |            |                  |               |          |                                         |          | 1           |            |                 |                             |                  |                 |                   |                |               |             |              |          |
|   | -<br>-       |            | Ĩ        |      |                  | . ' ·.     |                                       | <u> </u>  |            |            | K          |                  |          |             |                  |                |             |                  | 11.<br>1   | •     |              | <u></u>  |               |               |            |          | -i .           |                                               |           | <u> </u>                              |                | -                  | 1          |                  |               |          |                                         |          |             |            |                 |                             | 1 <u>11.</u><br> |                 |                   |                |               |             |              |          |
|   | -            |            |          |      |                  |            |                                       | ·         | <u> </u>   |            | ·          | -                | 1        |             |                  | '              |             | ·                |            |       | -            |          |               |               |            | -        |                |                                               |           |                                       |                |                    |            |                  |               |          |                                         |          |             |            |                 |                             | 1"<br>           | :<br>:<br>:     |                   |                |               |             |              |          |
|   |              |            |          | #    |                  | , ,        |                                       |           |            | ·          |            | 1                |          |             |                  |                |             |                  |            |       | -            |          | 1             | -             |            |          |                |                                               |           |                                       | -              |                    |            |                  |               |          |                                         |          |             |            |                 |                             | . <u>.</u> .     | 1               |                   |                |               | 1           | İ            |          |
|   |              |            | 7        | Ħ    |                  | +          | - <u> </u> -                          | +         | ŀ          | $\uparrow$ | <u> </u> . | $\left  \right $ | <u> </u> | ┢           | $\left  \right $ | ·              |             | P                |            |       |              | $\dashv$ | +             | $\uparrow$    | 1          | +        | ╎              |                                               |           |                                       |                |                    |            | 1.11             |               |          |                                         | <u>.</u> |             |            | <u>-</u>        |                             | 1 .              |                 | .<br> '.,         | <u>.</u>       |               |             |              |          |
|   |              |            |          |      | 1.1              |            | 1                                     |           | +          | +          | †,         |                  | -        | ┢─          |                  |                |             |                  |            |       | -            | $\geq$   | +             | $\downarrow$  | $\pm$      | -        |                | -                                             | -         | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · |                |                    |            |                  |               |          | 1.                                      |          |             |            |                 | <u>.</u>                    |                  | 14<br>1.1       | <br>              |                | • • •         |             |              |          |
|   |              |            |          |      |                  |            |                                       | <u> </u>  | <br>       |            |            |                  |          |             |                  |                |             |                  | -          |       |              |          |               |               | -          | 7        | +              | -                                             | +         |                                       | "              |                    |            | ·   .<br>        |               |          | 1,<br>,,,,                              |          |             |            |                 |                             | 1-1.             |                 | <br>              |                | ·             |             |              |          |
|   |              |            | ÖV       |      |                  |            | Щ                                     |           |            | '   <br>   | ļ. '       | <br>             | <br>     |             |                  |                |             |                  |            |       |              |          |               |               | ·          |          | •              | 4                                             | : [       |                                       |                |                    |            |                  | İ             |          |                                         |          |             |            |                 | ; ;<br>;                    | <br>             | .!              | ;<br>             |                | + <br>        |             |              |          |
|   | · · ·        | 11  <br> - |          |      |                  |            |                                       | -         |            | · · ·      |            |                  | _        |             |                  |                | <br>,       |                  |            |       |              | ·        |               | ·             | ••         |          |                |                                               | ÷         |                                       |                | •                  | • • • • •  |                  | <b>₩</b>      |          | <b>₩</b>                                | 4.       |             |            | -'.<br>         | 44                          |                  | <u> </u>        | ·!<br>!           | ļļ.<br>, ,     | <u></u>       |             |              |          |
|   |              | . ·        |          |      | ···              | '<br>' .   |                                       |           |            | lin        | 1          |                  | Ì        |             |                  |                |             |                  |            |       |              | j        |               |               |            | <u> </u> | •              | ;                                             | ·         |                                       | ;<br> ;        |                    |            |                  | i iii         |          |                                         |          |             |            |                 |                             |                  |                 | : !<br>  +<br>  + |                | 1' II<br>17-1 |             | <b>j</b> 44. | -        |
|   |              | .11        |          |      |                  | 1          | 11                                    | Ţ.        |            | 11         | 1.         | ŀ                |          | Γ           |                  |                |             | Γ                |            | •     |              | Ì        |               |               |            | ,  ·     | ,              |                                               | ·         | ·.  ·,                                | 1              |                    |            |                  | <u> </u>      |          |                                         |          |             | :          |                 | ;<br>;<br>;                 |                  |                 | ;.<br>;,.         |                | ·!            |             |              |          |
|   | <br>  ,      | ;<br>;,;   | P        |      |                  |            | , , , , , , , , , , , , , , , , , , , | •         | ; -'<br> , |            |            |                  |          |             |                  | 1              | -           |                  |            |       | -            | •        | •             | •             | -          |          |                |                                               | - -<br> ; | ·                                     |                |                    |            |                  |               |          |                                         |          |             |            |                 |                             |                  |                 |                   |                | h             |             |              |          |
|   | ціі<br>Піц   |            |          |      |                  |            | ·  ;<br> ,                            | .<br>     | +.         |            |            | :                |          |             | ·                |                | .           |                  | '.<br>     |       | . <u>.</u>   |          |               | ••            |            | 卌        | -   -<br>-   - | ÷                                             | ╬         |                                       |                |                    | ۲          |                  | + 4           | 뛰        |                                         |          |             |            |                 |                             |                  | <del>  </del> - |                   |                |               |             | <u>    </u>  |          |
| - | l.#'         | . 1        |          |      | " <u>!:</u> ]    | 11         | ۰ļ                                    | "         |            | 1          | ļ          | ł                | ļ        | ł           | I                | I              |             | ł                | 1          | [     | 1            | ł        |               | ľ             | " <b> </b> | .        |                | .                                             | ].        | _ _                                   | .ļ.,           | ۱                  | . <b> </b> | <b></b>          |               | <u> </u> | <u></u>                                 |          | <u> </u>    | · <b> </b> | ļ: ¦:           | <u> </u>                    | ŀ.               |                 |                   |                | _'            | <u>::</u> ] | <u>''</u>    |          |

4cy



-

N,

|   |     |          |         |          |     | · · · | .:: |          |           | ·!.<br>    |    | : | 7  | 7.       | ŀ        |     | <u>،</u> .  |   |         |            | •          |            |       | <br>+ |  | ·        |   |   | 1 |     | -+ |       |     | - |          | -  | <br>    |     |             |           | ~        | 2          |      | -<br>-<br>-                | :       | •••             |             |         |    |             |   | <br>                  | <br><b>†</b> | •        |    | ;<br>,-               |       |              |                |  |            |      |  |
|---|-----|----------|---------|----------|-----|-------|-----|----------|-----------|------------|----|---|----|----------|----------|-----|-------------|---|---------|------------|------------|------------|-------|-------|--|----------|---|---|---|-----|----|-------|-----|---|----------|----|---------|-----|-------------|-----------|----------|------------|------|----------------------------|---------|-----------------|-------------|---------|----|-------------|---|-----------------------|--------------|----------|----|-----------------------|-------|--------------|----------------|--|------------|------|--|
|   | •   | .11      |         |          | :.  |       |     | •        |           | 2          |    |   |    |          |          | _   | ••          |   |         | •          | •••        |            |       | :     |  |          |   |   |   |     |    | •••   | • • | - |          |    | •••     |     | ł           |           |          | , .<br>, . |      | -                          |         |                 | ,<br>,<br>, |         | •  |             |   | • •                   |              | 1        | •  |                       | <br>ŀ | ,            | i              |  |            |      |  |
|   | -   |          |         |          | ' ' |       |     |          |           | ',<br> , ; |    |   |    | ,        |          | •   | •••         |   | _       | •          |            |            |       |       |  | .        |   | - |   |     |    |       | :   |   |          | 4  | /.      | ·ī  |             | -         | ا<br>    | •••        |      |                            | <br>!'  | , <br>          | 11'         | <br> ., |    |             | • | • •                   |              | 11       |    | ،<br>ا.،              |       | ;;;;<br>[];• | ; ; ;<br>; ; ; |  | · .<br>: - | <br> |  |
|   |     | <u> </u> | , IIIII | <b>.</b> | 2   |       |     | <u> </u> | 'ı.<br>'l |            | 11 |   | ·¦ | .#}<br>1 |          |     | ;           | 1 | 4       | -          |            | <u> </u> . |       | -     |  | ŀ        | • |   |   | •   |    | <br>- | 2   |   | <u>.</u> |    | .!:<br> | :   | ŀ           |           | ¦.<br>', | <u>؛</u> : |      | ;                          | ۱.<br>۱ | ,               | 1           | '       | •  | ;;<br>; ; ; |   | <br>, 1               |              | ļi       | 1- | : .!'<br>: ;          | ;     |              |                |  |            | l    |  |
|   | !!+ |          | F       |          |     |       |     | !        |           | <br> .     |    | 1 |    | i<br>iii |          | , ' | ;<br>;<br>; |   |         | •••<br>••! | <br>  <br> | •          | ·   - |       |  | <u>'</u> | • | • |   | ••• |    |       |     |   |          |    | · •     | ••• | ,<br>,<br>, | i, l<br>n | :        | ;;         |      | ,<br>,<br>,<br>,<br>,<br>, | !¦.     | '.,<br>.,<br>., | '  <br>  '  |         |    |             |   | 4<br>1 <sub>1</sub> 4 |              |          |    | r j                   | ı.    |              |                |  | <br>       |      |  |
| L |     |          |         | -        | ;;• | ;'    |     |          |           |            |    |   | 1  | •        | '  '<br> |     | •           |   | '  <br> |            |            |            |       |       |  |          |   |   |   |     | •  | '     | •   |   | ,        | ;, | ;       |     |             |           | •        | ·,<br>;,   | ; ·. |                            | ۰<br>۱  | •               | '           | ;<br>   | ·' |             |   |                       |              | 11<br>11 |    | , <br> ' <sup> </sup> |       |              |                |  |            | ĺ    |  |



•

| 1                                       | -1            |              |                | {            |          | <b> </b> | +                 | )         |                    | <b> </b> -  | <b>;</b> -     | ŀ            | • •       | + -      | ·             | t ~       | . •         |          | r- 1                   |             | : :        | · ·      |          | t        | ,        | 1        | -          | t        | í        | 1            | -1         | - :                | - 1    | •      | ŧ                  |           | + -      |          | 1          | 1         |                        |          | }        | - <u>1.11</u>      |                       |                        | - 1            |                | *****          |              |                              |
|-----------------------------------------|---------------|--------------|----------------|--------------|----------|----------|-------------------|-----------|--------------------|-------------|----------------|--------------|-----------|----------|---------------|-----------|-------------|----------|------------------------|-------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|------------|--------------------|--------|--------|--------------------|-----------|----------|----------|------------|-----------|------------------------|----------|----------|--------------------|-----------------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------------------------|
|                                         |               |              |                | ĺ            |          |          |                   |           |                    |             |                |              |           |          |               |           |             |          |                        |             |            |          |          | ĺ        |          |          | •          |          | i        | 1            |            |                    |        |        |                    | t         |          | •        |            |           |                        |          |          |                    |                       |                        | İ              |                |                |              |                              |
| 1                                       |               |              |                |              |          |          |                   |           |                    |             |                |              |           | <b> </b> | j             |           |             |          |                        |             |            | • •••    |          |          | İ-       |          |            |          | -        | 1            |            |                    | -      |        | -                  |           |          |          |            |           |                        | -        | -        | ++++               | IT,                   | 十                      |                | - <del> </del> | 1              |              | + 1                          |
| 4                                       |               |              | <u> </u>       | _            |          |          |                   |           | <br>               |             |                |              |           |          | ļ             | ļ         |             |          |                        |             | -          |          | •        | Ļ.       |          |          |            |          |          |              |            |                    |        | <br>   | _                  | <u> </u>  |          |          |            |           |                        | _        |          |                    | 臣                     | ÷                      |                | +              | 4              |              | <u> </u>                     |
|                                         |               |              | ••             |              |          | ľ        | •                 |           |                    |             |                |              |           |          |               |           |             |          |                        |             |            |          |          |          | İ        |          | İ          |          |          |              |            | Ì                  |        |        |                    | i<br>1    |          |          | ;          |           |                        |          | ·        | ·#                 |                       | :<br>11 <sup>1</sup> 1 |                | ŀ              |                | :            | ľ I                          |
|                                         | ۰             | <u>.</u>     | .:             | •            |          |          | •                 | ·         |                    |             |                | Γ            |           |          |               |           | {           |          |                        |             |            |          |          |          | ļ        |          |            |          |          |              |            |                    |        |        |                    | Ţ         | Τ        | 1        |            |           | 1                      |          |          | Щ                  | 齳                     |                        |                | 1              |                |              |                              |
| +                                       |               |              |                |              |          |          |                   |           |                    |             |                |              |           |          |               |           |             |          |                        |             |            |          | <br>     |          | <u> </u> |          |            |          |          |              |            |                    |        |        | -                  |           | - -      |          |            |           | -+                     | -+       | -+       | ₩                  |                       | ÷                      | +              | ┽              | <del>" .</del> | ╬            | +                            |
| 1                                       |               | •••          | <u> </u>       | <br>         | •        | ••••     | •                 |           | ļ.                 | ļ           | ļ              |              | <u> .</u> |          | <u> </u>      |           |             |          |                        |             |            |          |          |          | ļ        |          | :<br>:     |          |          |              |            |                    |        |        |                    | _         |          |          |            |           |                        |          |          | Ш                  | 45                    |                        |                |                | <u> </u>       |              | <u>.</u>                     |
| -                                       | •             | .' .         |                | ·;-          | <u>(</u> | X        |                   |           |                    | -           |                | <sup>.</sup> |           |          |               |           |             |          |                        |             |            |          |          |          |          |          |            |          |          |              |            |                    |        |        |                    | -         |          | .        |            |           |                        |          | -        | Ħ                  |                       |                        |                |                | ŧ              |              | Hirl                         |
| 1                                       | ••••          |              | ••••           |              |          |          | ••••              |           |                    | ┢┯╸         |                | +            | +         |          | <del> </del>  |           |             |          |                        |             |            |          | <br>     |          | <u> </u> | <u> </u> | <u>+</u> - |          |          |              |            |                    | $\neg$ |        | -+-                |           | +        | 1        | +          |           |                        |          |          |                    |                       |                        | $\pm$          |                |                |              |                              |
| -                                       | _             | -            |                | - <u>-</u> - |          | į        |                   |           |                    | <b> </b>    |                |              | <b> </b>  |          |               |           | ļ           |          |                        |             | ļ          |          |          |          | Ì—       |          | <br>       |          |          |              |            |                    |        |        |                    |           |          |          | . <b> </b> |           |                        |          |          |                    |                       |                        |                | <u> </u>       | <del>. .</del> | <u>.</u>     |                              |
| -                                       |               |              |                |              | .1       | μ.       |                   | ·         |                    |             | ł              |              | -         | ŀ        |               |           |             |          |                        |             |            |          | ł        |          | -        | .        | ļ          |          | -        |              | ·          |                    |        | ŀ      | ŀ                  |           |          | 1        | -          | -         |                        | -,-      | - 1      |                    | T,                    |                        |                |                | i li li        |              |                              |
|                                         | •             | · .          |                | •            | 1        |          |                   | Ľ.        | -                  | -           | -              |              | Ţ         |          | <u> </u> _    |           |             |          | 1                      |             |            |          | _        | Γ        | -        |          | 1          |          | -        | •            |            | 4                  |        |        |                    |           | <b>.</b> | -        | Ţ          | -         | -                      |          |          |                    |                       |                        |                |                |                |              |                              |
| -                                       |               | •••          |                | 40           | -        |          |                   | <u> :</u> | ŀ                  | +:          | <u> </u>       | -            |           | ┢        | ┢             | ┼──       | F           |          |                        | -           |            | -        |          |          |          | E        | 1          |          |          |              |            |                    | $\neg$ | +      | ╉                  | +         | +        | +        |            |           | ┝╌┽                    | -        |          | ₩                  | ##                    | +                      | <u>;;;;;</u>   | +              | <u>;</u>       |              | $\left  \frac{1}{2} \right $ |
|                                         |               |              |                |              |          |          |                   |           |                    | <u> </u>    | Ē              | Ŀ            |           | ļ        | ļ             |           |             |          |                        | _           |            | Ŀ        |          | ļ        | •        | ·        | 1          |          | ,        |              |            |                    | -      | 4      | Ţ                  |           |          |          |            |           |                        |          |          |                    | Ē                     |                        |                | ļ              | 1              | Лİ.          |                              |
| +                                       | 1 <u>,</u> ,  | ·            |                |              |          | <u> </u> | -                 | .         |                    |             |                | -            | -         |          |               |           | -           |          |                        |             |            | -        |          |          | I        |          | ļ          |          | -        | -            |            |                    | -      |        | •                  |           | -  ·     | -        | ╄=         | +         | -+                     |          |          |                    | 13                    | #                      | ₩-             |                | +              | 븬스           | <u> </u>                     |
|                                         |               |              |                |              |          | -        |                   |           |                    |             | <u> </u>       |              |           |          |               |           |             |          |                        | -           | -          |          |          | <u> </u> |          |          |            |          |          |              |            |                    |        |        |                    | 1         |          | 1.       | 1          |           |                        |          |          |                    |                       |                        | <u>rt</u>      | <u> </u>       | 1              |              |                              |
| ••••••••••••••••••••••••••••••••••••••• | <u>.</u>      | ·<br>        | •••            | 4            |          | ÷        |                   |           | <br>               | _           | <b> </b>       | ŀ            | ÷.        | -        | -             |           |             |          |                        | -           |            | _        | F        |          | +-       | ╞        |            |          | L        | <b> </b>     |            |                    | -      |        | +                  | +         | ┉        | +-       | ÷          | ŀ.        | -                      | -        |          |                    | ▦                     | <u></u>                | 4              | 4-             | ╇              | ÷            | ┿┥                           |
| - <del>-</del>                          | •••           | •            | •              |              |          | Ē        | ↓<br>  •‼         |           |                    | <b>-</b>    |                |              |           |          |               |           |             | - :      |                        |             |            |          |          |          | 1        |          | -          | -        | <u> </u> |              |            |                    | 4      | 1      | -  -               |           |          | +-       | +-         |           |                        |          |          | I                  |                       |                        |                | <u>-†:</u>     | <u>.</u>       | <u>,   -</u> |                              |
|                                         | • :           |              |                | Ш            |          |          |                   | ŀ         |                    |             | -              | -            | -         | ŀ        | L             |           | -           |          |                        |             | ļ          |          |          |          | -        |          | ļ          |          |          |              |            |                    | ••••   |        | 7                  | ╧         | 4        | <u> </u> |            | · ·       |                        |          | <u></u>  |                    | $\blacksquare$        | <u> </u>  ;            | <u>.</u>       | ÷-ŀ-           |                |              | 4-                           |
| -                                       | <u>.</u>      |              |                |              |          | ╞╬       | <u> ' +</u><br> . | ┢         |                    | ┢           |                |              |           |          |               |           |             |          |                        | E           |            |          |          |          |          |          |            |          | -        | F            |            |                    |        |        |                    |           |          | F        | ×          |           |                        | <u>-</u> | ÷        |                    | 10                    |                        | <del>;  </del> | +              | +              | +            | +                            |
|                                         |               |              |                | ÅÖ           | 5        | Ľ        | <u>.</u>          | <u> </u>  | ļ                  | F           |                |              |           | Ĺ        | <b> </b>      | -         | <b>I</b>    |          |                        |             |            | ≥        | $\leq$   |          | Ĺ        | L        |            | <u> </u> |          |              |            |                    |        |        | -                  |           |          | <b>—</b> |            |           |                        |          | <u> </u> |                    | H                     | Π                      | 4              | Ŧ              | 4              | 1            | <u> </u>                     |
| 4                                       | <u>.</u>      | ;;<br>;,,    | <u> </u>       |              |          | ÷        |                   |           | ÷                  | +           |                | · -          |           |          | 1             | -         | #=          | -        | F                      |             |            |          | -        |          | 1        | ╞╤       |            |          |          |              | r.=        |                    |        | لـــــ | -                  |           | 壭        | -        | -          | <u></u> + |                        |          |          |                    | $\frac{1111}{1111}$   |                        | +              | ÷ŀ             |                |              |                              |
|                                         |               | 1 <u>1.</u>  | 1              |              |          |          |                   | ŀ         |                    |             | K              |              |           |          |               |           |             |          | [ <u></u>              | <b>–</b>    | <b></b>    |          |          | 1.       |          | -        |            |          |          |              |            |                    |        | -      | -1                 |           |          | 1        |            | ļ         |                        |          | ·        |                    | $\parallel \parallel$ |                        | -              | 1              | . Ţ.           | 丁            |                              |
| ÷                                       |               |              | <u>ŀ.</u>      | ₩            |          |          | Ľ.                | F         | $\left  - \right $ |             |                |              |           | ŀ        | ┝             | <u> -</u> |             | <u> </u> | -                      | -           | -e         | 1        | <u> </u> | ┝        | ┝        | ┝        | ŀ          | +-       | $\vdash$ | ŀ            | 1          | -1                 | -      | -+     |                    | $\vdash$  |          |          | +          | ÷–        | $\left  - \right $     |          | ┍╼┦      | ₽                  | 雔                     | -+                     | +              | ╬              | +              | ╇            | +                            |
|                                         | •             |              |                | <b>V</b>     | 4        | Ë.       | <u>; ;</u>        |           |                    |             |                |              |           | Ē        | 15            |           |             | 5        |                        | -;-         | <u>[</u> . |          |          |          |          |          |            |          | 1        |              |            | N                  | Ż      |        |                    |           |          | 1        |            |           | -                      |          |          | Ħ                  | ₩                     | 1                      | Ì              | 1              |                |              | +                            |
|                                         | •             | <u> </u>     |                |              |          | <u> </u> | <u> </u>          | ŀ         | <u>.</u> -         | ╬           |                |              |           |          | 1             |           |             | ŀ        |                        | <u> -</u>   | -          |          | +-       |          |          | ╞        |            | <b> </b> |          | ŀ            |            |                    |        |        |                    |           |          | ÷        | А          |           |                        |          |          |                    | ₩                     |                        |                |                | 1              | -            |                              |
|                                         | ·<br>·        |              |                |              |          |          |                   |           |                    | <u>;</u> ;; |                |              | 1         | -        | Ŀ             | <u>†</u>  |             |          |                        |             | <br>       |          |          |          |          | 1        | 1          |          |          | <u> </u>     |            |                    | Ľ      | \      |                    |           |          | Ż        |            |           |                        | Ŀ        |          | i hii              | ΗĦ                    | 1                      |                | -]-            |                | <u>+</u> .   | +-                           |
| 4                                       | _             | :            |                | H            |          | ŀ÷       | ļ.                | <u> -</u> |                    |             | ŀ              |              | <u> </u>  | ŀ        | -             | <u> </u>  | <b>  </b> _ |          | $\left  \right\rangle$ | <u> </u>    |            | -        | -        |          | 4        | <b>ļ</b> | -          | <u> </u> | _        | ļ:           | <u> </u>   |                    |        | j      |                    | $\square$ | -        | A-       | +          | <u> </u>  |                        |          | $\vdash$ | Ш                  |                       | ╞╾┝                    | A              | +              | +              | ╇            | <u>+</u> -                   |
|                                         |               | <u>.</u>     | <u> </u><br> - | 丗            | 3        |          |                   | T.        | -                  |             |                | ÷,           |           | -        | +             |           |             | ŀ        |                        | Ţ.          |            | ¦        | 1        | <u> </u> |          | -        |            |          |          |              |            | • • • •            |        | -i.    | -                  | -         | 1        |          | +-         | <u> </u>  |                        |          |          |                    | 詽                     | ľ                      |                | -              |                |              | -                            |
|                                         |               | <u>:::</u> : | · ·            |              |          |          | ļ                 |           | . · ·              |             |                |              | l<br>     |          | ŀ             |           | -           | -        | ļ:                     |             | 4          |          | -        |          | -<br> -  |          |            | Ŀ        |          | ļ            |            | <u>+</u>           |        | -      |                    | -         | +        |          | -          | -         |                        |          | Ļ        | <b>H</b>           | Щ                     | [.]                    | 1              | F              |                |              |                              |
|                                         |               |              |                | Ħ            |          | ╞        |                   | <u>  </u> |                    | ÷           | <u>  .</u><br> | +            |           | ╀╴       | ┢             | ╈         | -           | +        | -                      | ┢           | -          | -        | -        | ┢        | +        | +        | ┢          | ┿        | +        | <del> </del> |            | $\left  - \right $ |        | -+     | $\left\  \right\ $ | ┝┥        | +        |          | ┼┨         | +-        |                        | -        | ┝─┦      | H                  | H                     |                        | - <u>-</u>     | +              | ┿              | ╋            | +-                           |
| •                                       |               | î            | Ĺ              |              |          | Ŀ        | 1                 |           |                    | 1           |                | Г            |           | Ļ        | Ļ             | l ·       |             |          | Ļ                      | Ľ           |            | L        |          | <u> </u> |          |          |            |          | Ţ        | ļ            | Ľ          |                    |        |        | 4                  |           |          |          |            | Ē         |                        |          | Π        | 興                  |                       | 1                      | ·              | 1              | 4              | 1            |                              |
| -                                       | ¦-            |              | -              | ₩            |          |          | ÷                 |           |                    |             | -              |              | -         |          |               | +         | <u>1:</u>   | -        | -                      | <u> -</u> - | ┝          |          |          | -        | -        |          |            |          |          |              | -          |                    |        |        |                    | -         |          | +        | ┼          |           |                        |          | 1        | -                  |                       | · - ·                  |                | -              |                |              | - -                          |
|                                         | Ē             |              | <u>†.</u> .    | 뙡            | III.     |          | ŀ                 |           |                    | ţ;          |                | 1            |           | <b>†</b> | 1.            | 1         | 1           | 1:       | 1                      | Ė           | <u> </u>   | <b> </b> | 1        |          |          | <u> </u> | <br>       | Ţ.       | +<br>+ - |              | <u>†`-</u> |                    |        |        |                    |           |          |          |            | İ_        |                        | ./       | [        |                    | ;-<br> ;              |                        | +              | 1              | 1              |              |                              |
| ÷                                       | +-            |              | <br>           | 臣            |          |          | -                 | 1         |                    | <u> </u> ;  | $\frac{1}{1}$  | +            |           | ┢        | ť             | ┢         | ┼╴          | ┝        | ┢╸                     | ╞           | ╞          | ┢        |          | ┝        | ╀        | -        | +          | ╞        |          | ┢            | +          | $\vdash$           |        |        |                    | ₩         | -+       |          | +          | <u> </u>  | $\left  \right\rangle$ | 4        | F        | $\left  - \right $ | $\dashv$              | +                      | +              | 4              | +              | ÷            | +-                           |
|                                         | L             |              | ľ              | ₩            |          | -        |                   | #-        | t                  |             | +              |              | <u>.</u>  | ľ        | 1-            | <u> </u>  |             |          |                        |             |            |          | 1        |          | 1        |          | ŀ          |          |          |              | -          |                    |        |        |                    |           |          |          |            | Ŀ         | $\mathbb{Z}$           | •        | <u> </u> |                    |                       |                        | 廿              | 1              | <u> </u>       | Ť            | +                            |
|                                         | ļ             | <u>.</u> -   | ŀ              | $\square$    | Щ        | ]        | _                 | 1         | .                  | 1           |                |              | ļ         |          | +             |           | <b> </b>    | -        | -                      | ļ           |            | .        |          | -        | <b> </b> | -        | <u>+</u> . |          | -        |              | <b> </b>   |                    |        |        |                    |           |          | -        | ·  -       | ¥         | <u> </u> ]             |          |          |                    | ז<br>דייין            | -                      |                |                |                |              |                              |
|                                         | $\frac{1}{2}$ | -            | $\frac{1}{1}$  | *            |          |          |                   | -         | <u> </u>           | fi          | 1              | 5            |           | ╞        | $\frac{1}{1}$ | +-        | +           | +        | +                      | -           |            | f        | :        | +        | •••••    | +-       | +          | 1        | 1        | +-           | 1          |                    |        |        |                    |           |          |          | $\forall$  | 4         |                        |          |          |                    | -+                    | $\uparrow$             | Ť              | +              | +              | ╈            | +-1                          |
|                                         | L             |              | Ľ              | #            |          |          | 1                 | 1         | Ļ                  | 1           | Ļ              | 4            | T         | Ļ        | 1             | Ľ         | Γ           | Ļ        |                        |             | Γ          | Ľ        | + -      | $\perp$  | 1        | _        | 1          | L        |          |              |            |                    |        |        | _                  | Ц         | _        |          | 4          |           |                        |          |          | $\square$          | $\square$             | _                      |                | 1              | 4              | 4            | $\Box$                       |

مر د لر







1 .....

., • •=





4 L

۰ ۰ .

{

- -

\_ ŧ

Resonance 1 I I I

Fig: IV.5.2\_\_\_\_ Numérotation des points expérimentaux à l'intérieur d'une méthode.



.

; 1

8

Fig: IV. 5. 3 \_ Exploration des points expérimentaux lorsque plusieurs méthodes sont mises en jeu.



Γ



Figure IV.S.4 bloc diagramme correspondent au schena d'explo ration de la figure précidente



ă.

r.,





Examen des méthodes d'estimation de valeurs approchées pour les paramètres p et o.

.



Fig. IV 5.7 \_ Programme principal, suite (2,4). Calcul des fonctions d'analyse, de leurs derivées et méthode des moindres carres

and the state of the second of the second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second second se

لحد

. /



. .

.

ľ-

•

\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_



Fig. 17.5.8 - Programme principal, Suite (2,4). Estimation des valeurs approches. par la resolution d'un systeme reduit

احت



\$

Fig. IV.5.9 - Programme principal, suite (2,4) organigramme explicité de la figui: IV.5.7

.

•

,











n : : :



Fig. N. 5.10 - Sous programme LECTRE. Lecture des nombres de points expérimenteux pour chaque méthode.

٠

•



5 .....

٠

•

K.



•





Γ



ET ....

-- -- --

Fig 1V 5.14 - Details de la case "calcul des fonctions d'analyse de la figure producte

•\*\* -- --

•

:

1 .4.

æ

۰.

Γ

Sat Statistics



ا<del>ری</del> مرب





#

۵۰ م ۱۰

N.

F

.

,

; ; • , • ; •

> , • •.

J

, 2° , 47, , 57,

: : : . 2 .



Γ

Γ



Retablissement des ant et azt



• •

Γ

7



The second second second second second second second second second second second second second second second se

C - 2

۰.

٦.

voir figure précédente









. .



4 - 14



Code SPNBE 082

٠

.



- -

; ·

- -

-----

Fig: IV. 6.2

•

. -

Code SPNBE 082



۲ -

i



ON CONVIENT DE DESIGNER PAR 1 LA RESONANCE A 0.10218E 03 EV.

2 LA RESONANCE A 0.10363E 03 EV.

.

•

• •

, , ł

CECI ETANT

POUR LA RESONANCE 1 ON A

z +

|     | GAMMA EXPERIMENTAL              |
|-----|---------------------------------|
|     | SIGMA EXPERIMENTAL              |
|     | SIGMA POTENTIEL                 |
|     | DELTAEV.                        |
| -1  | BETA EXPERIMENTAL               |
|     | LARGEUR(S) DE RESOLUTION        |
|     | ECRAN 1 0.86870E-01 EV.         |
| 7   | ECRAN 2 0.86870E-01 EV.         |
| •   | EPAISSEUR(S)                    |
|     | ECRAN 1 O.84030E-03 ATOMES/BARN |
| لار | ECRAN 2 O.21340E-03 ATOMES/BÁRN |
|     | ABONDANCE ISOTOPIQUE            |

POUR LA RESONANCE 2 ON A

| AMMA EXPERIMENTAL       |                                                                                                                                | 0.51735E 00       | EV.                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IGMA EXPERIMENTAL       |                                                                                                                                | 0.12130E 04       | BARNS                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| IGMA POVENTIEL          |                                                                                                                                | 0.12000E 02       | BARNS                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ELTA                    |                                                                                                                                | 0.26090E-00       | EV.                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ETA EXPERIMENTAL        |                                                                                                                                | 0.10086E 01       |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ARGEUR(S) DE RESOLUTION |                                                                                                                                |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                         | ECRAN 1                                                                                                                        | 0.88740E-01       | EV.                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                         | ECRAN 2                                                                                                                        | 0.88740E-01       | EV.                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| PAISSEUR(S)             |                                                                                                                                |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                         | ECRAN 1                                                                                                                        | 0•84030E-03       | ATOMES/BARN                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                         | ECRAN 2                                                                                                                        | 0.21340E-03       | ATOMES/BARN                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| BONDANCE ISOTOPIQUE     |                                                                                                                                | 0.10000E 01       |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                         | AMMA EXPERIMENTAL<br>IGMA EXPERIMENTAL<br>IGMA POTENTIEL<br>ELTA<br>ETA EXPERIMENTAL<br>ARGEUR(S) DE RESOLUTION<br>PAISSEUR(S) | AMMA EXPERIMENTAL | AMMA EXPERIMENTAL 0.51735E 00   IGMA EXPERIMENTAL 0.12130E 04   IGMA POTENTIEL 0.12000E 02   ELTA 0.26090E-00   ETA EXPERIMENTAL 0.10086E 01   ARGEUR(S) DE RESOLUTION 0.88740E-01   ECRAN 1 0.88740E-01   PAISSEUR(S) ECRAN 1 0.84030E-03   BONDANCE ISOTOPIQUE 0.10000E 01 |

4 • . •

\_\_\_\_\_

-

•

.

•

•

Ŀ.

IV. 6.4

•

| INEES | RELATIVES A LA | RESONANCE 2 D | F L ECRAN 2 |             |             |             |
|-------|----------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| LISTF | DES ALPZA      |               |             |             |             |             |
|       | 1080∂E+00      | C.319JUE-00   | 0.5300CE 00 | 0.74200E 00 | 0.74200E 00 | 0.74200E 00 |
| LISTE | DES ALPIA      |               |             |             |             |             |
|       | ).980' )=-01   | L. 36930F-00  | 0.5200CE 00 | 0.73100E 00 | 0.94100E 00 | 0.11510E 01 |
| LISTE | DES AIRES      |               |             |             |             |             |
|       | 7.5590(5-)1    | 0.159705-00   | 0.25700E-0( | 0.34160E-00 | 0.38290E-00 | 0.432305-00 |
| LISTE | DES ERREURS    | -             | •           |             |             |             |
|       | 3.549 · F-^2   | (.94()(F-02   | 0.12500E-01 | J.15000E-J1 | 0.16100E-01 | 0.1700JE-01 |

#### DON

•

| LISTE DES ALP2A                  |             |              |              |             |             |
|----------------------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 2.1420JE-20                      | r.35100E-ro | C.559UDE 00  | Û. 76809E 00 | 0.97600E 00 | 0.11850E 01 |
| LISTE DES ALPIA                  | C 268005-00 | 0 475003-00  | 0 692005 00  | C 993005 00 | 0 100705 01 |
| LISTE DES ALRES                  |             | 0.41300.2000 | 0.002000 00  | 0.693002 00 | 0.104105 01 |
| 0.10290E-10                      | C.3J920E-00 | L.49870E-00  | 0.68590E UO  | C.83610E 00 | 0.97450E 00 |
| LISTE DES EPREURS<br>0.43000E-12 | 0.760005-02 | C.10160E-01  | 0.120C0F-01  | ú.14000F-01 | 0.158005-01 |
|                                  |             |              |              |             |             |

# DONNEES RELATIVES A LA RESONANCE 1 DE L ECRAN 2

| DNNEES RFLATIVES A LA | RESONANCE 2 D | E L ECRAN 1 |             |             |             |
|-----------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| LISTE DES ALP2A       |               |             |             |             | •           |
| 0.1870 5-00           | 0.39800E-00   | C.61000E 00 | G.82100E UO | C.10330E 01 | 0.12450E 01 |
| U.1457JE 01           |               |             |             |             |             |
| LISTE DES ALPIA       |               |             |             |             |             |
| 0.229(105-00          | U.44000E-00   | 0.650CUE CO | 0.86100E 00 | 0.10710E 01 | 0.12910E 01 |
| ∩•1491CF 01           |               |             |             |             |             |
| LISTE DES AIRES       |               |             |             |             |             |
| 0.2678JF-10           | U.53760E 00   | C.784005 00 | 0.13079E 01 | 0.11999E_01 | 0.13600E.01 |
| J-14837E )1           |               |             |             |             |             |
| LISTE DES FRREURS     |               |             |             |             |             |
| 0.52CJ_F12            | 0.740JUF-02   | C.930CJE-02 | 0.11000E-01 | 0.12800E-01 | 0.14500E-01 |
| U.16400E-01           |               |             |             |             |             |

### 00

| LISTE DES.ALP2A   |             |             |             |             |             |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0.12200E-00       | U.33000E-U0 | C.53900E 00 | 0.74700E UO | 0.9560CE 00 | 0.11640E 01 |
| 0.137305 01       | 0.15820E 01 |             |             | •           |             |
| LISTE DES ALPIA   |             |             |             |             |             |
| 0.81000E-01       | 0.2890JF-00 | 0.49600F-00 | U.704JUE 00 | 0.91300E 00 | 0.111802 01 |
| 1.13257E 01       | U.15327F 01 |             |             |             |             |
| LISTE DFS AIRES   |             |             |             |             |             |
| 0.19100E-00       | 0.57450F 00 | C.95340E 00 | 0.13189E 01 | 0.16703E 01 | 0,19841E OL |
| 0.22810F J1       | 0.252905 01 |             |             |             |             |
| LISTE DES ERREURS |             |             |             |             | •           |
| 7.7203JE-02       | L.400JUF-02 | 0.53UC0E-02 | U.64UJ0E-U2 | 0.74000E-02 | C.86000E-02 |
| J. 7800^E-JZ      | 0.11300E-01 |             |             |             |             |
|                   |             |             |             | •           | · /         |

-

.

-

DONNEES RELATIVES A LA RESONANCE 1 DE L ECRAN 1

## GRANDEURS D ANALYSE - AIRES PARTIELLES-
### CALCUL- ANALYSE PORTANT SUR 3 PARAMETRES PAR RESONANCE

• •

~

### LES VALEURS INITIALES SONT PRISES EGALES AUX VALEURS EXPERIMENTALES

# CALCUL DES VALEURS FINALES PAR MCINDRES CARRES

•

|   | ITERATION        | 0 | FARANETRE  | 1     | = 6.93  | 1250E  | 00         |
|---|------------------|---|------------|-------|---------|--------|------------|
| • | ITERATION        | 0 | PARAMETRE  | 2     | = 0.33  | 30906  | 04         |
|   | . I TERATION     | 0 | PARAPETRE  | 3     | = 0.10  | 218E   | 03         |
|   | ITERATION        | 0 | PARAMETRE  | 4     | = 0.10  | 086E   | 01         |
| • | ITERATION        | 0 | PARAMETRE  | 5     | = 0.12  | 2130E  | 04         |
|   | ITERATION        | Õ | PARAFETRE  | 6     | = 0.10  | )363E  | 03         |
|   | ·                |   | KICARRE= 0 | •248  | 176-00  | )      |            |
|   | ITERATION        | 1 | PARAMETRE  | 1     | = 0.16  | 5801E  | 01         |
|   | ITERATION        | 1 | PARAMETRE  | 2     | = 0.50  | )238E  | 04         |
|   | ITERATICN        | 1 | PARAMETRE  | 3     | = 0.10  | )218E  | 03         |
|   | ITERATION        | 1 | PARAPCTRE  | 4     | = 0.22  | 2933E  | 01         |
|   | ITERATICN        | 1 | PARAFETRE  | 5     | = 0.22  | 2423E  | 04         |
|   | ITERATION        | 1 | PARAMETRE  | 6     | = 0.10  | )363E  | 03         |
|   | •                |   | KICARRE= 0 | • 466 | 55E-01  | L      |            |
|   | ITERATION        | 2 | PARANETRE  | 1     | = 0.20  | )347F  | 01         |
|   | ITERATION        | 2 | DARAMETRE  | 2     | = 0.59  | 1008F  | <u>04</u>  |
|   | ITERATION        | 2 | PARAMETRE  | 2     | = 0.10  | 12186  | 03         |
|   | TTERATION        | 2 | DADAMETRE  | 4     | = 0.3   | 41166  | <b>N</b> 1 |
|   | ITERATION        | 2 | DADANETOE  | 5     | = 0.31  | LASCE  | 04         |
|   | ITERATION        | 2 | PARAMETRE  | 6     | = 0.10  | )363E  | 03         |
|   |                  |   | KICARRE= 0 | .105  | 65E-0   | L      |            |
|   |                  | - |            | -     |         |        |            |
|   | ITERATION        | 3 | PARAMETRE  | 1     | = 0.20  | )954E  | 01         |
|   | ITERATION        | 3 | PARAMETRE  | 2     | = 0.63  | L870E  | 04         |
|   | ITERATION        | 3 | PARAMETRE  | 3     | = 0,10  | )218E  | 03         |
|   | ITERATION        | 3 | PARAMETRE  | 4     | = 0.39  | 7202E  | 01         |
|   | ITERATION        | 3 | PARAMETRE  | 5     | = 0.3   | 5702E  | 04         |
|   | ITERATION        | 3 | PARAMETRE  | 6     | = 0.10  | )363E  | 03         |
|   |                  |   | KICARRE= 0 | •793  | 365E-0; | 2      |            |
|   | ITERATION        | 4 | PARAMETRE  | 1     | = 0.2   | 1038E  | 01         |
|   | ITERATION        | 4 | PARAPETRE  | 2     | = 0.62  | 2085E  | 04         |
|   | ITERATION        | 4 | PARAMETRE  | 3     | = 0.10  | )217E  | 03         |
|   | ITERATION        | 4 | PARAMETRE  | 4     | = 0.3   | 3774E  | 01         |
|   | ITERATION        | 4 | PARAPETRE  | 5     | = 0.30  | 5206E  | 04         |
|   | ITERATION        | 4 | PARAPETRE  | 6     | = 0.10  | )363E  | 03         |
|   |                  |   | KICARRE= 0 | . 781 | .07E-0  | 2      |            |
|   | ITERATION        | 4 | PARAPETRE  | 1     | = 0.2   | 1038E  | 01         |
|   | ITERATICN        | 4 | PARAMETRE  | 2     | = 0.6   | 2085E  | 04         |
|   | ITERATION        | 4 | PARAMETRE  | 3     | = 0.1   | 021 7E | 03         |
|   | <b>ITERATION</b> | 4 | PARAPETRE  | 4     | = 0.3   | 9774E  | 01         |
|   |                  |   |            |       |         | -      | - *        |

201

e

•

•

•

ITERATION4PARAMETRE5=0.36206E04ITERATION4PARAMETRE6=0.10363E03

•

4

Fig. 1V.6.5

CALCLL D ERREUR

.

.

| ERREUR | SUR | LE | PARAMETRE | 1 | = 0.16021E-00 |
|--------|-----|----|-----------|---|---------------|
| ERREUR | SUR | LE | PARAMETRE | 2 | = 0.35930E 03 |
| ERREUR | SUR | LE | PARAMETRE | 3 | = 0.10192E-02 |
| ERREUR | SUR | LE | PARAMETRE | 4 | = 6.89125E 00 |
| ERREUR | SUR | LE | PARAMETRE | 5 | = 0.67233E 03 |
| ERREUR | SUR | LE | PARAMETRE | 6 | = 0.96167E-03 |

RESULTATS FINALS

.

|    | RESONANCE NUMERO 1 |         |                |           |            |             |       |      |     |      | -           |       |
|----|--------------------|---------|----------------|-----------|------------|-------------|-------|------|-----|------|-------------|-------|
|    |                    | VALEURS | EXPERIMENTALES |           |            |             |       |      |     |      |             |       |
| 11 |                    |         |                | ER        | 2          | 0.10218E 03 | EV.   |      |     |      | •           |       |
| ż  |                    |         |                | GAMMA     | =          | 0.55571E 00 | EV.   |      |     |      |             |       |
|    |                    |         |                | SIGMAO    | =          | 0.33090E 04 | BARNS |      |     |      |             |       |
| 7  |                    | VALEURS | INITIALES      |           |            |             |       |      |     |      |             |       |
|    |                    |         |                | ER        | I          | 0.10218E 03 | EV.   |      |     | •    |             |       |
|    |                    |         |                | GAMMA     | =          | 0.55571E 00 | EV.   |      |     |      | -           |       |
| ら  |                    |         |                | SIGMAO    | =          | 0.33090E 04 | BARNS |      |     |      |             |       |
|    |                    | VALEURS | FINALES        |           |            |             |       |      |     |      | -           |       |
|    |                    |         |                | ER        | =          | 0.10217E 03 | EV.   | AVEC | + 1 | ου - | 0.10192E-02 | EV.   |
|    |                    |         |                | GAMMA     | =          | 0.24631E-00 | EV.   | AVEC | + 1 | 00 - | 0.18757E-01 | EV.   |
|    |                    |         |                | SIGMAO    | =          | 0.62085E 04 | BARNS | AVEC | + 1 | DU - | 0.35930E 03 | BARNS |
|    |                    |         |                | G*GAMMA.N | <b>l</b> = | 0.59968E-01 | EV.   |      |     |      |             |       |
|    | RESCNANCE NUMERO 2 |         |                |           |            |             |       |      |     |      |             |       |
|    | • • • • • • •      | VALEURS | EXPERIMENTALES |           |            |             |       |      |     |      |             |       |
|    |                    |         |                | ER        | Ŧ          | 0.10363E 03 | EV.   |      |     |      |             |       |
|    |                    |         |                | GAMMA     | =          | 0.51735E 00 | EV.   |      |     |      |             |       |
|    |                    |         |                | SIGMAO    | =          | 0.12130E 04 | BARNS |      |     |      |             |       |
|    |                    | VALEURS | INITIALES      |           |            |             |       |      |     |      |             |       |
|    |                    |         |                | ER        | =          | 0.10363E 03 | EV.   |      |     |      |             |       |
|    |                    |         |                | GAMMA     | 2          | 0.51735E 00 | EV.   |      |     |      |             |       |
|    |                    | •       |                | SIGMAO    | Ξ          | 0.12130E 04 | BARNS |      |     |      |             |       |
|    |                    | VALEURS | FINALES        |           |            |             |       |      |     |      |             |       |
|    |                    |         |                | ER        | =          | 0.10363E 03 | EV.   | AVEC | + ( | DU - | 0.96167E-03 | EV.   |
|    |                    |         |                | GAMMA     | 2          | 0.13119E-00 | EV.   | AVEC | + 1 | - UO | 0.29398E-01 | EV.   |
|    |                    |         |                | SIGMAO    | 2          | 0.36206E 04 | BARNS | AVEC | + 1 | ou - | 0.67233E 03 | BARNS |
|    |                    |         |                | G*GAMMA.N | (=         | 0.18892E-01 | EV.   |      |     |      |             |       |
|    |                    |         |                |           |            |             |       |      |     |      |             |       |
|    |                    |         |                |           |            |             |       |      |     |      |             |       |
|    |                    |         |                |           |            |             |       |      |     |      |             |       |

•

.

-'5

٠

•

٩

.

LES VALEURS INITIALES RESULTENT DE LA RESOLUTION D'UN SYSTEME D'EQUATIONS PRELEVE SUR LE SYSTEME SURABONDANT

•

```
NUMEROS DES POINTS CHOISIS

1 1 8 1 9 1 15 1

RECLASSEMENT DES DITS POINTS

1 1 8 1 15 1 21 1
```

SOLUTIONS INTERMEDIAIRES

**RESONANCE 1** 

| ITERATION | Ð | SIGMA= 0.33090E 04 BARNS |
|-----------|---|--------------------------|
| ITERATION | Q | RETA = 0.93250E DU       |
| ITERATION | 1 | SIGMA= 0.51054E 04 BARNS |
| ITERATION | 1 | BETA = 0,17736E 01       |
| ITERATION | 2 | SIGMA= 0.65972E 04 BARNS |
| ITERATION | 2 | BETA = U.23297E 01       |
| ITERATION | 3 | SIGM4= 0.71747E 04 BARNS |
| ITERATION | 3 | BETA = 0.25214E J1       |
| ITERATION | 4 | SIGMA= 0.72339E 04 BARNS |
| ITEPATION | 4 | BETA = 0.25398E 01       |

ヨ・ト ・マ

נ י SOLUTIONS INTERMEDIAIRES

PESONANCE 2

 ITERATION
 0
 SIGMA=
 0.12130E
 04
 BARNS

 ITERATION
 0
 BETA =
 0.10086E
 01

 ITERATION
 1
 SIGMA=
 0.20239E
 C4
 BARNS

 ITERATION
 1
 BETA =
 0.20239E
 C4
 BARNS

 ITERATION
 1
 BETA =
 0.20832E
 01

 ITERATION
 2
 SIGMA=
 0.26730E
 04
 BARNS

 ITERATION
 2
 SIGMA=
 0.26730E
 04
 BARNS

 ITERATION
 2
 BETA =
 0.28135F
 01

 ITERATION
 3
 SIGMA=
 0.28683E
 04
 BARNS

 ITERATION
 3
 BETA =
 0.30144E
 01

 ITERATION
 4
 SIGMA=
 0.28792E
 04
 BARNS

 ITERATION
 4
 BETA =
 0.30247E
 01

CALCUL DES VALEURS FINALES PAP MOINDRES CARRES

| ITERATION | 0 | PARAMETRE | 1 | z | 0.25398E | 01 |
|-----------|---|-----------|---|---|----------|----|
| ITEPATION | 0 | PARAMETRE | 2 | Ŧ | 0.72339E | 04 |
| ITERATION | C | PARAMETRE | 3 | = | 0.10218E | 03 |
| ITERATION | 0 | PARAMETRE | 4 | Ξ | 0.30247E | 01 |
| ITEPATION | 0 | PARAMETRE | 5 | = | G.28792E | 04 |
| TTERATION | 0 | PARAMETRE | ć | = | 0.10363F | 03 |

and a second second second second second second second second second second second second second second second

DCNNEES RELATIVES A LA RESONANCE 1 · DE L ECRAN 1 L. LISTE DES ALP2T 0.46000E-02 0.42080E-00 + 0.12510E 01 0.20880E 01 0.29280E 01 U.83320E 00 LISTE DES TRANSMISSIONS I-R 0.84040E-01 0.29260E-00 0.62730E 00 0.79220E 00 0.66220E-01 0.15420E-00 LISTE DES ERREURS 0.66000E-03 0.84000E-03 0.29000E-02 0.63000E-02 0.79000E-02 0.15000E-02 LISTE DES ALPIT 0.41080E-00 0.82590E 00 C.12410E 01 0.18610E 01 LISTE DES TRANSMISSIONS I-R 0.90100E-01 0.17190E-00 0.32920E-00 0.61950E 00 LISTE DES ERREURS 0.17000E-02 0.62000E-02 0.9000E-03 C-33000E-02 DONNEES RELATIVES A LA RESONANCE 2 DE L ECRAN 1 LISTE DES ALP2T 0-12030E-00 0.54250E 00 0.96500E 00 0.16010E 01 LISTE DES TRANSMISSIONS I-R 0.34280E-00 0.41050E-00 0.55120E 00 0.77520E 00 LISTE DES ERREURS 0.41000E-02 0.55000E-02 0.77000E-02 0-34000E-02 LISTE DES ALP1T 0.90400E-01 0.51140E 00 0.93170E 00 0.13520E 01 LISTE DES TRANSMISSIONS I-R 0.54590E 00 0-34290E-00 0.41000E-00 0.69040E 00 LISTE DES ERREURS 0.34000E-02 0.41000E-02 0.55000E-02 0.69000E-02 DCNNEES RELATIVES A LA RESONANCE 1 DE L ECRAN 2 LISTE DES ALP2T 0.420805-00 0.46000E-02 0.83320E 00 0.12510E 01 LISTE DES TRANSMISSIONS I-R 0.5016CE 00 0.531208 00 0.61780E 00 0.72810E 00 LISTE DES ERREURS 0.50000E-02 0.53000E-02 0.62000E-02 0.73000E-02 LISTE DES ALPIT 0.41080E-00 0.82590E 00 0.12410E 01 0.18610E 01 LISTE DES TRANSMISSIONS I-R 0-54030E · 00 0.63480E 00 0.75010E 00 0.88450E 00 LISTE DES ERREURS 0.63000E-C2 0.54000E-02 0.75000E-02 0.88000E-02 DONNEES RELATIVES A LA RESONANCE 2 DE L ECRAN 2 LISTE DES ALP2T 0.12030E-00 0.54250E 00 LISTE DES TRANSMISSIONS I-R 0.76190E 00 0.79680E 00 **LISTE DES ERREURS** 0.76000E-02 0.8000E-02 LISTE DES ALPIT 0.90400E-01 0.51140E 00 0.93170E 00 LISTE DES TRANSMISSIONS I-R 0•7966C 0.76190E 00 00 0.85650E 00 LISTE DES ERREURS 0.76000E-02 0.80000E-02 0-86000E-02

GRANDEURS D ANALYSE - TRANSMISSIONS INTERFERO-RESONNANTES-

.

)

4

٠



I

.

#### PAS & AMELIORATION ARRIVE A CE STADE

KICARRE= :.26873E-32

#### N A PAS CONVERGE

•

4

\$

| TERATION | 4 | PARAMETRE | 1 | = C.21169F +)1 | L |
|----------|---|-----------|---|----------------|---|
| TERATION | 4 | PARAMETRE | 2 | = 0.624(3F )4  | ÷ |
| TERATION | 4 | PARAMETRE | 3 | = C.10218F )3  | 3 |
| TERATION | 4 | PARAMETRE | 4 | = U. 38682E 01 | L |
| TERATION | 4 | PARAMETRE | 5 | = 0.35358E .4  | ÷ |
| TERATION | 4 | PARAMETRE | 6 | = 0.10363E 03  | 3 |
|          |   |           |   |                |   |

CALCUL D ERREUR

| SUR | ٤E                                     | PARAMETRE                                                | 1                                                                                                                    | = ·• 3**.67E- 1                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SUR | LE                                     | PARAMETRE                                                | 2                                                                                                                    | = U.69511E J2                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| SUR | LE                                     | PARAMETRE                                                | 3                                                                                                                    | = J.47178E~03                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| SUR | LE                                     | PARAMETRE                                                | 4                                                                                                                    | = 0.30245E-01                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| SUR | LE                                     | PARAMETRE                                                | 5                                                                                                                    | = 0.29998E C2                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| SUR | LE                                     | PARAMETRE                                                | 6                                                                                                                    | = 3+15195F-04                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|     | SUR<br>SUR<br>SUR<br>SUR<br>SUR<br>SUR | SUR LE<br>SUR LE<br>SUR LE<br>SUR LE<br>SUR LE<br>SUR LE | SUR LE PARAMETRF<br>SUR LE PARAMETRE<br>SUR LE PARAMETRE<br>SUR LE PARAMETRE<br>SUR LE PARAMETRE<br>SUR LE PARAMETRF | SUR LE PARAMETRE 1<br>SUR LE PARAMETRE 2<br>SUR LE PARAMETRE 3<br>SUR LE PARAMETRE 4<br>SUR LE PARAMETRE 5<br>SUR LE PARAMETRE 6 | SUR LE PARAMETRF       1       = '.o 3''.67E-'1         SUR LE PARAMETRE       2       = 0.69511E .32         SUR LE PARAMETRE       3       = 0.47178E-03         SUR LE PARAMETRE       4       = 0.30245E-01         SUR LE PARAMETRE       5       = 0.29998E C2         SUR LE PARAMETRF       6       = 3.15195F-04 |

٦ تو ب IV. 6. 9

#### RESULTATS FINALS

RESONANCE NUMERO 1

| VALEURS | EXPERIMENTALES |           |    |          |           |       |      |   |    |   |             |       |
|---------|----------------|-----------|----|----------|-----------|-------|------|---|----|---|-------------|-------|
|         |                | FR :      | =  | 0.10218E | 03        | E۷。   |      |   |    |   |             | -     |
|         |                | GAMMA     | Ξ  | C.55571E | 00        | EV.   |      |   |    |   |             |       |
|         |                | SIGMAL :  | =  | 0.3309UE | 34        | BARNS |      |   |    |   |             |       |
| VALEURS | INITIALES      |           |    |          |           |       |      |   |    |   |             |       |
|         |                | ER :      | =  | C.10218E | 03        | E۷。   |      |   |    |   |             |       |
|         |                | GAMMA =   | =  | 0.55571E | 00        | EV.   |      |   |    |   |             |       |
|         |                | SIGMAO    | =  | C.3309CE | J4        | BARNS |      |   |    |   |             |       |
| VALEURS | FINALES        |           |    |          |           |       |      |   |    |   |             | •     |
|         |                | ER :      | Ŧ  | L.1C218E | 03        | FV.   | AVEC | + | ດບ | - | ).47178E-33 | FV.   |
|         |                | GAMMA :   | =  | 0.2448 E | -00       | EV.   | AVEC | + | nu | - | 0.34771E-02 | EV.   |
|         |                | SIGNAN    | =  | 0.62413E | <b>U4</b> | BARNS | AVEC | + | nυ | - | ).69511E 02 | BARNS |
|         |                | G*GAMMA.N | ¥= | 0.599 7E | -31       | EV.   |      |   |    |   |             |       |

.

| RESONANCE NUMERO 2 | VALEURS | FXPERIMENTALES |           |         |         |       |      |   |    |   |             |       |
|--------------------|---------|----------------|-----------|---------|---------|-------|------|---|----|---|-------------|-------|
|                    |         |                | FR        | = 6.173 | 363E 03 | EV.   |      |   |    |   |             |       |
|                    |         |                | GAMMA     | = 0.511 | 735E 00 | EV.   |      |   |    |   |             |       |
|                    |         |                | SIGMAN    | = 0.121 | 13CF 34 | BARNS |      |   |    |   |             |       |
|                    | VALEURS | INITIALES      |           |         |         |       |      |   |    |   |             |       |
|                    |         |                | ER        | = ( 163 | 363E J3 | EV    |      |   |    |   |             |       |
|                    |         |                | GAMMA     | = 1.517 | 735E CO | E۷。   |      |   |    |   |             |       |
|                    |         |                | SIGMAD    | = 0.12  | 13CE 04 | BARNS |      |   |    |   |             |       |
|                    | VALEURS | FINALES        |           |         |         |       |      |   |    |   |             |       |
|                    |         |                | ER        | = 1.10  | 363E 03 | EV.   | AVEC | + | 00 | - | v。15195E-04 | EVe   |
|                    |         |                | GAMMA     | = 1.134 | 4898-6) | FV 2  | AVEC | + | 0U | - | 0.17547E-02 | FV.   |
|                    |         |                | SIGMAU    | = (. 75 | 358E .4 | BARNS | AVFC | + | 00 | - | ).29998E 02 | BARNS |
|                    |         |                | G#GAMMA.N | = 189   | 97LF-J1 | EV.   |      |   |    |   |             |       |

-

1 ٦

•

٠, • •

#### CALCUL- ANALYSE PORTANT SUR 3 PARAMETRES PAR RESONANCE

•

-

•

.

•

LES VALEURS INITIALES RESULTENT DU CHEMINEMENT DANS LA VALLEE

ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>OSIGMA=<br/>BETA<br/>O0.33090E<br/>0.93250E<br/>0.0004<br/>BARNS<br/>ITERATION<br/>OSIGMA=<br/>O<br/>0.12130E<br/>0.4<br/>0.12130E<br/>0.4<br/>0.4086E<br/>0.1ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>I<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>I<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>I<br/>ITERATION<br/>I<br/>ITERATION<br/>I<br/>ITERATION<br/>I<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>I<br/>ITERATION<br/>I<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>I<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>ITERATION<br/>

#### CALCUL DES VALEURS FINALES PAR MOINDRES CARRES

| ITERATION  | 0 | PARAMETRE           | 1  | = 0.13428E 01 |
|------------|---|---------------------|----|---------------|
| ITERATION  | 0 | PARAMETRE           | 2  | = 0.47650E 04 |
| ITERATION  | 0 | PARAMETRE           | 3  | = 0.10218E 03 |
| ITERATION  | 0 | PARAMETRE           | 4  | = 0.14524E 01 |
| ITERATION  | Ũ | PARAMETRE           | 5  | = 0.17467E 04 |
| ITERATION  | 0 | PARAMETRE           | 6  | = C.10363E 03 |
|            |   | KICARRE= 0.         | 29 | 882E-00       |
| TTERATION  | 1 | <b>ΡΔΩΔΜΕΤ̈́R</b> Ε | 1  | = 0.19093E 01 |
| TTERATION  | î | PARAMETRE           | 2  | = 0.58115E 04 |
| TTERATION  | î | DARAMETRE           | 2  | = 0.10218E 03 |
| I TERATION | 1 | DADANETDE           | 4  | = 0.26016E 01 |
| TTEDATION  | 1 | DADAMETRE           | 5  | = 0.25903E 04 |
| TEDATION   | 1 | DADANETDE           | 6  | = 0.103635 03 |
| ITCRATION  | * | FARAFLIRE           | 0  |               |
|            |   | KICARRE= 0.         | 17 | 076E-01       |
| ITERATION  | 2 | PARAMETRE           | 1  | = 0.20890E 01 |
| ITERATION  | 2 | PARAMETRE           | 2  | = 0.61725E 04 |
| ITERATION  | 2 | PARAMETRE           | 3  | = 0.10218E 03 |
| ITERATION  | 2 | PARAMETRE           | 4  | = 0.35711E 01 |
| ITERATION  | 2 | PARAMETRE           | 5  | = 0.33085E 04 |
| ITERATION  | 2 | PARAMETRE           | 6  | = 0.10363E 03 |
|            |   |                     |    | •••••••••     |

-

1

Fig IV. 6.10

#### **RESULTATS FINALS**

•

. - -

**RESONANCE NUMERO 1** VALEURS EXPERIMENTALES ER = 0.10218E 03 EV. = 0.55571E 00 EV. GAMMA = 0.33090E 04 BARNS SIGMAO VALEURS INITIALES `` = 0.10218E 03 EV. ER GAMMA = 0.38591E-00 EV. = 0.47650E 04 BARNS SIGMAO VALEURS FINALES = 0.10218E 03 EV. AVEC + OU - 0.11040E-03 EV. ER = 0.24610E-00 EV. AVEC + OU - 0.80055E-03 EV. GAMMA = 0.62079E 04 BARNS AVEC + 0U - 0.15925E 02 BARNS SIGMAO G\*GAHMA.N= 0.59912E-01 EV. ( **RESONANCE NUMERO 2** VALEURS EXPERIMENTALES = 0.10363E 03 EV. ER GAMMA = 0.51735E 00 EV. .. SIGMAO = 0.12130E 04 BARNS VALEURS INITIALES ER = 0.10363E 03 EV. = 0.35927E-00 EV. GAMMA SIGMAO = 0.17467E 04 BARNS VALEURS FINALES = 0.10363E 03 EV. AVEC + OU - 0.34012E-05 EV. ER = 0.13290E-00 EV. AVEC + OU - 0.23190E-03 EV. GAMMA = 0.35784E 04 BARNS AVEC + OU - 0.69316E 01 BARNS SIGMAO G\*GAMMA.N= 0.18915E-01 EV.

8

. .

**.** 

## Fig. 1V.6.11

~

OLLECTION

CEA-N 826

. - Note CEA-N 826 -

Département de Physique Nucléaire Service de Physique Nucléaire à Basse Energie

•

## METHODE D'ANALYSE DES RESONANCES INDUITES PAR LES NEUTRONS s DANS LES EXPERIENCES DE TRANSMISSION PAR TEMPS-DE-VOL ET AUTOMATISATION DE CES METHODES SUR ORDINATEUR IBM 7094 II

Chapitres 5, 6 et 7

.par

Charles CORGE

- Octobre 1967 -

• .

#### CHAPITRE V

#### PROCEDURE DE VERIFICATION

#### CODE SPNBE 109

#### VI1 STRUCTURE DU CODE SPNBE 109

La procédure de vérification faisait appel dans les premiers temps au code SPNEE 051 que nous ne décrirons pas ici et dont le but essentiel était de permettre un simple contrôle graphique de la validité des résultats obtenus à l'aide du ou des programmes d'analyse. L'avantage d'un tel contrôle réside dans l'apport appréciable pour le physicien d'une vue d'ensemble comparée du phénomène de résonance. Cette vue lui permet d'apprécier d'un seul coup d'oeil, et pour plusieurs résonances, le bon accord entre les points expérimentaux et les points qui résultent de l'estimation des paramètres par une méthode de moindres carrés. Elle lui permet aussi la détection instantanée des différences locales entre ces deux suites de points.

En fait la portée d'une telle procédure dépasse ce simple objectif car elle conduit tout naturellement et rapidement à une procédure d'analyse des résonances dont le fondement ne serait pas strictement une méthode de moindres carrés, mais qui procèderait par approximations successives empiriques suggérées par l'intuition, le sens physique, la compréhension de phénomène, la connaissance des conditions expérimentales, et dont la convergence serait contrôlée par l'évolution du  $\chi^2$ . La pratique a montré que pour certains esprits bien exercés et à condition d'ajouter au tracé le calcul de certaines quantités pouvant constituer des critères de choix ou de décision et servir d'indicateurs de tendance, l'analyse pouvait être faite en quatre ou cinq essais, guère plus, quelquefois moins, bien qu'elle puisse porter sur un plus grand nombre de résonances. ł

ł

Ces considérations bous ont amenés peu à peu à modifier le code SPNBE 051 à l'origine calqué sur la partie calcul de la fonction de forme des programmes d'analyse, pour finalement aboutir à une refonte complète de sa structure devenue depuis le code SPNBE 109.

#### V.1.1 Description générale

Le principe du calcul demeure celui adopté dans les programmes d'analyse, cependant on ne peut ignorer que le tracé graphique exige de se replacer dans le référentiel expérimental. Autrement dit, les calculs seront effectués dans l'espace des variables réduites, que le facteur de réduction soit la largeur de résonance ou la largeur Döppler, alors que les données et les résultats avec leur représentation devront se situer dans le référentiel des canaux. On retrouvera donc des grandeurs caractéristiques de l'implantation expérimentale comme la largeur des canaux, le positionnement des zones d'intérêt du sélecteur, le retard èlectronique, le nombre des canaux couverts pour chacune des zones, la largeur de la fonction de résolution ainsi que la largeur d'élargissement Döppler.

On définira la région sur laquelle doit porter le traitement en indiquant au programme les canaux qui la bornent. Chaque résonance présente dans cette région sera traitée en la rapportant à sa propre échelle. C'est dire qu'il faut répartir les canaux en intervalles considérés comme autant de sous espaces dans lesquels les abcisses seront transformées en abcisses réduites avec pour origine l'énergie de résonance sur laquelle est centré l'intervalle. Par rapport aux programmes d'analyse des possibilités offertes sont accrues. En effet le nombre des résonances est porté à 50, celui : des canaux qu'elles peuvent occuper au total s'élève à 2500.

Ceci étant, les canaux sont examinés en séquence et prennent rang. Explicitement un numéro d'ordre IS leur est affecté. Pour chacun d'eux l'énergie correspondante est calculée après repérage par le sous-programme REPER de la même manière que cela était fait dans les codes de traitement des données expérimentales. Précisons toutefois qu'ici les sélecteurs 1, 2 et 3 sont désormais abandonnés.

Le calcul de la transmission interféro-résonnante dans chaque canal se fait par appel du sous-programme TRANS dont nous parlerons au paragraphe suivant. Le tracé de tous les points est assuré par le sous-programme TRACE.

Outre les résonances présentes dans la région examinée, on pzut, et cela se révèle le plus souvent nécessaire, faire intervenir des résonances situées hors de cette région pour tenir compte de leur contribution. Cette possibilité devient même un artifice lorsqu'on veut simuler un effet d'interférence par la présence d'une résonance fictive. Il faut toutefois veiller à ce que les variables réduites  $x_k$ ne dépassent pas 512, mais c'est là un cas fort peu probable.

En bref la figure V.2.1 illustre les articulations du programme principal de ce code.

Lorsque le programme est utilisé à des fins d'analyse il est très commode de pouvoir directement rendre compte des transmissions hors résonance en décrivant la transmission potentielle  $T_p$ , non pas par une constante, mais par une expression polynômiale du second degré variable avec l'énergie et que l'on peut ajuster en calculant des valeurs moyennes. Dans ce but le programme effectue de cahal en canal, sur toute la région, les sommes

$$A_{th}$$
 (IS) =  $\sum_{j=1}^{j=IS} [1 - T_{IR} (IS)]'$  (V.1.1)

$$A_{exp}(IS) = \sum_{j=1}^{j=IS} \left[1 - (T_{IR}(IS))_{exp}\right] \qquad (V.1.2)$$

Ces quantités permettent par comparaison de procéder à une normalisation ou un calage sur les ailes.

D'autre part la somme (V.1.1) représente en fait une aire et par différence de deux telles sommes on peut évaluer l'aire d'un creux de transmission, à une constante près, en première approximation toutefois. On peut donc en particulier écrire pour les actus minces des relations du genre

$$g \Gamma_n = [(A_{th})_2 - (A_{th})_1]$$
. C<sup>te</sup> (V.1.3)

Au second membre de (V.1.3) correspond une quantité expérimentale qui lui est comparable, de sorte qu'il est possible d'obtenir de cette façon une bonne valeur approchée pour  $g \bigcap_n$ . Pour de tels écrans un bon critère de convergence sera d'ailleurs la quasi égalité des aires théoriques et expérimentales. Pour les écrans épais le comparaison point à point de  $\widehat{}$  méthode des formes offre plus de sécurité.

#### V.1.2 Sous-programme TRANS

Comme cela a été dit plus haut ce sous-programme a pour objet le calcul de la transmission dans le canal de rang IS. La valeur trouvée U est communiquée au programme principal sous forme d'argument.

i

Le principe du calcul est celui du code SPNBE 082, toutefois le schéma de mise en application en est quelque peu différent dans ses détails en particulier en ce qui concerne le calcul des fonctions d'élargissement Döppler et le classement des points. Il s'agit en effet de faire porter les calculs sur un grand nombre de canaux, c'est-à-dire, un grand nombre de points expérimentaux partagés entre des résonances également plus nombreuses. D'autre part il n'y a pas lieu de considérer plusieurs fonctions d'analyse ni de connaitre les dérivées partielles d'une de ces fonctions. En fait la seule fonction à calculer demeure la fonction de forme. Enfin on ne travaille que sur une seule épaisseur d'écran à la fois.

Il s'ensuit que les précautions de conservation en mémoire des fonctions d'élargissement Döppler sont différentes. Dien entendu ces dernières seront préservées tant que l'on restera sur une même résonance mais le regroupement se fera autrement. Si on s'en rapporte à la figure IV.5.1 on devrait ranger pour une résonance donnée toutes les valeurs situées dans les colonnes d'un même rang - celui correspondant à la dite résonance - de l'ensemble des matrices constituées en chacun des 1282 points de la partition (IV.3.15). Une telle situation conduirait à une consommation prohibitive de mémoires car les colonnes i comportent ici braucoup plus de lignes qu'elles n'en avait dans le code précédent.

Les remarques faites plus haut nous permettent heureusement d'abaisser considérablement le nombre de matrices qu'il faut simultanément considérer. Ce nombre peut être ramené à neuf, encore que cette limite inférieure pourrait être plus petite, n'eut été le fait que la méthode de calcul des fonctions  $\Phi$  par la relation (IV. 3, 20) qui met en jeu une formule du type Lagrange à 5 points n'a pas été remplacée par une méthode faisant appel au sous-programme PSSI [IV. 3. 1]. On fait donc glisser une fenêtre ouverte sur 9 matrices tout au long des x'<sub>k</sub>. Les fonctions  $\Psi$  seront tridimensionnées. Le premier indice J indiquera la résonance contributrice, le second MM repèrera la matrice à l'intérieur de la fenêtre et le troisième précisera si le point est du type IK ou JK dans la partition.

La figure V.2.2 représente l'organigramme du sous-programme TRANS.

Le rang IS du canal étant transmis au sous-programme celui-ci procède à l'identification de la résonance à laquelle appartient le point expérimental, après avoir toutefois calculé  $x_{max}$  s'il s'agit du premier point, puis il compare le nouveau numéro d'identification à l'ancien. Si c'est le même, l'intégrant  $T_{IR}(an\sigma_0,\beta,K_k;x'_k)$  aura déjà été calculé en tous les points de la partition et il suffira donc de procéder à l'intégration entre les bornes  $\alpha$  correspondant au point expérimental pour obtenir la transmission cherchée, ou d'interpoler si l'effet de résolution est négligeable. Si ce numéro est différent il faut au préalable calculer cet intégrant à partir des fonctions  $\psi$ et  $\Phi$  en faisant glisser la fenêtre comme il a été dit. L'organigramme montre comment ce glissement est imbriqué avec le calcul de l'intégrant.

#### V.1.3 Sous programme TRACE

Ce sous-programme effectue le tracé point par point de la courbe des transmissions interféro-résonnantes expérimentales et de celle des valeurs théoriques correspondantes. Le principe en est le même que celui décrit au paragraphe II.5.3. C'est dire qu'en ordonnée et pour une abcisse constante, il y a 113 positions graphiques possibles pour le point qui sera marqué soit par le symbole + soit par le symbole \* selon qu'il s'agit de la première courbe ou de la seconde. A chacune de ces positions est attachée une variable B. Toutes les variables B sont initialement mises à la valeur "blanc". Prennent la valeur + ou \* les variables dont l'indice a pour valeur la partie entière d'une quantité directement déduite des ordonnées compte tenu du choix de l'échelle. Ce choix est fait à l'intérieur du programme par recherche de l'ordonnée maximum  $T_M$  pour la ou les deux courbes.

L'ordonnée des points théoriques intervient avant celle des points expérimentaux de sorte que, s'il doit y avoir superposition rigoureuse des deux points représentatifs, c'est le point expérimental qui l'emporte et seul apparait.

La structure du sous-programme TRACE est donnée à la figure V.1.3.

#### V.1.4 Utilisation d'un traceur digital

On peut par ailleurs effectuer un tracé plus esthétique et plus ramassé que le tracé précédent sur un traceur cigital Calcomp par appel du sous-programme bibli dhèque GRAPHP dont les spécifications d'emploi sont décrites à la référence [V.1,1].

Les instructions à insérer dans la liste du paragraphe V.3 sont données à la figure V.1.4 avec toutefois deux réserves. Il faut, d'une part, débaptiser au préalable l'étiquette 25 qui se trouverait autrement en double, d'autre part, réserver 2500 mémoires pour les abcisses TC1 qui sont en fait les (IRF - IRI+1) premiers nombres entiers.

La figure V.2.4 représente un exemple de tracé obtenu portant sur 12 résonances dans la région étudiée. - 499 -

## V.2 SPECIFICATIONS DU CODE SPNBE 109

## V.2.1 Nomenclature

| Nom                             | Mémoires<br>occupées | Trevail affectué                      |
|---------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| TRANS (IS,U)                    | 775620               | Calcul de la transmission intérfério. |
|                                 |                      | résonnante théorique dans le canal    |
|                                 |                      | correspondant au point expiremental   |
|                                 |                      | de rang 15 à l'intérieur de l'un.     |
|                                 |                      | tervalle couvrant la résonance en     |
|                                 |                      | cours de traitement. La valen         |
|                                 |                      | obtenue est transmisse au program     |
|                                 |                      | me principal par l'argument U         |
| REPER (ISELEC, I, NZ, TAP, NCA) | 153,00               | Recherche de la zone NZ où se trouve  |
|                                 |                      | le canal de rang aboutu 3, compte     |
|                                 |                      | tenu du type d'analyseur ISELEC.      |
|                                 |                      | NCA est le nombre de canaux dans      |
|                                 |                      | la zone d'interêt NZ. TAP est         |
|                                 |                      | une variable de travail en retour     |
|                                 |                      | vers le programme appelant.           |
| TONGE (NUL NO NO NO NO          | 1.02                 | Tool du and VZ . F. C.                |

ŧ

| V | .2. | ,1,1 | L Liste | des | sous-pr | ogrammes |
|---|-----|------|---------|-----|---------|----------|
|---|-----|------|---------|-----|---------|----------|

| TRACE(N1, N2, NC, Y, Z) | 48310 | Tracé des courbes Y, Z entre les | , |
|-------------------------|-------|----------------------------------|---|
|                         |       | comant N1 et N2. NC indique      |   |
|                         |       | le nombre de courbes réellement  | • |
|                         |       | demandé.                         | - |



Ì

İ

1

ł

- ·

;

ι

| Non                                                   | Memoires<br>occupées | Troval effectué           |
|-------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|
|                                                       |                      | Restrictions              |
|                                                       |                      | NC 52                     |
|                                                       |                      | bloc dos Y, 2 restreint à |
|                                                       |                      | seoo home                 |
| (1) 11 355,0 mémoires pour le<br>programme principal. | (A)<br>839210        |                           |

| V.2 | 2.1 | .2 | Glossaire | des | variables | symboliques |
|-----|-----|----|-----------|-----|-----------|-------------|
|-----|-----|----|-----------|-----|-----------|-------------|

,

|         | Symbole<br>mathéma-<br>tique | Ecriture<br>FORTRAN               | Dimension | Communs<br>(* si oui) | Description                                                                                                                                                                               |
|---------|------------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Données |                              | CØRP1, CØRP2<br>NRESØ<br>NPTSI(I) | 51        | *                     | nom du corps étudie.<br>nombre de réconances.<br>Numéros des canaux défi-                                                                                                                 |
|         | a                            | АВІ5ф (I)                         | 50        | ×                     | moant la partition de la<br>region de spectre analysée<br>en intervalles de résonance.<br>I varie de 1 à NRESO+1<br>abondance notopique de<br>l'élément responsable de la<br>résonance I. |



| Γ                  | Symbole | Ecritine   | 2         | Communs   | Dente                                           |
|--------------------|---------|------------|-----------|-----------|-------------------------------------------------|
|                    | - tique | FORTRAN    | Dimension | (* ~ oui) | yescripin                                       |
| nées<br><u>ta)</u> | ٥       | Delta (I)  | 50        | *         | Largem Döppler pour la reso-                    |
|                    | ſ;      | GAHMA (I)  | 50        | *         | nance I , en ev<br>Langeun totale de la réiman- |
|                    |         |            |           |           | as, en ev                                       |
|                    | ້       | SIGMA (I)  | 50        | *         | section efficace totale au duoit                |
|                    |         |            |           |           | de l'énergre de résonance pour                  |
|                    |         |            |           |           | la romance I, en barns                          |
|                    |         | R (I)      | 50        |           | Larguer de la fonction de                       |
|                    |         |            |           |           | résolution poin la remance I                    |
|                    |         |            |           |           | en ett                                          |
|                    | σř      | SIGMAP (1) | 50        | *         | section efficare potentielle en                 |
|                    |         |            |           |           | barno dans la région de la                      |
|                    |         |            |           |           | rismance I                                      |
|                    |         | ISELEC     |           |           | indre d'identification du                       |
|                    |         |            |           |           | sélecteur en temps.                             |
|                    |         | IEXP       |           |           | indice d'existence de pomts                     |
|                    |         |            |           |           | erpe rimentau ×                                 |
|                    |         | NZØNE      |           |           | nombre de zones d'unterêt à                     |
|                    |         |            |           |           | l'intérieur de la zone d'a-                     |
|                    |         |            |           |           | nolize du rélecteur                             |
|                    |         | IPER       |           |           | indue de demande de jer-                        |
|                    |         |            |           |           | fration des transmissions                       |
|                    |         |            |           | 1         |                                                 |

4

4

\_ ;

- 501 -

|   |      |   | u                      |
|---|------|---|------------------------|
|   | IPER |   | indue de demande d     |
|   |      |   | fration des transmissi |
|   |      |   | our cartes.            |
| • | 1    | ' |                        |

| meen on TR(I)                     |           | 5200  | הפרדג (I) | ( atix) any.   |         |
|-----------------------------------|-----------|-------|-----------|----------------|---------|
| corral I.                         |           |       |           |                |         |
| nonte se priventale dane l        |           |       |           |                |         |
| - nois - aistretur resonnent      |           | \$200 | TR(I)     | (TIR)erth.     |         |
| zone d'unterêt I.                 |           |       |           |                |         |
| nombre de comane dans la          |           | 25    | (z) AJN   |                |         |
| I per repport à to.               |           |       |           |                |         |
| tentur le vou le vouster          |           | 35    | (I) Z     |                |         |
| done la your d'unitéer I.         |           |       |           |                |         |
| largem des conoux en pe           |           | 3E    | Lr (1)    | ²7             |         |
| . ملا                             |           |       |           |                |         |
| et alone l'expression de          |           |       |           |                |         |
| cafficient du terme de degré      |           |       | 9730      |                |         |
| of the dave l'expression de Tp    |           |       |           |                |         |
| coefficient du soume lerréaux     |           |       | 978       |                |         |
| pression de Tp.                   |           |       |           |                |         |
| everfle event ernotant dave l'ex- |           |       | 9 T A     |                |         |
| expressiones su atomes par larre. |           |       |           |                |         |
| épaiment de l'échantillar         |           |       | EN        | ru<br>N        |         |
| avortuen ek chrehr                |           |       |           |                |         |
| compte no gaterement pour les     |           |       |           |                |         |
| Retard s'lectromque en pu         |           |       | КЕ        | k <sup>c</sup> | Î Î     |
| Longueur de la las en mètre.      |           |       | טר        | ۲<br>          | (stine) |
|                                   | (mo !s *) |       | NAATAOF   | pique          |         |

ł

١

1

| mulphosel |          | norsnomig |          | -oustrem |   |
|-----------|----------|-----------|----------|----------|---|
|           | รนาทแพงว |           | Ecriture | stadmpz  | l |
|           |          | l         |          |          | i |

- 502 -

|                                                         | •         | •     | •         |                               |
|---------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------|-------------------------------|
| pour experimental de rang                               |           |       |           |                               |
| ut serveres etuder sarrele                              | *         | 5290  | (51) 2918 | م <sup>1</sup> ، م <i>ی</i> ر |
| · trued of                                              |           |       |           |                               |
| rame à laquelle appartient                              |           |       |           |                               |
| à l'ineque Ex de la viso.                               |           |       |           |                               |
| energia eyerer à la la la la la la la la la la la la la |           |       |           |                               |
| m pour correspond à un                                  |           |       |           |                               |
| so arge a serve ter AB .21                              |           |       |           |                               |
| gener et le mension répresentation                      |           |       |           |                               |
| abserne rédunte caladas du                              | *         | 5200  | (51)7878  | L"> · r'e                     |
| XV3Q21 grov et loturnites                               |           |       |           |                               |
| not conceptordant as femil                              |           |       |           |                               |
| - rue alous l'an du ca-                                 |           | 72 OO | (×03051)3 |                               |
| prieédente.                                             |           |       |           |                               |
| experimental de la suite                                |           |       |           |                               |
| mon manado uto anum                                     |           |       | XAASI     |                               |
| · séqueros                                              |           |       |           |                               |
| esmance de la groce                                     |           |       |           |                               |
| cets there by and the                                   |           |       |           |                               |
| numero du pour esperan                                  |           |       | SI        |                               |
| . I worson of                                           |           |       |           |                               |
| taux drows l'untervalle de                              |           |       |           |                               |
| monoper opposit to request                              | ×         | 20    | NG TS (K) |                               |
| , _ , g                                                 |           |       |           |                               |
|                                                         | (mo 10 h) |       | ИАЯТЯОЧ   | fique                         |

÷

ŧ

2

}

; -

ı

**}** 

ļ

ì

,

| Deserption |        | noisnomia                                  |                                                                       | an erham                                            |
|------------|--------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|            | RommoD |                                            | اڭ دىماتىرد                                                           | spamps                                              |
|            |        | <u>مى يە تەرىپىيىن</u> ە چ <u>ەتلەتتىم</u> | ا میں میں میں میں ہوت <sup>ی</sup> النظر از بردار زار سے <sup>ا</sup> | والمتحديد المتحدين والمتحدث والمراج والمراج والمراج |

-

- 203 -

 $\hat{\uparrow}$ 

5.2

| ہے<br>• |
|---------|
|         |
|         |
|         |
|         |
|         |
| *       |
| *       |
| *       |
|         |
| ·       |
|         |
|         |
| (* *    |

~

- - -

' •-

-

A − P

.

.

.

-



And

:

|          | Symbole<br>mathema-                     | Ecriture                  | Pimension | Communs    | Description                                                                 |
|----------|-----------------------------------------|---------------------------|-----------|------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|          | tique                                   | FORTRAN                   |           | (* si oui) |                                                                             |
| SP TRANS | <del>z</del> jk                         | XBAR (J,K)                | (50,50)   |            | variable réducte définie                                                    |
| Ą        |                                         |                           |           |            | $[ar \bar{x}_{jk}, \frac{2(E_{e_j} - E_{R_k})}{\Gamma_k} (c_j^2   v. 2.43)$ |
|          | z' <sub>k</sub>                         | XSTAR (IK)<br>X STAR (JK) | 1282      |            | ponts de la jortilion (1V.3.15)                                             |
|          | Ψ <sub>jk</sub> ( <sup>B</sup> jk; z'ų) | GPSI(5,<br>MPHI 1)        | (50, 9,2) |            | première fonction d'elanguese.                                              |
|          |                                         | ر در ۲۰۰ ۲۰               |           |            | ment Döppler. J molece de                                                   |
|          |                                         |                           |           |            | résonance, 1941, répérage de                                                |
|          |                                         |                           |           |            | la fonction dans le sous.                                                   |
|          |                                         |                           |           |            | groupe des 9 fonctions, I=1                                                 |
|          |                                         |                           |           |            | ou 2.                                                                       |
|          | $\Phi_{jk}(B_{jk};z'_{j})$              | GPH1 (J, I)               | (50,2)    |            | deuxième fonction d'élangune                                                |
|          |                                         |                           |           |            | ment Döppler. J'mdue de                                                     |
|          |                                         |                           |           |            | résonance, I=1 ou e                                                         |
|          | xij                                     | XST (3,1)                 | (50,2)    |            | voir (1V 2.12) coté 1K.                                                     |
|          | x'j                                     | XST (J, 2)                | (50,2)    |            | voir (11.2.12) coti JK                                                      |
|          | Bjk                                     | BET (J)                   | 50        |            |                                                                             |
|          | $T_{IR}(z'_k)$                          | т(ік) <sub>,</sub> т(лк)  | 1282      |            | transmission interfis resonnan.                                             |
|          |                                         |                           |           |            | te the orique en les points                                                 |
|          |                                         |                           |           |            | 1K ou JK de la fartition                                                    |
|          |                                         |                           |           |            | (IV. 3.15) arount convolution                                               |

- 505 -

•

f

: ;

ł



Ŧ.";

•

۹

•

7



- ----

### V.2.2 Présentation des données

La figure V.2.1 représente le diagramme descriptif de la présentation des données. Il est en son principa analogue à celui du code SPNBE 084 (confer le paragraphe II.7.2) et s'appuie sur les mêmes conventions.

La zone de calcul et de tracé est définie par les numéros des canaux extrêmes qui l'encadrent. Elle est découpée en autant d'intervalles qu'il s'y trouve de résonances. Les bornes de ces intervalles tant intermédiaires qu'extrêmes sont symboliquement désignées par les variables indicées NPTSI(I) dont le nombre est supérieur d'une unité à celui des résonances, NRESO.

On retrouve la plupart des données communes aux codes SPNBE 084 et 085, plus explicitement, celles qui décrivent les conditions expérimentales telles les quantités GL longueur de la base, RE retard électronique, ISELEC indice d'identification de l'analyseur, PL(I)largeurs des canaux et leur implantation Z(I), et celles qui décrivent les résonances commes les énergies ER(I), les largeurs GAMMA(I), les sections efficaces SIGMA(I), .... etc.

٤

ţ

On retrouve aussi l'indice de demande de perforation des résultats sur cartes, IPER.

En revanche apparait un nouvel indice IENP dont le but est d'indiquer au programme si le tracé doit comporter les points représentatifs d'une courbe de transmission expérimentale aux fins de comparaison. Dans l'affirmative IEXP doit être différent de zéro et le programme aura à lire les transmissions TR(I) et leurs érreurs DELTR(I) qui ne sont autres que celles obtenues et pofforées par le code SPNBE 084 pour le même écran.

V.2.3 Présentation des résultats

La figure V.2.2 donne, en liste, les valeurs en chaque point de l'énergie, de la transmission interféro-résonnante expérimentale, de la transmission théorique correspondante, des aires cumulées  $A_{exp}$ et  $A_{th}$  définies en (V.1.2) et (V.1.1) à une constante 1 près.

Cette liste est précédée en en-tête par un libellé suivi des caractéristiques propres à chaque résonance qui intervient dans le calcul, qu'elle soit à l'intérieur ou hors de la région étudiée. On y trouve aussi les conditions d'implantation expérimentale. Elle est suivie du graphique proprement dit tel que celui de la figure V.2.3, Il s'agit d'un triplet du platine.

La figure V.2.4 est un tracé sur traceur digital Calcomp. Douze résonances y sont dessinées. En fait les calculs tiennent compte de la contribution de deux résonances supplémentaires situées hors du cadre du graphique. C'est là un exemple d'analyse à l'aide du seul code SPNBE 109.

Les temps d'exécution dépendent du nombre de résonances traitées. En général ils sont de l'ordre de la minute pour une dizaine de résonances. د: ت**م** 

- ALANG

- 508 -

V.3 LISTE DU CODE SPNBE 109

VERIFICATION OLS FARAMETRES -FORMULE DE BREIT ET WIGNER A 1 NIVEAU C NCM LL (CRPS ETUDIE(12 CARACTERES MAXIMUM) С CCFF1,CCFF2 NESO NLMERE LE RESCNANCES С NUMERCS LES CANALX DEFINISSANT LA PARTITION DE LA С NFTSI(1) REGION DE SPECTRE ANALYSEE, I ALLANT DE 1 A NRESO+1 С ABENEANCE ISOTOPIQUE DE L'ELEMENT RESPENSABLE DE C ALISC(1) LA RESUNANCE I С ENERGIE CE RESCNANCE EN EV DE LA RESCNANCE I Ĺ ER(1)LAFGEUR COPPLER EN EV POUR LA RESONANCE I С CELTA(I) LARGEUR EN EV DE LA RESONANCE I C  $G \neq M \land (1)$ SECTION EFFICACE TOTALE EN BARNS POUR LA RESONANCE I С 51GMA(1) LARGEUR CE RESOLUTION EN EV POUR LA RESONANCE I C F(I) SECTION EFFICACE DE DIFFUSION POTENTIELLE EN BARNS С SIGNAP(I) С FLUK LA RESCNANCE I С NUMERO EE L ANALYSEUR EN TEMPS ISELEC С IEXP INCICE C EXISTENCE DE POINTS EXPERIMENTAUX NCMERE CE ZUNES D INTERET С NZCNE INCICE LE DEMANCE DE PERFURATION SUR CARTES DES C 1FEF C TRANSMISSIONS LENGLEUR DE LA BASE EN METRES ί GL RETARE ELECTRUNIQUE EN MICRUSECONDES Ĺ RF. С CPAISSEUR DE L'ECHANTIELLN EN AICMES/BARN E٨ С CCEFFICIENT CONSTANT DANS L EXPRESSION DE TP ATP С CCEFFICIENT DU TERME LINEAIRE EN E DANS L'EXPRES-BIP C SICN CE TP С 821P CCEFFICIENT DU TERME DE DEGRE 2 EN E DANS L EX-C PRESSION LE TP C LAFGEUR LES CANAUX EN MICROSECONDES DANS LA ZONE FL(1) C L INTERET 1 C Z(1) REFERAGE CE LA ZONE D'INTERET I PAR RAPPORT AU TC NUMBRE LE CANAUX DANS LA ZONE D'INTERET I C NCA(I) TF(1) TRANSMISSION INTERFERC RESONNANTE EXPERIMENTALE C LANS LE CANAL I С С ERFEUR SUR LA TRANSMISSION PRECEDENTE CELIR(I) С PRLGRANME PRINCIPAL CIMENSILN EETA(50), GAMMA(50), DELTA(50), SIGMA(50), SIGMAP(50), 1 FHI(5c), R(5b), NFTS(5c), ER(50), ABISO(50), Z(32), PL(32), NCA(32), 2NFTSI(51)CIMENSION ALP1(25(C), ALP2(25(C), E(25(C), TR(25(C), TRT(250)), 1 CELTF(25(6))LIMENSICN SCH(50), GGAMAN(50) LINENSIGN TRIM(10) CCMMUN ALF1, ALP2, ALFMAX, NPTS, ER, PHI, BETA, DELTA, SIGMA, EN, ABISO, 1NRESG, SIGMAF, GAMMA

۲. ۲.

> i MLCELE(2A6) 2 MCCELE(0E12.5) 3 MCCELE(14I5) 1CU LIRE 1,CCFF1,CCRF2 LIRE 3,NRESO

```
NFIN=hfesc+1
LIRE 3,(NFIS1(1),1=1,NFIN)
FFI=NFTS1(hFIN)
IFF=NFTS1(hFIN)
LIFE 2,(AEISC(1),1=1,NESO)
FAIRE 4 1=1,NESC
LIRE 2,ER(1),CELTA(1),GAMMA(1),SIGMA(1),SIGMAP(1)
4 CCNTINUER
LIRE 2,6L;KE,EN:ATF,ETF,B2TP
SI(ISLEC-4)5,5.4
5 LIRE 2,6L;KE,EN:ATF,ETF,B2TP
SI(ISLEC-4)5,5.4
5 LIRE 2,6L(1),1=1,N2CNE)
6 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7 LIRE 2,(L(1),1=1,N2CNE)
7
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         ALLER A 9
15=15+1
ALP1(15)=0.0
ALP2(15)=(E(15GEUX)-ER(1))/DELTA(1)
CCNTINUER
11=12+1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   II=IRI
FAIFE 8 K=1, ARESC
I=AFESC-K+1
I2=I1+AFTS(1)-1
FAIFE 9 L=I1,12
H=L
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         12
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     16
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         77
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          15
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        σ
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         10
```

- 509 -

the the

.

٠

B CLNTINUER ISMAX=IS FALRE 17 1=1, ISMAX TR(I)=(0.0 CELTF(I)=0.0

٠

e i

```
1 Continues

1 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

2 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

3 Continues

NUER
17
```

t 510 .

.

.

```
IMPHIMER 106, PL(1)
    ALLER A 107
102 FAIRE 108 1=1,NZCNE
    IMPRIMER 109, I, Z(I), NCA(1), PL(I)
168 CENTINUER
107 INFRIMER 114,GL,RE
1G5 MCCELE(2X,25HCCNCITICNS EXPERIMENTALES/)
169 MCDELE(14X,5HZUNE 12,5X, SHPCSITION=E12.5,5X,17HNOMBRE DE CANAUX=
   114,5X,8+LARGEUR=E12.5)
104 MCCELE(14X, 5H2CNE 12, 5X, 9HPOSITION=E12.5)
.106 MCCELE(14X,20HLARGEURS CES CANAUX=E12.5)
114 MCCELE(//7X, 17HLONGUELR DE BASE=E12.5,5X, 2CHRETARD ELECTRONIQUE=
   1812.5//)
    FAIRE 36 J=1, ISMAX
    AFPEL TRANS(1.U)
    TRT(I)=U
 36 CENTINUER
    €UI=0.0
    AIFEX =1.0
    AIRTH =1.0
    J=IFI-1
    FAIRE 37 J=1,1SMAX
    J=J+1
    SI(1EXF)38,38,39
 39 SI(CELTR(1)-0.00001)51,51,4C
 40 DELTR(1)=CELTR(1)/ERRMAX
    CLI=CUI+(TR(1)-TRT(1))**2/DELTR(1)**2
 51 AIREX=AIREX+1.O-TR(1)
38 AIRTH=AIRTH\Rightarrow1.0-TRT(I)
    IMPRIMER 41, J, E(1), TR(1), TRT(1), AIREX, AIRTH
 41 MCCELE(2X, 15, 4X, 5+E(1)=E12.5, 4X, 7HTIR(1)=E12.5, 4X, 8HTIRT(1)=E12.5,
   14X, 6HAIREX=E12.5, 4X, 6FAIRTH=E12.5)
 37 CONTINUER
    SI(IPER)43,43,44
 44 IFEkFC=1
    FAIFE 111 ITRCU=1, ISMAX, 10
    FAIRE 112 I=1, 10
    J=17ACL-1+1
    TRTF(I) = TRT(J)
112 CENTINUER
    PERFCRER 110, (TRTM(1), 1=1, 10), IPERFO
110 MCCELE(10F7.4,3X,14)
    IFE*FC=1PERFC+1
111 CENTINUER
 43 INFRIMER 42
 42 MCCELE(1H1)
    AFFEL TRACE(1, 1SMAX, 2, TRT, TR)
    IPPFIMER 72,QUI
 IE CES V' 'URS REPRESENTEES SUR LES CUURBES QUI PRECEDENT//,44X,
```

```
- 511 -
```

#### 2E12.5) ALLER & 1CO FIN(1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)

.

```
SCLS FFCGRAMME TRANS(15,U)
   SCUS FFCGRAMME TRANS(15,U)
   DIMENSIGN EETA(50), GAMMA(50), DELTA(50), SIGMA(50), PHI(50), NPTS(5
  1XEAR(50,5C),ER(50),Z(5C),ABISO(50),TGK(50),SIGMAP(50)
   DIMENSION XSTAR(1282), GPSI(5C, 9, 2), GPHI(50, 2), T(1282), XST(50, 2)
  10ET(50)
   CIMENSION ALP1(250C), ALP2(2500)
   CCMMUN ALF1, ALP2, ALPMAX, NPTS, ER, PHI, BETA, DELTA, SIGMA, EN, ABISO,
  INFESO, SIGMAF, GAMMA
   GF+11F(X,Y,Z, EET)=X*Y+0.5*Z*BET**2
   1C = 1S
   ISSTAR=0
   SI(1C-1)1,1,2
1 PHIMAX=PHI(1)
   FAIRE31=2, NRESC
   SI(FHIMAX-FHI(1))4,3,3
4 FFINAX=PHI(1)
3 CENTINUER
   BETMAX = EETA(1)
   FAIFE51=2, NRESG
   SI(EETMAX-EETA(I))6,5,5
6 BETMAX=EETA(1)
 5 CENTINUER
   XMAX=6.5*FFIMAX+£LFMAX*BETMAX
   IFF1M=0
   FA1RE12J=1,NRESC
   Z(J) = AEISC(J) * SIGMA(J)
12 CENTINUER
2 FAIRE71=1, NRESC
   K=NFESC-I+1
   ISSTAR=ISSTAR+NPTS(K)
   SI(IC-ISSTAR)8, E,7
7 CENTINUER
8 IFESC=K
   SI(IRESC-IFRIM)9,1C,5
9 +=0.015625
   FAIRE11J=1,NKESC
   XE \land F(J,K) = 2 \cdot (E \land (J) - E \land (K)) / GAMMA(K)
   BET(J) = BETA(J) * CELTA(K) / DELTA(J)
   S1(S1G*AP(J))80, E1, E1
81 TGK(J)=TANF(1.239*E-U3*RACF(ER(J)*SIGMAP(J)))
   ALLER A 11
80 V \neq F \downarrow A = -S \downarrow G \neq A \neq (J)
   TGK(J) = -TANF(1.2395E-C3*RACF(2R(J)*VAKIA))
11 CENTINUER
   VCYANTI
   FAIFE13N=1,10
   10=44
   FAIRE14M=1,64
   SI(VCYANT1)15,16
15 Ik=1
```

```
- 512 -
```

JK=642 XIK=0.0 XII=0.0 XSTAR(1)=0.0 XSTAR(642)=0.0 VCYANT1

•

```
SCLS FREGRAMME TRANS(15,U)
      ALLER A 17
   16 IK=64#(N-1)+M+1
      JK = IK + 641
      X1K=X1K+F
      XST \neq R(1K) = X1K
      XSTAR(JK) = -XIK
   17 SI(XIK-XMAX)19,19,20
   20 IKMAX=IK
      JK+ AX= JK
      ALLER A 10
   19 S1(NM)21,21,22
   21 **=**+1
      SI(MM-9)23,23,24
      CALCUL EES PS1
C
   23 FAIREJ'J=1, NRESO
      XST(J,1)=(XII-XEFR(J,K))*GAMMA(K)/GAMMA(J)
      XST(J,2) = -(XII+XEAR(J,K)) + GAMMA(K)/GAMMA(J)
      SI(J-K)38,39,40
   38 SIGNE=+1.U
      XAST1=XST(J,2)
      XAST2=XST(J,1)
      XAST3 = -XST(J,2)
      JJK=2
      IIK=1
      ALLER A 41
   40 SIGNE=-1.0
      X \land S \land I = -X S \land (J, I)
      XAST2=-XST(J_{2})
      XAST3=XST(J,1)
      JJK=1
      IIK=2
      ALLER A 41
   39 GFS1(J,MM,1)=PSS1F(X11,BET(J))
      GFS1(J, MM, 2) = GPS1(J, MM, 1)
      ALLER A 37
   41 S1(XMAX+S1GNE*XEAR(J,K))42,42,43
   42 SI(X11-XM&X-4.*+)44,44,45
   45 GFS1(J, MM, 1)=0.0
      GFSI(J, MM, 2) = 0.0
      ALLER A 37
   44 GFSI(J,MM,JJK)=PSSIF(XAST1,BET(J))
      ALLER A 47
   43 S1(X1I+SIGNE*XEAR(J,K))44,44,48
   48 5] (XII-XMAX-4.*)49,45,45
   49 GFSI(.,MM,JJK)=FSSIF(XAST3,BET(J))
   47 GFSI(J, MM, IIK)=PSS1F(XAST2, BET(J))
   37 CENTINUER
      SI(N-1)25,25,26
   25 X11=X11+F
      ALLER A 21
C
      CALCUL CES PHI
   26 FAIRE SU J=1,NRESC
```

-

•

```
- 513 -
```

```
XST(J,1)=(XIK-XEAR(J,K))*GAMMA(K)/GAMMA(J)
XST(J,2)=-(XIK+XEAR(J,K))*GAMMA(K)/GAMMA(J)
SI(J-K)51,52,51
51 SI(M-4)53,53,54
```

٠

```
39 E2=1_/_HetC,22=%GES1[JJ,PFH1+,2]=1_23233%GPS1[JJ,PPH1+3,2]+...%
10ES1[JJ,PPH1+2,2]=-_%GES1[JJ,PPH1,2]+...%GES1[JJ,PPH1+3,2]+...%
10ES1[JJ,PPH1+2,2]=-_%GES1[JJ,PPH1-3,2]=-_%GPS1[JJ,PPH1+1,2]+...%
10ES1[JJ,PPH1+2,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,1]+...%GES[JJJ,PPH1+3,1]+...%
10ES1[JJ,PPH1+2,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+1,1]+...%GES1[JJ,PPH1+3,1]+...%
10ES1[JJ,PPH1+2,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+1,1]+...%GES1[JJ,PPH1+3,1]+...%
10ES1[JJ,PPH1+2,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+1,1]+...%GES1[JJ,PPH1+3,1]+...%
10ES1[JJ,PPH1+2,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+1,1]+...%GES1[JJ,PPH1+3,1]+...%
10ES1[JJ,PPH1+2,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+1,1]+...%GES1[JJ,PPH1+3,1]+...%
10ES1[JJ,PPH1+2,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+1,1]+...%GES1[JJ,PPH1+3,1]+...%
10ES1[JJ,PPH1+2,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+1,1]+...%GES1[JJ,PPH1+3,1]+...%
10ES1[JJ,PPH1+2,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+1,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1[JJ,PPH1+3,2]=-_%GES1
```

.

t

 $\mathbf{r}$ 

:

SELS FELGEEME THANS( 15,U)

.

1 514 .

```
SCUS FREGRAMME THANS(15,U)
    SCM2=SCM2+2(J)*(GFS1(J,MPF1,2)+GPF1(J,2)*TGK(J))
01 CENTINUER
    T(Ik) = EXPF(-EN + SEP)
    T(JK) = EXFF(-EN + SCM2)
    SI(VCYANT 1)10,14
14 CLATINUER
    SI(N-2)13,62,62
 62 h=2.++
 13 CCNTINUER
    IKM/X=c41
    JKM AX=1282
 10 CENC=1.41421356*PF1(1RESC)
    CcN(2=2.*FF1(18ESC)**2
    DEN[3=[ENL $1.1724539
137 S1(ALF2(IC))134,136,134
134 UME=BETA(K) \neq ALP2(1C)
    S161E=1.0
    ALLER A 201
136 UME=BETA(K)*ALP1(1C)
    SIGNE=-1_{0}U
201 S1(FF1(1RESC)-(.1356)235,2(C,2C)-
239 FAIKE 243 N=1,10
    FAIRE 243 M=1,64
    IK=64*(N-1)+M
    JK=1K+641
    S1(SIGNE)241,241,240
240 ISTAK=1K
    ALLER A 242
241 IS74R=JK
242 SI(XSTAK(1K+1)-UNE)243,244,245
243 C(NTINUER
244 L=T(1STAR+1)
    ALLER A 24c
245 U=T(IST4K)+(T(ISTAF+1)-T(ISTAR))*(UME-XSTAP(IK))/
   1(XSTAR(IK+1)-XSTAR(IK))
    ALLER A 240
200 +=0.010025
    5=6.00
    FA1KE 211 N=1,10
    NFAS=5.*H/PHI(IRESC)+1.
    HFRIM=H/FLCTF(NPAS)
    FAIRE 209 M=1,04
    IK=64*(N-1)+M
    JK = 1K + 641
    SLN=i.J
    VLYANT 3
    SI(XSTAR(1K+1)-(SIGNE+LME-9.*DENO))268,260,260
201 SI(XSTAR(IK)-(SIGNE*UNE+9.*CEND))261,261,268
261 ISTAR=IK
    SIGNEK=1.0
```

```
- 515 -
```

```
- 515
```

```
273 FAIRE 205 VI=2,NFAS
XI=NI-1
XPRIM=XSTAR(ISFAR)+SIGNEK*X1*HPRIM
EXPEN=EXPF(-(UME-SIGNE*XPRIM)**2/DEND2)
T1=T(ISTAR)+(T(ISTAR+1)-T(ISTAR))*X1/FLUTF(NPAS)
```

272 SI(NP/S-2)274,273,273

• • • •

.

•

\_\_\_\_\_

- .516 -

.

.

,

•

SLLS FRCGRAMME TRANS( 15,U)

SCP=SCP+T1\*EXPCh SCP=SCP+T1\*EXPCh 2U5 CCNTINUER 274 SCP=SCP+U-5\*(T(ISTR\*1)\*EXPF(-(UME-SIGNE\*ÁSTAR(ISTAR+1))\*\*2/DENC2)) 268 SI(VCYANT3)Z69,264 265 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME-9.\*CGN0))Z64,27C,270 265 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,271,264 270 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 271 ISTAR=JK 271 ISTAR=JK 272 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 273 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 274 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 275 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 276 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 271 ISTAR=JK 272 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 273 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 274 CONTINUER 275 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 276 CONTINUER 277 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 278 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 270 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 270 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 270 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 271 ISTAR=JK 270 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 271 ISTAR=JK 270 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 271 ISTAR=JK 271 ISTAR=JK 271 ISTAR=JK 272 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,264 273 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,272 273 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,272 270 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,272 270 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,272 271 ISTAR=JK 272 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,272 273 SI(XSTAR(JK+1)-(SIGNE\*UME+9.\*DENU))Z71,271,272 274 SI(XTINUER 275 SI(XTINUER 275 SI(XSTAR(JK+1)-(UNU))Z71,272 275 SI(XTINUER 275 SI(XTINUER 275 SI(XTINUER 275 SI(XTINUER 276 SI(XTINUER 276 SI(XTINUER 277 SI(XTINUER 277 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINUER 278 SI(XTINU

٠

.

```
      SCUS FREGRAMME REPERCISEL=C, I, NZ, TAP, NCA)

      SCUS FREGRAMME REPERCISEL=C, I, NZ, TAP, NCA)

      SCUS FREGRAMME REPERCISEL=C, I, NZ, TAP, NCA)

      SCUS FREGRAMME REPERCISEL=C, I, NZ, TAP, NCA)

      SUBS SUCATION SCATES

      SUBS SUCATION NCA(32)

      SUBS SUCATION NCA(32)

      SUBS SUCATION NCA(32)

      SUBS SUCATION NCA(32)

      SUBS SUCATION NCA(32)

      BS3 SUCATION NCA(32)

      BS3 SUCATION NCA(32)

      BS3 SUCATION NCA(32)

      BS4, BS4, BS4, BS5

      SUD N2=1

      TAP=LUC

      BS5 N2=3

      TAF=SUU.

      BS6 N2=3

      TAF=SUU.

      BS6 N2=3

      SULLER A 940

      BS7

      SUD N2=1

      TAF=SUU.

      BS6 N2=3

      TAF=SUU.

      BS7

      S2

      S2

      S2

      S2

      S2

      S2

      S2

      S2

      S2

      S2

      S2

      S2

      S2

      S2

      S2
```

- 517 -

.

,

1

.

.

.

•

21 50 55 8 9 13 50 しうけ ちちち すうし くちょ SLUS FREGRAMME TFACE(N1,N2,NC,Y,L) DIFENSILN Y(25,G)+Z(25CG)+A(2d)+B(113) F=252645454542 FAISC2 FAISC2 FAISC2 FAISC2 Sluth(CLNEL NC 2/) FAISC2 FAISC2 Sluth(CLNEL NC 2/) FAISC2 Sluth(CLNEL NC 2/) FAISC2 Sluth(CLNEL NC 2/) Sluth(CLNEL NC 2/) Sluth(CLNEL NC 2/) Sluth(CLNEL NC 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CLNEL 2/) Sluth(CL 505 11 (35) 10 10 10 10 5 B 27 5 0 0 10 25 J. <sub>ع</sub>ن SELS FFLGFANN π TFACE(N1,NZ,NC,Y,Z)

• •

00 CC TO

σ-

4 t 518 L

.

**B B** 

.

NC 1/,2(X,1A1,3X,

I - 519

```
SCUS FRLGFAMME THACE(N1,N2,NC,Y,2)
```

Ø

2

•

•

1

1


٠.

## Fig. V.1.1 - SPNBE 109 Programme principal





•

Ξ.



Fig. V.1 3 \_ Sous · programme TRACE

```
T ADE D HEATS DE TEANSHISSION OH 100 SANS RAPPES D CREEHE
                                               •
        Y'(])=101
        Y((1)=(.)
        Y (2)=! [ [
        Vh(2)=0.0
r
        T-XTE GENE 41
٢
٢
                                                                                                 ٠
        DI "ENST " TO ( ] 4 ))
                                                                           ٠
        ***AX=8**L
        LT 'F 'S, (T'(T), T=1, 'MAY)
75
        " TOFIL (> 14)
٢
^
        CONTRACTOR
٢
      A DEL CONCHECH, DE., 1, 12, TG, 4, HEA AUX, 10, DHT A 18 ATSETHU, TC, T., 184
TAY, TC1, TCT, TSHAY, YC, YC, 4, 41, 41, 2, YO, 40, 2)
```

```
U=F( OTF ( 1 SMAX) #0.05 #1.1
      NL=12.6+0.5#FLOTE(NPESC)
٢٠
Ċ,
      COORDONNEES DU CAPPE ET LIGNES DE REFERENCE
ſ
      DIMENSION YC(5),YC(5),X1(2),Y1(2),Y0(2),YC(7)
ſ
      YC(1)=[R]
                                               .
      Y((1) = -0.3)
      X({?}=1~~
      YC(2)=-^.3
      X((3)=1PF
                      •
      YC(3)=1.8
                                                ŧ
      Y^(4)=TRT
      YC ( 4 ) = 1 . ° '
      YC(5) = IPI
      Yr(:)=-0.3
      X1(1)=101
      ¥1(1)=1.5
      Y1(2)=14F
      Y'(2)=1.
```

1

٠

-

١

٠

- -----

٠

•

•

•••

:

1

;

1

ļ

t

٠

.

.

-

•

•



## . Fig V.1.4



Code SPNBE 109

## Fig. V.2.1 - Diagramme descriptif de la presentation des données du code S11/182 109.

| -              | FESCHANCI                | 1 ER= C.469<br>N= C.1325                           | F4F C3 FN. G44PA=<br>CE=(1 CFLTA=                                                                                                          | C.23GADE-70 SIEP#=<br>0.5119CE DC F = 0 | 0.10870E C4 SICMAP:<br>1.306CCE-CC K = | " T.115CCE C2<br>C.53C35F-C1                       |
|----------------|--------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                | PESCNANCE                | 2 ER= C.4FE<br>N= C.1325                           | = 0.4/1000-01<br>84F C7 EV. GAPPA=<br>CE-(1 DELTA=                                                                                         | r.25GCCE-CC SICPA=<br>0.51Croe BC F = C | 0.678COE C3 SICMAP<br>.305CCE-CC K =   | • C+115CCE C2<br>C+92416E-C1                       |
|                | RESCHANCE                | 7 ER* C.467<br>N* C.122*                           | SZE CZ EN. CANAA<br>GE-CI DELTA=                                                                                                           | C.27C99E-CO SIC###<br>0.51000E 90 5 # 0 | C.72CCCE C3 SICMAP:<br>1.3340CE-C0 K = | (.1)50CE C2<br>(.42ECSE-C1                         |
|                | FISCAAACE                | C*CAPMA.N<br>4 EP= C.462<br>N= C.1329<br>C*CAPMA.N | * C.22457E-CI<br>42E C3 F%• GAPHA=<br>*CE-CI DELIA=<br>* C.23452E-CI                                                                       | C.23700E-CO SICP/=<br>G.5060CF OC F = C | 0.537668 62 SICMAP<br>0.392008-00 K *  | C.115CCE C2<br>C.52342E-C1                         |
|                | CCUFEE NC 2 EXPE         | IR IMEN TALE                                       | CCEF1= C.1C370                                                                                                                             | F 01 CCEF2=-0+                          | CGEF3=-C.                              |                                                    |
|                | CENCITIENS EXPER         | THENJALES                                          |                                                                                                                                            |                                         |                                        |                                                    |
| -71            | 7CN 8                    | E ] FCSI11                                         | CN= C.46CCCE C2                                                                                                                            | NCARAE CE CANAUX=6401                   | LARCEUR= C.SCCC                        | (T-C1                                              |
|                | ZCAE                     | 2 PC3111                                           | CN# C.178C2F C3                                                                                                                            | NCAPE CE CANAUX= 761                    | LARCEUP= C.2CCC                        |                                                    |
| 00             |                          |                                                    |                                                                                                                                            | N                                       |                                        |                                                    |
| <              | LENCUEUP CE              | ##SE= C.1C3CC                                      | F C3 RETARC ELE                                                                                                                            | CIFCFIGLE= C.14000E 01                  | L                                      |                                                    |
| ,<br>N         | 1 FE13x C                | .448365 63                                         | 118/13# C.557868 00                                                                                                                        | TIST(1)= 0.94571F                       | 00 AIREX= C. 104216                    | CI AIRTH# C.10508F CI                              |
|                | 2 F(1)= (                | .448648 (3                                         | 11P(T)= C.SC2C*F CC                                                                                                                        | 1141(1)= 0.94832E                       | 00 / IHEX- C.114C18                    | CI AIRTHE C.11C25E CI                              |
| P <sup>*</sup> | 3 E11)+ C                | -4515CF C3                                         | 119(1)= C.54454E CC                                                                                                                        | 71FT(I)= 0.9:741E                       | 00 AIREX= C.11452                      | C1 AIRTH= C.11551E C1                              |
|                | 4 C())= (<br>5 F())= (   |                                                    | 118(1)* 1.5***45F CC                                                                                                                       | 11F1(1)= C+5454CE<br>11F1(1)= 0,54548F  | 00 PIFEX= C.121-11                     |                                                    |
|                | é F(1)= *                | 44745F C2                                          | 118 (1) = C. SF574F CC                                                                                                                     | TIFT(I)= 0.94446E                       | 00 AIREX= C.13554                      | C1 AIRTH= C.131878 C1                              |
|                | 7 F(1)+ C                | .4972CE C7                                         | 11R(1)= C.1CC125 C1                                                                                                                        | 11F1(1)= C.94340E                       | 00 AIREX= C,125418                     | CI AIRTH= C.13753E C1                              |
|                | E E([]=(                 | •44114E C2                                         | TIR(I)= (.S <cc7e 00<="" td=""><td><math>11FT(1 = C_{0}9423CE)</math></td><td>CG AIPEX= C.134400</td><td>E1 AIRTH# C.1433C2 C1</td></cc7e> | $11FT(1 = C_{0}9423CE)$                 | CG AIPEX= C.134400                     | E1 AIRTH# C.1433C2 C1                              |
|                | 1C E(1)= C               | 446666 (7                                          | TIR(1)= C.<3124F CC                                                                                                                        | T14T(11= C.\$2554E                      | 00 AIREX= 0.14527                      | E C1 AIRTH= C.15518E C1                            |
|                | 11 E(11+ C               | .44611E C2                                         | 1[R([]= C. C. C. C.                                                                                                                        | TIFT(1)= 0.93872E                       | CC AIREX= C.158471                     | CI AIRTH= C.16131E C1                              |
| -              | 12 E(1)+ (               | .4*6*#E (3                                         | 11F(1)= C. <3742F CO                                                                                                                       | 11FT(1)= 0.92743E                       | GC 11REX= 0.165228                     | C1 AIRTH= C.16757E C1                              |
|                | 12 E(1)= C               | 446418 (3                                          | 11R(1)# C.EC475F CC                                                                                                                        | 11F1(1)= 0.53607E                       | 0G AIREX= C.135751                     | CI AIRTH= G.17346E CI                              |
|                | 14 C(1)= C<br>15 E(1)= C | 444118 63                                          | 118(1)= C.SC(3(F CO                                                                                                                        | TIGT(1)= 0.533186                       | 00 216FX+ C_19219                      | C1 AIRTHE CALEGODE OL                              |
|                | 16 E(1)+ (               | 44557E C2                                          | 11"(I)+ C.«1654E CO                                                                                                                        | TIF1(I)= C.97163E                       | 00 #15EX= C.2CC53E                     | C1 AIRTH= C.154CIE C1                              |
|                | 17 E(I)= (               | ****** (3                                          | 11R(1)= C.525C7E CO                                                                                                                        | 1141(I}= C.93001E                       | LO ATREX= C.2GEC2E                     | C) AIRTH# C.2CICLE CL                              |
| 4 、            | 16 E(1)= C               | 44567E (7                                          | 118(1)= (.\$072FE CC                                                                                                                       | 7167(1)= 0.928318                       | OC AIREX= C.2177CI                     | CI AIRTHE C.2CELEE CL                              |
|                |                          | 4C127F (7                                          | 71R(1)= C.CE-2*E 00                                                                                                                        | 1161(1)= 0.924636                       | 00 AIREX# C.74C131                     | C1 AIRIF= C.223C7E C1                              |
|                | 21 E(1)+ C               | .491728 (2                                         | 118(1)= C. <2445E OC                                                                                                                       | 114T(1)= C.92264E                       | QC /IREX= C.24764                      | CI AIRTHE C.23CECE CI                              |
|                | 22 E(1)4 (               | .455CEE C3                                         | (IR(I)= C.S243CF 00                                                                                                                        | T1+T(1)= C+92055E                       | 00 AIREX* C+255268                     | C1 AIRTH= C.23075E C1                              |
|                | 23 F(I)= (               | ******* (3                                         | 11R(1)= C.CAICE CC                                                                                                                         | TIF1(I)= C.51833E                       | 00 AIREX= C.261C61                     | C1 A1RTF* C.24652E C1                              |
|                | 24 E(1)4 C<br>25 E(1)4 C | 45463F [3                                          | $118(1) = C_{*} C_{7} C_{7} C_{7}$                                                                                                         | TIF1(1)= 0.91349F                       | 00 AIRFX= C_221C-41                    | - C1 AIRIP= C+27532E CL                            |
|                | 26 F(1)= (               | .4444 (2                                           | 114(1)+ C. 424FC' CC                                                                                                                       | 1141(1)= C.SIOP4E                       | CC AIREX= C.2EES                       | CI AIRTH# C.272FEE CL                              |
|                | 27 E(1)+ (               | *c4342 [3                                          | 118(1)= C.52324E CC                                                                                                                        | 11F1(11= 0.90891E                       | 00 A IPFX= C.256621                    | CI AIR 1+=+ C+2E2CEE CL                            |
|                | 28 E(1)= C               | .444146 (3                                         | 11R(1)+ (.423656 CC                                                                                                                        | TIFT(I)= 0.90500E                       | 00 AIREX= C.3C3240                     | C1 AIRTH- C.2915EE C1                              |
|                | 47 5111# (<br>90 E(1)# ( | 4                                                  | 118111# (****328 CC<br>118113# (****328 CC                                                                                                 | 1161(1)= C.901//t<br>1161(1)= C.808704  | CC A165X# C.35×64                      | : LI AIMINE LACLAIE CL<br>: C1 AIRTER ", 311446 C1 |
|                | 31 E(T)= (               | 40334F (3                                          | 112(1)= C.SCCETE CC                                                                                                                        | TIR1(1)= C.85457F                       | 00 AIREX+ C.23566                      | (1 A1PTH= (.32212E C1                              |
|                | 32 F(1)+ C               | ./cs((F (3                                         | 11011)= 6,004110 00                                                                                                                        | 11FT(1)= C.#9054E                       | OC #19Ex= C.345350                     | CI ATRIH= C+333C7F C1                              |
|                | 33 £(1)= C               | ****** (7                                          | 11R(1)= C. 8F124F FC                                                                                                                       | 7181(1)= C.FE(10F                       | 0C AJEEX= C.3*7220                     | : CI AIRTH= C.34445E C1                            |
|                | 74 E([]# (<br>76 E/]]e/  | 45.315 (5                                          | 134113= Cateride CC<br>1124114 e enerie en                                                                                                 | 1141(1)# 0.60143E<br>1181(1)= 0.674*8E  | -10 #IVEX# C+370*18                    | CL AIRIF# C.3563C9 CL<br>C1 AIRIF# C.3563C9 CL     |
|                |                          |                                                    |                                                                                                                                            |                                         |                                        |                                                    |

CCUREE NO I THEORICLE

•

FLATINE

-

. . . . -

\*

٠

٦

•

#### PLATINE

CCUFEF NC 1 THEORIGUE

| PESCNANCE $C = C + 2EC + 4EC + C + C + C + C + C + C + C + C + C +$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | FESCNANCE            | ) E<br>N      | R= C.46585F<br>= G.1325CE-0                                              | C3 FV.                           | GA++A=<br>CFLTA= 0      | C.23000<br>.5110CE         | E-00<br>00                    | SICHA= 0                      | 0.10870F C4<br>.3060CE-CC           | SICMAP= C.115CCE C2<br>K = C.53G35F-C1     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| RESCNANCE       ER = (.46752E C2 FV. CAPNA = C.27C00E-C0 SICPA = C.72000E C2 SICPAP = (.11500E C2 N = C.12250E-C1 DELTA = 0.51000E 00 F = 0.304000E-00 K = C.52260E-01 C*CAPMA.N = C.324575-01         FFSUNANCE       ER = C.46222E C3 EV. GAPNA = C.22700E-00 SICPA = 0.55700E C2 SICPAP = C.11500E C2 N = C.12250E-01 DELTA = 0.50600F 00 F = 0.30200E-00 K = C.57242E-01 G*CAPPA.N = C.22652E-01         COUREE NC       EXPERIMENTALE       CCEF1 = C.10370F 01 CCEF2=-0.       COEF2=-C.         COEF2=-C.       COEF2=-C.       COEF2=-C.       COEF2=-C.         COEF1 IDELTA = C.10370F 01 CCEF2=-0.       COEF2=-C.       COEF2=-C.         COEF1 = C.10370F 01 CCEF2=-0.       COEF2=-C.       COEF2=-C.         CENEITIONS EXPERIMENTALES       COEF1 = C.10370F 01 CCEF2=-0.       COEF2=-C.         CENE 1 F051110N = C.46000000 C C F = 0.40000000000000000000000000000000000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | PESCNANCE            | 2 E<br>N      | $R = C_{\bullet} 4 \in C \notin F$ $= G_{\bullet} 1325 CF - ($           | C3 EV.                           | GAPPA=<br>Delta= 0      | C.25000<br>.51000          | E-CC<br>0C                    | SICPA= 0<br>F = 0             | 0.67800E C3<br>.3050CE-CC           | SICMAP= (.1150CE 02<br>K = C.52°16E-C1     |
| $FFSCNANCE \leftarrow C+CAPPAARE C+2242E C3 EV+ GANAAE C+23700E-C0 S1CN = 0+5370CE C3 S1CMAP + (+115CCE C2 N = C+2242E C3 EV+ GANAE C+23700E-C0 F = 0+39200E-00 K = C+57342E-01 G*CAPPA+N = C+23652E-C1 G*CAPPA+N = C+23652E-C1 CCEF2=-0+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ C0EF2=-C+ $ | RESCHANCE            | 1 E<br>N      | R= C.46752E<br>= C.13250E-(                                              | C2 FV.                           |                         | C.27C00                    | 1E-CO<br>90                   | S](###<br>F = 0               | C.72CCCE C3<br>.3040CE-C0           | SICMAP= C.IISCCE C2<br>K = C.S2ECSE-C1     |
| CCUREE NC 2 EXPERIMENTALE CCEF1= C.1C37OF 01 CCEF2=-O. CDEF2=-C.<br>CCNCITIONS EXPERIMENTALES<br>7CNE 1 FCSITICN= C.4ECCCE C2 NCPERE CE CANAUX=6401 LARCEUR= C.5CCCCE-C1<br>7CNE 2 PCSITICN= C.146C2F C3 NCMPRE CE CANAUX=1024 LARCEUR= C.1CCCCE-CC<br>7CNE 2 PCSITICN= C.178C2F C3 NCMPRE CE CANAUX=767 LARCEUR= C.2CCCCF-CC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | FFSCNANCE            | ∠ E<br>N<br>G | <pre>#(APMA→N= C,<br/>R= C→4€2€2E<br/>= C→1325CE-<br/>#CAMMA→N= C,</pre> | (1<br>23652E-0                   | GANNA=<br>DELTA= 0<br>1 | C.23700<br>.5060CF         | IE-CO<br>OC                   | \$1C# <i>t</i> =<br>F = 0     | 0.5376CE C3<br>.30200E-Q0           | SICMAP = C.115CCE C2<br>K = C.57342E-01    |
| CENEITIENS EXPERIMENTALES<br>7CNE 1 FCSITIEN= C.4ECCCE C2 NCMBFE EE CANAUX=6401 LARCEUR= C.5CCCCE-C1<br>7CNE 2 PCSITIEN= C.14EC2F C3 NCMPFE EE CANAUX=1024 LARCEUR= C.1CCCCE-CC<br>7CNE 2 PCSITIEN= C.178C2F C3 NCMBFE EE CANAUX= 767 LARCEUR= C.2CCCCE-CC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | CCUREE NC 2 EXPE     | R IMEN T      | ALE                                                                      | CCEF1=                           | C.1C370F                | 01                         | CCEF2=                        | -0.                           | COE                                 | ===-C.                                     |
| 7CNE1FCSITICN=C.4ECCCEC2NCMBFECECANZUX=6401LARCEUR=C.5CCCCE+C1ZENE2PCSITICN=C.146C2FC3NCMBFECECANZUX=1024LARCEUR=C.1CCCCE+CCZENE3PCSITICN=C.178C2FC3NCMBFECECANZUX=767LARCEUR=C.2CCCCE+CC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | CENEITIENS EXPER     | IMEN 1A       | LES                                                                      |                                  |                         |                            |                               |                               |                                     |                                            |
| · · ·                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 7CNE<br>ZCNE<br>ZCNE | 1<br>2<br>3   | FCSITICN=<br>PCSITICN=<br>PCSITICN=                                      | C.46CCCE<br>C.146C2F<br>C.178C2F | C2<br>C3<br>C3          | NC#8FE<br>NC#8FE<br>NC#8FE | CE CANA<br>CE CANA<br>CE CANA | UX=6401<br>UX=1024<br>UX= 767 | L ARCEUR=<br>L ARCEUR=<br>L ARCEUR= | C.\$CCCCE-C1<br>C.1CCCCE-CC<br>C.2CCCCE-CC |

#### LENCUEUF EF PASE= C.ICICEF CI RETARE ELECIFCNIGLE= C.14000E 01

E(1)= C.4482CE (3 TIR(1)= C.55786E 00 TIFT(I) = 0.94921E 00AIPEX= C.1C421E (1 AIR14= C.16568E 61 TIR(1)= C.SC2C3E CC E(1)= C.44EC5E C2 T[FT(I)= 0.54832E 00 AIREX= C.114CIE C1 AIRTH= C.11C25E C1 2 E(1)= C.4975CE C3 TIR(I)= C. 54454E CO TIR(I)= C. 5545E CC AIRTH= C.11551E C1 TIFT(1)= 0.94741E 00 AIREX= 0.119526 (1 3 E(1)= C.44775F (3 TIFT(I)= C.S4646E 00 AIREX= C.12357E C1 AIRTH= C.12CEEE C1 E(1)\* C+4576CE C3 F(1)\* C+4576CE C3 F(1)\* C+4573CE C3 F(1)\* C+4573CE C3 E(1)\* C+4573EE C3 TIR(I)= C.\$2864F CO TIR(I)= C.\$2864F CO TIR(I)= C.\$5574F CO TIR(I)= C.1CC12E C1 AIREX= 0.13111E C1 AIREX= 0.13554E C1 AIREX= 0.1354E C1 AIREX= 0.13541E C1 AIREX= 0.13640E C1 TIFT(I)= 0.94448E 00 AIRTH= C.12631E C1 AIRTH= C.13187E C1 AIRTH= C.13753E C1 AIRTH= C.13753E C1 AIRTH= C.1433CE C1 AIRTH= C.14518E C1 TIFT(I)= 0.94446E 00 TIRT(1)= C.94340E 00 TIRT(1)= C.9473CL CO 71R(1)= (.\$\$CC7E 00 F(1)= (.447)CE (2 F(1)= (.447)CE (2 E(1)= (.449)CE (2 E(1)= (.449)CE (2 E(1)= (.449)CE (2 E(1)= (.449)CE (2 E(1)= (.440)CE (2 E(1)= (.440)CE (2) E(1)= (.440)CE (2) TIR(I)= C.\$4C12E CO TIR(I)= C.\$4C12E CO TIR(I)= C.\$7724F CC TIR(I)= C.\$7724F CC TIR(I)= C.\$7742F CC TIR(I)= C.\$57742F CC TI=7(I)= 0.44116E 00 AIREX= 0.14239E (1 AIRTH= C.15518E C1 AIRTH= C.15518E C1 AIRTH= C.16131E C1 AIRTH= C.16757E C1 AIRTH= G.17356E C1 10 "I-T(1)= C.93996E 00 A]REX= 0.14427E C1 TIFT(I)= 0.93872E CC TIFT(I)= 0.93872E CC TIFT(I)= 0.93743E CC TIFT(I)= 0.93607E 00 AIREX= C.15657E C1 AIREX= 0.16523E C1 AIREX= C.17575F C1 11 12 13 TIR(I)= C.S2S27F CO TIR(I)= C.SCE36E CO AIRTH= C.18050E 01 14 TIFT(1)= 0.934666.00 AIREX= 0.182838 (1 E(1)= C.45511E C3 E(1)= C.45557E C3 E(1)= C.45557E C3 E(1)= C.45557E C3 E(1)= C.45557E C3 E(1)= C.45552E C3 AIRTH= C.IECICE CI AIRTH= C.IECICE CI AIRTH= C.IS4CIE CI AIRTH= C.2CEICE CI AIRTH= C.2CEICE CI AIRTH= C.2CEICE CI AIREX= C.15215E C1 AIREX= C.2CC53E C1 AIREX= C.2CEC3E C1 AIREX= C.2CEC2E C1 15 TIFT(1)= 0.93318E 0C 11°(1)= C•91459E CO 11°(1)= C•925C7E CO TIFT(I) = C.92163E OCTIFT(I) = C.930G1E CO16 17 11R(I)= C.SO32FE CC TIR(I)= C.E6528E OD 18 19 TJFT(I)= 0.92831E OC AIREX= C.2177CE C1 AIREX= G.23117E C1 AIREX= C.24C12E C1 AIREX= C.24C12E C1 AIREX= G.24765F C1 AIREX= G.25526E C1 T1FT(I)= 0.92652E OC E(1)= C.44952F C2 E(1)= C.44952F C2 F(1)= C.449522E C2 E(1)= C.449522E C2 E(1)= C.44472F C2 E(1)= C.44472F C2 20 21 22 23 AIRTH= C.223C7E C1 TIR(I)= C.S1(32F CC TIFT(I)= 0.92463E 00 11R(1)= C.\$2445E GC 71R(1)= C.\$243CF OO TIFT(I)= C.92264F OC TIFT(I)= C.92055F OO AIRTH= C.23CECE C1 AIRTH= C.23875E C1 AIRTH= C.276526 C1 AIRTH= C.276526 C1 AIRTH= C.275526 C1 AIRTH= C.273576 C1 AIRTH= C.272686 C1 AIRTH= C.272686 C1 TIR(I)= C.\$41\$5E CC TIR(I)= C.\$C125E CC AIREX= C.ZEICEE C1 TIFT(I)= C.91833E 0C TIFT(I)= 0.91598E CC AIRFX= C.27C54E C1 24 25 26 27 28 F(1)= (.45462F (? F(1)= (.45462F (? E(1)= (.45424F (? E(1)= (.45424F (? E(1)= (.45424E (? 11R(1)= (.65077E CC 11R(1)= (.525666 CC 11R(1)= (.523666 CC 11R(1)= (.523656 CC 11R(1)= (.523656 CC AIREX= 0.26153E C1 AIRFX= C.2665E C1 AIRFX= C.2665E C1 AIPFX= C.26662E C1 TIFT(I)= 0.91349E CO TIFT(I)= 0.91084E CC TIFT(I)= 0.90801E UC AIRTH- C.2015EE C1 AIRTH- C.2015EE C1 AIRTH- C.30141E C1 AIRTH- C.31)5EE C1 AIRTH- C.32212E C1 AIRTH- C.33307E C1 AIREX= 0.30324E C1 AIREX= C.31631E C1 TIFT(I)= 0.90500E 00 29 30 21 32 TIR(1)= C. E4433F CC 7147(1)= 0.90177E CC E(1)= (+4<364E (3 E(1)= (+4<375F (3 F(1)= (+4<364E (5 11R(1)= C.SC357F CC 11R(1)= C.SCC67F CC 11R(1)= C.SCC67F CC 11R(1)= C.SCC11F CC TIFT(1)= 0.8582CE CC TIRT(1)= 0.8582CE CC TIRT(1)= 0.85457F 70 TIFT(1)= 0.85054E 0C AIFEX= C.32555F C1 AIREX= C.32556F C1 AIREX= C.32566F C1 AIREX= C.34535E C1 E(1)= C.443446 (3 31R(I)= C.FF12CF CC TIRT(I)= C.EE618E OC 41"EX= C.35722E C1 AIRTH= C.34445E C1 E(1)= C.457316 (7 71R(I)= C.E6914F CO TIRT(I)= 0.88143E 10 AIPEX= C.37031E C1 AJRTH= C.3563CP C1 34

Fig. V 2

<u>دم</u>



.



. .

Fig. v. 2.3

۲

\*

2

.

١.

| Ţ                                     |            |                     |           |             | ••••                          | · · · ·  | <br>          | <br>               |            | <br> -            | •    |            | ,<br>        |                                           |          |                                 |       | '<br>   |       | -                 |               |            |                  |              |               |       |                                       |     |                                       | •     |           |         |                                       | -                     |        |        |                |        |      | - | -           | 1          |
|---------------------------------------|------------|---------------------|-----------|-------------|-------------------------------|----------|---------------|--------------------|------------|-------------------|------|------------|--------------|-------------------------------------------|----------|---------------------------------|-------|---------|-------|-------------------|---------------|------------|------------------|--------------|---------------|-------|---------------------------------------|-----|---------------------------------------|-------|-----------|---------|---------------------------------------|-----------------------|--------|--------|----------------|--------|------|---|-------------|------------|
|                                       |            |                     |           | ,<br>       | ·                             |          | •             |                    |            |                   |      | <br>'<br>- |              |                                           |          |                                 | -     | <br>    |       |                   |               |            | <br>-            |              | <br> <br>     | · · · |                                       |     | •                                     | <br>- | •         | <br>    |                                       |                       | -      |        | • •            | •      |      |   | <br>        | + ·<br>-+  |
|                                       |            |                     | <br>      |             | • • <b>•</b> •                |          | <br>          |                    |            |                   |      | • •        |              | <br>'                                     | •        | • •                             |       |         | ···   | <b></b>           | ·             |            |                  | •<br>•       | <br>          |       |                                       |     |                                       |       | +         | <br>    | <br>• -                               |                       |        |        |                |        |      |   |             | -  <br>_ ; |
|                                       | -          | . 4                 | <br>      |             |                               |          |               | • • <del>• •</del> | <br> <br>• |                   |      |            |              |                                           | •<br>•   |                                 |       |         |       | •                 | • • •         |            |                  | <br>         | <br>          |       |                                       |     | <br>-                                 |       | <br>      |         |                                       | •                     |        |        |                |        | <br> |   | +<br>  -    |            |
|                                       | -          |                     | +<br>-    | <del></del> |                               | ,        |               | -                  | -          |                   |      | -          |              | •                                         | -<br>    | -                               | -     | ·       |       |                   | <u>-</u>      |            | -                |              | <del>.</del>  | -     | 1 -<br>                               | '   |                                       | '<br> |           |         | -                                     | -                     |        | •      |                |        |      |   | <br> <br>   |            |
|                                       |            |                     |           |             |                               |          |               |                    |            | • • • • • •       |      |            |              |                                           | •••      |                                 | <br>- | -<br> - | <br>- |                   |               |            | ·                | •••          | ,<br>         | ••••  |                                       |     | ••                                    |       |           |         |                                       |                       |        | •      | -              |        |      |   | <br> <br>   | •          |
| +                                     |            |                     | • • • • • |             |                               | ·        | <br>L., .     |                    | -<br>      |                   |      |            |              | -<br>                                     | ↓<br>; - |                                 |       |         | ••••  |                   |               |            |                  | -<br>        |               |       | h                                     |     |                                       |       |           |         |                                       | •<br>••<br>•          |        | -      | <br> .         | <br>-  |      |   |             |            |
|                                       | <br>  <br> | <br> <br> <br> <br> |           | -<br>       | ,<br>,<br>,<br>,              | <br>-    |               |                    |            |                   | <br> |            | ,<br>,,      | 1                                         | <br>     |                                 |       | <br>    |       |                   | ;'<br>;;<br>; |            |                  | <br>         | <u>''</u>     | ,<br> |                                       |     | -                                     | -<br> |           |         |                                       |                       | '<br>  |        |                |        |      |   |             | ;          |
|                                       |            | ; ;<br>;            |           | ,<br>       |                               | -<br>    | י<br>ק<br>ו ק | <br> -<br> -<br> - |            |                   | <br> | <br>  :    | <u>↓</u>     |                                           | <br>-1   |                                 | -<br> |         | <br>! |                   | <br>          |            |                  | ,<br>,       | ••            |       | <u> .</u>                             |     |                                       |       | ,<br>1    | ,<br>   |                                       | • -                   | ۰<br>۱ |        | <br> <br>      | <br> · |      |   |             |            |
|                                       |            | · · ·               |           | L<br>       | <br>                          |          | ,<br>,<br>,   |                    |            | -1                |      | <br> <br>  | ·<br>        | -                                         | ,<br>T   |                                 | <br>  |         |       |                   |               |            |                  |              |               |       | (,<br>                                |     |                                       |       | <br>•<br> |         | -<br>                                 | {                     |        |        | -              |        |      |   | ·           |            |
|                                       |            | <br>} ;             |           |             |                               |          |               |                    | <br>       |                   |      |            |              |                                           |          |                                 |       |         |       |                   | +-1           |            | -<br>-<br>-<br>- |              |               |       |                                       | ×.  |                                       |       | <br><br>  | <br>    | <br>                                  |                       | • •    | <br>   |                |        |      |   |             |            |
|                                       |            | 1                   |           |             | <br> <br> <br> <br> <br> <br> | -<br>  - | *             | <br> <br>          | Ļ.,        | ₽• , = =<br><br>- |      |            | , ·<br> <br> | <b>}</b>                                  | <u></u>  |                                 |       |         |       | ††<br> <br>       | ;<br><br>     | -<br>      |                  | ¥.           |               |       | 1<br>                                 |     |                                       | Ź.    |           |         |                                       |                       |        | ×      | <u> </u><br>>> | -      |      | - |             |            |
| · [·                                  | باسه م     | ; -'                | ₩. `      |             | £'+¦r                         | •        |               |                    | X          |                   | 1 1  | 11         |              | t:                                        | i 7      | <b>⊷</b>                        | i:?   | ኮንኣ     | 3     | i:                | 11,7          |            | . 1              | <b>.</b> •   | [   ·         |       | 1                                     | ••• |                                       | 11    | - ·       | 12      | × •                                   |                       | 14     | X.     |                | ł.     |      |   |             | · i        |
| ••                                    | • • • •    | 1                   | 1.        | <br> ,      |                               | '<br>;   | <br>          | ني:<br>ت-          | ۲          | •                 |      |            |              | ;;<br>;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;; |          |                                 |       |         | 3     |                   |               | ,<br>#***  |                  | <del>.</del> |               | -<br> | <u> </u>                              |     |                                       |       |           | <b></b> |                                       |                       | Ê.     | ×      |                |        |      |   |             | 4          |
|                                       |            | :<br>:              | ۱ ،<br>،  |             |                               | ·        |               |                    | <b>*</b>   | '<br>   ,<br>     |      |            |              | ·<br>·<br>·<br>·                          |          | ·<br>·<br>·<br>·<br>·<br>·<br>· |       | · · ·   |       |                   |               | ·<br>• • • | • • •            |              | -<br> -<br>,1 |       | .<br> .                               |     | · · · · ·                             |       |           | ,       | 1                                     | 2<br>2<br>2<br>3<br>3 | ÷      | -<br>- |                |        |      |   |             |            |
|                                       |            |                     | 1 ×<br>.' |             |                               |          |               |                    | <b>*</b>   | '<br>   '<br>     |      |            |              | · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·     |          |                                 |       |         |       | , 1<br>, 1<br>, 1 |               |            |                  |              |               |       |                                       |     |                                       |       |           |         |                                       | 20<br>20<br>21        | ÷      | -      |                |        |      | • | ••••<br>• • |            |
| · · · · · · · · · · · · · · · · · · · |            |                     |           |             |                               |          |               |                    |            |                   |      |            |              |                                           |          |                                 |       |         |       |                   |               |            |                  | · · · ·      |               | · ·   |                                       |     | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · |       |           |         | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · |                       | ÷      | -      |                |        |      | • |             |            |
|                                       |            |                     |           |             |                               |          |               |                    |            |                   |      |            |              |                                           |          |                                 |       |         |       |                   |               |            |                  |              |               |       | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · |     |                                       |       |           |         |                                       |                       |        | -      |                |        |      | - | · ·         |            |
|                                       |            |                     |           |             |                               |          |               |                    |            |                   |      |            |              |                                           |          |                                 |       |         |       |                   |               |            |                  |              |               |       |                                       |     |                                       |       |           |         |                                       |                       |        |        |                |        |      |   | • • •       | -          |
|                                       |            |                     |           |             |                               |          |               |                    |            |                   |      |            |              |                                           |          |                                 |       |         |       |                   |               |            |                  |              |               |       |                                       |     |                                       |       |           |         |                                       |                       |        |        |                |        |      |   |             |            |
|                                       |            |                     |           |             |                               |          |               |                    |            |                   |      |            |              |                                           |          |                                 |       |         |       |                   |               |            |                  |              |               |       |                                       |     |                                       |       |           |         |                                       |                       |        |        |                |        |      |   |             |            |
|                                       |            |                     |           |             |                               |          |               |                    |            |                   |      |            |              |                                           |          |                                 |       |         |       |                   |               |            |                  |              |               |       |                                       |     |                                       |       |           |         |                                       |                       |        |        |                |        |      |   |             |            |
|                                       |            |                     |           |             |                               |          |               |                    |            |                   |      |            |              |                                           |          |                                 |       |         |       |                   |               |            |                  |              |               |       |                                       |     |                                       |       |           |         |                                       |                       |        |        |                |        |      |   |             |            |
|                                       |            |                     |           |             |                               |          |               |                    |            |                   |      |            |              |                                           |          |                                 |       |         |       |                   |               |            |                  |              |               |       |                                       |     |                                       |       |           |         |                                       |                       |        |        |                |        |      |   |             |            |

¢



| r -  -                                                                                   |                    | 11                  |              | - 1              |                                                                                             |                                          |                   |                                       |                     |            |                           |                |                            |                       |              |                | -                                     | <u> </u>            | 1                    | -1               |            | Τ,      |                  |           |                                  |              |                       |                      |                        |                           |                   |              |                       | [ -               |        |                 |                    | •            |                | [                    | [:              |      |                  | The second second second second second second second second second second second second second second second s |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------|------------|---------------------------|----------------|----------------------------|-----------------------|--------------|----------------|---------------------------------------|---------------------|----------------------|------------------|------------|---------|------------------|-----------|----------------------------------|--------------|-----------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|--------------|-----------------------|-------------------|--------|-----------------|--------------------|--------------|----------------|----------------------|-----------------|------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                          |                    |                     | •            |                  |                                                                                             |                                          |                   |                                       |                     |            |                           |                |                            | •••                   |              |                |                                       |                     |                      |                  | 1<br>+     | Ļ       | T<br>L<br>       |           |                                  |              |                       |                      |                        |                           |                   |              | -, ,<br>              |                   |        | -               |                    |              |                |                      | <br>            |      |                  | -                                                                                                              |
|                                                                                          |                    |                     | -            |                  | •• •                                                                                        | •                                        |                   |                                       |                     |            | • •                       |                | 1                          |                       |              | -<br>          | - ;                                   |                     | ·                    | +<br>+-          |            |         |                  | <br>      |                                  | · -<br>· -   | •                     | , -<br> <br>         |                        | •                         | •                 | ,  <br>      |                       | • • •             | • • •  | · · · ·         |                    |              |                | <br>                 |                 |      |                  |                                                                                                                |
|                                                                                          | -   -              |                     |              |                  |                                                                                             |                                          | · -               |                                       |                     |            | •                         |                | • •                        |                       |              | -              |                                       | -                   |                      |                  |            |         | -                |           | -                                | <u>.</u>     |                       | [                    |                        |                           |                   |              | -                     |                   |        | •               |                    |              |                |                      | <br> ∙<br> •    |      |                  |                                                                                                                |
| 4                                                                                        | ·                  |                     | -            | ••••             |                                                                                             |                                          |                   |                                       | ·                   |            |                           | <br>           |                            |                       | •            |                |                                       | -                   | -                    |                  | 1.         | -       | -                |           |                                  |              |                       |                      |                        |                           |                   |              |                       | • •               |        |                 |                    |              |                |                      | -               |      |                  | - 1                                                                                                            |
|                                                                                          | T                  |                     |              |                  |                                                                                             |                                          |                   |                                       | : -                 | •          |                           |                | ·                          |                       | _            |                |                                       | -                   |                      | -                |            | ·       |                  |           |                                  | ,            |                       |                      | L .                    |                           | -                 |              | • •                   | •                 |        |                 |                    |              |                |                      |                 |      |                  | : ;                                                                                                            |
| <u></u> <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u> |                    |                     | <u> </u>     |                  |                                                                                             |                                          | •                 |                                       | •<br>•<br>•         |            | • •                       |                |                            |                       |              |                | <b>⊦</b>                              |                     | +<br> .              | +-               | +          |         |                  | ·         | <br>                             | -<br>        |                       |                      |                        |                           |                   |              |                       | '                 |        |                 | •                  |              |                |                      | <br> -<br> -    | <br> |                  | ц.,                                                                                                            |
| <br> .                                                                                   | +.                 |                     |              |                  |                                                                                             |                                          |                   |                                       |                     |            | ••••                      |                |                            |                       |              |                |                                       |                     | +                    | +                | .          | • +     |                  |           |                                  | -<br><br>1   |                       | <br> <br>            | <br>                   | <br>                      |                   | -            | <b></b>               |                   |        | <br>            |                    |              |                |                      | <u> </u>        |      |                  | ; <b>;</b>                                                                                                     |
|                                                                                          | -<br>-<br>-<br>-   |                     |              |                  | -                                                                                           | <br>                                     |                   |                                       |                     | <br>       |                           | [.             |                            |                       |              |                | .<br>                                 | -                   | Ţ.                   | +-               |            |         |                  | -<br>     |                                  |              | -                     | [·<br>               | ,                      |                           |                   |              |                       |                   |        | Г.,<br>         |                    |              | Т.<br>         |                      |                 |      |                  | , '<br>                                                                                                        |
| .  .<br> •∔ ·                                                                            | ·<br>              | <br>                |              |                  | -                                                                                           | 1,<br>1<br>1                             |                   |                                       |                     | ••• ••<br> | <u>-</u>                  |                |                            |                       | · ·          | -              | ∤•<br>                                | <br>                | ·                    |                  | )<br>      | - +-    | -  <br>          | • - •     | <br>                             |              |                       | <br> ;               | +<br> <br>             |                           |                   | <br>         | +-<br> <br>           | ; ••• •<br>1<br>1 | •      | ∔+-<br>  ,<br>  | <u> </u><br>       |              | •<br>          |                      | <br> <br>       |      | <br>             |                                                                                                                |
|                                                                                          |                    | <br> <br>           | -            | ,<br>,           | <b>}−</b>                                                                                   |                                          |                   |                                       | <br> <br> <br> <br> |            | +<br>L                    |                | + <sup>1</sup> -+<br>1 - 1 | 1<br>1                |              |                | '                                     |                     | <u> </u>             |                  |            | +       |                  | !         |                                  |              | ۱<br>۱<br>۱           |                      | <br>                   |                           |                   |              | ;<br>,<br>            | · · ·             |        |                 |                    |              | <br> -         |                      | <br>            |      |                  | -<br>-<br>-                                                                                                    |
|                                                                                          |                    | -<br>               |              | +                |                                                                                             |                                          | '  <br> <br>  ; - | <br> -'<br>                           | <br>  <br>          | <br>       |                           | '-<br> -<br>!  | ;                          |                       |              |                | ;                                     |                     | -<br>-<br>-          |                  | , ,<br>, , | -       | •                | 7<br>7. 1 |                                  |              | <br>                  | .<br> .<br> .        | <br> <br> <br>         | } ,<br>                   | <br>¦             | ! _          | 1                     | <br>              |        |                 | .<br>              | <br>         | <br>           |                      |                 |      |                  | <br>  <br>                                                                                                     |
| ₩-+-<br>  ,- -                                                                           | <b>†</b> -         |                     | <br>;        | <br>::           | ;<br>                                                                                       | +                                        |                   | ⁺<br> <br> .                          | - <br> !            | <br>       | <br>-<br>-                | } <sub>7</sub> |                            | · ·                   | -<br> <br> - | <br> -<br>     |                                       | <br>  .<br>  .      | -محاء<br>کلا ہے<br>د | τ<br>            | -1         | Ť       | -                |           | <b>بر '</b>                      | <b>.</b>     | ' <del>-</del><br>  - | <br>                 | +                      | 1254                      | <br>1:<br>        |              | יי-<br>זי             |                   |        |                 |                    |              |                | + +<br>   _          | T               | X    |                  |                                                                                                                |
| ht n                                                                                     | •••• •             | <br>                |              |                  |                                                                                             |                                          | <br> <br>         |                                       |                     |            |                           | ↓'             | <br>1                      |                       | +<br> ↓      |                |                                       | <br>                | •                    |                  | -+         | "_<br>' | -                | •         |                                  |              |                       |                      | <br> <br>              |                           | **                | , 264,<br>   | ¥.                    |                   | <br>   | <br> ````<br>   | f                  | 5            | <br> <br> <br> | ┫╦╼╷┿<br>╷<br>╷┨╵╸┍╤ | <b> -</b> -     |      | X                | <br> x                                                                                                         |
| ,<br><br>                                                                                | -                  | ۍ<br>ا              | 51           |                  | <br>                                                                                        |                                          | · · ·<br>         | ,<br>]                                | <br>1;              |            | .'<br> '¦ <sup></sup>     | ;'<br><br>     |                            | '                     | ,<br>1       | <br> .         |                                       |                     | •                    | ' <br><br>1      |            | TI.     |                  | '<br><br> | •                                | -            | -                     | · <sup></sup>        | •                      | 11 .<br> T                | <br> <br>         |              |                       |                   | A      |                 | }<br> }<br> }      |              |                |                      |                 |      |                  | <u>کر</u>                                                                                                      |
|                                                                                          | •                  | •                   | - <b>h</b>   |                  | 15                                                                                          | 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1 | *                 |                                       | <br>                |            | <br> <br>                 | +              |                            | ÷                     |              | · · ·          |                                       | ••                  | -†                   |                  |            |         |                  |           | ۲-<br>۱<br>۱                     |              | ,<br>,<br>,           | (F-                  | т <b>,</b>             | ,<br>                     |                   |              |                       | ,<br>,<br>,<br>,  | Ĭ.     |                 | <b> </b> -         |              |                |                      | ļ               |      |                  |                                                                                                                |
|                                                                                          |                    |                     | , • -<br>-   | · -              | • -<br>•                                                                                    | × -                                      |                   | , , , , , , , , , , , , , , , , , , , | ,<br>,<br>,         | <br>       |                           |                |                            | •                     |              | ·              |                                       | :                   | <br>                 |                  | -  -       |         | $\left  \right $ | •         |                                  | ; .<br>      | +-<br>                | •<br>;               |                        | : .<br> -<br>             |                   | <del>-</del> |                       | , -<br>;          |        |                 | ╫╋╾╺<br>╢╿<br>╢╢╌━ |              | <b>I</b>       |                      |                 |      | 1;;;;<br>        |                                                                                                                |
| ļ. j.                                                                                    | • •                | ',<br>              |              | } -              | 1.<br> <br>                                                                                 |                                          | ' T<br> <br>      | ¥<br>¥                                | 7                   | •          | ;<br>                     | •              | ؛<br>ا                     | 1                     | -<br> -      | '              | '-<br>  _                             |                     | .<br>                | . <b>.</b>       | <br>       | ¥.      |                  | -         | :                                | 4<br>1<br>1- | -                     | ••••                 | !'<br>'                | <br>                      | -                 | · _          | ;-                    | -                 | - 1    | •               | <u> </u>           |              |                | -                    |                 |      | ; - <sup>;</sup> |                                                                                                                |
|                                                                                          |                    |                     | ÷.,          | ן<br>            | :<br>: -<br>: -                                                                             | -                                        | -<br>             | ,                                     |                     |            | -,                        | <br> <br>      | -                          | 1<br>• <del>• •</del> |              | .<br> .<br> .  | ļ,                                    |                     | ŀ.                   | +                | -   .      |         | ŧ.ļ              |           | • •                              |              | -                     |                      | -                      | <b>,</b>                  |                   | ••••••<br>1  | <br>-                 | :<br>             |        | · '             | <br>  .            |              | ]-             |                      | li<br>fi        |      |                  | · -                                                                                                            |
| [·                                                                                       |                    | •<br>•              | ,<br><br>1 , |                  | '                                                                                           | •                                        |                   |                                       | Į.                  |            |                           | -              |                            | :.                    |              |                | · · · ·                               |                     |                      |                  |            | Ţ       | Ţ                |           | •                                |              | -                     |                      | !                      |                           |                   |              |                       |                   |        | 1               |                    | ;            |                |                      |                 |      |                  |                                                                                                                |
|                                                                                          |                    |                     |              | :                | -<br>-                                                                                      |                                          | <br>l:<br>;;;-    |                                       |                     | <br>  : -  |                           | <br>   <br>    |                            | <br>.'<br>-           |              |                | , ,•<br>, ,•                          |                     |                      |                  |            |         |                  |           |                                  |              |                       | . <del>.</del><br> : | <del>ار</del> ا<br>ارا | ц<br>т <u>;</u>           |                   |              |                       | <br>  :           |        | .<br>  .<br>  . |                    | +;:          |                |                      |                 |      |                  |                                                                                                                |
|                                                                                          |                    | :]<br> :]<br> :]    | ,            | <u> </u><br>     |                                                                                             |                                          |                   |                                       |                     | ;!         |                           |                |                            | ·<br>·                |              |                | , , , , , , , , , , , , , , , , , , , | <br> <br> <br> <br> |                      |                  | -#         |         |                  |           | <br> <br>                        |              |                       |                      |                        | ļi.                       |                   |              | ,<br>,<br>,<br>,<br>, | ії.<br>Ц'         |        |                 | <u> </u>           |              |                |                      |                 |      |                  |                                                                                                                |
|                                                                                          | .   .              |                     |              | ·                | • .<br>••                                                                                   | ••                                       |                   | <u> </u>                              |                     |            |                           |                |                            | - <u>1</u> ,-         |              |                |                                       |                     |                      | •<br>•<br>•<br>• | -          |         | [                |           | <u>.</u>                         | -<br>        | ⊧ц.<br> ∙<br> ∙.      |                      |                        | -<br> -<br> -<br> -<br> - |                   |              | -<br> +!<br>          |                   |        |                 |                    |              |                |                      | :<br>  :<br>  : |      |                  | } ·<br>- -+- <br>  -+-                                                                                         |
|                                                                                          |                    | Ţ;<br>,             |              | -<br> <br>       |                                                                                             |                                          |                   |                                       |                     |            |                           |                | iir<br>Xi-                 |                       |              |                |                                       |                     |                      |                  |            |         |                  |           | ÷                                |              |                       |                      |                        |                           |                   |              |                       |                   |        |                 |                    |              |                |                      |                 |      |                  |                                                                                                                |
| ┝╍╞┙╎╆╶╺<br>┥┽┨╧╺┷╍╕                                                                     | ·                  | , <u>-</u><br> <br> |              | ••••••<br>•••••• |                                                                                             |                                          |                   |                                       |                     |            | !!<br> - !                |                |                            | ,  <br>               |              |                | - ':<br>                              |                     |                      |                  |            |         | i                |           | <u></u>                          | 4.<br>1      | <br>                  |                      |                        | ∔ -<br> <br>              | +                 | 111.<br>     |                       |                   |        |                 |                    | <br>         |                |                      |                 |      |                  | ;<br>  <br>                                                                                                    |
| 4                                                                                        | ; - <del>,</del>   | · 11<br>· 11        |              |                  | -<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>- | -  <br>-                                 |                   |                                       |                     | ÷.         |                           |                |                            |                       |              |                |                                       |                     | -                    |                  |            |         |                  | Ц:<br> 'Т | <u>.</u>                         |              |                       | <br>                 |                        |                           | <u> </u><br>    - |              | ,<br>,<br>,           |                   |        |                 |                    | -            |                | V                    |                 |      |                  | <br> <br> <br>                                                                                                 |
| ₩↓                                                                                       | :- ; ;             |                     | . _          | ;<br>-           |                                                                                             | <u>i</u>                                 | ₩.                | <b>;.</b>                             |                     | <br>- [•]  | -1                        |                |                            |                       |              |                |                                       |                     |                      |                  |            |         | <u>  .</u>       |           | , i .<br>1                       |              |                       | <br> <br>            |                        |                           | 1                 |              |                       |                   |        |                 |                    |              |                |                      |                 | Ē    |                  |                                                                                                                |
|                                                                                          | - ;<br>- ;<br>- ;- | ;<br>+;;;           | ין:<br>-ווי  |                  |                                                                                             | -+.<br>-                                 | ┠╍┽┝╷<br>┥╷┥└╴    |                                       |                     | <u></u>    |                           | ┾╠╍<br>┟╎┿╸    |                            |                       |              |                | ┝-!-!<br> -: ',ı                      |                     |                      |                  |            |         |                  |           | <b> </b><br> <br> <br> <br> <br> |              |                       |                      |                        |                           |                   |              | ₩',                   |                   | ₩<br>₩ |                 |                    | ╋╬┿╍<br>┥┥┝╼ | 44.<br><br>    |                      | ╋               |      | ₩÷<br>₩          | -  <br>-  -                                                                                                    |
|                                                                                          | -<br>              |                     |              | -H               |                                                                                             |                                          |                   | ##-<br>                               |                     | ان<br>با   |                           |                |                            |                       |              |                |                                       |                     |                      |                  | •          |         |                  |           | <br> <br> <br>                   |              |                       |                      |                        |                           |                   |              |                       |                   |        |                 |                    | #            |                |                      |                 |      |                  |                                                                                                                |
| -†4, 4<br>- 14 -                                                                         |                    |                     |              | · <br>·          |                                                                                             |                                          |                   |                                       |                     |            |                           |                |                            |                       |              | <sub>1</sub> , |                                       |                     |                      |                  |            |         |                  |           |                                  |              |                       |                      |                        |                           | 'ī<br>            |              |                       |                   |        |                 |                    |              |                |                      |                 |      | ĮĮ.              |                                                                                                                |
|                                                                                          |                    |                     | 13           | ·                |                                                                                             |                                          | , i.,             |                                       |                     |            | ب <del>ن</del> ار.<br>بار | ╊┿╋<br>┥┍┿╼╸   | 3                          |                       |              | ┝╌┼╍┦<br>┥╍╎╍╸ |                                       |                     |                      |                  |            |         |                  | No.       |                                  | <br>         | ╈╪┽╼┛<br>╎╴<br>┨┨╏╴   |                      | ┿┽┙<br>╎╎╴             |                           | ┝╫╌╹<br>╎╢╌╸      |              |                       |                   | 鞹      |                 |                    |              |                |                      |                 |      |                  |                                                                                                                |
| ;#                                                                                       |                    | <b> </b>  -         | ' .:<br>: :  |                  |                                                                                             |                                          |                   | +++                                   |                     | , <u>–</u> | ,<br> - - <br> - -        |                |                            |                       |              |                | <del> </del>   -                      |                     | -                    | +                |            |         |                  |           | - Ţ                              |              |                       | <u>   </u> .         | <u> </u>  -            | ╟╴                        |                   |              | #-                    |                   | ╟      |                 |                    |              | ₩-             |                      |                 |      | <b>  -</b>       | #-+                                                                                                            |

| <br>         |                   |           |                              |            |             |             |                | 7        |                | - 1                    | +          |                 | ;<br>4-     | - 1-         |       | Ţ.       |       | -              |           |               | ;<br>;<br>;         |               |                           | Ţ               | •  -            |                  |             | <br>                        |                 |                  | -        | -         |                                         |           |           |            | [].           |              |
|--------------|-------------------|-----------|------------------------------|------------|-------------|-------------|----------------|----------|----------------|------------------------|------------|-----------------|-------------|--------------|-------|----------|-------|----------------|-----------|---------------|---------------------|---------------|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------|-----------------------------|-----------------|------------------|----------|-----------|-----------------------------------------|-----------|-----------|------------|---------------|--------------|
|              | ••• •••           | <br>      |                              | +<br>-     | -           |             | <br> <br>      |          | ·              |                        |            | - +<br>-        |             |              | •     | + -      |       | <br> -<br> -   | ·  -<br>  |               | ·<br> -             |               |                           | <br>ار<br>ار    | • • • •         |                  |             |                             |                 |                  | +<br>- + |           | • +                                     |           | <br> <br> |            | ┝╶╍╆╍<br>┃ ┃  | ·            |
| 4            |                   |           | +<br>                        |            |             |             | <u>+</u> -     |          |                |                        | <br> <br>  |                 | ·           |              | •     |          |       | ┝╺┥            | <u>+</u>  | - +<br> <br>1 | .i                  |               |                           | · -†·<br>•<br>• |                 | ·                | -           | -                           |                 |                  |          |           | • ∔                                     | -L        |           | <br>↓      | ╞╶┼           | - <u>i</u> - |
| -            | ••• •             | <br>      |                              | + -        |             |             | +              |          |                |                        |            |                 |             | <br> -<br> . | +-    | ļ        |       | :              | -         |               | -                   |               |                           | -               | -               |                  | <br>        | IGN                         |                 |                  |          |           |                                         |           | +.        | <b>_</b>   | ╞┽            |              |
| 1<br> -      | •• -              |           |                              | 4          |             |             | †<br>          |          |                |                        |            | - r<br>-  <br>- |             |              | -<br> | +        | †     |                | · • •     |               | 1<br>- <del>1</del> |               |                           |                 | -               | +                |             | ()<br>()<br>()              |                 | •                |          |           | ··                                      | -         | -         | <b>†</b>   |               | +            |
| 4            | 6                 | N         | <u>HI</u>                    | Ċ          | s           |             | <u>İ</u> D     | Į<br>U   | Ī              | Ēġ                     |            | Żф              | B           |              | E S   | ļÌ       | E     | ĴΪ             | ΒÇ        | 11            | <u>.</u>            | <br>          | 4                         | · ·  <br> -     | <br>- : -       |                  | <br> <br>-+ |                             | 100             | <br>             | - 1      |           |                                         |           | .<br>     |            | ┝╸╺┝╴         |              |
|              | <br>              |           |                              |            |             | -           |                | <br>     |                |                        | -          | -               |             | . }          |       |          | '<br> | •              | .<br>     | .  .<br>      | · · ·               | -<br>-<br>-   |                           | •               | _ .             | 1                |             |                             |                 | !<br>            |          |           |                                         |           |           | <u>_</u>   | -             | -            |
| Ī            | Ŕ                 | Q         | Þ <b>í</b> -                 | 171        | ai li       |             | ŻΩ             | R        | S              | -<br>11 <sup>-</sup> 1 | F          | ŔŔ              |             | 51           | T Ï   |          |       | hF             | • -       | T             |                     |               |                           | •               | -               | -  -             | -           |                             |                 |                  | 4        | •         | -                                       | - I:      | +-        | -          |               | -   -        |
| ר<br>ק       | י <u>ה</u><br>מיז |           |                              |            |             |             | 71.1           | <br>     | 5.             | ο<br>Tria              | TO I       |                 | Đ           | 2.4.<br>7    |       |          |       |                |           | -†-<br>- †-   |                     | <br>          |                           | it<br> :        | -<br>-  :<br> : |                  | -  <br>     | Į.,                         |                 | <br> - '-        |          | ·  <br>·  | ·<br> ·                                 |           |           |            |               |              |
|              |                   |           |                              |            |             | D_1.(       | <u>Л</u><br> - | ╞╶╶      | 1N.            | <b> </b>               |            |                 | ברו.<br>ביו |              |       |          | 1N.   | NE<br>         | 1N  <br>  | <u>.</u>      | ·                   | +<br> '       | <br> <br>  -              |                 | ••              |                  |             |                             | 4<br>           |                  | <br>- '  |           | :                                       |           |           |            |               |              |
| -            |                   | <u> -</u> |                              |            | <u> </u>    |             |                |          |                |                        |            | , <b></b>       |             |              |       |          | <br>  |                |           | _             |                     |               | <br>                      | <br> <br>       | •               |                  | +-          | ļ;-                         | ;<br>           | ÷                | <u>-</u> |           |                                         |           |           |            | ┢╼┢           |              |
|              | Ī                 | H         | ËC                           | ΪB.        | ia          | UĘ          | E              | N.       | Ţ              | BA                     | 11         | Ť,              | <u>Ò</u>    | ĴŅ           | TI    | N        |       |                | -+        |               |                     | '<br> -<br> - | <br> <br>+                |                 |                 |                  |             |                             | 200             |                  | 7<br>    |           |                                         |           |           |            |               | • • • •      |
| -            | Ē                 | X         | ¢Ε                           | R          | ĪM          | ΕŇ          | İĀ             | ŪŻ       |                | ME                     | B          | QΨ              | E           | 3            | ÞΈ    | B        | X     |                | ¦∤<br>≻-+ |               | -<br>               |               | <br>-<br>                 | · · -           | ·               | H<br>H           | + <br>-; +  | <br>                        | I -             |                  |          | : 111<br> |                                         | -  :      |           | ·   ·      | ╽╺╁╴<br>┟╴╺┥╵ |              |
|              | <br>-             | <u> </u>  | -<br>-<br>-                  | -<br>  -   |             |             |                | ,<br>  , |                | -                      |            |                 | -           |              | -  +- |          |       | <br>           | :  ,<br>  |               |                     |               | ,<br>,<br>,               | <br>  <br>      |                 |                  |             | <br>     <br>               |                 |                  | ·        | <u> </u>  |                                         | R         |           |            |               | · · · ·      |
| Ë            | 51                | ĥ         | T. T                         | N          |             | r - +,      | <br>           | F        | Þ              | Ā                      | Ś          | ŝĒ              |             | ۶ł           | Ō',   | ЩF       | 17    | h<br>n         | F         | -0            | 1                   | ;<br>-        |                           | -               |                 | -  .             | -<br> -     | · :                         |                 | ,<br>,           |          | 1.        | -                                       |           | -         |            |               |              |
| <b>د</b><br> | - <b>5</b>        |           |                              |            |             | <br>   <br> | -              | <b>I</b> |                |                        |            |                 | <b>-</b>    |              |       |          | i.    | 1.             | ·         |               | -                   | †<br> :       | ن<br>الم                  |                 |                 |                  | <br>        | · · · · ·                   |                 | ,                |          |           | , -f                                    | ·         |           |            |               |              |
|              | -                 |           | <u> </u>                     | <br>       |             |             | ·              | ┼╌╌      | !<br> !        |                        | <br>-      |                 |             |              |       |          | .     | •              |           |               | ŀ                   |               |                           |                 |                 |                  | -<br>-<br>- |                             | <br>            | +<br>-<br>-      |          | <br>;     | <u></u> ,<br> -<br> -  .                |           |           | .  <br>  - |               |              |
| jt.          |                   | B         | <u>Ş</u> .                   | S          | IЦ          | МН          |                | FU       | IL:            | μu                     | 61         | トウ              | i j         | _H           | HU    | it (     | IH    | $\mathbf{S}$ i | SI        | 10            | MH.                 | i.            | : 1                       |                 | - 1             | - <u>F</u>       | 11          | 1                           |                 |                  | <u>-</u> |           | 1<br>+                                  |           | ·         | +          | ¥-            |              |
| <u>[</u>     | 15                |           | 1                            |            |             | . <b>i</b>  | ÷              |          | <b>)</b> .     | 1                      |            | '.              |             |              | ľ     |          |       | <b>F</b>       |           | יא א<br>      | - 4-5<br>           | - <br>        | ·                         |                 |                 | • -              |             | . <b> </b>                  | P               |                  | :        |           |                                         |           |           | 1          |               |              |
|              |                   |           | -<br>                        | <u>   </u> | B           | <u>}</u>    |                |          | Ċ              | ËĨ                     | <u>,</u> ) | -<br><br>       | <br> <br>   |              | ĹĒ    | ()<br>() |       |                | :         | B             | )                   | - <br>        | ·<br> <br> <br> <br> <br> |                 |                 | - ا<br>بل<br>- ا |             | . 4. <del></del><br>  -<br> | 101.            | 1<br>1<br>1<br>1 | · · ·    |           | ; + i<br>                               | • -+<br>+ |           |            |               | -  ,         |
|              |                   |           |                              |            | B           |             |                |          |                | Ēſ                     | ( <u>)</u> | -<br>-<br>-     | ·           |              | ĹĒ    | V)       |       |                | · · · ·   |               | )  <br> -<br> -     |               |                           |                 |                 | ·                |             |                             | 101 <sup></sup> |                  | · · ·    |           | ┙╸╸╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴<br>╋╼╼┺╸┊╋╼╌╋╶╴╴╴    |           |           |            |               |              |
|              |                   |           |                              |            | 8           | 58          |                |          | 6              | Ē                      |            |                 |             |              |       | V)       | 20    |                |           |               |                     |               |                           |                 |                 |                  |             |                             |                 |                  |          |           |                                         |           |           |            |               |              |
|              |                   |           |                              |            | 6           |             |                |          | 0 0 G          |                        |            |                 |             |              |       | V)       |       |                |           |               |                     |               |                           |                 |                 |                  |             |                             |                 |                  |          |           |                                         |           |           |            |               |              |
|              |                   |           |                              |            | B<br>6      |             |                |          | 10<br>10<br>10 |                        |            |                 |             |              |       |          |       |                |           |               |                     |               |                           |                 |                 |                  |             |                             |                 |                  |          |           |                                         |           |           |            |               |              |
|              |                   |           |                              |            | B<br>B      | 58 0        |                |          |                |                        |            |                 |             |              |       |          |       |                |           |               |                     |               |                           |                 |                 |                  |             |                             |                 |                  |          |           | ┙╸┙╋╍╍╋╺╼╍┝╍╶┝╍╌┿╍╸┝╺┅┍┿╸╍┝╴╶╴╴╴        |           |           |            |               |              |
|              |                   |           |                              |            | B<br>6<br>9 |             |                |          |                |                        |            |                 |             |              |       |          |       |                |           |               |                     |               |                           |                 |                 |                  |             |                             |                 |                  |          |           | ╶╴╶╻╴╼╻╴╶╻╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴╴ |           |           |            |               |              |
|              |                   |           | ╶┾╾┿╴╠┈╬╌╄╺╬╴╎╴╏╴╎╴╫╶┼╶┽╸╬╶┤ |            | E N N       |             |                |          |                |                        |            |                 |             |              |       |          |       |                |           |               |                     |               |                           |                 |                 |                  |             |                             |                 |                  |          |           | ╶╸┲╴╼╅╴┉┚╴╶┝╌┈╧╌┙╵╴╌╖╴╍┝╴╷╖┅┅┠╌╻╻╴╴╴╴   |           |           |            |               |              |



白山 F INTEDIE SEPTICE POP SLAS -----FFF=, -TIPEE FIFTLE EN TH ------EXPERIMENTED THE Tree = ~ `. 비네 ENER E JAE -= = )'. =]' 4 3 • 1 ET.E. -1 . -Fr -不正 F-,| -11-1,225 -1.7-1 1. ; , -EF 1 ŦĘ 1.1 -----14.4. - : ?? 1. 3 -1: 1 em 1 溪 : ' • ; . 1 , + ,1 ; 1 •••• ; ; t , ------1 . .

### CHAPITRE VI

## ANALYSE DES RESONANCES PAR UNE FORMULE MULTINIVEAUX

## VI.1 I T FORMALISME DES REACTIONS NUCLEAIRES. FORMULE MULTINIVEAUX

1

Les programmes décrits jusque là permettent de traiter simultanément plusieurs résonances, en nombre Q, couvrant un intervalle fini I tant que ces résonances peuvent être considérées comme des niveaux séparés sans qu'il y ait interférence entre elles ou avec des résonances situées hors de l'intervalle I. Ces programmes s'appuient essentiellement sur l'approximation de la formule à un niveau et sont donc applicables toutes les fois que les conditions de validité de cette approximation sont remplies. Ce n'est que lorsqu'on atteint des régions d'énergie où les résonances observées sont caractérisées par des largeurs dont la valeur atteint celle de l'espacement moyen des niveaux, c'est-à-dire, lorsque la condition (I.2.63) n'est plus respectée qu'il faut faire appel à un formalisme multiniveaux. Encore peut-on, sous certaines conditions que l'expérience révèle généralement satisfaites, sauf circonstances très défavorables, rameher

par des artifices de calcul l'analyse multiniveaux sux dimensions d'une analyse un niveau. C'est ce que nous allons voir en premier.

## VI.1.1 Aménagement de la formule à un niveau

On peut, avec J.E. Lynn  $[\bar{I}.6.11]$ , aménager la formule de Breit et Wigner (I.2.62) pour tenir compte des effets multiniveaux en effectuant un développement de la section efficace totale lorsque les éléments de la matrice R correspondant à tous les niveaux j autres que le niveau k sur lequel porte l'analyse sont petits comparés à l'unité.

L'expression obtenue pour la section efficace totale fait alors apparai tre des termes rectangles caractéristiques de l'interférence entre la résonance k de spin J et celles des résonances j de même spin, c'est-à-dire, telles que  $J_j = J$ . On peut montrer qu'il est justifié de négliger, pour les neutrons s, tous les termes croisés qui font intervenir les éléments de matrice relatifs à la capture radiative. Si donc cette dernière est la seule réaction susceptible de se produire au cours de l'interaction, comme c'est le cas en ce qui concerne les éléments qui font l'objet des expériences de transmission considérées ici, le seul terme multiniveaux à retenir et en général de la forme

ł

$$\left[\sigma(\mathbf{x''}_{k})\right]_{IR_{jk}} = -\frac{2\sigma_{ok}}{\Gamma_{k}} \cdot \frac{\mathbf{x''}_{k}}{\frac{1+\mathbf{x''}_{k}^{2}}{k}} \sum_{\substack{j \neq k \\ J_{i} = J}} \frac{\Gamma_{n_{j}}}{\bar{\mathbf{x}}_{jk} - \mathbf{x''}_{k}}$$
(VI.1.1)

L'expression ci-dessus est écrite à l'aide des notations utilisées au paragraphe IV.2. En particulier  $\overline{x}_{jk}$  est défini par (IV.2.13).  $\Gamma_{nj}$  est la largeur de neutron de la résonance j.

Si  $x''_k \ll \bar{x}_{jk}$  on peut développer la fonction sous le signe de sommation en s'arrêtant au terme du premier ordre en  $x''_k$  pour écrire

- 521 -



ģ

100

Ver.

- 522 -

Compléter la formule à un niveau (I.2.62) par (VI.1.2) pour en faire une approximation multiniveaux au voisinage de l'énergie de résonance a pour effet

a) de remplacer la transmission potentielle jusque là constante par une transmission potentielle dépendante de l'énergie sans forme d'une fonction libéaire en  $x''_k$ , explicitement

$$T_{p}(x''_{k}) = T_{p}(0) (1+A x''_{k})$$
 (VI.1.3)

avec

$$T_{p}(0) = \exp\left[-4\pi n \sum_{J} g_{J} a_{J}^{2} \left(1 - \frac{4}{K_{J} \Gamma_{k}} \sum_{j \neq k} \frac{\Gamma_{nj}}{\overline{x_{jk}}^{2}}\right)\right] (VI.1.4)$$

$$A = 4\pi n \frac{\lambda^{2}_{k}}{\Gamma_{k}} \sum_{J} g_{J} K_{J} \sum_{j \neq k} \frac{\Gamma_{nj}}{\overline{x_{jk}}^{2}} (VI.1.5)$$

b) de modifier le terme d'interférence qui devient

$$\frac{B x''_{k}}{1 + x''_{k}^{2}} (1 + Cx''_{k})$$
(VI.1.6)

avec

$$B = \sigma_{ok} \left( K_{J} - \frac{2}{\Gamma_{k}} \sum_{\substack{j \neq k \\ J_{j} = J}} \frac{\Gamma_{nj}}{\overline{x}_{jk}} \right) \qquad (VI.1.7)$$

$$C = \frac{1}{E} \frac{2\sigma_{ok}}{\Gamma_{k}} \int \frac{\Gamma_{nj}}{\int \neq k} \frac{(VJ.1.8)}{\bar{x}^{2}_{jk}}$$

Ainsi est-il possible de se ramener à une formible à un niveau à condition de considérer une transmission potentielle variable avec

l'énergie et d'introduire un terme d'interférence en  $x_k''^2$ .

## VI.1.2 Formalisme de Humblet et Rosenfeld

- 523 -

On peut aussi reprendre le formalisme des réactions nucléaires succinctement décrit au paragraphe J.2.2, l'orienter différemment et tirer parti de cette nouvelle orientation pour traiter les résultats expérimentaux en tenant compte de l'effet d'interférence entre résonances de même spin sans avoir à modifier pour autant les programmes d'analyse.

ŧ

(

Pour simplifier l'exposé plaçons nous dans l'hypothèse où la seule voie de sortie ouverte est la voie d'entrée et supposons, pour la commodité du raisonnement que les particules de la voie sont dénuées de spin, ce qui n'enlève rien à la généralité du résultat que nous voulons établir.

Dire que la seule voie de sortie est celle de la diffusion élastique signifie physiquement que la large r de neutron est pratiquement égale à la largeur totale des résonances, ce qui constitue une approximation valable dans le domaine d'énergie où le formalisme multiniveaux s'impose.

Reprenons donc la relation (1.2.38) rappelée ci-après

Elle se simplifie. En effet le seul nombre quantique demeurant nécessaire à l'identification de la voie est son moment orbital  $\ell$ , le facteur statistique  $g_J$  se réduit à  $2\ell$  +1 et la matrice de collision U est désormais diagonale. De sorte qu'en désignant par U $\ell$  les éléments non nuls de U, appelés encore fonctions de collision, la relation (I.2.38) donne

$$\sigma(\alpha \rightarrow \alpha) = \pi \tilde{\lambda}^2 \alpha \sum_{\tilde{k}} (2k+1) | 1 - U_{\tilde{k}} |^2 \qquad (VI.1.9)$$

- 524 -

D'après la définition (I.2.33) et en résolvant le système d'équations (J.2.16) et (I.2.17) par rapport aux emplitudes des ondes entrantes et sortantes, on obtient pour la fonction de collision  $U_{\ell}$  (E) l'expression

$$\mathbf{U}_{\ell}(\mathbf{E}) = \frac{\langle \ell | + \rangle}{\langle \ell | - \rangle} = \left\{ \frac{\mathbf{W} \left[ \mathbf{u}_{\ell}(\mathbf{r}, \mathbf{E}), \mathbf{u}_{\ell}^{(-)}(\mathbf{r}, \mathbf{E}) \right]}{\mathbf{W} \left[ \mathbf{u}_{\ell}(\mathbf{r}, \mathbf{E}), \mathbf{u}_{\ell}^{(+)}(\mathbf{r}, \mathbf{E}) \right]} \right\}_{\mathbf{r}=\mathbf{a}} \qquad (VI.1.10)$$

ì

.

dans laquelle le symbole W désigne le wronskien des fonctions écrites entre crochets, les fonctions  $u_{\ell}(r,E)$ ,  $u_{\ell}^{(-)}(r,E)$ ,  $u_{\ell}^{(+)}(r,E)$ étant respectivement la solution de l'équation (I.2.8) dans laquelle V est nul, sa part contributive à l'onde entrante et sa part contributive à l'onde sortante.

Partant du principe que les résonances correspondent à des minimums de la section efficace, l'arrestion (VI.1.10) suggère de les définir par la condition aux limites

$$\left\{ W \left[ u_{\ell} (\mathbf{r}, \mathbf{E}) , u_{\ell}^{(+)} (\mathbf{r}, \mathbf{E}) \right\}_{\mathbf{r}=a} = 0 \qquad (VI.1.11)$$

Cette équation admet pour chaque  $\ell$  un ensemble de racines complexes  $\xi_{\ell\lambda}$  qui sont alors des valeurs propres de l'équation d'onde radiale (I.2.8). La fonction  $U_{\ell}$  (E) est méromorphe et l'on peut, selon J. Humblet et L. Rosenfeld [VI.1.1], la développer en série de Mittag-Leffler au voisinage de ses pôles  $\mathcal{E}_{\ell\lambda}$ . En posant

$$\mathcal{E}_{\ell\lambda} = \mathbf{E}_{\ell\lambda} - \frac{1}{2} \mathbf{i} \Gamma_{\ell\lambda}$$
 (VI.1.12)

le développement ainsi obtenu est de la forme

$$U_{\ell}(E) = 1 + C_{\ell}(E) + \sum_{\overline{\lambda}} \frac{\omega_{\ell\lambda}^2}{E - E_{\ell\lambda} + \frac{1}{2} i \overline{\psi_{\lambda}}} \qquad (VI.1.13)$$

où la fonction  $C_{\hat{\ell}}$  (E) est lentement variable avec l'énergie et  $\omega_{\hat{\ell}\lambda}$ 

une grandeur qui, lorsque les niveaux sont étroits, c'est-à-dire, tels

que leurs largeurs sont petites comparées à leurs espacements,

- 525 -

vérifie la relation

$$2k_{\lambda}\omega_{i\lambda}^{2} = \Gamma_{ni\lambda} \qquad (VI.1.14)$$

On peut écrire un développement analogue à (VI.1.13) dans le cas plus gménéral où les particules de la voie ont un spin. A l'aide d'un tel développement la section efficace de diffusion élastique pour les neutrons s peut-être exprimée par

$$\sigma(E) = \pi \sum_{J} g_{J} \left| C_{J}(E) + \sum_{k} \frac{2 \omega_{kJ}^{2}}{E - E_{R_{k}} + \frac{1}{2} i \Gamma_{kJ}} \right|^{2} \quad (V I.1.15)$$

ou encore

$$\sigma(E) = 4 \pi \sum_{J} g_{J} \left| R'_{J} + \sum_{k} \frac{\omega_{kj}^{2}}{E - E_{R_{k}} + \frac{1}{2} i \Gamma_{kJ}} \right|^{2} \quad (VI.1.16)$$

si on appelle  $2R'_J$  la limite du  $C_J(E)$  pour les faibles énergies.

Après développement et nouveau regroupement de ses termes, [VI.1.2], l'expression (VI.1.16) devient, en variable réduite,

$$\sigma = 4\pi \sum_{J} g_{J} \left[ R_{J}^{*2} + \sum_{k} \frac{4 \omega_{kJ}^{*4}}{\Gamma_{kJ}^{2} kJ} \cdot \frac{1}{1 + x_{k}^{2}} + 2 \sum_{k} \frac{\Gamma_{kJ}}{\Gamma_{kJ}} \lambda_{k}^{*} R_{J}^{*} \frac{x_{k}}{1 + x_{k}^{2}} \right]$$
(VI.1.17)

avec

$$\omega_{kJ}^{\prime 4} = \omega_{kJ}^{4} + \omega_{kJ}^{2} \sum_{d \neq k} 2 \omega_{jJ}^{2} \frac{\overline{\Gamma}_{k} \kappa \overline{J}}{\overline{\Gamma}_{jk}^{2} + \overline{z}_{j\kappa}^{2}}$$
(VI.1.18)

$$\mathbf{R''_{J}} = \mathbf{R'_{J}} - \frac{1}{\mathbf{i'k_{J}}} \sum_{j \neq k}^{\prime} 2 \omega_{jJ}^{\prime} \frac{\overline{x_{jk}}}{\overline{\mathbf{i'j_{k}} + \overline{x^{2}}_{jk}}} \qquad (VI.1.19)$$

où l'on a posé

**`**;

ł

i

ļ

 $\overline{\Gamma}_{jk} = \frac{1}{\Gamma_{kJ}} \left( \Gamma_{jJ} + \Gamma_{kJ} \right)$ (VI.1.20)

### - 526 -

Si, pour l'analyse, on porte toute son attention sur la partie interféro-résonnante  $\sigma_{\overline{IR}}$  de la section efficace et si on se souvient que l'on s'est placé dans l'hypothèse de résonances suffisamment séparées, hypothèse qui autorise la relation (Vl.1.14) et qui se traduit par la condition

$$\bar{\Gamma}_{jk} \ll \bar{x}_{jk} \qquad (VI.1.21)$$

ļ

alors on peut écrire, [VI.1.3],

$$\sigma_{IR} = \sum_{k} \frac{\sigma_{ok}}{1+x_{k}^{2}} \left[ \frac{\Gamma_{nk}}{\Gamma_{k}} + K_{k}'' x_{k} \right] \qquad (VI.1.22)$$

avec

$$K''_{k} = K_{k} - \frac{2}{\Gamma_{k}} \sum_{j \neq k} \frac{\tilde{\Lambda}j}{\tilde{\Lambda}k} \frac{\Gamma n_{j}}{\tilde{x}_{jk}}$$
(VI.1.23)

on peut faire le rapprochement entre (VI.1.23) et (VI.1.7).

Ainsi développée la section efficace  $\sigma_{IR}$ , pour un ensemble de Q résonances dont certaines interfèrent entre elles ou subissent un effet d'interférence de la part de résonances hors de Q, s'écrit sous la forme d'une somme de termes analogues à ceux de la formule à un niveau. Il suffit pour cela de modifier le terme d'interférence potentiel résonnant en introduisant une valeur .ictive de la section efficace potentielle, valeur qui pourra même, dans certains cas, devenir négative. Cet artifice permet le traitement des résultats expérimentaux compte tenu de l'effet d'interférence entre résonances de même spin à l'aide du code SPNBE 109. Ainsi pour deux résonances j et k assez voisines on aura

$$\frac{\sigma_{\text{pk}} \text{ (fictif)}}{pk} = \left[1 - \frac{2}{2} \frac{\ln j}{1} - \frac{1}{2}\right]^2 \quad (\text{VI. 1, 24})$$

 $\sigma_{pk}$  (réel) ĸ  $\Gamma_k \overline{z_{jk}}$ 

- 527 -

-----

et réciproquement en échangeant les indices.

----

-----

## VI.1.3 Le formal\_isme multiniveaux de la matrice R

Dans la théorie générale des réactions nucléaires telle qu'elle a été ébauchée au paragraphe I.2.2 la matrice carrée R est une matrice dont les dimensions sont égales au nombre total de voies, qu'elles soient ouvertes ou fermées. Cette situation rend très difficile, sinon impraticable, la mise en application du formalisme de la matrice R tel quel. C'est pourquoi l'on a cherché à réduire le nombre de paramètres de la théorie. Une manière d'y parvenir est la méthode d'élimination des voies de Teichmann et Wigner. Elle ~onduit à la définition d'une matrice R réduite que nous désignerons par <u>R</u>. Pour cela les voies sont divisées en deux groupes : les voies retenues et les voies éliminées que nous marquerons respectivement des indices r et e. Ainsi l'espace des voies est-il séparé en deux sous-espaces, celui des voies retenues et celui des voies éliminées, et tout ket  $|V\rangle$  de l'espace des voies peut être considéré comme la somme de deux kets

$$|V\rangle = |V_{r}\rangle + |V_{e}\rangle$$
 (V1.1.25)

Dès lors la relation fondamentale (I.2.30) de définition de la matrice R donne lieu aux relations ci-après

$$\langle c_{\mathbf{r}}^{\mathbf{i}} | \mathbf{V}_{\mathbf{r}} \rangle = \sum_{\mathbf{c}_{\mathbf{r}}} \langle c_{\mathbf{r}}^{\mathbf{i}} | \mathbf{R}_{\mathbf{r}\mathbf{r}} | \mathbf{c}_{\mathbf{r}} \rangle \langle c_{\mathbf{r}} | \mathbf{D}_{\mathbf{r}} - \mathbf{B}_{\mathbf{c}_{\mathbf{r}}} \mathbf{V}_{\mathbf{r}} \rangle$$

$$+ \sum_{c_{e}} \langle c_{e}^{\mathbf{i}} | \mathbf{R}_{ee} | \mathbf{c}_{e} \rangle \langle c_{e} | \mathbf{D}_{e} - \mathbf{B}_{c_{e}} \mathbf{V}_{e} \rangle$$

$$+ \sum_{c_{e}} \langle c_{e}^{\mathbf{i}} | \mathbf{R}_{ee} | \mathbf{c}_{e} \rangle \langle c_{e} | \mathbf{D}_{e} - \mathbf{B}_{c_{e}} \mathbf{V}_{e} \rangle$$

$$\langle c'_{e} | V_{e} \rangle = \sum_{r} \langle c'_{e} | R_{er} | c_{r} \rangle \langle c_{r} | D_{r} - B_{r} V_{r} \rangle \qquad (VI.1.27)$$

+  $\sum_{i=1}^{n} \langle c_i^{i} | R_{ee} | - e_{i} \rangle \langle c_i | L_{e} | L_{e} \rangle \langle c_i \rangle$ 

- 528 -

dans lesquelles R<sub>rr</sub>, R<sub>re</sub>, R<sub>er</sub>, R<sub>ee</sub> sont des sous matrices de R.

Dans les voies ouvertes éliminées les ondes sont purement sortantes, de sorte que la relation (VI.1.26) peut s'écrire plus simplement à l'aide de la matrice réduite R sous la forme

$$\langle \mathbf{c'_r} | \mathbf{V_r} \rangle = \sum_{c_r} \langle \mathbf{c'_r} | \underline{\mathbf{R}} | \mathbf{C_r} \rangle \langle \mathbf{c_r} | \mathbf{D_r} - \mathbf{B_{c_r}} \mathbf{V_r} \rangle$$
 (V1.1.28)

en posant

!

$$\underline{R} = R_{rr} + R_{re} L_{e}^{o} (1 - R_{ee} L_{e}^{o})^{-1} R_{er}$$
(VI.1.29)

L<sup>o</sup> étant défini en (I.2.35).

A la matrice réduite <u>R</u> correspond une sous matrice de collision <u>U</u> reliée à <u>R</u> par une relation analogue à (I.2.34)

$$\underline{U} = \Omega_r^2 + 2i\Omega_r P_r^{1/2} (1 - \underline{R} L_r^0)^{-1} \underline{R} P^{1/2}$$
(VI.1.30)

Thomas a montré [VI.1.4] que lorsque les largeurs partielles des niveaux sont bien plus petites que leurs espacements il est justifié de faire l'approximation

$$\langle \mathbf{c'_r} | \underline{\mathbf{R}} | \mathbf{c_r} \rangle = \sum_{\lambda} \frac{\gamma_{\lambda} \mathbf{c'_r} \gamma_{\lambda} \mathbf{c_r}}{\mathbf{E}_{\lambda} + \Delta_{e\lambda} - \mathbf{E} - \frac{1}{2} \mathbf{i} \mathbf{l'}_{\epsilon_{\lambda}}}$$
 (VI.1.31)

Ceci étant, si une seule voie est retenue, et c'est le cas dans lequel nous nous placerons désormais, la matrice <u>R</u> et la sous-matrice U deviennent des fonctions. Elles vérifient la relation fonctionnelle

$$\underline{\mathbf{U}}(\mathbf{E}) = \frac{1 - \underline{\mathbf{R}} (\mathbf{E}) \mathbf{L}_{\mathbf{r}}^{\mathbf{o} \star}}{1 - \underline{\mathbf{R}} (\mathbf{E}) \mathbf{L}_{\mathbf{r}}^{\mathbf{o}}} \exp \left[2i(\omega_{\mathbf{r}} - \phi_{\mathbf{r}})\right] (\mathbf{VI}.1.32)$$

obtenue en écrivant (VI.1.30) dans ce cas particulier.

Particularisons davantage pour revenir à l'analyse des résonances

## dues aux neutrons s lorsqu'il s'agit d'éléments non fissiles. Consi-

- 529 -

dérons donc une seule voie retenue de rayon a, celle de la diffusion élastique, et une seule voie éliminée, celle de la capture radiative.

Dans ces conditions (VI.1.32) donne en explicitant l'indice J du schéma (I.2.2).

$$\underline{U}_{J}(E) = \frac{1 + ika \underline{R}_{J}(E)}{1 - ika \underline{R}_{J}(E)} \exp \left[-2 ika\right]$$
(VI.1.33)

;

e

4

٩

avec

$$R_{J}(E) = \frac{\int}{\partial t_{R}} \frac{\chi_{R}^{2} \chi_{J}}{E_{RA} - E - 1/2 i \Gamma_{Y} \lambda_{J}} \qquad (VI.1.34)$$

où la largeur  $\Gamma_{\gamma\lambda\sigma}$  est la largeur radiative, où

$$\gamma^{2}_{n,1J} = \frac{1}{2\kappa_{1}} \Gamma_{n,1J}$$
 (VI.1.35)

est la largeur réduite de neutron et où

$$ER_{\lambda} = E_{\lambda} - \Delta_{e\lambda}$$
(VI.1.36)

est l'énergie de résonance du niveau  $\lambda$ .

Rappelons que dans le domaine d'énergie où le formalisme multiniveaux s'impose la largeur de diffusion est pratiquement égale à la largeur totale, si bien que nous négligerons  $\Gamma_{\chi \lambda J}$  dans l'expression de  $\underline{R}_{J}(E)$  pour l'écrire

$$\underline{R}_{J}(E) \sum_{\lambda} \frac{\chi_{n}^{2} \lambda J}{ER_{\lambda} - E}$$
(VI.1.37)

La section efficace totale s'écrit immédiatement à partir de (I.2.39)

$$\sigma(E) = \pi \chi^2 \sum_{J} g_{J} \left[ 1 - \Re e \, \bigcup_{J} (E) \right] \qquad (VI.1.38)$$

soit compte tenu de (VI.1.33)

$$\sigma(E) = 4\pi \lambda^{2} \int_{J} g_{J} \frac{[\sin ka - ka B_{J}(E) \cos ka]^{2}}{1 + k^{2}a^{2} B_{J}^{2}(E)}$$
(VI.1.39)

D'où pour la transmission d'un échantillon monoisotopique d'épaisseur n atomes par barn

$$T(E) = \exp \left[ -\frac{4\pi}{\pi} n \lambda^{2} \sum_{J}^{-1} g_{J} \frac{\left[ \sin ka - ka R_{J}(E) \cos ka \right]^{2}}{1 + k^{2}a^{2} R_{J}^{2}(E)} \right] (VI, 1, 40)$$

La sommation (VI.1.37) porte théoriquement sur un nombre illimité de résonances alors que pratiquement l'analyse ne peut en couvrir qu'un nombre fini Q, et pourtant certains niveaux bien qu'extérieurs à l'intervalle d'analyse peuvent y avoir une influence importante. C'est pourquoi, il convient, en fait, de considérer  $\underline{R}_{I}(E)$  comme composée de deux parties, l'une qui est la somme (VI.1.37) limitée aux Q résonances de l'intervalle d'analyse et l'autre que l'on pourrait appeler contribution résiduelle, soit  $\underline{R}^{res}_{J}(E)$ , et que l'on peut mettre sous la forme

$$\underline{\mathbf{R}}_{J}^{\text{res}} (\mathbf{E}) = \mathbf{A}_{J} + \mathbf{B}_{J} \cdot \mathbf{E}$$
 (VI.1.41)

,

1

#### VI.2 CALCULS NUMERIQUES ET LOGIQUE DU CODE

Le formalisme décrit au paragraphe précédent nous invite à faire une comparaison directe canal à canal entre la courbe de transmission expérimentale et son homologue théorique (VI.1.40). On calculera donc cette dernière en des points correspondant aux énergies nominales des canaux de l'analyseur en temps.

Ainsi dans le canal de rang k elle sera donnée par la relation

$$T(E_k) = \int_{-\infty}^{+\infty} \exp\left[-n \sigma(E)\right] f(E_k - E) dE \qquad (VI.2.1)$$

expression dans laquelle la fonction de résolution aura u

- 530 -

gaussienne analogue à celle définie en (I.5.20) avec toutefois une

différence. La largeur de résolution n'est plus considérée comme constante sur l'intervalle d'une résonance, mais dépend de l'énergie  $E_k$ , si bien qu'explicitement

$$f(E_k-E) = \frac{1}{1/2 R(E_k) \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{E_k - E}{1/2 R(E_k)}\right)^2\right] \qquad (VI.2.2)$$

 $R(E_k)$  étant la largeur de résolution mesurée à  $e^{-1/2}$  du maximum dans le canal k.

Compte tenu de (I.5.21) et (I.5.15), on peut écrire

$$\frac{1}{2} R(E_{\kappa}) = \frac{B}{L} (B_0 E_k + B_1)^{1/2}$$
(VI.2.3)

en posant

$$B_0 = \sum_{n \propto 1} R_{T_{\alpha}}^2$$
,  $B_1 = 4a^2$ ,  $B = 0,01383$  (VI.2.4)

• 1

Pour évaluer numériquement l'intégrale (VI.2.1) on utilisera la méthode des trapèzes appliquée à l'intervalle fini  $(E_k-5R(E_k))$ ,  $E_k + 5R(E_k)$ , . Le choix du pas est simple. Ce sont les conditions expérimentales qui le dicteront . Il est en effet naturel de penser que les largeurs de canaux ont été choisies en fonction de la configuration du spectre de temps de vol que l'on s'attendait à enregistrer : canaux resserrés là où les accidents se présentent nombreux et étroits, canaux plus larges dans les régions peu tourmentées. On sait que ces largeurs interviennent pour une grande part dans celle de la résolution si bien qu'il est justifié de prendre pour partition une partition qui se déduit directement de celle définie par les frontières des canaux. En fait on prendra partout une partition dix fois plus fine. Ceci implique le calcul des énergies et des sections efficaces totales (VI.1.39) correspondantes, non seulement au droit des frontières des canaux, mais aussi en chacun des points de la partition.

- 532 -

Nous désignerons par T'(E' $_{IS}$ ) les transmissions de l'intégrant qui en résultent.

Ainsi la transmission (VI.2,1) s'écrira

$$T(E_{\kappa}) = \frac{1}{\frac{1}{2}R(E_{\kappa})\sqrt{2\pi}} \left\{ \sum_{\nu_{\delta}=2}^{\nu_{\delta}=m-1} \left( E_{\nu_{\delta}}^{\prime} - E_{\nu_{\delta}+4}^{\prime} \right) T'(E_{\nu_{\delta}}^{\prime}) \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{E_{\kappa} - E_{\nu_{\delta}}^{\prime}}{\frac{1}{2}R(E_{\kappa})} \right)^{2} \right] + \frac{1}{2} \left( E_{A}^{\prime} - E_{2}^{\prime} \right) T'(E_{A}^{\prime}) \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{E_{\kappa} - E_{\nu_{\delta}}^{\prime}}{\frac{1}{2}R(E_{\kappa})} \right)^{2} \right] \right\}$$

$$+ \frac{1}{2} \left( E_{M-4}^{\prime} - E_{m}^{\prime} \right) T'(E_{m}^{\prime}) \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{E_{\kappa} - E_{\nu_{\delta}}^{\prime}}{\frac{1}{2}R(E_{\kappa})} \right)^{2} \right] \right\}$$

avec

•

$$T'(E'_{i_{s}}) = \exp \left[-n \sigma \left(E'_{i_{s}}\right)\right]$$
(VI.2.6)

Pour économiser les mémoires de travail et en consacrer le plus grand nombre possible aux résultats finals il convicut de ne pas conserver tous les  $T'(E'_{i_s})$ . Ceci nous amène à faire glisser tout au long du spectre la fenêtre de résolution sur laquelle porte la sommation et d'identifier tous les canaux qui y sont contenus ou qui mordent dessus. Autrement dit il faut identifier ceux qui en sortent ou ceux qui y pénètrent par suite du déplacement et du retrécissement, ou de l'élargissement, de la fenêtre. Il faut aussi opérer les transferts de sauvegarde et les mises à jour.

Pour ce faire considérons au départ un canal k d'un rang suffisamment élevé pour que la fenêtre de résolution, dont nous désignerons par  $E_g$  et  $E_d$  les frontières en énergie situées respectivement à gauche et à droite de l'énergie  $E_k$ , soit toute entière

contenue à l'intérieur de la zone d'analyse, comme le montre la

figure VI.2.1. C'est dire que les numéros  $k_g$  et  $k_d$  des canaux dans lesquels tombent les frontières  $E_g$  et  $E_d$  vérifient les inégalités

$$k_g \geqslant 1$$
 (VJ.2.7)

$$k_{d} \gtrsim 1096$$
 (VI.2.8)

ce qui sous-entend, par ailleurs, que le spectre du temps de vol enregistré comporte au plus 4096 canaux. Il serait aisé de s'affranchir de cette hypothèse restrictive si le besoin s'en faisait sentir.

Ceci étant, pour déterminer  $k_g$  et  $k_d$  il suffit, à partir de k, d'incrémenter  $k_d$  et de décrémenter  $k_g$  jusqu'à ce que l'intervalle d'énergie défini par les frontières les plus extrêmes de ces canaux couvrent la fenêtre. Au fur et à mesure de la progression de  $k_g$ vers la gauche on fait glisser le repérage  $i_g$  de la partition et on effectue les transferts nécessaires de manière à ce que le point initial  $i_g = 1$  de la partition coïncide toujours avec la frontière gauche du canal  $k_g$ . C'est ce qu'illustre la figure VI.2.3 qui par ailleurs donne un organigramme général des différentes opérations à effectuer lorsque la fenêtre de résolution se déplace et se déforme. La figure VI.2.4 double la figure précédente par le même organigramme pris à un niveau plus proche du programme.

Lorsqu'on passe du canal k au canal voisin de rang supérieur, il faut, soit simplement faire glisser de dix unités sur la gauche le référentiel de la partition  $i_s$  si le nombre de canaux k-kg n'a pas varié et calculer dix nouvelles valeurs de  $E'_{i_s}$  et  $T'(E'_{i_s})$  si  $k_d$ -k est resté constant, soit tenir compte du changement du nombre de canaux contenus dans la fenêtre et faire glisser le référentiel sur la gauche ou la droite selon que la différence k-k<sub>g</sub> a augmenté de plus de une unité ou n'a pas changé (confer la figure VI.2.1).

La situation se complique quelque peu si  $E_g$  se révèle être

- 533 -

supérieur à  $E_1$  car l'indice  $k_g$  ne saurait devenir négatif. C'est là un impératif imposé par le langage FORTRAN. Dans ces conditions il faut parallèlement effectuer un glissement à gauche du repérage des canaux eux mêmes afin de leur affecter des indices  $k_e$  supérieurs suffisamment grands. Le décalage entre k et  $k_e$  est noté  $i_k$ . Les canaux  $k_g$  et  $k_d$  se trouvent eux aussi décalés de  $i_k$ , mais, de même que le calcul de  $E_{ke}$  fait, en réalité, intervenir le rang absolu k, de même le calcul des  $E_{kg}$  et  $E_{kd}$  fait, en réalité, intervenir les rangs absolus  $k_{gr}$  et  $k_{dr}$  rapportés au référentiel de k et déduits de  $k_g$  et  $k_d$  par le même décalage  $i_k$ . C'est ce qu'illustre la partie inférieure de la figure VI.2.1.

La section efficace totale  $\sigma(E'_{i_s})$  est calculée par appel du sous-programme SIG.

La comparaison graphique se fait par appel du sous-programme TRACE déjà décrit par ailleurs après calcul du  $\lambda^2$ .

ł

La figure VI.2.2 donne le diagramme du code. On notera que la comparaison avec des transmissions expérimentales données par ailleurs par le code SPNEE 084 impose la nécessité de pouvoir ajuster la ligne de référence en introduisant un  $T_p$  fictif calculé sous forme polynômiale du second degré en fonction de l'énergie.

Enfin ce programme est écrit uniquement pour les codeurs du type accordéon.

## - 535 -

•

## VI.3 SPECIFICATIONS DU CODE SPNBE 415

VI.3.1 Nomenclature

| Nom                                                 | Memoines<br>occupées | Travail effectué                     |
|-----------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| કાલ                                                 | 424,0                | Calcul de la section efficave totale |
|                                                     |                      | (VI.139) pour l'énergre E' défine    |
|                                                     |                      | par un point de la partition 15      |
| TRACE (N1, N2, NC, Y, Z)                            | 480,0                | Travé des combes Y, Z entre les      |
|                                                     |                      | canaux N1 et N2. NC molique le       |
|                                                     |                      | nombre de courles réellement deman.  |
|                                                     |                      | de'                                  |
|                                                     |                      | Restrictions                         |
|                                                     |                      | NC \$ 2                              |
|                                                     |                      | bloc des Y,Z rahemp a                |
|                                                     |                      | 2000 points                          |
| (1) 20506,00 mémores pour le<br>programme principal | 904,00               |                                      |

## VI.3.1.1 Liste des sous-programmes

;

~

1

| VI | 3.1 | 1.2 | Glossaire | des | variable | es sy | mboliques |
|----|-----|-----|-----------|-----|----------|-------|-----------|
|----|-----|-----|-----------|-----|----------|-------|-----------|

| Symbole           | Einture |          | Communs   |             |
|-------------------|---------|----------|-----------|-------------|
| mathéma-<br>tique | FORTRAN | Dimensim | (+ a oui) | Description |
|                   |         |          | ()        |             |



# CØRP1, CØRPE

# nom du corps étudié

| - 536 -    |   |  |
|------------|---|--|
| <b>.</b> . | • |  |
|            |   |  |

٠

۹

¥

•

|         | Symbole<br>mathing - | Eastine | Dimension | Communs   | Percention                                       | i i |
|---------|----------------------|---------|-----------|-----------|--------------------------------------------------|-----|
|         | tique                | FORTRAN |           | (* si ou) | 9 Couprish                                       |     |
| Donners | L                    | GL      |           |           | longueur de la base en mètres                    |     |
| ↓<br>↓  | Re                   | RE      |           |           | Retard électronique en micro-                    | •   |
| ·       |                      |         |           |           | secondes, compté négativement                    |     |
|         |                      |         |           |           | pour les retards de neutrons.                    |     |
|         | n                    | EN      |           |           | Epassem de l'échantillon.                        |     |
|         |                      |         |           |           | exprimée en atomes par barn                      |     |
|         |                      | ATP     |           |           | coefficient constant dans l'ex.                  |     |
|         |                      |         |           |           | pression de Tp.                                  |     |
|         |                      | OTP     |           |           | coefficient du terme linéane                     |     |
|         |                      |         |           |           | en E dans l'expression de Tp                     |     |
|         |                      | BRTP    |           |           | coefficient du terme de degré                    |     |
|         |                      |         |           |           | 2 en E dans l'expremine de                       |     |
|         |                      |         |           |           | Τμ.                                              |     |
|         |                      | IEXP    |           |           | induce d'existence de points                     |     |
|         |                      |         |           |           | expérimentaux.                                   |     |
|         |                      | ΝξφΝΕ   |           |           | nombre de zones d'intérêt à                      |     |
|         |                      |         |           |           | l'intérieur de la zone d'a-                      |     |
|         |                      |         |           |           | nalipe du sélecteur.                             |     |
|         | l <sub>i</sub>       | £L(I)   | 32        |           | largeur des cansux en jus                        |     |
|         |                      |         |           |           | dans la zone d'utilit I.                         |     |
|         |                      | そ(1)    | 32        |           | repérage de la zone d'inté-                      |     |
|         |                      | NCA(I)  | 32        |           | rêt I far rapport à to.<br>nombre de canaux dans |     |
|         |                      |         |           |           | la zone d'intérêt I.                             |     |

-

)

1 

;

|                  |                | - 7 00 -  |           |                                 |
|------------------|----------------|-----------|-----------|---------------------------------|
| Symbole          | Entine         | 2         | Commun    | 0                               |
| makena-<br>tique | FORTRAN        | YIMENSION | (* si mi) | vescup wan                      |
| 6,               | 02E R0 (1)     | ઝર        |           | coefficient de E sous l         |
|                  |                |           |           | cal day la formule              |
|                  |                |           |           | largeur de résolution,          |
|                  |                |           |           | en us pour la some              |
|                  |                |           |           | Von (11.2.4)                    |
| 5×9              | BUN            |           |           | constante sous le ra            |
|                  |                |           |           | dans la formule pr              |
|                  |                |           |           | sepamée en jus <sup>2</sup> , v |
|                  |                |           |           | (พ                              |
|                  | 181            |           |           | numéro du canal son             |
|                  |                |           |           | la faitre de spectre            |
|                  | IRF            |           |           | numiro du canal fix             |
|                  |                |           |           | ha partie de spertre s          |
| ۶                | A              |           | *         | rayon multione en               |
|                  | พรุง           |           | *         | nombre de famille de            |
|                  |                |           |           | differents.                     |
|                  | G (3)          | ণ         | *         | fateur statistique              |
|                  |                |           |           | pour la famille de a            |
|                  | <b>ሉ</b> ዙ (ፓ) | IJ        | *         | confruent constant a            |
|                  |                |           | -         | convection due à la             |
|                  |                |           |           | tion des mreaux ,               |
|                  |                |           |           | how de la reigner é             |
|                  |                |           |           |                                 |

1

• •

1

1 ,

1

-

.

;

Données (suite)

•

.

| . I ferrer to                | 1         | 1        | 1           | 1                     |           |
|------------------------------|-----------|----------|-------------|-----------------------|-----------|
| évergue centrée sur le comat |           | 0024     | EKE2\$(1)   | Ъ.                    |           |
| . You ale almost             |           |          | 297         | а                     |           |
| timpe ab I somewar ab ab     |           |          |             |                       |           |
| largeur réduite de ventra    | *         | (2'90)   | (1,7) SMADT | یں <u>2</u> :<br>الاج |           |
| incraent                     |           |          |             |                       | Î         |
| montes d'ende du neutron     |           |          | Aug         | PA                    | I.I.      |
| pre cetante.                 |           |          |             |                       |           |
| mennenst at me menne         |           |          | E (I)       | drs(TD)               |           |
| an point I.                  |           |          |             |                       |           |
| statuanualse nacemenert      |           |          | Texp(I)     | 4xx ( 1)              |           |
| , t more de soumat           |           |          |             |                       |           |
| rance I apportenant a la     |           | 1        |             |                       |           |
| - origene totale de la vero- |           | (2'60)   | (I,U) AMMAP |                       |           |
| יב.                          |           |          |             |                       |           |
| my is Bund as i turn         |           |          |             |                       |           |
| - stugges I sumarioner al eb |           |          |             |                       |           |
| vivergre de resonance en ev  | *         | (٥٩،٦)   | E&(1,1)     |                       |           |
| ع٠                           |           |          |             |                       |           |
| mye de somethe de spinet     |           |          |             |                       |           |
| ratta asmanaiser sa reguar   | ₩         | S        | ακεεφ(2)    |                       | <b></b>   |
| consection ce-denue.         |           |          |             |                       | (me)      |
| ددور)؛ درمند ماه ق طحمه راح  | *         | S        | (5)99       |                       | C. SINNOG |
|                              | (mo ic *) |          | FORTRAN     | tique                 | -         |
| Description                  | ипттор    | พารนอนเด | Ecrittue    | -swinkom              |           |

-855-

: -

)

:

3

; ı

111

| Munerefier de chons de richerens ' |            |          |         |                      |   |
|------------------------------------|------------|----------|---------|----------------------|---|
| murmino du conde que contra        |            |          | גפצ     | لوهد                 |   |
| Le référencies KE                  |            |          |         |                      |   |
| L'evergee frontière EG , dams      |            |          |         |                      |   |
| running du course qui unitent      |            |          | 5X      | <sup>6</sup> 7       |   |
| · 73 < 53                          |            |          |         |                      |   |
| la fenitre de résubution           |            |          |         |                      |   |
| everge functions gouche de         |            |          | ۶۶      | ta                   |   |
| decalage entre KerKE               |            |          | או      | 1 <sup>67</sup>      |   |
| mie canal                          |            |          |         |                      |   |
| مضى كسلتمد هد حديد طرب إسو.        |            |          |         |                      |   |
| iventuel de la fenètre de          |            |          |         |                      |   |
| de'ealage dû an dibardemenet       |            |          |         |                      |   |
| repeiage du comal 12 après         |            |          | KE      | ٩                    |   |
| two.                               |            |          |         |                      |   |
| orflettie for l'effet de revolu-   |            |          |         |                      |   |
| de la transmont al 1               |            |          |         |                      |   |
| draws beques an fast to rated      |            |          |         |                      |   |
| Samar de conde                     |            |          | к       | ķ                    |   |
| 1 milier gouche au conal           |            |          |         |                      |   |
| Energye on droit de lo             |            | 002Y     | E(I)    |                      |   |
| · I guar de rang I.                |            |          |         |                      |   |
| hargerer de résolution drom        |            | רצסס     | κειφ(Ι) | ג(בּי)               |   |
|                                    | (mo vor *) |          | NAATAOF | reque                | 1 |
| Most quesal                        | unmmog     | MISNOMIQ | Enstrue | Symbolic<br>Markena- |   |

ł

1

l

- 622 -

•

.2,2

-- -

.

1

1 11 1

|            | E <sup>1</sup> L <sub>A</sub> EPRIM |         | ม<br>                        | T' (E'm) TPRIM           |                          | کا                       |                          |                            | KD4                  |                       |                                  | kdr KOR                    |                   |                             | ka KD                       |          | . <u></u>                | E'                         |                          |                            | kq4                   | taque For  | Symbole Ecu<br>mathéma- |
|------------|-------------------------------------|---------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------|------------|-------------------------|
|            | le (15)                             |         |                              | (15)                     |                          |                          |                          |                            |                      |                       |                                  |                            |                   | <u>.</u>                    |                             |          |                          |                            |                          |                            |                       | TAPN       | λτι<br>                 |
|            | 1000                                |         |                              | 0007                     |                          |                          |                          |                            |                      |                       |                                  |                            |                   |                             |                             |          |                          |                            |                          |                            |                       |            | )וארד איצועא            |
|            |                                     |         |                              |                          |                          | ~ ~ ~                    |                          |                            |                      | _                     |                                  |                            |                   |                             |                             |          |                          |                            |                          |                            |                       | (* Ai oui) | Common                  |
| tégration. | value de l'énergre en les           | Jution. | ture avec la finction de vis | transmosur avout convolu | pontition d'untégration. | nepérage des ponts de la | centrie sur le canal K-1 | fenite de résolution était | Value de KD Imque la | référentiel abordu K. | l'évergre frontière ED, doors le | numiro du canal que cinter | s référentiel KE. | l'ineque frontière ES, donn | numéro du consel que contre | ED C Ek. | la firetre de résolution | everye frontaire droite de | centrie sur le canal K-1 | finite de révolution était | valun de Ke lonque la |            | Description             |

~

• • • • •

.

. . .

-.

۰ ۰

-----

|                  | Symbole Ecretine<br>mathéma-<br>tique FORTRAN |             | Dimenşım | Commun<br>(* ni oui) | Descuption                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |
|------------------|-----------------------------------------------|-------------|----------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| <u>₹</u> .?<br>↓ |                                               | EPRIM       |          | ¥t                   | Valeur de l'énergre E'rs<br>Itansmise au sous-programme                                                                                                                                                |  |  |  |  |  |
|                  | σ(ε' <sub>ί<sub>λ</sub>)</sub>                | 514M        |          | *                    | SIG four le caleur de $\sigma(E'_{i_{s}})$<br>Aertinn efficare totale (VI. 1.39)                                                                                                                       |  |  |  |  |  |
|                  | τ(e <sub>k</sub> )<br>χ²                      | τ(n)<br>qui | 2000     |                      | trausminn (VI,2.5)                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |
| 5/9519           | R <sup>J</sup>                                | R(J)        |          |                      |                                                                                                                                                                                                        |  |  |  |  |  |
| S/P TRACE        |                                               | B(I)        | AA 3     |                      | variable de marquage d'un<br>ponit de la courbe $Y \text{ ou } Z$<br>le long d'une farallèle à<br>l'axe des ordonnees<br>6060606060608 - blanc<br>3333333338 : .<br>5454545454548 : *<br>202020208 : * |  |  |  |  |  |

VI.3.2 Présentation des données

La figure VI.3.1 représente le dragramme descriptif de la présentation des données avec les conventions sutilisées jusque lai pour de tels diagrammes (confer paragraphe 11.7-2).

Possibilités: 5 familles de spins, 60 résonances, 2000 canavor

ן ו

| }

ł

-----

- 745 -

---

## VI. 3. 3 . Présentation des résultate.

Les figures VI. 3.2 et VI. 3.3 , ant des extrats d'un exercite de bré de rejultets. La premere prage de la les ter analoque à celle du code 5PNBE 209 avec toutéfois des différences dem la nature des donnés reproduite. Les aves currules nu sant pas calcules et les transmits reproduites ant des transmits enterles.

le temps al execution pour le cas prévouté des 22 secon. des , le temps depend du numbre de concoure at num pas de rabue des rejonances comme trais le code 290135 209.

## VI.4 LISTING DU CODE SPNBE 415

METHODE DES FORMES-FORMULE MULTINIVEALX C

| C      |   | CCFF1,CORP2    | NOM DE CORPS ETEDIE (12 CARACTERES MAXIMUM)                                           |
|--------|---|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| С      |   | GL             | LONGLELR DE LA BASE EN METRES                                                         |
| C      |   | RE             | RETARD ELECTRONIQUE EN MICROSECONDES                                                  |
| C      |   | EN             | EPAISSELR DE L'ECRAN EN ATCHES/EAFN                                                   |
| С      |   | ATP            | COEFFICIENT CONSTANT DANS L EXFRESSION DE TF                                          |
| C      |   | втр            | COEFFICIENT DU TERME LINEAIRE EN E CANS L EXFRES-                                     |
| Ċ      |   |                | SION DE TP                                                                            |
| č      |   | F2TP           | COEFFICIENT DL TERME DE DEGRE 2 EN E DANS L FX-                                       |
| č      |   |                | PRESSION DE TP                                                                        |
| Ċ      |   | TEXP           | INDICE D EXISTENCE DE POINTS EXFERIMENTAUX                                            |
| č      |   | NZ CNE         | NOMBRE DE ZENES D'INTERET                                                             |
| Ċ      |   |                | LARCEUR DES CANALY DE LA ZENE I EXPRIMEE EN MICHE-                                    |
| č      |   |                |                                                                                       |
| Ċ      |   | 7(1)           | REDERACE OF LA ZONE DINTEGET I                                                        |
| r      |   |                | NOWROE DE EM ZONE D'INTENET I<br>NOWROE DE CANALY CONTENIS FANS LA ZONE I             |
| r      |   | R7F0C(I)       | CONCENTION OF SOLS IN DATION PARS IN FRANKLE PE                                       |
| ř      |   |                | LA LADGELO DE DESCILITIÓN EN MICECSECCASES DE DENOCE DE                               |
| Ċ      |   |                | LA CARGEER DE RESCLUTTER EN FICHESTECHELSTAZ FLOR                                     |
| C<br>C |   | D118.          | CALCHE I COLC LE DADICAL DANS LA ECCHINE EDICETEN                                     |
| Ċ      |   | CUR            | TE EVODINEE EN MICOÉGECCNDEC440                                                       |
| C<br>C |   | 101 105        | TE EARKIMEE EN FIURUSEUUNUES772<br>Albedre des camais tâtită, er eisas recisissant (a |
| C<br>C |   | 1819186        | NUMERUS DES CANACA INITIAL ET FIMAL LEFININSANT LA                                    |
| C<br>C |   | •              | PARTIE DE SPECIRE ETUDIEE                                                             |
|        |   |                | KATUN NULLEAIKE EN FERFIS                                                             |
|        |   | NGJ            | NUMBRE DE FAMILLES DE SPINS DIFFERENS                                                 |
| C<br>C |   | 6(3)           | PACIECK STATISTICLE DE SPIN FLUM LE PAPILLE LE SPIN                                   |
| C      |   |                |                                                                                       |
| C      |   | PP(J)          | CUEFFICIENT CUNSIANT DE LA CUFFECTION LUE F LF                                        |
| C      |   |                | CUNIKIBUTIUN DES NIVEAUX STIDES HURS DE LA REGIUN                                     |
|        |   | 00/11          | EILDIEE PULK LA FAFILLE DE SFIN J                                                     |
| C      |   |                | LUEFFICIENT DE E DANS LA CLEMELTICE LI-LESSUS                                         |
| C<br>C |   | NESU(J)        | NUMBRE DE RESUNANCES APPARIENANT & LA FAMILLE LE                                      |
| C<br>C |   | co//           | SPIN J                                                                                |
| L<br>C |   | E(J,1)         | ENERGIE DE RESUNANCE EN EV DE LA RESUNANCE I AFFAR-                                   |
| C      |   | ••••••••       | TENANT A LA F MILLE DE SPIN J                                                         |
| C      |   | GAMMA(J,I)     | LARGEUR TETALE DE LA RESENANCE I APPARTENANT A LA                                     |
| C      |   |                | FAMILLE DE SPIN J                                                                     |
| C      |   | TEXP(I)        | TRANSMISSION EXPERIMENTALE AU FOINT I                                                 |
| C      |   | E(1)           | ERRELR SUR LA TRANSMISSION PRECEDENTE                                                 |
|        |   |                |                                                                                       |
|        |   | EIMENSIUN NRE  | SU(5), ER(5, 6C), GAMMA(5, 6C), R(5), FGAM2(5, 6C)                                    |
|        |   | CIMENSIUN E(4) | 2CC), ERESC(42CC), RESC(42CO)                                                         |
|        |   | DIMENSION T(2) | CCC), TEXP(2CCC)                                                                      |
|        |   | DIMENSION EPR  | IME(1CCC), TPRIME(1CCC)                                                               |
|        |   | CIMENSION PL(  | 32),Z(32),NCA(32),BZERC(32)                                                           |
|        |   | DIMENSION G(5  | ),AA(5),BB(5)                                                                         |
|        |   |                |                                                                                       |
|        |   | CEMMEN NGJ,NR  | ESC,PGAM2,ER,A,SIGM,G                                                                 |
|        |   | COMMUN AA, BB  |                                                                                       |
| -      |   | CCMMUN EPRIM   |                                                                                       |
| C      |   |                |                                                                                       |
| С<br>С |   | LECTURE DONNE  | ES                                                                                    |
|        | 1 | MCCELE(1415)   |                                                                                       |

-543-

ł

t

ł
-543-

.

2

ı

1

~ •

### VI.4 LISTING DU CODE SPNBE 415

| C   | METHODE DES    | FCRMES-FCRMULE MULTINIVEALX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | |
|---|---|---|---|
| с   | CCRF1.CORP2    | NON CL CCRPS EILDIE (12 CARACTERES MAXIMUM)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Č   | GI             | LONGLEIR DE LA RASE EN METRES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| č   | RF             | RETARD ELECTRONICLE EN NICROSECTACES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Č   | EN             | EDATCCELD DE 1 ECDAN EN ATCHES/EACN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| C C |                | EFAISSELK DE L'EURAN EN AILFEJ/EFN<br>COCCETEIENT CONSTANT OANS 'N ENERGESTEN DE TE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| C   | АТР            | CUEFFICIENT CUNSTANT GANS L EXFRESSION LE TP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| C   | втр            | COEFFICIENT DU TERME LINEAIRE EN F CANS & EXPRES-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| C   |                | SION DE TP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| C   | E2TP           | COEFFICIENT DL TERMF DE DEGRE 2 EN F CANS L FX-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| C   |                | PRESSION DE TP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Ċ   | IEXP           | INDICE D EXISTENCE DE POINTS EXPERIMENTAUX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| č   | NTENE          | ADWARE DE JONES D'INTERET                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| č   |                | IADCEND DES CANALY DE LA 7CKE I EXECTNES EN MICCO-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|     | Fu(1)          | LARGEON DES CANAGA DE LA ZUNE I EAPRIMEE EN MILINE-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| l   | ~ / ~ \        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| C   | 2(1)           | REPERAGE DE LA ZUNE D'INTERET I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| С   | NCA(I)         | NOMBRE DE CANALX CONTENUS DANS LA ZONE I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| С   | BZERC(I)       | COEFFICIENT DE E SOLS LE RACICAL DANS LA FORMULE OF                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| С   |                | LA LARGELR DE RESCLUTION EN MICROSFOCHDES##2 POUR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| С   |                | LA ZONE I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Ċ   | BUN            | CENSTA: TE SOUS LE RADICAL DANS LA ECENULE ERECEDEN-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ř   | 2011           | TE EXPRIMEE EN HICRESECENDES##2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Č   | 10 T. TDC      | NUMEORS DES CANALY INITIAL ET SINAL RESINTSSANT LA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|     | 16 14 16 5     | NUMERUS DES CANALA INITIAL ET FIMAL CEFININSANT LA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| l   | •              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| C   | A              | RAYUN NICLEAIRE EN FERMIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| C   | NGJ            | NOMBRE DE FAMILLES DE SFINS CIFFEFENTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| C   | G(J)           | FACTELR STATISTIQLE DE SFIN POUR LA FAMILLE DE SPIN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| C   |                | J                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| С   | ( L ) A A      | COEFFICIENT CONSTANT DE LA COFFECTION QUE & LA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Č   |                | CONTRIBUTION DES NIVEAUX SITUES HERS DE LA REGION                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| ř   |                | ETINTEE POLE IN EANTILE DE SETN I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| č   | 88713          | COEFFICIENT DE E DANS IN COEFFICIN CI-SESSIIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| č   |                | $\mathbf{C} = \mathbf{C}  N 2 2 4 1 1    | NUMBRE DE RESUNANCES APPARIENANT & LA PAPILLE LE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| C C |                | SPIN J                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Ĺ   | ER(J,1)        | ENERGIE DE RESUNANCE EN EV DE LA RESUNANCE I FFFFR-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ٤   |                | TENANT A LA FAMILLE DE SPIN J                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| C   | GAMMA(J, I)    | LARGEUR TCTALE DE LA RESCNANCE I APPARTENANT A LA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| C   |                | FAMILLE DE SPIN J                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| C   | TEXP(I)        | TRANSMISSION EXPERIMENTALE AU FOINT I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| С   | E(1)           | ERRELR SUR LA TRANSMISSION FRECEDENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|     |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|     | ETMENSION NE   | RESOLE).ER(5.60).CANNA(5.60).R(5).FCAN2(5.60)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|     | CINENSICN E    | 42001, FRESCIA2001, RESCIA2001                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|     |                | 7400/9 ENE 20( 7400/9NE 20(7200/<br>  7400/9 TEND/3400)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|     | DIMENSION IN   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|     | DIFENSICK E    | <pre>/#IME(ICCC), IPE(ICCC)</pre>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|     | CIMENSIUN PI   | .(32),Z(32),NCA(32),BZERC(32)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|     | DIMENSION G    | (5),AA(5),BB(5)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|     |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|     | CCMMLN NGJ,    | NRESC,PGAM2,ER,A,SIGM,G                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|     | COMMUN AA. PE  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|     | CEMMUN FPRI    | A Contraction of the second second second second second second second second second second second second second                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| r   |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| č   | LECTUDE DEAN   | FFC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ř   | LIGIONE DUN    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ι   | 1              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|     | 1 FUUELET 1415 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

~

.

. . 4

ł

•

•

3 MCDELE((612.5) 11 MOCELE(2A6) LIRE 11, CORP1, CORP2 LIRE 3, GL, RE, EN, ATP, BTP, B2TP LIRE 1, IEXP, NZCNE LIRE 3, (PL(I), I=1, NZCNE) LIRE 3, (2(I), I=1, NZONE) LIRE 1, (NCA(J), I=1, NZONE) LIRE 3, (BZERC(I), I=1, NZONE) LIRE 3, BUN LIRE 1, IRI, IRF LIRE 3,A LIRE 1,NGJ FAIRE 2 J=1,NGJ LIRE 2,G(J),AA(J),BB(J)LIRE 1, NRESO(J) NPAS = 1CFAS=1.0/FLOIF(NPAS) N = NRESC(J)FAIRE 2 I=1+N LIRE 3, ER(J,I), GAMMA(J,I) 2 CENTINUER FAIRE 4 J=1,NGJ N = NRESC(J)FAIRE 4 I=1,NGUA= 2.1950 8E- C4\*RACF(ER(J,I)) PGAM2(J,I)=GAMMA(J,I)/(2.\*QLA\*A)**4 CENTINUER** B=C.C1383/GL  $1 \in I = 1 \times I$ 1EF = IRF + 1SI(1EF-4056)50,50,5 S FAIRE 1C I=4C97, IEF TPS=Z(NZONE)#3.2C+(+-TAP-C.5)\*PL(NZCNE)+RE ERESC(1)=5226.5\*(GL/TPS)\*\*2 RESC(I)=0\*ERESC(I)\*RACF(BZERC(NZCNE)\*ERESC(I)+BUN) RESC(I)≠RESC(I)\*C•5 TPS=Z(NZCNE)#3.2C+(H-TAP-1.C)\*PL(NZCNE)+RE E(1)=5226.5\*(GL/TPS)\*\*2 1C CENTINUER 1EF=4(96 5C FAIRE 5 I=IEI, IEF F=1 NZ=1 TAP=C.C ITAP=NCA(1)8 SI(I-ITAP)6,6,7 7 NZ=NZ+1 TAP=TAP+FLCTF(NCA(NZ-1)) ITAP = ITAP + NCA(NZ)ALLER A 8 6 TPS=Z(NZ)\*3.2C+(H-1AP-C.5)\*PL(NZ)+RE ERESC(1)=5226.5\*(GL/TPS)\*\*2 RESC(I)=0\*ERESO(I)\*RACF(BZERC(NZ)\*ERESC(I)+00N) RESC(I)=RESC(I)\*C.5 TPS=Z(NZ)\*2.2C+(H-TAP-1.C)\*PL(N2)+RE

- 544 -

.

```
1:c e(1)=5226.set(L/TPS)**2

:c convinces

:e calcul des sig*a

*=

:e calcul des sig*a

*=

:e calcul des sig*a

*=

:e calcul des sig*a

*=

:e calcul des sig*a

*=

:e calcul des sig*a

*=

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a

:e calcul des sig*a
```

.

1

-

· \_ \_ ·

.

\*

.

-- ---

•

A

~

.

```
- 5- 5
```

¥.

ł

٠

 $\neg \neg \neg$ 

٢

.

.

ł

.

-

• 9

1

1

.

| •<br>• - 245 - | <pre>% TPS=Z(N2)*3.2C+(H-TAP-1.C)*PL(N2)+RE<br/>E(KG)=5226.5*(GL/TPS)**2<br/>] IAST=IS+1<br/>ISPRIM=IS+NPAS+1<br/>FAIRE 65 IETCIL=1,IS<br/>ISPRIM=ISPRIM-1<br/>ISPRIM=ISPRIM-1</pre> | TPRIME(ISPRIM)=TPRIME(IAST)         EPRIME(ISPRIM)=FPRIME(IAST)         EPRIME(ISPRIM)=FPRIME(IAST)         CCNTINLER         IS=IS4hPAS         EELTAE=(E(KG-)-E(KG+1))*PAS         EPRIME(KG)+DELTAE         FAIRE 25         EPRIM=EPRIM-DELTAE         EPRIME(EPRIM-DELTAE         EPRIME(I)=EPRIM | APPEL SIG<br>TPRIME(1)=EXPF(-EN*SIGM)*DELTAE*C.398942<br>CONTINLER<br>SI(E(KG)-EG)2C3,2C4<br>E EGEERESO(KE)+5.C*RESO(KE)<br>SI(E(KG)-EG)2C3,4C4<br>4 KG=KC+1<br>KGR=KGR+1 | <pre>6 SI(E(KG)-EG)4C5,4C5,4C5,4C4<br/>5 KG=KG-1<br/>KCR=KGR-1<br/>KCAN=KG-KG1<br/>SI(KCAN)2C4,2C4,4C5<br/>5 IS1=NP4S4KCAN+1<br/>IS2=IS<br/>IS2=IS<br/>IS=C<br/>FAIRE 71 1E1C1L=IS1,IS2</pre> | IS=IS+1<br>TPRIME(IS)=TPRIME(IETCIL)<br>EPRIME(IS)=EPRIME(IETCIL)<br>I CCNTINLER<br>4 KG1=KG<br>EC=ERESO(KE)-5.C*RESO(KE)<br>S1(ED-F(KD))3C3,3C3,51C<br>C KC=KC-1<br>KCR=KCR-1<br>IS=IS-NPAS | <pre>SI(ED-E(KG))511,511,51C<br/>I KD=KD+1<br/>KCR=KCR+1<br/>IS=IS+NPAS<br/>ALLER A 3C4<br/>SIC=KC+1<br/>KDR=KCR+1<br/>SI(KD-4C56-IK)3C2,302,3C1<br/>F=KCR<br/>AZ=1<br/>TAP=(.C<br/>ITAP=(.C<br/>ITAP=(.C</pre> |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                |                                                                                                                                                                                      | ۰L                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                               | ~ ) I                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                 |

•

,

·

•

• •

- -

-

```
207 NZ=NZ+1
    TAP=TAP+FLOTF(NCA(NZ-J))
    ITAP = ITAP + NCA(NZ)
    ALLER A 2CE
3C6 TPS=Z(NZ)*3.2C+(+-TAP-1.C)*FL(NZ)+RE
    E(KD)=5226.$*(GL/TPS)**2
5C6 CELTAE=(E(KD-1)-E(KD))*PAS
    IS = IS - 1
    EPRIM=E(KC-1)+CELTAE
    KFIN=NPAS+1
    FAIRE 33 KPRIM=1,KFIN
    1S = 1S + 1
    EPRIM=EPPIM-DELTAE
    EPRIME(IS)=EPRIM
    APPEL SIG
    TPRIME(IS)=EXPF(-EN*SIGM)*DELTAE*C.398942
 33 CONTINUER
    SI(EC-E(KD))3(3,3(3,3(4)
304 KC1=KC
    ALLER A 41
3C1 + KCR
    iAF=C.
    NZC=NZCNE-1
    SI(NZC)25C,25C,251
251 FAIRE 3C5 ITAPC=1,N20
    TAP=TAP+FLCTF(NCA(ITAPC))
205 CENTINUER
25C TPS=Z(NZONE)*3.2C+(+-TAP-C.5)*FL(NZCNE)+FE
    ERESC(KC)=5226.5*(GL/1PS)**2
    RESC(KC)=E*ERESO(KU)*RACF(BZERC(NZCNE)*ERESC(KC)+EUN)
    RESC(KC)=RESC(KD)*C.5
    TPS=Z(NZCNE)*3.2C+(+-JAP-1.C)*PL(NZCNE)+FE
    E(KD)=5226.9*(GL/1PS)**2
    ALLER A 5CE
 4] ISA = IS - 1
12C MCDELE(5(3X, 15, E12.5))
    T(N)=C.C
    T(M)=T(M)+0.5*TPRIME(1)*EXPF(-((ERESC(KE)-EFRIMF(1))/RESC(KE))**2
   1*C.5)/RESO(KE)
    FAIRE 42 J=2, ISA
    T(M)=T(M)+TPRIME(J )*E>PF(-((ERESC(KE)-EFFIFE(J))/FESC(KE))**2
   1*C.5)/RESO(KE)
 42 CENTINUER
    T(M)=T(M)+C.5*TPRIME(IS)*E)PF(-((ERESC(KE)-EFFIME(IS))/FESC(KE))
   1##2#(.5)/RESO(KE)
 35 CONTINUER
    4=X144
    SI(1EXF)90,5(,51
 91 LIRE 52, (TEXP(I), E(I), I=1, MMAX)
 92 MCDELE(1(F7.4)
 SC CONTINUER
    ERRMAX=C.C
    1=C
    FAIRE IC1 K=IR1, IRF
    I=]+]
    KC = K + IK
```

```
- 547 -
```

200

1

1

1

```
TP=ATF+ETP*ERESC(KC)+E2TP*ERESC(KC)**2
    SI(TEXP(1)-(.CCC(1))C2,1C2,1C3
1C2 TEXP(I)=C \cdot C
    E(1)=(.)
    ALLER A 1C1
103 E(1)=TEXP(1)*PACF((E(1)/TEXP(1))**2+(DELTF/TF)**2)/TF
    TEXP(1) = TEXP(1)/TP
    SI(E(I)-EPRMAX)1C1, 1C1, 1C4
1C4 ERRMx = F(I)
1C1 CENTINUER
    IMPPIMER 31,CCRP1,CCPP2
 31 MCCELE(1+1,3CX,2A(//)
    IMPRIMER 45
45 MCCELE(2X,21+CCURBE NC 1 THECRICLE//)
    FAIRE 1C5 J=1,NGJ
    IMPRIMER 1CT, G(J), AA(J), BP(J)
107 MCCELE(/ex, 34HRESONANCES DE FACTELR STATISTIGUF=E12.5,5X,5+A(J)=
   1E12.5.5X.5HB(J)=E12.5)
    N = NRESC(J)
    FAIRE ICS I=1.N
    IMPRIMER 1CS, ER(J, I), GAMNA(J,I)
1(9 MCDELE(25X, 3) ER=E12.5,5%,6HGAMMA=E12.5)
1C5 CONTINUER
    INFRIMER 46,ATP,BTP,B21P
46 MCCELE(//2x,25HCGURRE NC 2 FXPERIMENTALE,1CX,6HCCEF1=E12.5,
   15X, {+CCEF2=E12.5, 5×, 6+COEF3=E12.5//)
    IMPPIMER 117
117 MCCELE(2X,25H _CNFITICNS EXPERIMENTALES/)
    FAIRF 11C I=1,NZ NE
    IMPRIMER 111, I, Z(I), NCA(I), FL(I), PZEFC(I)
11C CENTINUER
111 MCCELE(1CX, 5HZGNE I2, 5X, SHPCSITICN=E12.5, 5X, 17HN_MERE DE CANAUX=
   114, 5X, EFLARGEUR=E12.5, 5X, 6HB ZERC=E12.5)
    IMPRIMER 112,GL,RE,EN,A,BUN
112 MCDELE(//7x,17HLONGLEUR DE PASE=E12.5,5x,2CHRET/RC ELECTFONIQUE=
   1E12.5,5X,2HN=E12.5//,5>,15HRAYCN DU NCYAU=E12.5,5X,3HP1=E12.5//)
    №=C
    FAIRE 4E K=IRI,IRF
    N=N+]
    KC = K + IK
    SI(IEXP)113,113,114
114 SI(E(M)-C.CCCC1)113,113,116
116 E(N) = E(N) / ERRMAX
    GUI=GUI+(T(M)-TEXP(M))**2/E(M)**2
112 IMPRIMER 47, K, ERESO(KO), T(M), TE>P(M)
 47 MODELE(10X, 15, 5X, 5HE(1)=E14.7, 5X, 12HT(1) (HECF.=F.4.7, 5X, 10HT(1) F
   1XP = E14.7
 4E CENTINUER
    IMPRIMER 45
 49 MCDELE(1H1)
    #PPEL TRACE(1, MMA >, 2, T, TE>P)
```

- 548-

- ----

- -

ì

1

•

### 

FIN(1,C,C,C,C,C,1,C,C,1,C,C,C,C,C)

IMPRIMER 11E, GUI

ł

1

1

1

```
SCUS PROGRAMME SIG
   SCUS FREGRAMME SIG
   DIMENSION NRESO(5), ER(5,6C), GAMMA(5,60), F(5), FGAM2(5,60)
  DIMENSION G(5), AA(5), BB(5)
   CCMMUN NGJ,NRESO,PGAM2,ER,A,SIGM,G
   CCMMUN AA, BE
   CCMMUN EPRIM
   GUA=2.195CEE-C4*RACF(EPRIM)
   SCMSIG=C.C
   FAIRE 1C J=1,NGJ
   N=NRESC(J)
   SCM=C.C
   FAIRE 11 I=1,N
   SCM = SCM + PGAM2(J,I)/(ER(J,I) - EPRIM)
11 CONTINUER
   R(J)=SCM+AA(J)+BB(J)*EPRIM
   CUAD=CLA*A
   CUAR = CLAA \neq R(J)
   RESU=(SINF(QLAA)-QUAR*COSF(QLAA))**2/(1.+CUAR**2)
17 SCMS1G=SCMSIG+G(J)*RESU
1C CENTINUER
   SIGM=2.EC8E+CE*SCMSIG/EPRIM
   RETCUR
```

```
- 549 -
```

• \_\_\_

1

;

:

1

.

---

ì

t

ł

FIN(1,C,C,C,C,C,1,C,C,1,C,C,C,O,C)

.

ŧ

.

·

```
Β
                                                                                                                                                      ດວດຄຸດວ
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              n m
                         in is
                                                                                                                                                                                                                                                              Ainin
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                NIR
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    3 C
0 C
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                27
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             لت ان
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       NI NI
SCLS FRCBRAWE TRACE(N1, N2, NC, N2, NC, Y, 2)

DIMPRIMER 3, E, F

F 26262626

F ARE C, C

F ARE C, C

SICC (20220) + 2(2000) + 2(2000) + 2(2000) + 2(2000) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) + 2(200) +
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           m NI
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  10
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      0-
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 ino
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        H & N
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    وسو
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              υ
                                                                                                                                                                                        ١ħ
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    SCUS
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    PRCGRAMM
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    m
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   TRACE (N1,N2,NC
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  •¥•Z)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           /,2C%,1A1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 (113
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  ----
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    ł
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           .
З
Х
С
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           ,11+CCLR
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        ٠
```

.

-----

1

-

-----

.

•

.



-

ł

\_ 4

١

1

•

4

BE

NC 2

2

-

-- -

•

•

-

```
- 551-
```

.

1

1

1

1

٩

•



Fig: <u>\</u>.2 de résolution Définition en conoux et partition de õ fenêtre



\$

۲.

.



## Fig. VI.2.2. Diagramme du code SPNBE 415



Fig VI.2.3 - Determination de la partition dans la fenctre de resolution



L





.

L

### Fig: VI.3.1\_\_\_\_ Diagramme descriptif de la présentation des données.

MANGANE SE

COURBE NO 1 THEORIQUE

RESONANCES DE FACTEUR STATISTIQUE= 0.58333E 00 A(J)=-0. B(J)=-0. ER= 0.57360E 05 GAMMA= 0.42000E 03 ER= 0.64132E 05 GAMMA= 0.80000E 03 B(J)=-0. RESONANCES DE FACTEUP STATISTIQUE= 0.41667E-00 A(J)=-0. . GAMMA= 0.85000E 03 ER= 0.58020F 05 ER= 0.59600E 05 GAMMA= 0.75000E 03 COURBE NO 2 EXPERIMENTALE COEF1= 0.97000E-01 COEF2= 0.12920E-04 COEF3=-0. CONDITIONS EXPERIMENTALES ZONE 1 POSITION= 0.84000E 01 NOMBRE DE CANAUX=2048 LARGEUR= 1.00000E-02 BZEPN= 0.49700E-02 BZERC= 0.48700E-02 ZONE 2 POSITION= 0.84000E 01 NOMBRE DE CANAUX=2048 LAFGEUR= 1.00000E-02 LONGUEUR DE BASE= 0.10300E 03 RETARD ELECTRONIQUE=-0.28600E 01 N= 0.94520E-01 RAYON DU NOYAU= 0.35700F 01 B1= 0.22100E 02 T(I) EXP.= 0.7484353E 00 E(1)= 0.6233870F 05 T(I) THEOP.= 0.7469843E 00 2627 2630 'E(I)= 0.6229692E 05 T(!) THEOR .= 0.7437478E 00 T(1) EXP.= 0.7820364E 00 T(I) EXP.= 0.7509955E 00 T(I) THEOR.= 0.7403678E 00 2631 E(I)= 0.6225518E 05 2632 E(1)= 0.6221348E 05 T(1) THEOR.= 0.7368524E 00 T(I) EXP.= 0.7664314E 00 2633 E(1)= 0.6217182E 05 T(I) THEOR. = 0.7332066E 00 T(1) EXP.= 0.7296781E 00 2634 E(I)= 0.6213021E 05 T(I) THEOR.= 0.7294340E 00 T(I) EXP.= 0.7729051E 00 F(1)= 0.6209864E 05 T(I) THEOR.= 0.7255363E 00 T(I) EXP.= 0.7517917E 00 2635 F(I)= 0.6204711E 05 T(1) THEOR.= 0.7215175E 00 T(1) EXP.= 0.7599188E 00 2636 T(I) EXP.= 0.7440047E 00 2637 E(1)= 0.6200562E 05 T(I) THFOR.= 0.7173803E 00 E(I)= 0.6196417E 05 T(1) THEOR.= 0.7131267E 00 T(1) EXP.= 0.7436687E 00 2638 2639 E(1)= 0.6192276E 05 T(I) EXP.= 0.6910489E 00 T(1) THEAR.= 0.7087563E 00 2640 E(I)= 0.6188140F 05 T(I) THEOR.= 0.7042698E 00 T(I) EXP.= 0.7201277F 00 E(1)= 0.6184008F 05 T(1) THEOR.= 0.6996655E 00 T(I) EXP.= 0.7104002E 00 2641 2642 T(I) THEOP.= 0.6949408E 00 T(1) EXP.= 0.7073614E 00 E(1)= 0.6179879E 05 T(I) EXP.= 0.6522461F 00 2643 E(1)= 0.6175755E 05 T(1) THEOR.= 0.6900920E 00 2644 E(I)= 0.6171635E 05 T(1) THEOR.= 0.6851168E 00 T(I) EXP.= 0.6890843E 00 2645 E(1)= 0.6167520E 05 T(I) THEOR.= 0.6800135E 00 T(1) EXP.= 0.6496663E 00 2646 F(I)= 0.6163408E 05 T(I) THEOR.= 0.6747788E 00 T(I) EXP.= 0.7080391E 00 E(I)= 0.6159300F 05 T(1) EXP.= 0.6735130E 00 7647 T(1) THEOR.= 0.6694088E 00 E(I)= 0.6155197E 05 T(I) THEOR.= 0.6638967E 00 T(I) EXP.= 0.6701026E 00 2648 2649 E(1)= 0.6151098E 05 T(I) THEOP.= 0.6582368E 00 T(I) FXP.= 0.6213821F 00 2650 E(1)= 0.6147002F 05 T(1) THEOF.= 0.6524229E 00 T(I) EXP.= 0.6280348E 00 F(i)= 0.6142911F 05 T([) THFOF.= 0.6464509E 00 T(I) EXP.= 0.6443506E 00 2651 2652 E(1)- C.6739824F 05 T(I) THECP.= 0.6403144F 00 T(I) EXP.= 0.6754024E 00 2653 F(1)= 0.61347415 05 T(I) THFOP.= 0.6340061E 00 T(1) FXP.= 0.6457897E 00 2654 E(1)= 0.6130662F 05 T(I) THEOR.= 0.6275178E 00 T(1) FXP.= 0.6060187E 00 2655 £(1)= 0.6126567F 05 T(1) THEOR.= 0.620942PE 00 T(1) EXP.= 0.6265228E 00 2656 E(1)= 0.6122516E 05 T(1) THEOF.= 0.6139719E 00 T(I) EXP.= 0.5978408E 00 2657 T(I) THEOR.= 0.6068959E 00 T(I) FXP.= 0.6037158E 00 E(1)= 0.0119450E 05 2658 F(()= 0.6114397E 05 T(1) THEOF.= 0.5996027E 00 T(I) EXP = 0.5845687E 00 E(I)= 0.6110323F 05 2659 T(1) THEOF .= 0.5920828E 00 T(I) EXP.= 0.5950673E 00 T(1) THEOP.= 0.5843261E 00 T(1) EXP.= 0.5870643E 00 2660 E(1)= 0.0100274F 05 2661 E(I)= 0.6102223E 05 T(1) THFOF.= 0.5763233E 00 T(1) [XP.= 0.5739732E 00 F(1)= 0.6099176F 05 T(1) EXP.= 0.5396185E 00 2662 T(I) THFOR.= 0.5630617F 00 26-53 E(1) = 0.6094134E 05 T(I) THE Nº.= 0.5595286E 00 T(I) EXP.= 0.6005459E 00

Fig VI. 3

č

•



Fig. 11.3.3

,

3

#### Mail Statistical And Statistics

### CHAPJTRE VII

8

ł

\_ :

## BILAN D'UTILISATION DES CODES, APPORT DE L'AUTOMATISATION

Nous avons dit en introduction au premier chapitre que le recours à un calculateur électronique s'était imposé dans le domaine des expériences de temps de vol tant parce que les données se faisaient plus nombreuses que parce que les performances d'ensemble des accélérateurs et de l'électronique associée exigeaient un traitement plus serré et plus fin. On a pu voir jusqu'à ces derniers temps en d'autres domaines où une telle automatisation n'avail pu'encore être mise en oeuvre les données s'entasser en archives sous forme de bandes perforées. Cela suffirait seul à montrer qu'il était nécessaire de synchroniser la phase de traitement et d'analyse avec celle d'acquisition en amenant la première au niveau d'efficacité de la seconde. En fait l'automatisation a fait plus que cela et nous nous proposons de clore le présent texte par un bilan de l'apport de nos méthodes d'analyse automatique dans ce domaine.

Il convient, en **p**emier lieu, de souligner que cette automatisation favorise l'optimisation de l'acquisition elle-même, car elle fournit les moyens de déterminer rapidement les éléments propres à limiter le volume de cette dernière l'indispensable. Ces éléments permettent aussi de lui donner une orientation en même temps que

### de choisir ses conditions d'exécution en fonction des renseignements

- 553 -

4

۱

{

qu'elle apporte et de l'étude entreprise. En cette matière le découpage du traitement en étapes séparées successives autorise les décisions sans qu'il soit nécessaire d'attendre les résultats d'une analyse complète. Ainsi les éléments d'appréciation fournis par le code SPNBE 084 guident l'expérimentateur dans le choix des épaisseurs d'échantillons et dans celui de la résolution, ils le renseignent quant à l'importance du bruit de fond et le bon déroulement de l'expérience. La réduction des temps d'attente prend à ce stade toute sa valeur lorsqu'on sait que le calendrier de travail auprès de l'accélérateur linéaire se trouve organisé en campagnes par équipe et qu'il est du plus haut intérêt d'achever une série complète de mesures au cours d'une campagne unique. En procédant de la sorte on atténue grandement les difficultés de reproductibilité des conditions expérimentales et donc celles de normalisation d'une mesure à l'autre. En particulier il faut se souvenir que le bruit de fond est sensible à la géométrie d'implantation en même temps qu'à la qualité du faisceaux.

Ceci étant dit, nous nous proposons, dans les paragraphes qui suivent, de faire quelques remarques quant au mérite des différentes méthodes d'analyse. Nous les ferons suivre d'une énumération de différentes études que les programmes permettent d'aborder avec succès, pour finir par un tableau des travaux exécutés ces dernières années.

## VII.1 REMARQUES SUR LE CHOIX DES METHODES D'ANALYSE POUR LA DETERMINATION DES PARAMETRES $\sigma_0$ et $\Gamma$ .

Lorsque l'échantillon est mince la relation I.6.11 montre que l'aire tendue par la courbe de transmission est proportionnelle au

produit  $\sigma_0 \Gamma$ . Si l'on se souvient par ailleurs que ce produit varie peu

en fonction de  $\beta$  et de  $\Psi$ , comme le montre la figure III.2.2 et le laissait supposer la figure I.6.4, une question vient naturellement à l'esprit, celle de savoir dans quelle mesure il demeure possible d'adapter une courbe théorique à une courbe expérimentale donnée lorsqu'on modifie séparément les paramètres  $\sigma_0$  et  $\Gamma$  tout en prenant garde de conserver leur produit constant. Dans une telle comparaison il est généralement difficile d'observer une différence tant que les valeurs de  $\sigma_0$  et de  $\Gamma$  explorent un intervalle dont l'expérience révèle qu'il est pourtant relativement étendu. On peut ainsi aisément leur faire subir une variation atteignant 45 c/c de part et d'autre de leur valeur la plus probable. C'est ce qu'illustre la figure VII.1.1 om l'on voit que les demi-intervalles de variation atteignent 20 c/c des valeurs retenues. Les valeurs extrêmes de  $\lceil \rceil$  et de  $\sigma_0$  indiquées ont été déterminées à partir d'une seule épaisseur d'écran et correspondent dans tous les cas à des aires totales égales. L'intervalle de compatibilité est d'autant plus grand que l'effet Döppler et l'effet de résolution sont importants. Par exemple sur la figure VII.1.2 cet intervalle correspond à des variations de 33  $^{\circ}/_{c}$ . De plus, la précision sur la valeur du produit  $\sigma_0 \Gamma$  dépend de celle avec laquelle l'aire totale est mesurée. En cela la mise en place de la droite de référence est déterminante en particulier sur les ailes ou l'erreur affectant les aires locales correspondantes peut prendre des proportions croissantes et inacceptables à mesure que l'on s'éloigne.

D'après ce qui vient d'être dit on pourrait penser que seule la méthode des formes permettrait de resserrer la plage d'incertitude sur les valeurs des paramètres pris séparément. En effet, on peut remarquer que les différences entre courbes expérimentales et courbes théoriques se manifestent au minimum de transmission puis apparaissent

- 554 -

1

(

\_ !

sur les ailes. Malheureusement le minimum de transmission est

- 555 -

1

۱

1

lui-même très sensible à l'effet Döppler et à l'effet de résolution. Si bien que l'analyse des formes risque de fournir pour  $\sigma_0$  et  $\Gamma$ des valeurs entachées d'une grande imprécision.

En fait, lorsqu'on aura affaire à un échantillon mince la véritable ambition sera d'obtenir une valeur suffisamment précise du produit  $\sigma_0 \Gamma$ , ou ce qui revient au même d'après (1.2.59), celle de la quantité  $g\Gamma_n$ . La méthode des aires partielles s'avère alors préférable car elle permet une meilleure statistique sur les grandeurs d'analyse expérimentales, elle échappe pour une grande part à l'influence des effets Döppler et de résolution, elle permet d'ignorer ce qui se passe sur les ailes. C'est ainsi que pour des résonances isolées la précision sur le produit  $\sigma_0 \Gamma$  peut atteindre 3 %. Elle s'établit couramment à 6 % et, même pour des doublets, elle peut encore se situer autour de 10 %.

Au contraire, si l'échantillon est épais, l'aire tend vers la valeur donnée par l'expression asymptotique (1.6.27) dont la partie principale, corrigée par les termes d'interférence qui la suivent, est cette fois proportionnelle au produit  $\sigma_0^{-1/2} \Gamma$ , c'est-à-dire, directement liée au produit  $\sigma_0^{-\Gamma}^2$ . On est donc tenté d'étudier le comportement d'une courbe de transmission lorsque, laissant le produit  $\sigma_0^{-\Gamma}^2$  constant, on fait varier le produit  $\sigma_0^{-\Gamma}$ . La figure VII.1.3 illustre une telle étude. Elle monte que les courbes sont déjà bien différentes pour un écart de 15 °/<sub>e</sub> sur le produit. Ceci laisse supposer que les courbes de transmission dans le cas des échantillons épais sont relativement plus sensibles aux variations de  $\Gamma$  que dans celui des échantillons minces et, de fait, si on considère toujours le même exemple, une variation de 20 °/<sub>e</sub> sur chacun des paramètres, faites en imposant la contrainte  $\sigma_0^{-\Gamma} = C^{te}$ , donne lieu à une courbe nettement distincte de

la courbe d'origine comme le montrent les figures VII.1.4 et VII.1.5.

En réalité l'analyse par la méthode des formes peut aisément donner une précision de 6 à 7  $^{o}/_{o}$  sur la largeur l' dans un tel exemple.

8

ł

Il faut cependant noter qu'il est nécessaire de figer le déphasage (1,2,61), K = 2kR, faute de quoi on pourrait obtenir des courbes superposables avec des paramètres  $\sigma_0$  et l' différents. C'est ce que niontre la figure VII.1.6 pour laquelle la réduction, indiquée plus haut, du produit  $\sigma_0^{-\Gamma}$  est compensée par une augmentation du déphasage de  $39 \ c/c$ ; ce qui a pour effet de ramener les courbes l'une sur l'autre, les contraintes imposées étant de conserver constant les produits  $\sigma_0^{-\Gamma/2}$  et  $\sigma_0^{-K}$ , c'est-à-dire, les produits à l'aide desquels l'aire (I.6.27) est exprimée.

On peut aussi, d'après (I.6.27), remarquer que pour les écrans suffisamment épais le carré de la largeur à mi-profondeur est, en première approximation, proportionnel à  $\sigma_0 \uparrow^2$  et que, par ailleurs, cette largeur est moins sensible aux effets d'élargissement que le minimum de transmission. Ceci plaide en faveur de la méthode des largeurs dans ce cas.

En résuiné, lorsqu'il s'agit de résonances isolées, la méthode des aires partielles est très valable dans le domaine des basses énergies, c'est-à-dire, environ jusqu'au keV ou quelque peu plus. Au delà, au fur et à mesure que le terme d'interférence entre la diffusion potentielle et la diffusion résonnante prend de l'importance, il est préférable de faire appel à la méthode des formes, surtout si l'échantillon est épais. Enfin seule la méthode des formes est décisive et permet une analyse suffisamment précise lorsque les résonances sont très rapprochées. A la fimite elle est seule à pouvoir aborder l'analyse multiniveaux qui s'impose au delà de 10 keV.

- 556 -

## VII.2 DETERMINATION DE J

Les expériences de transmissions se prôtent difficilement à l'attribution du spin des résonances et l'on doit faire appel, en général, à des expériences complérientaires pour déterminer la valeur de J. Cependant la souplesse de structure et l'efficacité des programmes décrits aux chapitres précédents jointes à une excellente résolution expérimentale nous ont valu de pouvoir le faire en de nombreuses circonstances [1,5,5], [VII.2.1], [VII.2.2], [VII.2.3] à l'aide de méthodes fondées sur une analyse minutieuse des courbes de transmission. Ces méthodes sont au nombre de trois.

# VII.2.1 Détermination de J à partir du couple de valeurs $(\sigma_0, \Gamma)$

Nous savons d'après (1.2.50), (1.2.51), et la définition (1.2.59) de  $\sigma_0$  qu'à un couple donné de valeurs ( $\sigma_0$ ,  $\Gamma$ ) correspondent deux valeurs possibles pour la largeur de diffusion  $\Gamma_{1_{c}}$ . Ce sont :

$$\Gamma_n^{(+)} = \frac{g\Gamma_n}{g(+)}$$
 avec  $g^{(+)} = \frac{I+1}{2I+1}$  (VU.2.1)

ł

$$\Gamma_n \stackrel{(-)}{=} \frac{g\Gamma_n}{g(-)}$$
 avec  $g^{(-)} = \frac{1}{2I+1}$  (VII.2.2)

où, pour se conformer aux notations d'usage, l $\equiv$ sage désigne le spin du noyau cible.

Si la valeur  $\Gamma_n^{(-)}$  ainsi trouvée se révèle supérieure à la largeur totale au delà de tout doute qu'impliqueraient les erreurs expérimentales, il faut exclure la valeur de spin J = I- 1/2 pour ne retenir que l'autre J = I + 1/2. C'est en fait le seul cas où l'analyse directe permet de trancher aussi nettement. On comprend qu'elle doive être

- 557 -

#

précise.

Cependant on peut quelquefois aboutir à de fortes présomptions en faveur de l'une ou l'autre des deux valeurs de J. Pour cela introduisons la largeur radiative totale  $\Gamma_{\gamma}$  somme des largeurs radiatives partielles  $[\gamma_i]$  attachées aux seules réactions possibles, en ce qui nous concerne, lorsqu'on travaille sur des noyaux non fissiles, nous voulons dire les captures radiatives. On sait que cette largeur vérifiant, dans ce cas, la relation

$$\Gamma = \tilde{\gamma}_n + \tilde{\gamma}_{\gamma} \qquad (VII.2.3)$$

est sensiblement constante de résonance en résonance pour la plupart des noyaux, de sorte que l'on pourra écarter les valeurs de J qui conduiraient à des valeurs de  $\lceil_{\gamma}$  très différentes de la valeur moyenne  $\langle \vec{v}_{j'j'}$ . Mais en toute rigueur on ne saurait le faire trop strictement. On retiendra, par exemple, la valeur de J telle que

$$g''_n \geqslant p \frac{I(I+1)}{2I+1} \langle \gamma \rangle$$
 (VII.2.4)

p étant un facteur de pondération qui tient compte de la fluctuation admise pour la largeur radiative totale  $\lceil \frac{1}{\gamma}$  et de la précision obtenue pour  $g_n^{(1)}$  et  $n^{(1)}$ .

### VII.2.2 Détermination de J à partir de la considération du terme d'interférence entre résonances de même spir

Pour tenir compte de l'interférence entre résonances de même spin on peut faire appel au formalisme de Humblet et Rosenfeld exposé au paragraphe VI.1.2. Il est alors facile par le jeu de la relation (VI.1.24) d'utiliser le code SPNBE 109 à cette fin. Cette méthode a l'avantage de faire intervenir la forme de la courbe de transmission dans la région des ailes.

La figure VII.2.1 illustre un effet d'absence d'interférence entre

### - 550 -

### deux résonances, ce qui permet d'affirmer qu'elles sont de spins

différents. Il s'agit du doublet de l'or situé à 580 eV. La courbe en pointillé représente la courbe théorique, avec effet d'interférence, la courbe en trait plein celle sans effet d'interférence. Effet Döppler et effet de résolution sont inclus dans les calculs. Dans cet exemple l'attribution du spin J=2 à la composante de plus faible énergie a été faite à partir d'expériences de transmission.

Au contraire la figure VII.2.2 représente un ensemble de résonances de l'or avec leurs paramètres, pour lesquelles il y a lieu d'introduire des effets d'interférence entre certaines d'entre elles. La courbe en pointillé serait la courbe théorique obtenue en prenant pour valeur de la section efficace potentielle la valeur constante réelle  $\sigma_p = 9,5$  barus. C'est dire que tout effet d'interférence entre résonances est exclu en ce qui la concerne. A l'inverse la courbe en trait plein représente la courbe théorique obtenue en prenant pour chaque résonance la valeur fictive de  $\sigma_p$  indiquée sur la figure afin de tenir compte des effets d'interférence. Cette dernière courbe, contrairement à la première, adapte bien les résultats expérimentaux.

ţ

Il est difficile d'évaluer la proportion de résonances pour lesquelles cette méthode permet d'attribuer la bonne valeur de spin, mais on peut dire que nombreuses sont celles auxquelles elle peut s'appliquer, en particulier pour les énergies supérieures à 500 eV jusqu'à quelques keV. Elle s'est révélée par exemple indispensable pour 7 résonances dans le cas de l'or au dessous du keV et efficace pour une vingtaine au dessous de 4 keV, dans le cas du brome et de l'arsenic [1.5.5].

## VII.2.3 Détermination de J à partir des valeurs du maximum et du minimum de transmission

La relation (IV, 2, 30') donne la valeur minimale de la section efficace totale  $(\sigma_{IR})_{Tmax}$  en l'absence d'élargisseme: A Döppler et

### - 560 -

d'effet de résolution. A cette valeur correspond le maximum de transmission interféro-résonnante

$$(T_{\rm IR})_{\rm max} = \exp\left[ ng \frac{\Gamma_{\rm c}}{1} \sigma_{\rm p} \right] \qquad (VII.2.5)$$

à partir duquel on peut espérer déterminer g, et donc J, pourvu que l'on connaisse la valeur de  $\sigma_p$  et que le rapport  $(\gamma_{\tau_e}/\gamma)$  soit très voisin de l'unité. Par exemple, la figure VII.2.3 représente deux courbes théoriques relatives à la résonance de l'arsenic située à 3992 eV et correspondent respectivement aux deux états de spin J = 1 et J = 2. La différence entre les deux courbes est très marquée pour l'écran le plus épais, surtout au voisinage du maximum de transmission malgré un effet Döppler et un effet de résolution a.sc.. importants. L'incompatibilité de la courbe la plus haute avec les points expérimentaux non figurés ici impose l'option J = 1.

La méthode est d'autant meilleure que la valeur de  $\sigma_p$  est plus élevée et que le spin du noyau cible l'est moins.

La valeur du minimum de transmission devrait également permettre, dans les nêmes conditions, la détermination du spin J; car on pourrait aussi ecrire d'apres (NV.2.29) et (IV.2.27) deux relations analogues à (IV.2.30') et (VII.2.5), explicitement

$$(\sigma_{\rm IR})_{\rm T_{\rm min}} = g \frac{\sigma_{\rm L}}{10} \sigma_{\rm p} (x'')^2_{\rm min} \qquad (VII.2.6)$$

et

$$\left(T_{\rm IR}\right)_{\rm min} = \exp\left[-ng \frac{i'_n}{i'} \sigma_p \left(x''\right)^2_{\rm min}\right] \qquad (VII.2.7)$$

mais, en fait, comme nous l'avons déjà mentionné plus haut, le minimum de transmission est tres sensible aux effets Döppler et de résolution, et la relation (VII.2.7) ne donnera accès à la vraie valeur

de g que dans la mesure où les paramètres caractéristiques corres-

- 561 -

pondants  $\beta$  et  $\Psi$  sont très petits. A cet egard la figure VII.2.3 est pleine d'enseignement, qui montre la courbe J = 2 demeurer constamment au dessus de la courbe J = 1, même au droit du minimum de transmission, malgré une valeur de g qui rend plus petit l'argument de (VII.2.7). Ceci indique que l'accroissement imposé à  $\beta$ , ct plus encore à  $\P$  , pour garder le produit g  $\sqcap_n$  constant joue un rôle prépondérant qui l'emporte dans ce cas sur celui de g.

Lorsque  $\beta$  et  $\Psi$  restent suffisamment faibles, comme cela se produit généralement aux énergies plus élevées, les courbes se croisent ainsi que le montre la figure VII.2.4. Cette figure représente une résonance située à 36 keV. Néanmoins l'étude du maximum de transmission est encore le moyen le plus sûr, car en son voisinage la section efficace varie lentement sur un intervalle relativement grand par rapport à  $\Gamma$ . La seule réserve à faire est que l'effet d'interférence entre résonances de même spin est équivalent, au point de vue des relations exprimant  $\sigma_{IR},$  à une variation de la section efficace potentielle  $\sigma_p$  .

#### VII.3 DETERMINATION DE LA SECTION EFFICACE POTENTIELLE Cρ

D'après (III.2.2), (III.2.3) et (III.2.4) la transmission totale dans le canal i s'écrit

$$T_{i} = e^{-n\sigma_{p}} \left(T_{IR}\right)_{i} \frac{T_{i}}{j \notin Q} \left(T_{IR}^{(j)}\right)_{i} \qquad (VII.3.1)$$

Loin des résonances les termes facteurs de l'exponentielle sont très voisins de l'unité si bien qu'il est possible, en principe, à partir de cette seule formule de déduire la valeur de  $\sigma_p$ , la précision obtenue étant fonction de l'épaisseur d'échantillon utilisée. Mais il est plus sûr de faire appel à la méthode des formes. Si on s'en rapporte

à la relation (VII.2.5) on voit que le terme  $(T_{IR})_i$  lui-même est très sensible à la valeur de  $\sigma_p$  au voisinage du maximum de transmission. Les paramètres de la résonance étant connus, on cherchera donc à adapter les points expérimentaux par une courbe théorique en ajustant la valeur de la seule grandeur  $\sigma_p$ . La figure VII.3.1 illustre une telle adaptation pour une résonance du niobium 093. Incontestablement des trois valeurs indiquées,  $\sigma_p = 6$  barns parait être la meilleure.

Pour que la méthode soit efficace il faut l'appliquer, pour un même élément, à plusieurs résonances isolées afin de ne pas se laisser induire en erreur par d'éventuels effets d'interférence entre résonances de même spin dont on sait qu'ils peuvent être décrits à l'aide de  $\sigma_p$  fictifs. En toute connaissance de cause on peut remonter au déphasage réel K par les relations (VI.1.23) et (VI.1.24).

Il faut aussi qu'il y ait un maximum de transmission suffisant. Si la courbe de transmission n'est pas assez asymétrique on peut chercher à déterminer la valeur de  $\sigma_p$  en traçant expérimentalement, par points, la courbe  $[3(x)]^{-1}$  où

$$\frac{1}{2}(x) = \log [T_{IR}(-x)/T_{IR}(x)]$$
 (VII. 3.2)

en fonction de x pour  $x \gg 1$  [V<sup>1</sup>.1.2]. Cette courbe devrait pouvoir s'assimiler à une droite passant par l'origine car cela en est une en l'absence d'effet Döppler et pour une résolution infinie.

### VII.4 DETERMINATION DU CARACTERE s ou p DES RESONANCES

Comme indiquer, dès le titre, les programmes d'analyse décrits aux chapitres précédents ont été conçus pour traiter les résonances de type s, c'est-à-dire, celles pour lesquelles le moment  $\ell$  est nul. On peut se demander ce qu'il en est lorsque  $\ell$  est différent de zéro

- 562 -

et en quoi les résonances s se distinguent des autres, en particulier,

- 363 -

des résonances p pour les quelles  $\ell = 1$  et qui sont les seules risquant de nous intéresser d'après ce qui suit, sauf rares exceptions

La relation (I.2.61) nous dit que, pour t = 0, la phase de diffusion élastique potentielle est simplement

$$\frac{1}{2}K = kR = (k_c a_c)_{\hat{k}} = 0$$
 (VII.4.1)

Pour  $\ell$  non nul, si kR  $\ll \hat{\ell}$ , les phases respectives s'écrivent

$$\frac{1}{2} K \simeq \frac{(kR)^{2\ell+1}}{(2\ell-1)!! (2\ell+1)!!}$$
(VII.4.2)

Elles tendent vers zéro avec l'énergie d'autant plus rapidement que l est plus grand. Il en est de même des largeurs  $\Gamma_{kc}$  de (1.2.45), si bien que dans le domaine d'énergie considéré ici les seules résonances susceptibles d'être observées, en dehors des résonances du type s, sont, en effet, celles du type p pour lesquelles

$$\frac{1}{2} K \approx \frac{1}{3} (kR)^3 \qquad (VII. 4.3)$$

La relation (VII. 4.3) montre que l'amplitude de diffusion potentielle est négligeable. Dès lors la section efficace totale peut être décrile par une formule de Breit et Wigner dépourvue de terme d'interférence. Ainsi l'examen des courbes de transmission peut permettre de distinguer les ondes s des ondes p. Pour ces dernières la courbe de transmission présentera une symétrie insolite. Cf. figure VII.4.1.

Cette méthode des formes s'applique à des résonances d'énergie supérieure à 200 eV. Lorsqu'elle n'est pas applicable on peut quelquefois déterminer la nature s ou p des résonances par une étude du spectre de rayonnements gamma émis après capture des neutrons [VIJ.4.1].

### - 564 -

1

## VII.5 PROPRIETES STATISTIQUES DES RESONANCES DE NEUTRONS

Les niveaux nucléaires excités produits par l'interaction des neutrons avec les noyaux moyens et lourds se font si nombreux à mesure que l'énergie d'excitation augmente qu'ils ne peuvent être décrits, sur le plan théorique, que par leurs propriétés statistiques. La comparaison des résultats expérimentaux avec les prédictions que l'on est en droit d'attendre des modèles nucléaires s'effectuera donc à travers l'étude de valeurs moyennes et de fluctuations autour de ces valeurs moyennes. Ces valeurs seront déterminées à partir des propriétés individuelles de chacun des niveaux. C'est une des principales contributions de l'analyse sur calculateur électronique, jointe il est vrai, à une excellente résolution expérimentale, que d'avoir pu augmenter dans de grandes proportions, grâce à sa rapidité d'exécution et à la précision désormais accessible, la taille des échantillonnages nécessaires pour que certaines des études statistiques expérimentales prennent corps et deviennent significatives. A cet égard nous ne retiendrons ici que les propriétés statistiques directement liées aux paramètres dont il a été question aux paragraphes précédents. Il s'agit principalement des espacements moyens des niveaux et des fonctions densités. Les résultats acquis avec ces méthodes portent désormais non plus sur quelques noyaux éventuellement groupés, mais sur des échantillonnages de 60 à 100 niveaux par corps. Il est même devenu possible de considérer séparément læs familles de spins différents. De plus les comparaisons entre théorie et résultats expérimentaux n'est significative que si l'on atteint la taille d'échantillonnage indiquée ci-dessus et si le nombre de niveaux omis n'excède pas 2 %. En cela le recours à l'analyse sur calculateur est d'une grande

aide sinon essentiel.

### VII.5.1 Espacements moyens des niveaux < D> et leur distribution

En ce qui concerne les espacements moyens des niveaux on peut dire que le grand nombre de variables des fonctions d'onde  $|\lambda\rangle$ implique que les énergies  $E_{\lambda}$  du noyau composé, et donc  $E_{\rm R}$ , sont elles-mêmes distribuées au hasard. Cette distribution a été calculée par Mehta et Gaudin [VII.5.1] . La distribution de Wigner, d'ailleurs antérieure, en constitue une bonne approximation [ViI.5.2], [VII.5.3]. Elle s'écrit

$$P(x) = -\frac{1}{2} \pi x \exp \left[-\frac{1}{4} \pi x^2\right] \text{ avec } x = \frac{D_i}{\langle D \rangle}$$
(VII.5.1)

ł

D<sub>i</sub> désignant l'espacement entre les niveaux i et i+1.

Lane de son côté a donné une relation exprimant la distribution des espacements pour deux familles de résonances indépendantes mais mélangées, chacune des deux populations obeissant à une distribution individuelle de Wigner (VII.5.1) [VII.5.4].

Par ailleurs il est bien connu que la densité des niveaux dépend de la structure en couche des noyaux et présente des minimums pour des noyaux ayant un nombre de neutrons voisin d'un nombre magique. La formule qui représente le mieux la densité des niveaux en fonction du nombre de masse, du spin J et de l'énergie d'excitation du noyau composé est la formule de Bethe [VII.5.5] modifiée par Newton [VII.5.6]. C'est une loi en 2J + 1 pour les spins de faible valeur. La figure VII.5.1 illustre la situation expérimentale. Le trait continu représente les prévisions théoriques.

### VII.5.2 Fonctions densités

Le nombre élevé de niveaux excités font aussi de la distribution au hasard des amplitudes réduites  $\gamma_{\lambda c}$  une caractéristique essentielle de noyau composé. Le caractère aléatoire de ces amplitudes

### - 365 -

se traduit par leur distribution selon la loi de Porter et Thomas

- 566 -

[VII.5,7] que suivent à fortiori les largeurs  $\sqcap \lambda_c$ . Si l'on considère des largeurs totales  $\sqcap = \sum_{i=1}^{n} \sqcap_{\lambda_c}$  il en résulte pour elles une distribution en  $\chi^2$  donnée par

$$P_{\mathcal{V}}(\mathbf{x}) \, \mathrm{d}\mathbf{x} = \frac{1}{2} \, \mathcal{V} \left( \frac{1}{2} \, \dot{\mathcal{V}} \, \mathbf{x} \right)^{1/2} \, \overset{\mathcal{V}}{=} \, \left[ \Gamma \left( \frac{1}{2} \, \dot{\mathcal{V}} \right) \right]^{-1} \, \exp \left[ -\frac{1}{2} \, \mathcal{V} \, \mathbf{x} \right] \, \mathrm{d}\mathbf{x}$$

$$(\text{VII.5.2})$$

v étant ce qu'il est convenu d'appeler le degré de liberté,  $\Gamma$   $(\frac{1}{2}^{\nu})$ la fonction eulérienne de 2<sup>ème</sup> espèce et où x =  $\Gamma/\langle \cdot \rangle \rangle/\langle \Gamma \rangle$ .

En ce qui concerne les largeurs de diffusion  $\Gamma_n$ , le paramètre  $\nu$  se réduit à l'unité. Pratiquement on introduit la largeur  $\Gamma_n^{\circ} = \Gamma_n / \sqrt{E_R}$  et l'on pose x =  $g \Gamma_n^{\circ} / \langle g \Gamma_n^{\circ} \rangle$ .

Ceci étant, il existe une relation entre les largeurs de diffusion et les espacements de niveaux [I.2.9] si bien que le rapport  $\frac{\langle \prod_{i=1}^{n} c \rangle}{\langle D \rangle}$ caractérise la transparence de la surface du noyau composé. C'est la fonction densité. On la désigne par S<sub>0</sub> pour les résonances s, par S<sub>1</sub> pour les résonances p. Elle est directement liée à la matrice R [I.2.10].

Ł

Plusieurs modèles nucléaires ont été proposées pour expliquer les variations de la fonction densité avec le nombre de masse des noyaux. Les premiers calculs ont été effectués dans le cadre du modèle optique pour Feshbach, Porter et Weisskopf [VII.5.8] avec un potentiel à puits carré. Campbell a repris ces calculs avec un potentiel sphérique de Saxon-Woods et une absorption de volume (cas (1)) [VII.5.9]. Par ailleurs Chase, Wilets et Edmonds utilisèrent un potentiel trapézoidal déformé avec absorption de volume (cas (2)) [VII.5.10] Enfin Buck et Perey prirent un potentiel de Saxon-Woods pour la partie réelle avec une absorption de surface et tinrent compte du couplage avec les états collectifs (cas (3)) [VII.5.11]. La figure VII.5.2 représente les valeurs de S<sub>0</sub> en fonction de  $\Lambda$ .

vii, othe represente represente de so en remetion de ....

### VII.5.3 Estimation du nombre des résonances omises

- 507 -

La difficulté dans toutes les comparaisons statistiques évoquées ici, en particulier lorsqu'il s'agit de vérifier  $\hat{\nu}$ , est d'évaluer le nombre de résonances omisés. On peut les classer en deux catégories : les résonances isolées et celles très voisines d'une résonance intense. Si la résonance est isolée le critère permettant de juger de son existence dépend de la valeur du mirimum de transmission. Il dépend donc de la quantité g  $\Gamma_n^{\circ}$ , de la largeur  $\Gamma$ , de l'effet Döppler et de l'effet de résolution. En fait pour les résonances isolées de faible intensité la largeur totale  $\Gamma$  est pratiquement égale à la largeur radiative totale  $\Gamma_{f}$  dont on sait qu'elle est constante pour la majorité des noyaux. Dans cette hypothèse le code SPNBI: 109 permet de définir la valeur minimale de g  $\Gamma_n^{\circ}$  à partir de laquelle on peut affirmer qu'une résonance existe compte tenu de l'effet de résolution, de l'élargissement Döppler et de l'épaisseur d'échantilion.

Plus délicat à résoudre est le cas où il s'agit de deux réscnances voisines d'intensités très inégales. La figure VII.5.3 illustre une telle situation. Il est indispensable dans ce cas de procéder à une analyse de forme. L'adaptation, pour un même couple de paramètres  $\sigma_0$  et  $\Gamma$ , des courbes de transmission relatives à un écran mince et un écran épais révèle si la résonance est unique ou non. Il est souhaitable pour cela que la distance séparant les deux résonances soit supérieure à la largeur totale  $\Gamma$  et que le rapport des  $\sigma_0$  soit inférieur à 10.

### VII.6 BILAN

Pour conclure nous voudrions citer quelques travaux effectués ces deux ou trois dernières années par le Groupe de Physique du

Neutron du Service de Physique Nucléaire à Basse Energie en nous

limitant à ceux pour lesquels l'analyse automatique et les programmes qui l'exécutent ont été un outil efficace et même, dans certains cas, indispensable. Ces travaux se poursuivent actuellement de façon très active. Nous allons très brièvement résumer les quelques conclusions importantes auxquelles ils conduisent.

Ť

ţ

En ce qui concerne l'étude de la fonction densité  $S_0$  les résultats acquis à ce jour ont montré que si elle semblait indépendante de la valeur du spin J lorsque le noyau cible était de spin I = 1/2 [VII.2.1], il en était tout autrement, et cela s'affirme de plus en plus, lorsque le spin du noyau cible est 3/2 [I.5.5]. Cette dépendance a été établie pour les six noyaux suivants <sup>75</sup>As+n, <sup>69</sup>Ga+n, <sup>79-81</sup>Br+n, <sup>197</sup>Au+n, <sup>63</sup>Cu+n et <sup>65</sup>Cu+n ;, alors qu'elle n'a pu être mise en évidence pour les trois noyaux <sup>109-107</sup>Ag+n, <sup>169</sup>Tm+n, <sup>195</sup>Pt+n(I= 2).

En général les valeurs de la fonction densité  $S_0$  sont en accord avec les prédictions fournies par les modèles théoriques, en particulier celui de Chase et Al, . Cependant, on peut noter que les points expérimentaux dessinent un épaulement dans la région du nombre de masse 70, suivi d'un minimum très marqué autour de A = 9. On peut noter également que le maximum expérimental pour les A voising de 95 est plus faible que prévu. Tout ceci apparait sur la figure VII.5.2.

L'étude du Cobalt indique une variation de  $S_0$  en fonction de l'énergie, variation caractérisée par trois régions de pentes différentes. Elle laisse entrevoir aussi une dépendance du rayon de diffusion en fonction du spin J. Mais sur ce point il faut être prudent et la confirmation de cette tendance nécessite des expériences supplémentaires dans la région des énergies élevées.

La fonction densité  $S_1$  a également été étudiée pour le Niobium et le Tirconium.

- 563 -

De même  $\sigma_p$  a été étudié et la loi en 2J+1 pour la densité des

- 569 -

niveaux vérifiée.

|                    |                                           | _                                         |                                 |                                             |                             |                |
|--------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|----------------|
| Corps              | Domaine<br>d'énergie<br>exploré<br>en keV | Nombre<br>de réso-<br>nances<br>observées | Nombre de<br>spins<br>attribués | Nombre de<br>g <sup>r</sup> n<br>déterminés | Nombre<br>de 「<br>déterminé | Référenc<br>s  |
| 169 <sub>Tm</sub>  | 0,25-0,76                                 | 57                                        | 46                              | 56                                          | 20                          | [VII.2.1]      |
| <sup>195</sup> Pt  | 0,011-0,825                               | 42                                        | 36                              | 33                                          | 37                          | [VII.2.1]      |
| <sup>+195</sup> Pl | 0,011-0,825                               | 42                                        | 10                              | 33                                          | 14                          | [VII.2.1]      |
| Ag                 | 0,29-0,75                                 | 77                                        | 15                              | 36                                          | 16                          | [VII.2.1]      |
| Cu                 | 0,23-13,6                                 | 2-1                                       | 22                              | 21                                          | 23                          | [VII.2.2]      |
| Ba                 | 0,024-21,5                                | 63                                        | 37                              | 53                                          | 27                          | [VII.2.2]      |
| 93 <sub>Nb</sub>   | 0,035-4,1                                 | 41 (s)                                    | 14                              | 41                                          | 39                          | [VII.2.3]      |
| 93 <sub>Nb</sub>   | 0,035-4,1                                 | 44 (p)                                    |                                 | <del>1</del> 4                              | 35                          | [V11.2.3]      |
| 93 <sub>Nb</sub>   | 0,035-4,1                                 | 24(s ou p)                                |                                 | 19                                          | 1                           | [VII.2.3]      |
| <sup>197</sup> Au  | 0,0-19-1                                  | 63                                        | 46                              | 59                                          | 51                          | [VI.1.3]       |
| <sup>59</sup> Со   | 0,132-77                                  | 75                                        | 31                              | 55                                          | -                           | [VI.1.2]       |
|                    |                                           |                                           |                                 |                                             |                             | fr II. 6. 1]   |
| Br                 | 0,036-1,9                                 | -17                                       | 23                              | 47                                          | 23                          | [VII.6.2]      |
| $^{55}$ Mn         | 0,34-81                                   | 45                                        | 21                              | 30                                          | -                           | <b>VII.6.1</b> |
| Zr                 | 0,18-3,8                                  | 14 .                                      | 3                               | 13                                          | 7                           | [VII.6.3]      |
| Se                 | 0,027-2,2                                 | 19                                        | 7                               | 7                                           | э                           | VII.6.3]       |
| Ga                 | 0,287-2,5                                 | 10                                        | 10                              | 10                                          | 10                          | [VII.6.4]      |
| Totaux             |                                           | 687                                       | 321                             | 560                                         | 307                         |                |
|                    | 1                                         | 1                                         |                                 |                                             |                             | ı 1            |

En bref le tableau ci-après donne une idée du volume de travail d'analyse effectué.

Ce tableau, quoique fourni, n'est pas complet. En particulier, n'y sont pas mentionnées les quelques ceut résonances de  $^{144}$ Nd et  $^{140}$ Pd

dont l'analyse est sur le point d'être achevée. Il convient d'autre part d'ajouter plus d'une centaine de résonances diverses étudiées à différents titres, par exemple, pour compléter ou confirmer les renseignements tirés d'expériences autres que les expériences de transmission, parmi lequelles, en premier lieu, les expériences  $(n,\gamma)$ .

En ce qui concerne la précision des résultats la mise en oeuvre des programmes a apporté un gain de 20 % dans la région des basses énergies. Elle a surtout permis d'aborder les régions d'énergies plus élevées en toute connaissance de cause en sachant à quoi s'en tenir quant aux erreurs affectant les paramètres trouvés.

Enfin on peut estimer que pour l'analyse de 40 résonances il faut disposer en moyenne de 80 heures de faisceau d'accélérateur linéaire et leur consacrer environ 10 heures de calculateur électronique.

Manuscrit reçu le 14 septembre 1967

4

### - 570 -

. .

### BIELIOGRAPHIE

- [1.1.1] M. TOURNARIE, Rapport interne au Service de Physique du Solide et de Résonance Magnétique, C.E.N. Saclay.
- [I.1.2] D.D. Mc CRACKEN, Programmation des Calculatrices Numériques, Dunod, Paris, 1960.
- [I.2.1] BOHR N., Nature 137, (1936), 344., Science 86 (1937) 161.
- [I.2.2] G. BREIT and E.P. WIGNER, Phys. Rev., <u>49</u> (1936) 519.
   G. BREIT and E.P. WIGNER, Phys. Rev., <u>49</u> (1936) 642.
   G. BREIT, Phys. Rev., <u>40</u> (1932) 127.
- [I.2.3] H.A. BETHE, Rev. Mod. Phys., 9 (1937) 69.
- [I.2.4] P.L. KAPUR and R.E. PEIERLS, Proc. Roy. Soc.(London) A166 (1938) 277.

R.E.PEIERLS, Proc. Cambridge Phil. Soc. <u>44</u> (1947) 242.

- [I.2.5] G. BREIT, Phys. Rev. <u>58</u> (1940) 506. G. BREIT, Phys. Rev. <u>69</u> (1946) 472.
- [72.6] E.P. WIGNER, Phys. Rev. <u>70</u> (1946) 15 et <u>70</u> (1946) 606.
- [I.2.7] E.P. WIGNER and L. EISENBUD, Phys. Rev. <u>72</u> (1947) 29. E.P. WIGNER, J.Am. Phys. Soc. <u>17</u> (1949) 99.
- [I.2.8] A.M. LANE and R.G. THOMAS, Rev. Mod. Phys. <u>30</u> (1958) 257.
- [I.2.9] C. BLOCH, Cours sur la Théorie des Réactions Nucléaires C.E.A. 1955.
- [I.2.10] M.A. PRESTON, Physics of the Nucleus, Addison-Wesley Publishing Compagy, Inc., Reading, Massachusetts, 1962.

\_ 1

1100

ŧ
- 572 -
- [I.3.1] LEBOUTET, PICARD et VASTEL, Onde Electrique no368, (1957) ou Rapport CEA n<sup>o</sup> 686.
- [I.3.2] GENIN, JOLY, MICHAUDON et VENDRYES, Rapport CEA
- $\sim$  nº 1093 et compte rendu de Genève 1958 A/Conf. 15/P/1186.
- [I.3.3] AMRAM Y., Conference on Nuclear Electronics, Belgrade 15-20 Mai 1961, Communication N.E./220.
- [I.3.4] J. THENARD et G. VICTOR, Nucl. Instr. Methods, <u>33</u> (1964) 33-77.
- [I.4.1] H.A. BETHE, Rev. Mod. Phys., <u>9</u> (1937) 140. H.A. BETHE, PLACZEK, Phys. Rev., 51 (1937) 450.
- [I.4.2] Y. DANDEU, G. OLIVIE, F. ROCHE, Rapport S.A.C.E n°43 bis, CEN SACLAY.
- [I.4.3] W.E. LAMB Jr, Phys. Rev., 55 (1939) 190.
- [1.4.4] G.T. FURUKAWA, T.B. DOUGLAS, American Institute of Physics Handbook (Mc Graw-Hill Book Company, Inc., New-York, 1957), 4-44 et 4-48.
- [I.4.5] J. JULIEN, P. RIBON, et C. CORGE, A. MICHAUDON,
   F. NETTER, D. PAYA, Bulletin d'Informations Scientifiques et Techniques, 1962, n°60 CEA.
- [I.4.6] C. LE PIPEC, A. MICHAUDON, P. RIBON and E. OLIVIER Proceedings of the Saclay Symposium on Neutron time of flight Methods, 105, Euratom, Brussels (1961).
- [I.5.1] H. CRAMER, Mathematical Methods of Statistics, Princeton University Press.
- [I.5.2] H.J. GROENEWOLD and H. GROENDJIK, Physica, <u>13</u> n°1-3, (1947) 141.
- [1.5.3] P. RIBON and A. MICHAUDON, Proceedings of the Saclay

Symposium on Neutron Time of Flight Methods, 357, Euratom, Brussels (1961).

#### - 573 -

- [I.5.4] A. MICHAUDON, Reactor Science and Technology,  $\underline{17}$  n°4/5, (1963) 165.
- [I.5.5] J. JULIEN, Thèse à paraître.
- [I.6.1] E. SEGRE, Experimental Nuclear Physics, John Wiley and Sons, Inc., New-York, 2 (1953) 443.
- [I.6.2] C.R. CORGE, Rapport CEA 1993, CEN SACLAY, 1961.
- [I.6.3] J.E. LYNN, E.R. RAE, J. Nuclear Energy <u>4</u> (1957) 418, et communication privée.
- [I.6.4] W.W. IIAVENS and L.J. RAINWATER, Phys. Rev., <u>83</u> (1951) 1123.
- [I.6.5] E. MELKONIAN, W.W. 11AVENS Jr, L.J. RAINWATER, Phys. Rev., 92 (1953) 702.
- [I.6.6] D.J. HUGUES, J. Nuclear Energy, 1955, 1, 237 et communication privée.

ł

- [I.6.7] E.R. COHEN, J.W. DUMOND, Handbuch der Physik,
   S. PLUGGE, Berlin, <u>35</u> (1957) 53.
- [I.6.8] L.M. BOLLINGER et J.T. MARION, Rapport ANL 5754, 1957, 11 et communication privée.
- [I.6.9] F. ROCHE, Rapport S.A.C.E. n°56, CEN SACLAY.
- [I.6.10] C.R. CORGE Rapport CEA R 2780, CEN SACLAY, 1965.
- [1.6.11] J.E. LYNN, Nucl. Phys., 7 (1958) 599-612.
- [I.6.12] G. PETIAU, la théorue des fonctions de Besselt, CNRS 1955.
- [I.6.13] J.L. ROSEN, Rapport Columbia University, Nevis 84.
- [I.6.14] K.K. SETH, Ann. Phys., 8 (1959), 223-249.
- [I.6.15] H. MARSHAK and H.W. NEWSON, Phys. Rev., <u>106</u> (1957) 110.
- [I.6.16] J.E. LYNN and E.R. RAE, J. Nuclear Energy, 4 (1957) 418.

[I.6.17] J.E. LYNN, Nucl. Instr. Methods <u>9</u> (1960) 315. [I.6.18] J.E. LYNN, Rapport Harwell AERE-R 3353.

Rapport Harwell AERE-R 3354.

# - 574 -

Rapport Harwell AERE-R 3355 et communication privée.

- [I.6.19] S.E. ATTA and J.A. HARVEY, Rapport ORNL 3205 et communication privée.
- [I.6.20] M. STEFANON, P. GIACOBBE, Rapport RT/FI (65) 48, Comitato Nazionale Energia Nucleare, Roma, Novembre 1965.
- [II.1.1] G. FRIEDLING, Journées de l'Automatique dans la Recherche et l'Industrie Nucléaire, Grenoble 29-30 Septembre et ler Octobre 1965.
- [II.1.2] E. SEGRE, G.C. HANNA, M. DEUTSCH and D. KOFOED-HANSEN, E.M. Mc MILLAN, Experimental Nuclear Physics, vol. IU, John WILEY and Sons, Inc. New-York, 1959.
- [II.2.1] R. FORTET, Calcul des Probabilités, CNRS Paris (1950).
- [II.2.2] S. SCHWARZ and H.O. ZETTERSTROM, Nucl. Instr. Methods 16 n°3, (1962) 337-347.

1

- [II.2.3] M.G. KENDALL, J. Roy. Statist. Soc. 101 (1938) 592.
- [II.4.1] Y.V. LINNIK, Méthode des Moindres Carrés, Dunod, Paris (1963).
- [II.5.1] W.E. DEMING, Statistical Adjustment of Data, John Wiley and Sons, Inc., New-York, 1948.
- [II.5.2] F.N. DAVID, Probability Theory for Statistical Methods Cambridge (1951).
- [II.5.3] G. BIANCHI et C.R. CORGE, J. Phys. Radium, 23 (1962) 875.
- [III.3.1] J. GAUGENOT et P. ROBIN, Rapport SCEA n°102 (1961).
- [IV.3.1] Y. DANDEU, G. OLIVIE et R. ROCHE, Rapport SCEA n°43 (1960) CEN SACLAY.
- [IV.3.2] R. SOLAL, Spécification SN 1282 du Service de Calcul

;

Electronique, Saclay (1964).

- 575 -
- [IV.3.3] Y. DANDEU, L. GAUTIER, J. GUILLERMIN, G. OLIVIE F. ROCHE, Rapport CEA R 2824 (1965) CEN SACLAY.
- [IV.4.1] R. LATTES, Rapport S.P.M. n°173 (1956) CEN SACLAY.
- [IV.4.2] R. FORTET, Calcul des Probabilités, CNRS Paris (1950).
- [IV.4.3] J. GAUGENOT, A. GUILLOU et B. LAGO, Rapport SCEA n°106 !(1961), CEN SACLAY.
- IV.4.4 E. DURAND, Solutions Numériques des Equations Algébriques, tome II, Masson et Cie, Paris (1961).
- A. HAMEL, Rapport S.C.E. n°214, C.E.N. Saclay. 1966. [V.1.1] A. HAMEL, Rapport S.C.E n°237, C.E.N. Saclay, 1966.
- [VI.1.1] J. HUMBLET and L. ROSENFELD, Nucl. Phys. 26 (1961) 529-578.
- VI.1.2 J. MORGENSTERN, G. BLANCHI, C. CORGE, V.D. HUYNH, J. JULIEN, F. NETTER, G. LE POITTEVIN et M. VASTEL Nucl. Phys. 62 (1965) 529-540.

{

- [VI.1.3] J. JULIEN, S. de BARROS, G. BIANCHI, C. CORGE, V.D. HUYNH, G. Le POITTEVIN, J. MORGENSTERN, F. NETTER, C. SAMOUR et M. VASTEL, Nucl. Phys. 76, (1966) 391-432.
- [VI.1.4] R.G. THOMAS, Phys. Rev. 97 (1955) 224.
- [VII.2.1] S. de BARROS, Thèse Université de Paris, 1966.
- [VII.2.2] P.L. CHEVILLON, Thèse 3ème cycle, Paris, 1966.
- [VII.2.3] G. Le POITTEVIN, Thèse 3ème cycle, Paris, 1966.
- [VII.4,1] G. LE POITTEVIN, S. de BARROS, V.D. HUYNK, J. JULIEN J. MORGENSTERN, F. NETTER, et C. SAMOUR, Nucl. Phys. 70 (1965) 497-517.

[VII.5.1] M.L. MEHTA and M. GAUDIN, Nucl. Phys., 18 (1060) 420.

[VII.5.2] E.P. WIGNER, Proceedings of the Gatlinburg Conference on Neutron Time of Flight, ORNL 2309, 59, 1957.

- 576 -
- [VII.5.3] L. LAUDAU et Y. SMORODINSKY, Lecture on the theory of Atomic Nucleus, Moscou, 1955.

··•,

ł

- [VII.5.4] A.M. LANE, Proceedings of the Gatlinburg Conference on Neutron Time of Flight, O.R.N.L. 2309 (1957) 113.
- [VIJ.5.5] H. BETHE, Rev. Mod. Phys. 9 (1937) 69.
- [VII.5.6] T.D. NEWTON, Can. J. Phys., <u>34</u> (1956) 804.
- [VIJ.5.7] C.E. PORTER et R.G. THOMAS, Phys. Rev., <u>104</u> (1956) 483.
- [VII.5.8] H. FESIIBACH, C.E. PORTER and V.F. WEISSKOPF, Phys. Rev., 96 (1954) 448.
- [VII.5.9] E.J. CAMPBELL, H. FESHBACH, C.E. PORTER and V.F. WEISSKOPF, M.I.T. Laboratory for Nuclear Science, Technical report n°73, 1960.
- [VII.5.10] D.M. CHASE, L. WILETS vel A. R. EDMONDS, Phys. Rev. 110 (1958) 1080.
- [VII.5.11] B. BUCK and F. PEREY, Phys. Rev. Letters 3 (1962) 44.
- [VII.6.1] J. MORGENSTERN, S. de BARROS, G. BIANCHI,
   C. CORGE, V.D. HUYNH, J. JULIEN, G. Le POITTEVIN,
   F. NETTER et C. SAMOUR, International Conference on the Study of Nuclear Structure with Neutrons, Antwerp, Belgium, July 19 to 23, 1965.
- [VII.6.2] J. JULIEN, S. de BARROS, V.D. HUYNH, G. Le POITTE-VIN, J. MORGENSTERN, F. NETTER et C. SAMOUR, Nucl. Phys. 66 (1965) 433-438.
- [VII.6.3] J. MORGENSTERN; C. CORGE, V.D. HUYNH, J. JULIEN and F. NETTER, Spring Meeting of the American Physical Society; Washington, D.C. April 23-26, 1961.
- [VII.6.4] J. JULIEN, G. BIANCHI, C. CORGE, V.D. HUYNII, G. Le

POITTEVIN, J. MORGENSTERN, F. NETTER et C.SAMOUF Phys. Letters 10/1 , (1964) 86.

Manuscrit reçu le 14 septembre 1967

## LEGENDE DES FIGURES

1

ł

ţ

- Schéma des niveaux du système composé <sup>195</sup>Pt+n et Fig. I.1.1 section efficace.
- Fig. I.1.2 Conventions relatives aux organigrammes.
- Influence du terme d'interférence sur la transmission Fig. I.2.1 en fonction du déphasage K.
- Fig. I.3.1 Schéma général du dispositif expérimental.
- Fig. I.3.2 Schéma du montage de la chaîne électronique.
- Fig. I.4.1 Variation du rapport de la température effective à la température ambiante en fonction du rapport de la température ambiante à celle de Debye.
- Tableau des valeurs de la température de Debye  $\overline{\phantom{a}}$ Fig. 1.4.2 pour quelques corps.
- Surface  $\sigma_{IR}(\beta,x')/\sigma_0$  pour K = 0.x' en absc.,  $\beta$  en ord. Fig. 1.4.3
- Sur ace  $\sigma_{IR}(\beta,x')/\sigma_0$  pour K = 0,250.x' en absc.,  $\beta$  en ord. Fig. I.4.4
- Surface  $\sigma_{IR}(\beta,x')/\sigma_0$  pour K = 0.5.x' en absc.,  $\beta$  en ord. Fig. I.4.5
- Courbe d'intersection de toutes les surfaces  $\sigma_{IR}(\beta,x')/\sigma_{o}$ Fig. I.4.6 par le plan x'=o. Cette courbe donne l'abaissement relatif de la section efficace interféro-résonnante à l'origine quel que soit le déphasage K.
- Fig. I.4.7 Exemple d'amélioration de la séparation des résonances par réduction de l'effet Döppler.

- 578 -
- Fig. I.4.8 Gain relatif sur  $\beta$  ambiant en fonction de la température de Debye  $\subset$  pour différentes valeurs de  $\theta$ .
- Fig. I.5.1 Exemples de fonctions de résolution Convolution de deux fonctions rectangulaires.
- Fig. I.5.2 Exemples de fonctions de résolution Convolution d'une fonction rectangulaire avec une fonction triangulaire.
- Fig. I.5.3 Exemples de fonctions de résolution Convolution d'une fonction rectangulaire avec une fonction trapézoidale.
- Fig. I.5.4 Exemple d'approximation gaussienne de la fonction de résolution.
- Fig. I.5.5 Densité de probabilité rectangulaire et ses composées d'ordres successifs.
- Fig. I.5.6 Loi de répartition des neutrons après ralentissement à une énergie donnée en milieu hydrogéné infini, l'émission étant instantanée à l'instant 0 et monocinétique.
- Fig. I.5.7 Courbes des temps moyens de sortie  $\langle T_r \rangle_{MC}$  et de leurs écarts quadratiques moyens respectifs  $(1/2 R_{Tr})_{MC}$ calculés par une méthode de Monte Carlo en fonction de l'épaisseur du ralentisseur pour une énergie incidente de neutrons de 10 MeV et différe...es énergies de sorte  $E_s$ . Comparaison avec les valeurs correspondantes  $\langle T_r \rangle_{\infty} et (\frac{1}{2} R_{Tr})_{\infty}$  calculées en milieu infini.
- Fig. I.5.8 Convolution d'une fonction rectangulaire avec la fonction de répartition du ralentissement.
- Fig. I.5.9 Fusion des deux composantes d'un doublet sous l'effet croissant de la résolution.
- Fig. I.6.1 Méthode des formes Influence de la forme de la fonction

de résolution sur celle de la résonence  $\varphi$  =1.

### - 579 -

- Fig. 1.6.2 Méthode des formes. Influence de la forme de la fonction de résolution sur celle de la résonance  $\varphi = 2$ .
- Fig. I.6.3 Méthode des formes. Influence de la forme de la fonction de résolution sur celle de la résonance 4 = 5.
- Fig. I.6.4 Méthode des formes. Réseaux de courbes  $\sigma_0(\beta, \psi)/\sigma_0$ et  $\Gamma_0(\psi)/\Gamma$  en fonction de  $\psi$  pour différents  $\beta$ .
- Fig. I.6.5 Méthode des formes. Exemple de courbe de  $\beta'$  en fonction de  $\beta$ .
- Fig. I.6.6 Méthode du minimum de transmission. Réssau de courbes  $T_{min}(n\sigma_0)$  pour  $\beta=2$  et différentes valeurs de  $\gamma$ .
- Fig. I.6.7 Méthode des aires. Réseau de courbes  $\frac{1}{\Delta} A_R(n\sigma_0,\beta)$  en fonction de  $n\sigma_0/\beta$  pour différentes valeurs de  $\beta$ .
- Fig. I.6.3 Méthodes des aires. Détermination de  $n\sigma_0$  et  $\beta$ .
- Fig. I.6.9 Méthode des aires partielles sans effet de résolution. Réseau de courbes  $\frac{1}{\Delta} A_R(n\sigma_0,\beta,\alpha)$  en fonction de  $n\sigma_0$ pour  $\alpha = 2,5$  et différentes valeurs de  $\beta$ .
- Fig. I.6.10 Méthode des aires partielles complète. Réseau de courbes  $\frac{1}{\lambda} A_R(n\sigma_0, \beta, \alpha, \psi)$  en fonction de  $n\sigma_0$  pour  $\alpha = 2,5$  et  $\psi = 2$ .
- Fig. I.6.11 Méthode des aires partielles. Erreur relative sur  $\frac{AR}{\Delta}$  introduite lorsqu'on ne tient pas compte du paramètre  $\tau$ .
- Fig. 1.6.12 d° -
- Fig. I.6.13 d° -
- Fig. I.6.14 Méthode des aires partielles complète. Réseau de courbes  $\frac{1}{\Delta} A_R$  ( $n\sigma_0$ ,  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\psi$ ) en fonction de  $n\sigma_0$   $\alpha = 1,5$  $\psi/\beta = 1.$

I

٢

Fig. I.6.15 Méthode de la mi-largeur à mi-profondeur du creux de transmission.

# Fig. I.6.16 Courbe de transmission T<sub>IR</sub> sans interférence.

Fig. I.6.17 Courbe de transmission  $T_{IR}$  avec interférence.

- 580 -

- Fig. I.6.18 Courbe  $\frac{2}{n} \lim_{\substack{n\sigma_0 \to \infty \\ de \ X = \frac{1}{2} n\sigma_0 \ K^2}} A_{JR}(n\sigma_0, \beta = 0, \alpha = \infty, K)$  en fonction
- Fig. I.6.19 Réseau de courbes  $C_m (n\sigma_0, \beta, \alpha = \infty, K)/C_m (n\sigma_0, \beta = 0, \alpha = \infty, K)$  pour différentes valeurs de  $n\sigma_0$  et m = 1.
- Fig. I.6.20 Courbes  $\frac{1}{\Delta}A_{IR}$  en fonction de nu<sub>o</sub> pour différentes valeurs du déphasage K.
- Fig. I.6.21 Reseau de courbes  $\frac{1}{\Gamma} A_{IR}(n\sigma_0, \beta = 0, \alpha = \infty, K)$  en fonction de  $n\tilde{\sigma}_0$  pour différentes valeurs de  $\Gamma$ .
- Fig. I.6.22 Réseau de courbes  $\frac{1}{\Gamma}A_{IR}$  ( $n\sigma_0, \beta = 0, \alpha = \infty, K$ ) en fonction de  $n\tilde{\sigma}_0$  pour différentes valeurs de K.
- Fig. I.6.23 Méthode des aires pseudo-corrigées. Détermination de T<sub>n</sub> et E<sub>n</sub>.
- Fig. I.6.25 Courbes  $\frac{1}{2\zeta} \Lambda_{IR}(n\sigma_0, \beta = 0, K)$  pour différentes valeurs de  $\eta$ .
- Fig. I.6.26 Courbes  $\frac{1}{2\zeta} A_{IR}(n\sigma_0, \beta = 0, K)$  pour différentes valeurs de  $\eta$ .
- Fig. I.6.27 Courbes  $\frac{1}{2\zeta}$   $A_{IR}(n\sigma_0, \beta = c, K)$  pour différentes valeurs de  $\eta$ .
- Fig. I.6.28 Exemple de détermination des coordonnées d'une courbe self-consistante.
- Fig. I.6.29 Exemple de réseau de courbes self-consistantes.
- Fig. I.6.30 Courbes  $\frac{1}{2\zeta}$  A<sub>IR</sub> (n $\sigma_0$ ,  $\beta$ ,  $\alpha = \infty$ , K) pour différentes valeurs de 2 $\eta$  et  $\beta=1$ .
- Fig. I.6.31 Courbes  $\frac{1}{2\zeta} A_{IR}(n\sigma_0, \beta, \alpha = \infty, K)$  pour différentes valeurs de  $2\eta$  et  $\beta=2$ .

# Fig. I.6.32 Méthode des aires $A_{IR}^{\star}$ . Définition et histogramme de correction.

- Réseau de courbes  $\frac{1}{\Gamma} A_{IR}^{\star}(n\sigma_0,\beta = 0, x_1,K)$  en fonction Fig. 1.6.33 de n $\sigma_0$  pour différentes valeurs de t et pour x<sub>1</sub> =20. Exemple de réseau de courbes  $\frac{1}{\Delta}$  - A<sub>IR</sub>(n $\sigma_0$ ,  $\beta$ ,  $\alpha$ , 4 Fig. 1.6.34 K) en fonction de  $n\sigma_0$  pour  $\alpha = 2,5$ , 'i/ $\beta = 1$ , K=0,2). Exemple de réseau de courbes  $\frac{1}{\Delta}$  A<sub>IR</sub>( $n\sigma_0,\beta,\alpha,\gamma,\kappa$ ) Fig. 1.6.35 en fonction de  $n\sigma_0$  pour  $\alpha = 2,5$ ;  $\Psi/\beta = 1, K = 0,5$ . Exemple de spectre de temps de vol dans une expé-Fig. II.1.1 rience de transmission. <sup>169</sup>. Tm de 100 à 2500 eV. Codeur type accordéon. Test de pureté statistique. Spectre de temps de vol Fig. II.1.2 d'une source continue. Fig. II.1.3 Test de comportement statistique. Présentation des résultats. Fonctions  $\Psi_e$  et  $\Psi_1$ . Fig. II.2.1 Expérience de temps mort. Fig. II.3.1 Fig. II.3.2 Exemple d'oscillations amorties imprimées à un spectre horizontal par l'effet d'un temps mort trop important.
- Fig. II.3.3 Correction de temps mort dans le ième canal. Schéma de différentes conditions de calcul.
- Fig. II.4.1 Exemple de courbe expérimentale.
- Fig. II.5.1 Détermination du spectre des ailes.

- 581 -

- Fig. II.6.1 Diagramme d'ensemble du code SPNEE 084 - partie 1.
- Fig. II.6.2 Diagramme d'ensemble da code SPNBE 084 - partie 2.
- Fig. II.6.3 Organigramme du sous-programme TRAN.
- Fig. II.7.1 Diagramme descriptif de la présentation des données du code SPNBE 084.
- Fig. II.7.2 Feuille d'exploitation.
- des résultats du code SPNBE 084 Première Fig. II.7.3 Liste page : rappel des conditions expérimentales.

- 582 -
- Fig. 11.7.4 List<sub>2</sub> des résultats du code SPNEE 084 - Table des résultats.
- Fig. II.7.5 Liste des résultats du code SPNDE 084 - Représentation graphique.
- Fig. III.2.1 Courbe de transmission. Détermination de la ligne de référence.
- Variation de  $(n\sigma_0 \Gamma)_{exp}$  en fonction de  $\mathbb{R}/\Gamma$  et  $\Delta/\Gamma$ Fig. III.2.2
- Fig. III.2.3 Mise en place de la ligne de référence.
- Courbe de transmission T<sub>IR</sub>. Détermination des para-Fig. III. 3.1 mètres expérimentaux.
- Fig. 111.4.1 Histogramme de transmission.
- Fig. III.4.2 Mesure des mi-largeurs à f de la profondeur.
- Fig. 111.4.3 Organigramme du sous-programme TRMIN. Recherche du minimum de transmission et de l'énergie correspondante.
- Fig. III.4.4 Organigramme du sous-programme TRMIN. Calcul des largeurs à f de la profondeur.
- Fig. III.5.1 Diagramme d'ensemble du code SPNBE 085.
- Fig. III.6,1-Diagramme descriptif de la présentation des données du code SPNBE 085.
- Fig. III.6.2 Pivotement de la ligne de référence.
- Fig. III.6.3 Liste des transmissions interféro-résonnantes expérimentales après mise en place de la ligne de référence.
- Fig. III.6.4 Table des grandeurs d'analyse.
- Fig. III.6.5 Représentation graphique de la courbe de transmission.
- Fig. III.6.6 Table des grandeurs d'analyse.
- Fig. III.6.7 Représentation graphique de la courbe de transmission.
- Positions relatives de  $(x''_k)_{max}$ et (x"k)<sub>min</sub> Fig. IV.2.1 par

rapport à l'origine.

- Fig. IV.2.2 Courbe  $T_{IR}(an\sigma_0, \beta, K_k; x_k^{\prime})$ .
- Fig. IV.2.3 Glissement et déformation de la courbe de transmission 1 <sub>4</sub>ui vient en 2 en présence d'une résonance voisine située sur sa droite.
- Fig. IV.3.1 Fonction erf(u).
- Fig. IV.3.2 Méthode de détermination du minimum de transmission.
- Fig. IV.4.1 Distribution de la variable  $t_n$  de Student. Courbes de  $\gamma_p$  en fonction de n telles que

 $P(|t_n| \leqslant \gamma_p) = p$ 

- Fig. IV.4.2 Dérivation par rapport à  $E_{R_k}$ . Glissement de la courbe  $T_{IR}$ .
- Fig. IV.4.3 Méthode des aires partielles. Exemple de surface  $(\chi^2, \beta, \sigma_0)$ .
- Fig. IV.4.4 Méthode des aires partielles. Exemples de cheminements convergents dans l'espace  $(II^{(r)}, \beta, \sigma_0)$  avec leurs projections sur le plan  $(\beta, \sigma_0)$ .
- Fig. IV.4.5 Méthode des formes. Exemple de surface ( $\lambda, \beta$ ,  $\sigma_0$ ).
- Fig. IV.4.6 Méthode des formes. Exemples de cheminements convergents dans l'espace  $(II^{(r)}, \beta, \sigma_0)$  avec leurs projections sur le plan  $(\beta, \sigma_0)$ .
- Fig. IV.4.7 Méthode des mi-largeurs à f de la profondeur. Exemple de surface ( $\chi^2$ , $\beta$ ,  $\sigma_0$ ).
- Fig. IV.4.8 Méthode des mi-largeurs à f de la profondeur. Exemples de cheminements convergents dans l'espace  $(H^{(r)}, \beta, \sigma_0)$  avec leurs projections sur le plan  $(\beta, \sigma_c)$ .
- Fig. IV.4.9 Recherche de valeurs approchées.
- Fig. IV.5.1 Ensemble des matrices  $\psi_{J\kappa}$ ,  $\Phi_{J\kappa}$  pour un point expérimental.

- Fig. IV.5.2 Numérotation des points expérimentaux à l'intérieur d'une méthode.
- Fig. IV.5.3 Exploration des points expérimentaux lorsque plusieurs méthodes sont mises en jeu.
- Fig. IV.5.4 Bloc-diagramme correspondant au schéma d'exploration de la figure précédente.
- Fig. IV.5.5 Programme principal, suite (1,4). Lecture des données.
- Fig. IV.5.6 Programme principal, suite (1,4). Examen des méthodes d'éstimation de valeurs approchées pour les paramètres  $\beta$  et  $\sigma$ .
- Fig. IV.5.7 Programme principal, suite (2,4). Calcul des fonctions d'analyse, de leurs dérivées et méthode des moindres carrés.
- Fig. IV.5.8 Programme principal, suite (2,4). Estimation des valeurs approchées par la résolution d'un système réduit.
- Fig. IV.5.9 Programme principal, suite (2,4). Organigramme explicité de la figure IV.5.7.
- Fig. IV.5.10 Sous programme LECTRE. Lecture des nombres de points expérimentaux pour chaque méthode.
- Fig. IV.5.11 Sous programme LECTRE. Lecture et classement des valeurs expérimentales.
- Fig. IV.5.12 Sous programme RECLAS.
- Fig. IV.5.13 Sous programme DECIS. Organigramme général.
- Fig. IV.5.14 Détails de la case "calcul des fonctions d'analyse" de la figure précédente.
- Fig. IV.5.15 Sous programme DECIS. Calcul de la fonction d'aire.
- Fig. IV.5.16 Sous programme DECIS. Calcul de la transmission. Bloc diagramme.

| Fig.  | IV.5.17 | Sous programme DECIS. Calcul de la fonction de      |  |  |  |
|-------|---------|-----------------------------------------------------|--|--|--|
|       |         | transmission par intégration.                       |  |  |  |
| Fig.  | IV.5.18 | Sous programme DECIS. Calcul du minimum de trans-   |  |  |  |
|       |         | mission.                                            |  |  |  |
| Fig.  | IV.5.19 | Sous programme DECIS. Calcul de la fonction de      |  |  |  |
|       |         | largeur.                                            |  |  |  |
| Fig.  | IV.5.20 | Sous programme MATRIS.                              |  |  |  |
| Fig.  | IV.6.1  | Méthode des mi-largeurs.                            |  |  |  |
| Fig.  | IV.6.2  | Diagramme descriptif de la présentation des données |  |  |  |
|       |         | du code SPNBE 082.                                  |  |  |  |
| Fig.  | IV.6.3  | Code SPNBE 082. Données expérimentales.             |  |  |  |
| Fig.  | IV,6.4  | Code SPNBE 082. Liste des grandeurs d'analyse.      |  |  |  |
|       |         | Méthode des aires partielles.                       |  |  |  |
| Fig.  | IV.6.5  | Code SPNBE 082. Etapes intermédiaires de l'analyse. |  |  |  |
| Fig.  | IV.6.6  | Code SPNBE 082. Résultats finals.                   |  |  |  |
| Fig.  | IV.6.7  | Code SPNBE 082. Recherche d'une solution approchée. |  |  |  |
| Fig.  | IV.6.8  | Code SPNBE 082. Liste des grandeurs d'analyse.      |  |  |  |
|       |         | Méthode des formes.                                 |  |  |  |
| Fig.  | IV.6.9  | Code SPNBE 082. Liste des résultats finals.         |  |  |  |
| Fig.  | IV.6.10 | Code SPNBE 082. Recherche d'une solution approchée. |  |  |  |
| Fig.  | IV.6.11 | Code SPNBE 082. Liste des résultats finals.         |  |  |  |
| F'ig. | V.1.1   | SPNBE 109. Programme principal.                     |  |  |  |
| Fig.  | V.1.2   | Sous-programme TRANS.                               |  |  |  |
| Fig.  | V.1.3   | Sous-programme TRACE.                               |  |  |  |
| Fig.  | V.1.4   | Tracé de courbe sur traceur digital. Instructions à |  |  |  |
|       |         | insérer dans la liste du code SPNBE 109.            |  |  |  |
| Fig.  | V.2.1   | Diagramme descriptif de la présentation des données |  |  |  |
|       |         | du code SPNBE 109                                   |  |  |  |

- 585 -

1

!

د ر ع

;

•

| Fig. | V.2.2   | Liste des valeurs numériques calculées par le code                                 |
|------|---------|------------------------------------------------------------------------------------|
|      |         | SPNBE 109 avec rappel des données.                                                 |
| Fig. | V.2.3   | Graphique fourni par le code SPNBE 109.                                            |
| Fig. | V.2.4   | Tracé Calcomp.                                                                     |
| Fig. | VI.2.1  | Définition en canaux et partition de la fenêtre de                                 |
|      |         | résolution.                                                                        |
| Fig. | VI.2.2  | Diagramme du code SPNEE 415.                                                       |
| Fig. | VI.2.3  | Détermination de la partition dans la fenêtre de réso-                             |
|      |         | lution.                                                                            |
| Fig. | VI.2.4  | Détermination de la partition IS dans la fenêtre de                                |
|      |         | résolution. Calcul des transmissions.                                              |
| Fig. | VI.3.1  | Diagramme descriptif de la présentation des données                                |
|      |         | du code SPNBE 415.                                                                 |
| Fig. | VI.3.2  | Liste des valeurs numériques calculées par le code                                 |
|      |         | SPNBE 415 avec rappel des données.                                                 |
| Fig. | VI.3.3  | Graphique fourni par le code SPNBE 415.                                            |
| Fig. | VII.1.1 | Echantillon mince. Comparaison de courbes de trans-                                |
|      |         | mission ${ m T}_{ m I\!R}$ à $\sigma_0$ $\Gamma$ constant pour différentes valeurs |
|      |         | du couple (σ <sub>0</sub> ,Γ), la largeur Döppler et la largeur                    |
|      |         | de résolution étant comparables à $\square$ .                                      |
| Fig. | VII.1.2 | Echantillon mince. Comparaison de courbes de trans-                                |
|      |         | mission $T_{IR}$ à $\sigma_0$ , constant pour différentes valeurs                  |
|      |         | du couple ( $\sigma_0$ , $\Gamma$ ), les effets Döppler et de résolution           |

Fig. VII.1.3 Echantillon épais. Comparaison de courbes de transmission  $T_{IR} \ge \sigma_0 \Gamma^2$  constant et  $\sigma_0 \Gamma$  variable pour deux valeurs du couple ( $\sigma_0$ ,  $\Gamma$ ). Même résonance qu'à la figure VII.1.1.

étant importants.

!

....

Į

۲. - ۲ - - ۲

ţ

:

- Fig. VII.1.4 Echantillon épais. Comparaison de courbes de transmission  $T_{IR}$  à  $\sigma_0$  (' constant pour deux valeurs du couple ( $\sigma_0$ ,  $\Gamma$ ). Même résonance qu'à la figure VII.1.1.
- Fig. VII.1.5 Echantillon épais. Comparaison de courbes de transmission  $T_{\text{ER}}$  à  $\sigma_0$ , ' constant pour deux valeurs du couple ( $\sigma_0$ , ' ). Même résonance qu'à la figure VII.1.1.
- Fig. VII.1.6 Echantillon épais. Comparaison de courbes de transmission  $T_{IR}$  à  $\sigma_0$ , constant et  $n\sigma_0$  R constant pour deux valeurs du couple ( $\sigma_0$ , c). Même résonance qu'à la figure VII.1.1.
- Fig. VII.2.1 Exemple d'attribution du spin J par l'absence d'interférence entre deux résonances.
- Fig. VII.2.2 Comparaison de courbes de transmission T<sub>IR</sub> théoriques avec et sans effet d'interférence entre résonances de même spin sur plusieurs résonances.
- Fig. VII.2.3 Exemple de détermination de J par l'étude comparative du maximum de transmission.
- Fig. VII.2.4 Exemple de détermination de 3 par l'étude comparative du minimum de transmission.
- Fig. VII.3.1 Exemple de détermination de  $\sigma_p$  par adaptation d'un écran épais.
- Fig. VII.4.1 Exemple de détermination du caractère s d'une résonance du niobium.
- Fig. VII.5.1 Espacement moyen des niveaux par état de spin en fonction du nombre de neutrons du noyau composé.
- Fig. VII.5.2 Fonction densité  $S_0$ .
- Fig. VII.5.3 Exemple de mise en évidence d'une résonance faible sur le flanc d'une résonance intense.

1 <sup>1</sup> ·





Fig. VII. 1.2



Fig. VII. 1. 3



Fig. V11 1.4.

.

# 



•

Fig. VII. 1.5

.



Fig. VII. 1.6







Comparaison des courbes théoriques avec et sans effet d'interférence entre résonances de même spin La valeur. Op est modifiée pour tenir compte de cet effet La courbe en traits pointillés udaptait les donnees expérimentales abtenues.

Fig VII. 2.2







Fig. V11. 2.3



Fig. 11 2.4





Fid. VII. 4. 1





| 6 | impair | impair |
|---|--------|--------|
| 0 | pair   | pair   |
| Δ | pair   | impair |

Ζ

•

Quelques barres d'erreurs ont été tracées pour donner l'ordre de grandeur.

N

Fig. V11.5.1

ら





**6**3

proximité d'une résonance intense.

Fig. V11. 5.3