

- Note CEA-N 827 -

Centre d'Etudes Nucléaires de Fontenay-aux-Roses
Département des Etudes de Piles
Service d'Etudes de Protections de Piles

**PROGRAMME ARTUS
CALCUL DES QUANTITES D'ENERGIE
CEDEES PAR DES NEUTRONS A UN SOLIDE**

par

Bertrand BARRE

- Octobre 1967 -

Centre d'Etudes Nucléaires de Fontenay-aux-Roses
Département des Etudes de Piles
Service d'Etudes de Protections de Piles

PROGRAMME "ARTUS"

CALCUL DES QUANTITES D'ENERGIE
CEDEES PAR DES NEUTRONS A UN SOLIDE

par

Bertrand BARRE

PROGRAMME ARTUS
CALCUL DES QUANTITES D'ENERGIE
CEDEES PAR DES NEUTRONS A UN SOLIDE

I	NATURE DU PROBLEME PHYSIQUE
II	HYPOTHESES DE CALCUL
III	FORMULATION
IV	FAMILLE DES PROGRAMMES ARTUS
V	Exemple : ARTUS VII - Résumé du Programme
	- Fiche d'utilisation
	- Listing
VI	APPLICATION A 1 CLASSE PLUS GENERALE DE PROBLEMES PHYSIQUES
	BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE : { Données et Résultats de l'Aluminium (ARTUS VII)
(Données du Silicium (ARTUS VI)

REMARQUE : Cas de l'oxygène, intérêt de séparer les programmes
ARTUS et TUTUR

REMARQUE : Précision des mesures fonction des données :
Cas de C/CO₂.

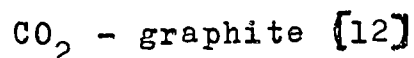
NOTATIONS UTILISEES

Symbole dans le texte	Grandeur	Nom dans le programme
E	Energie d'un primaire donné	
E_a	Energie cédée par ce primaire aux atomes de recul	
E_e	Energie cédée par ce primaire aux électrons	
ξ	Energie réduite de Lindhard	EPSØ
\checkmark	Fraction de ξ cédée aux atomes de recul	ANUØ
χ	Facteur de réduction entre ξ et E	QUI
h	Facteur caractéristique du pouvoir d'arrêt électronique	
M_1, M_2	Masses atomiques du primaire et d'un atome ralentisseur	A1, A2
Z_1, Z_2	Nombres atomiques du primaire et d'un atome ralentisseur	Z1, Z2
Z	Nombre atomique fictif	Z
$f(E)$	Densité de probabilité pour une dif- fusion donnant un primaire E	F
E_0	Energie d'un neutron incident	E0
θ	Angle de diffusion dans le système du centre de masse	
u	Cosinus du précédent	
L_i	$i^{\text{ème}}$ polynome de Legendre	PL (i)
$P(\mu, E_0)$	Densité de probabilité pour une dif- fusion μ	
$p_i(E_0)$	Facteur de la décomposition en poly- nome de Legendre de la précédente	P
E_{max}	Energie maximum cédée à un primaire	EMAX

Symbole dans le texte	Grandeur	Nom dans le programme
	dans un choc élastique	
E_{1TOT}	Energie moyenne des primaires dus à 1 choc élastique de neutron d'énergie E_0	ECCT
E_{1io}, E_{1RE}	Répartition de cette énergie entre mouvements électroniques et atomiques	ECCI, ECCR
E_γ	Energie du premier niveau d'émission γ du corps qui fournit les primaires	EGAM
$E_{i min}$	Energie minimum d'un primaire après choc inélastique	E1MIN
$E_{i max}$	Energie maximum d'un primaire après choc inélastique	E1MAX
E_{2TO}	Energie moyenne d'un primaire après 1 choc inélastique avec un neutron d'énergie E_0	ECPT
E_{2io}, E_{2RE}	Répartition de cette énergie entre mouvements électroniques et atomiques	ECPI, ECPR
$\Sigma_{TO}, \Sigma_{io}, \Sigma_{RE}$	Sections efficaces totale, d'ionisa- tion, de création de défauts, calcu- lées ici.	REPT, REPI REPR
σ_e	Section efficace de choc élastique	SESC
σ_i	Section efficace de choc inélastique	SESI
N	Nombre d'atomes par gramme du corps ralentisseur	ALPHA
$\varphi_f(E)$	Spectre de fission	NS
$\Sigma_{f TO}$	Pondération de Σ_{TO} sur un spectre de fission	FLUXT, WATTT
$\Sigma_{f io}$	Pondération de Σ_{io} sur un spectre de fission	FLUXI, WATTI
$\Sigma_{f RE}$	Pondération de Σ_{RE} sur un spectre de fission	FLUXR, WATTR

I.- NATURE DU PROBLEME PHYSIQUE

Les programmes décrits ci-dessous ont été réalisés à l'occasion d'une étude particulière relative à l'influence de l'ionisation du CO_2 par les neutrons sur la réaction



Ils sont décrits dans l'optique de cette étude.

On verra au chapitre VI qu'ils sont susceptibles d'être utilisés pour la résolution d'une classe de problèmes beaucoup plus générale.

Lorsqu'il se ralentit dans un milieu, un neutron perd de l'énergie, par chocs sur les atomes du milieu. Ces chocs peuvent être élastiques, ou non élastiques. Parmi les non-élastiques, nous ne traitons que le cas des inélastiques ($n, n'\gamma$). A chaque collision le neutron déplace ainsi des atomes ou des ions qui vont à leur tour se ralentir dans le réseau. Pour l'étude de ce ralentissement, nous utilisons le traitement de LINDHARD et Al. [1], [2], [3], [4], le "primaire" étant considéré comme particule incidente.

Ces auteurs ont formulé des équations intégrales qui permettent de calculer les effets des rayonnements en fonction de la nature et de l'énergie de la particule incidente ainsi que des caractéristiques du milieu d'interaction. Comme exemple important, ils calculent les énergies imparties aux atomes (E_a) et aux électrons (E_e), à partir desquelles d'autres effets concomittants peuvent être estimés.

Leur description est fondée sur les sections efficaces différentielles de diffusion dans une collision ion-atome, ainsi que sur la section efficace d'arrêt électronique pour un ion incident, (du modèle de Thomas-Fermi).

Au cours de leur ralentissement, les primaires déclenchent une cascade de secondaires, tertiaires, etc..., jusqu'à ce que l'énergie de chacun soit devenue inférieure à l'énergie d'extraction d'un ion du réseau.

Le bilan énergétique de l'irradiation neutronique se décompose donc comme suit :

- une partie de l'énergie du neutron est dissipée en ionisation du milieu

- une autre partie est cédée au réseau, correspond, d'une part, à la création de défauts cristallins comme paires de Frenkel, pics thermiques ou pics de déplacements; [5], [6], [7], [8], d'autre part, à la création d'agitation thermique.

II.- HYPOTHESES DE CALCUL

Les résultats des calculs de Lindhard sont donnés ainsi: En fonction de l'énergie E du primaire, on définit une énergie réduite indépendante de la particule et du milieu $\mathcal{E} = \chi E$, le facteur χ tenant compte des caractéristiques du primaire et du milieu.

L'énergie réduite cédée au réseau est $\nu(\mathcal{E})$ (Figure 1)
Nous avons donc

$$\begin{aligned} E_a &= \chi^{-1} \nu(\chi E) \\ E_e &= E - \chi^{-1} \nu(\chi E) \end{aligned}$$

Cette courbe $\nu(\mathcal{E})$ dépend d'un paramètre sans dimension k , qui intervient dans le pouvoir d'arrêt électronique Se , proportionnel à $k E^\alpha$

1ère hypothèse : Nous supposons que l'on peut prendre $\alpha=0,5$ et $k = 0,15$ pour tous les corps, et donc la courbe $\nu(\mathcal{E})$ correspondante.

Si on se reporte à la formule de Lindhard,

$$k = 0,07915 \frac{Z_1^{2/3} \cdot Z_2^{2/3}}{Z^{1/2}} \cdot \frac{(M_1 + M_2)^{3/2}}{M_1^{3/2} \cdot M_2^{1/2}},$$

dans laquelle M_1 , M_2 , Z_1 , Z_2 , sont les masses et nombres atomiques, respectivement de la

particule et des atomes du milieu, et

$$Z = (Z_1^{2/3} + Z_2^{2/3})^{3/2};$$

Les études expérimentales connues montrent que l'expression $\propto k \epsilon^\alpha$ avec $k = 0,15$ et $\alpha = 0,5$ donne bien les ordres de grandeur corrects, néanmoins k et α peuvent osciller autour des valeurs moyennes, notamment en fonction du Z des particules incidentes [10] [11]

2ème hypothèse : La courbe $V(\epsilon)$ n'est valable, en toute rigueur que si $Z_1 = Z_2$ et $M_1 = M_2$ (cas de primaires se ralentissant dans un milieu de leur propre espèce atomique)

Nous supposons que cette courbe est aussi valable dans le cas où $Z_1 \neq Z_2$ et $M_1 \neq M_2$ ce qui nous permet de calculer l'énergie cédée par un neutron à un corps composé.

3ème hypothèse : Pour unifier les résultats, nous avons utilisé les données neutroniques de la bibliothèque GENDA [9]. Ceci nous a amené à prendre comme sections efficaces inélastiques, les différences entre sections efficaces totales et sections efficaces élastiques, car pour certains corps, ce sont les seules données dont on dispose, outre les coefficients de la décomposition en polynômes de Legendre des sections efficaces différentielles de diffusion élastique. Cette méthode permet de tenir compte approximativement des réactions non-élastiques autres que $(n, n' \gamma)$.

III. - FORMULATION

a) Energie moyenne des primaires issus d'un neutron d'énergie E_0

a1) chocs élastiques :

$$f(E) = \frac{(1+M_1)^2}{2M_1 E_0} \sum_{i=0}^l \frac{2i+1}{2} p_i(E_0) L_i \left(1 - \frac{E}{E_0} \cdot \frac{(1+M_1)^2}{2M_1}\right)$$

où : M_1 = nombre de masse du primaire

E_0 = énergie du neutron

θ = angle de diffusion dans le système du centre de masse

$\mu = \cos \theta$

$f(E)$ = densité de probabilité pour une diffusion donnant un primaire E

L_i = ième polynome de Legendre

$P(\mu)$ = densité de probabilité pour une diffusion μ (section efficace différentielle de diffusion élastique)

$$P(\mu, E_0) = \sum_{i=0}^l \frac{2i+1}{2} p_i(E_0)$$

L'énergie maximum cédée à un primaire lors d'une collision avec un neutron est :

$$E_{\max} = \frac{4 M_1 E_0}{(1+M_1)^2}$$

Les énergies moyennes cédées aux électrons et au réseau à la suite d'un choc de neutron sont :

$$E_{110} \int_0^{E_{\max}} (E - \chi^{-1} V(E)) \cdot f(E) dE$$

et

$$E_{1R} \int_0^{E_{\max}} \chi^{-1} V(E) \cdot f(E) dE$$

a2) chocs Inélastiques :

Nous ne tenons compte, dans la version ac-

tuelle du programme, que du premier niveau gamma excité, d'énergie E_γ

L'énergie E d'un primaire après choc inélastique donnée par la relation approchée :

$$E = E_\gamma \frac{1}{1+M_1} \left[\frac{2M_1}{1+M_1} \cdot \frac{E_0}{E_\gamma} - 1 + 2 \left(\frac{M_1}{1+M_1} \cdot \frac{E_0}{E_\gamma} \cdot \left\{ \frac{M_1}{1+M_1} \cdot \frac{E_0}{E_\gamma} - 1 \right\} \right)^{1/2} \cos \theta \right]$$

Les primaires sont donc uniformément répartis dans un intervalle d'énergie de E_{MIN} à E_{MAX} , correspondant à $|\cos \theta| \leq 1$

Les énergies cédées aux électrons et au réseau à la suite d'un choc inélastique sont donc :

$$E_{2i0} = \left[\int_{E_{i\min}}^{E_{i\max}} \frac{E - \chi^{-1}}{E} V(E) \cdot dE \right] \frac{1}{E_{i\max} - E_{i\min}}$$

$$E_{2RE} = \left[\int_{E_{i\min}}^{E_{i\max}} \chi^{-1} \cdot V(E) dE \right] \cdot \frac{1}{E_{i\max} - E_{i\min}}$$

b) Calcul des réponses

Les calculs ci-dessus sont rapportés au choc d'un neutron d'énergie E_0

Si on veut calculer l'énergie cédée aux électrons ou au réseau par unité de masse et de temps, il faut multiplier les quantités que nous venons de calculer par les sections efficaces macroscopiques, respectivement de chocs élastiques et inélastiques.

Les grandeurs que nous obtenons ainsi, en eV/g/s.cm^2 sont notées donc Σ_{T0} , Σ_{i0} , Σ_{RE}

$$\Sigma_{T0}(E_0) = [E_{1T0}(E_0) \cdot \sigma_e(E_0) + E_{2T0}(E_0) \cdot \sigma_i(E_0)] \cdot N$$

$$\Sigma_{i0}(E_0) = [E_{1i0}(E_0) \cdot \sigma_e(E_0) + E_{2i0}(E_0) \cdot \sigma_i(E_0)] \cdot N$$

$$\Sigma_{RE}(E_0) = [E_{1RE}(E_0) \cdot \sigma_e(E_0) + E_{2RE}(E_0) \cdot \sigma_i(E_0)] \cdot N$$

où σ_e et σ_i sont les sections efficaces de chocs élastiques et inélastiques, en cm^2 , et N , le nombre d'atomes par gramme du corps qui ralentit les primaires.

Le programme calcule les mêmes quantités pondérées sur un spectre de fission

$$\Sigma_f T_0 = \frac{\int \Sigma_{T_0}(E) \cdot \varphi_f(E) dE}{\int \varphi_f(E) dE}$$

et les deux autres quantités de même, $\Sigma_f I_0$ et $\Sigma_f R_E$

On calcule aussi les quantités $\Sigma_{T_0}(E_0)/\Sigma_f T_0$, $\Sigma_{I_0}(E_0)/\Sigma_f I_0$ et $\Sigma_{R_E}(E_0)/\Sigma_f R_E$ qui, multipliées par un flux donné, donnent le flux de fission équivalent pour le dégagement de puissance considéré.

IV.- FAMILLE DE PROGRAMME ARTUS

Un certain nombre de programmes voisins sont disponibles en FORTRAN IV 360 ou en binaire 360, suivant le problème particulier à résoudre

ARTUS I Bis ne fait que le calcul noté a1) au paragraphe précédent. Il ne lit pas automatiquement GENDA, mais accepte les cartes de TUTUR, ou d'autres cartes perforées sans format fixe.

ARTUS I Ter Variante du précédent, permet de faire les mêmes calculs en entrant les sections efficaces différentielles par les courbes en cosinus, et non par les polynomes de Legendre.

ARTUS III Pour mémoire, spécialisé pour traiter le cas du CO_2

ARTUS IV Fait les calculs a1) et b) dans le cas de chocs élastiques, en ne calculant, suivant option, que Σ_{I_0} , Σ_{R_E} ou Σ_{T_0} (ce système d'option intervient aussi dans ARTUS I Bis et I Ter)

- ARTUS V Fait tous les calculs dans le cas inélastique. N'ac-
(F/SEPP cepte que les cartes perforées par TUTUR, ou des
 /330) cartes de mêmes formats.
- ARTUS VI Fait tous les calculs -N'accepte que les cartes per-
 forées par TUTUR
- ARTUS VII Identique au précédent, mais lit directement les
(F/SEPP cartes de GENDA (à un détail près, voir plus loin)
 /331) le programme TUTUR étant incorporé comme sous-pro-
 gramme.

Tous ces programmes remplacent et élargissent les program-
mes SEPP 038 "CASTOR" et SEPP 033 "ARTHUR", et demandent un temps
d'exécution très inférieur.

(Un corps est traité complètement par ARTUS VII
 en 70" sur 360/50
 30" sur 360/75)

V.- EXEMPLE : ARTUS VII

Rubrique dans laquelle le programme est à classer :

Protection - Dommages

V a RESUME DU PROGRAMME

- 1) Nom ou désignation du programme : F/SEPP/331/ARTUS VII
- 2) Calculatrices pour lesquelles le programme est prévu :
 IBM 360/50 du CENFAR ou 360/75 du CEN Saclay
- 3) Nature du problème physique :
 Voir chapitre I
- 4) Méthode de résolution :
 Voir chapitre II
- 5) Restrictions dues à la complexité du problème :
 - Les dimensions des tableaux de sections efficaces ont été
 limitées à 200, valeur que n'atteignent pas les tableaux
 GENDA

- La courbe $V(\varepsilon)$ doit rentrer en 100 points au plus
- Il reste néanmoins des mémoires rapides disponibles, si on veut modifier ces deux limitations.

6) Temps de calcul pour un cas type :

	IBM 360/50	IBM 360/75
temps d'exécution :	70"	30"
temps total (C + LK + G0) :	5'	2'

7) Caractéristique particulière du programme ARTUS VII :

Permet de lire directement les cartes de GENDA, sous réserve d'une petite modification (voir plus loin)

8) Programmes connexes ou auxiliaires :

Il y a quatre sous programmes assemblés avec ARTUS VII

8 a - Sous programme TUTUR

Ce programme est chargé de lire et de reclasser les données de la bande GENDA

Une carte de GENDA se présente sous la forme :

1	8 9 10	12	72 73	80
	D E C	:	Données, séparées par	:
	(ou T R A)	:	des virgules	:
		:		:
		:	Identification	:

Il faut d'abord supprimer, en modifiant les reproductrices du DCE, les colonnes littérales 89 et 10. Si l'on préfère, on peut utiliser un court programme :

```

DIMENSION CARTE (80)
DØ 1 I = 1,5000
READ (5,100) (CARTE (J), J= 1,80)
1 WRITE (7,101) (CARTE (J), J = 11,80)
100 FØRMAT (80 A1)
101 FØRMAT (10 X 70 A1)
STØP
END

```

Les cartes de GENDA ainsi modifiées seront les données de TUTUR, mais il ne faudra les entrer qu'à partir de la "sentinelle" 85.

8 b - autres sous programmes :

AIRE est un programme d'intégration d'une courbe donnée par points, par une méthode de Newton-Cotes à quatre pas maximum.

TERPOL est un programme d'interpolation linéaire

PL définit arithmétiquement les polynomes de Legendre, jusqu'au 8ème degré.

9) Etat du programme

Entièrement testé en date du 1er juin 1967

10) Références :

Rapport DEP/SEPP (présent rapport)

Note CEA.N (693) Sections efficaces d'excitation et d'ionisation du gaz carbonique -B. BARRE, P. DULIEU, C. FICHE, M. LOTT

11) Equipement de la calculatrice

Ne fait appel qu'aux sous programmes standards. Pas d'utilisation de bande magnétique.

12) Langage de programmation utilisé : FORTRAN IV 360

13) Système d'exploitation ou moniteur du programme :

Moniteur FORTRAN IV 360 JOB

14) Informations diverses sur la programmation, l'exploitation ou les restrictions : néant

15) Nom et établissement de l'auteur :

M. BARRE, CEN/F.A.R.

V b - FICHE D'UTILISATION

1) Entrée des données :

Les cartes suivantes sont placées entre la carte

// GO. SYSIN DD *

et la carte

/ *

Cartes 1 à 45 Bibliothèque à entrer telle quelle

Elle comprend la courbe $V(\epsilon)$, des énergies de clas-

sement pour la sortie des résultats, et le spectre de fission correspondant.

Carte 46

Entier lu en PSLDI qui indique le nombre de cas à traiter à la suite (ICHM).

Toutes les cartes suivantes devront être mises ICHM fois.

Carte 47

Titre, lu en format 20A1, comprenant le nom du primaire et le nom du corps ralentisseur.

Carte 48

Quatre flottants lus en PSLDE :

A1 Masse atomique du primaire

A2 Masse atomique d'un atome ralentisseur

Z1 Nombre atomique du primaire

Z2 Nombre atomique d'un atome ralentisseur

Carte 49

Un flottant, EGAM, qui indique l'énergie du premier niveau gamma excité, en électronvolts.

Carte 50 et suivantes

Paquet de GENDA, avec les colonnes 8,9 et 10 blanches

2) Sortie des résultats :

On imprime d'abord Σ_{i0} , Σ_{RE} , $\Sigma_{\tau0}$ dans le cas de chocs élastiques seulement.

Les résultats sont calculés pour 64 valeurs de E_0 , qui correspondent aux milieux de 64 bandes d'équithargie de 10keV à 15 MeV.

Le programme imprime ensuite les mêmes quantités, compte tenu des chocs inélastiques, puis Σ_{i0} , Σ_{RE} et $\Sigma_{\tau0}$ en $\text{eVcm}^2\text{S/g}$ et $\text{wattcm}^2\text{S/g}$.

Le programme trace alors par points, en coordonnée LogLog, les trois courbes $\Sigma_{i0}(E_0)$, $\Sigma_{RE}(E_0)$ et $\Sigma_{\tau0}(E_0)$

Enfin, il donne le tableau des valeurs de Z_{i0}/Z_{fi0} ;
 Z_{RE}/Z_{fRE} et Z_{TO}/Z_{fTO} pour le même découpage
d'énergie.

VI - APPLICATION A UNE CLASSE PLUS GENERALE DES PROBLEMES
PHYSIQUES [13]

Il a été montré en [13] que les effets physiques (effets de désordre) créés par les neutrons dans les solides les plus courants constituant les structures des réacteurs peuvent être obtenus au moyen de fonctions de réponse et de fonctions de dose.

La première étape de cette méthode, consiste à calculer des effets primaires dépendant linéairement du flux de neutrons. Dans la pratique, des fonctions de réponse $R(E_0)$ permettent de calculer des doses WIGNER, c'est-à-dire des flux de fission équivalents pour les effets primaires considérés.

Ainsi, l'introduction de la courbe $\psi(E)$ comme donnée dans les programmes ARTUS, conduit en fait à la fonction de réponse relative à l'énergie cédée au réseau, qui est un effet primaire particulier.

Si on fait $\chi = 1$, E devient identique à l'énergie d'un primaire. On peut alors remplacer $\psi(E)$ dans les données par n'importe quelle fonction $G_p(E)$ représentant la contribution d'un primaire d'énergie E à un effet physique P quelconque et obtenir la fonction de réponse correspondante $R_p(E)$, normalisée sur un spectre de fission. La dose WIGNER correspondante est $D_p = \int_{E_0} \psi(E_0) R_p(E_0) dE_0$.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] LINDHARD, J., THOMSEN P.V.
Sharing of energy dissipation between electronic
and atomic motion
Radiation Damage in Solids I
IAEA - Vienne - 1962

- [2] LINDHARD J., NIELSEN V., SCHARFF M., THOMSEN P.V.
Integral equation governing radiation effects.
Matematisk - Fysiske Meddelelser Danske Vindenskabernes
Selskab - 33 - N° 10 - 1963

- [3] LINDHARD J.
Thomas-Fermi approach and similarity in atomic
collisions
NAS - N.R.C. - Pub 1133

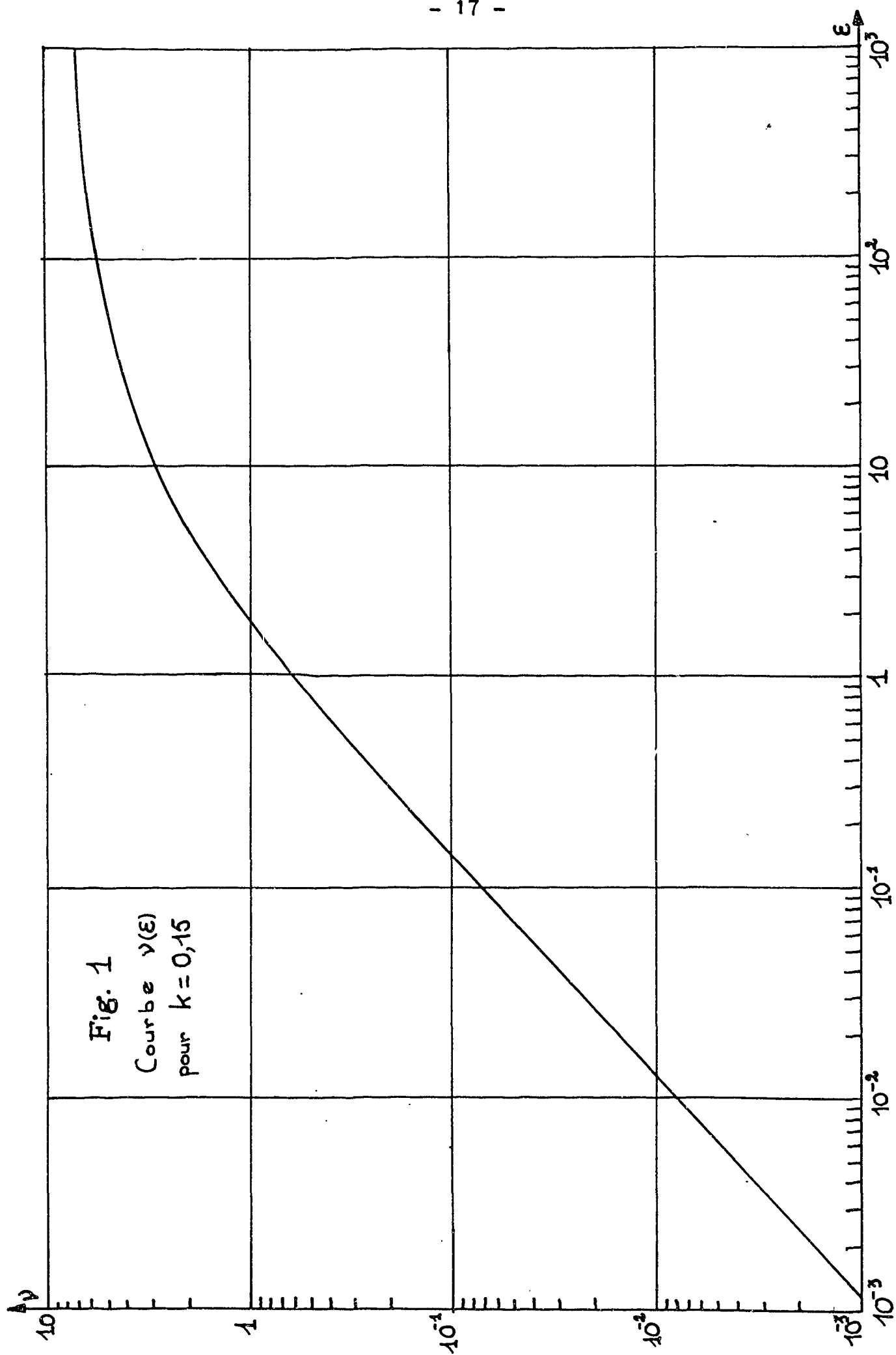
- [4] NORTHCLIFFE L.C.
Passage of heavy ions through matter
Annual Review of Nuclear Science Vol. 13 p.68 1963

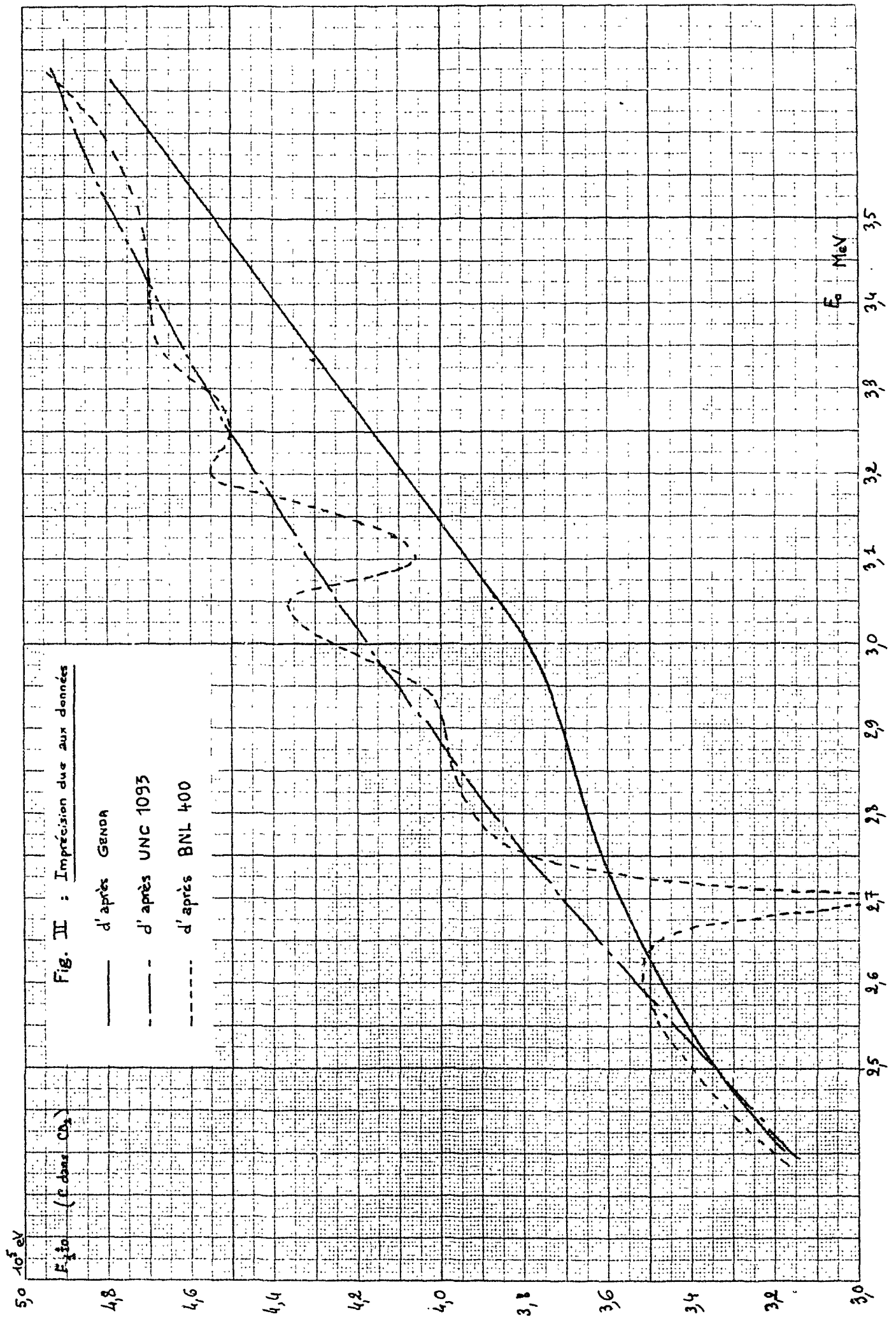
- [5] SEITZ F., KOEHLER J.S.
Displacements of atoms during irradiation
Solidstate Physics, vol. 2 Academic Press 1956

- [6] BRINKMAN J.A.
Production of Atomic Displacements by Energy Particles
American Journal of Physics vol. 24 N° 4 1956

- [7] SEEGER A.K.
On the theory of radiation damage and radiation hardening
United Nations Peaceful use of Atomic Energy
2^d International Conference - Genève Sept 1958, vol.6

- [8] DULIEU P., RASTOIN J.
Influence de la forme du spectre des neutrons sur
l'effet WIGNER dans les protections de réacteurs.
Note CEA 522 Février 1965
- [9] GENDA
Neutron cross sections for neutron attenuation problems
proposed by the ANS shielding division - Goldstein,
March 30, 1963
TID 2 1294
- [10] DULIEU P.
Contribution à l'étude de l'influence du spectre et du
flux intégré sur les dommages créés par les neutrons dans
les solides
RAPPORT C.E.A. à paraître (1967)
- [11] ORMROD, DUCKWORTH
Stopping cross - sections in carbon for low energy
atoms with $Z \leq 12$
Canadian J. of Phys. Vol. 41 (1963)
- [12] BARRE, DULIEU, FICHE, LOTT
Sections efficaces d'excitation et d'ionisation du gaz
carbonique
Note CEA, à paraître (1967)
- [13] DULIEU, RASTOIN
Utilisation de fonctions de réponse et de fonctions de
dose pour relier les effets physiques créés par les neu-
trons dans les solides au flux et au spectre de neutrons
Nuclear Engeneering and Design
1967, 5, n°3 Mai 277-284





C #####

C PROGRAMME ARTUS VII

C #####

C CE PROGRAMME CALCULE, EN FONCTION DE L'ENERGIE DE NEUTRONS INCIDENTS
C A) LE SPECTRE DES PRIMAIRES DE TYPE 1 DEPLACES
C B) L'ENERGIE CEDEE A UN CORPS RALENTISSEUR 2, EN IONISATION, AU RESEAU
C ET TOTALE.
C LES RESULTATS SONT PRESENTES POUR DES ENERGIES DE NEUTRONS DE 10 KEV
C A 15 MEV, DANS LES BANDES DETERMINEES PAR SDEF.
C #####

```

100 FORMAT(' ',12X,'I',74(' '),I',/,13X,'I ENERGIE MOYENNE II ENER
    1GIE CEDEE I ENERGIE CEDEE I ENERGIE CEDEE I',/,13X,'I DANS
    2LA BANDE II EN IONISATION I AU RESEAU I TOTALE
    3I',/,13X,'I',74(' '),I',/,2(13X,'I',74X,'I',/))
101 FORMAT(20A1)
102 FORMAT('1')
103 FORMAT('1',40X,'X',27('='),X',/,41X,'X',27X,'X',/,41X,'X',I',
    110A1,' / ',10A1,' X',/,41X,'X',27X,'X',/,41X,'X',27('='),
    2'X',///)
104 FORMAT(' ',12X,'I',74X,'I',/,13X,'I',20X,'RESULTATS EXPRIMES EN E
    1V.CM2.S/GR',20X,'I',/,13X,'I',74(' '),I')
105 FORMAT(' ',10X,' I',1PE16.3,' II',3(OPF13.5,' I'))
106 FORMAT('1',30X,'FLUX DE FISSION EQUIVALENT',/,,'ENERGIE MOYENNE
    1FLUX IONISATION FLUX RESEAU FLUX TOTAL')
1007 FORMAT(' BANDE',I3,' I',1PE16.3,' II',3(OPF13.2,' I'))
1008 FORMAT(' ',3E12.5,'WATT PAR GRAMME ET UNITE DE FLUX',///)
1009 FORMAT('1 FLUX INTEGRE SUR UN SPECTRE DE FISSION',/,,' IONISATION
    1 RESEAU TOTALE',/,3E12.5,'ELECTRONVOLTS PAR GRAMME ET UNITE DE
    2 FLUX',/)
1010 FORMAT(I3)
1011 FORMAT(5E14.6)
1012 FORMAT(5E14.5)
1013 FORMAT(18I4)
1014 FORMAT(I4)
1015 FORMAT(7E10.3)
1016 FORMAT(' ',12X,'I',74X,'I',/,13X,'I',20X,' ( CHOCS ELASTI
    1QUES ) ',20X,'I',/,13X,'I',74(' '),I')
    DIMENSION F(200),A(200),EPSO(100),ANUD(100),EL(200),YI(200),YR(200
    1),YT(200),E(200),ECCI(200),ECCR(100),ECCT(200),EC(100),EMA(100),EF
    2CI(100),EFCR(100),EFCT(100),SECA(100),REPI(100),REPR(100),REPT(100
    3),NS(100),ALOGI(100),ALOGR(100),ALOGT(100),CORPS(20)
    DIMENSION ZI(100),ZR(100),ZT(100),ECPI(100),ECPR(100),ECPT(100),EF
    1PI(100),EFPR(100),EFPT(100),SEPA(100)
    COMMON NBE,EO(200),N,P(10,200),NBESC,ESC(200),SESC(200),SESI(200)
C =====
C DONNEES EN BIBLIOTHEQUE
C COURBE NU(EPSILON), D'APRES LINDHARD (K=0,15)
C EC, ENERGIES DE CLASSEMENT DE SDEF
C NS, SPECTRE DE FISSION CORRESPONDANT
C =====
    READ(5,1010)LL
    READ(5,1011)(EPSO(K),K=1,LL)
    READ(5,1011)(ANUD(K),K=1,LL)

```

```

      READ(5,1014)NBEC
      READ(5,1012)(EC(K),K=1,NBEC)
      READ(5,1013)(NS(K),K=1,64)
C =====
C                               DONNEES A INTRODUIRE
C UN ENTIER ICHM INDIQUE LE NOMBRE DE CAS A PASSER
C LES CARTES SUIVANTES DEVONT ETRE FOURNIES ICHM FOIS :
C NOMS DES CORPS 1 ET 2, EN FORMAT 20A1
C MASSES ATOMIQUES ET NOMBRES ATOMIQUES 1 ET 2 (A1,A2,Z1,Z2)
C ENERGIE DU PREMIER NIVEAU GAMMA EXCITE PAR LA DIFFUSION INELASTIQUE
C DES NEUTRONS, EN EV (EGAM)
C =====
      CALL PSLDI(ICHM)
      ICH=0
36 IF(ICH.EQ.ICHM) STOP
      ICH=ICH+1
      READ(5,101)(CORPS(I),I=1,20)
      CALL PSLDE(A1,A2,Z1,Z2)
      CALL PSLDE(EGAM)
      ALPHA=6.023E 23/A2
      Z=(Z1**(2./3.)+Z2**(2./3.))**1.5
      QUI=1.602*0.8853*0.529*A2/Z**(1./3.)/Z1/Z2/(A1+A2)/4.803**2
C =====
C ALPHA EST LE NOMBRE D'ATOMES 2 PAR GRAMME
C QUI EST LE RAPPORT DE REDUCTION ENTRE L'ENERGIE REELLE E ET L'ENERGIE
C REDUITE EPS.
C
C EO EST L'ENERGIE DU NEUTRON EN EV
C P(I) EST LE IEME COEFFICIENT DE LA DECOMPOSITION EN POLYNOMES DE LEG-
C ENDRE DE LA SECTION EFFICACE DIFFERENTIELLE
C =====
C                               CALCUL DU SPECTRE DES PRIMAIRES
C =====
      CALL TUTUR
      M=1
C =====
C DEBUT DE LA BOUCLE SUR LES NBE ENERGIES DE NEUTRON
C =====
      3 IF(EO(M)-EGAM)43,43,44
C =====
C 43 : DIFFUSION ELASTIQUE SEULEMENT
C 44 : DIFFUSION ELASTIQUE + DIFFUSION INELASTIQUE
C =====
44 GAME=A1/(1.+A1)*EO(M)/EGAM
      IF(GAME.LT.1.) GO TO 43
      E1MIN=EGAM/(1.+A1)*(2.*GAME-1.-2.*SQRT(GAME*(GAME-1.)))
      E1MAX=EGAM/(1.+A1)*(2.*GAME-1.+2.*SQRT(GAME*(GAME-1.)))
      IF(E1MIN)40,40,42
40 E1MIN=0.
42 DIF=E1MAX-E1MIN
      RIN=DIF/40.
      DO 46 K=1,41
46 ZT(K)=E1MIN+FLOAT(K-1)*RIN
      DO 47 K=1,41
      BEPS=QUI*ZT(K)
      BNU=TERPOL(LL,EPSO,ANUO,BEPS)

```

```

      ZR(K)=BNU/QUI
47  ZI(K)=ZT(K)-ZR(K)
      NN=40
      ECPI(M)=AIRE(NN,ZT,ZI)/DIF
      NN=40
      ECPR(M)=AIRE(NN,ZT,ZR)/DIF
      NN=40
      ECPT(M)=AIRE(NN,ZT,ZT)/DIF
      GO TO 45
43  ECPI(M)=0.
      ECPR(M)=0.
      ECPT(M)=0.
45  IF(EO(M).EQ.0.) EO(M)=1.E-06
      EMAX=4.*A1*EO(M)/((1.+A1)**2)
      XAME=1./EMAX
      R=EMAX/40.
      DO1K=1,41
1   E(K)=FLOAT(K-1)*R
      DO 4 J=1,41
      A(J)=1.-E(J)*XAME*2.
      F(J)=1.
      DO 6 L=1,N
6   F(J)=F(J)+(2.*FLOAT(L)+1.)*P(L,M)*PL(L,A(J))
      F(J)=F(J)/EMAX
4   CONTINUE
      DO 61 J=1,41
61  YT(J)=E(J)*F(J)
      DO 31 J=1,41
      EPS=QUI*E(J)
      IF(EPS-EPST(LL)) 200,199,201
199 ANU=ANUD(LL)
      GOTO 34
201 ANU=EPS/(1.+0.15446*EPS)
      GOTO 34
200 IF(EPS-EPST(1))202,203,204
202 EPSL=0.393285*EPS**1.16019
      GO TO 35
203 ANU=ANUD(1)
      GO TO 34
204 ANU=TERPOL(LL,EPST,ANUD,EPS)
34  EPSL=EPS-ANU
35  EL(J)=EPSL/QUI
      YI(J)=EL(J)*F(J)
31  YR(J)=YT(J)-YI(J)
      NN=40
      ECCI(M)=AIRE(NN,E,YI)
      NN=40
      ECCR(M)=AIRE(NN,E,YR)
      NN=40
      ECCT(M)=AIRE(NN,E,YT)
      M=M+1
      IF(M-NBE)3,3,69
C  =====
C  FIN DE L A BOUCLE
C  =====
69  WRITE(6,103)(CORPS(IPS),IPS=1,10),(CORPS(IPT),IPT=11,20)
      WRITE(6,100)
C  =====

```



```

C                                     CALCUL DES REPONSES
C =====
C SESC EST LA SECTION EFFICACE DE DIFFUSION ELASTIQUE
C SESI EST LA SECTION EFFICACE NON-ELASTIQUE
C ESC EST L'ENERGIE CORRESPONDANTE DU NEUTRON
C =====
      NBVSE=NBEC-1
      DO 72 L=1,NBVSE
        EMA(L)=0.5*(EC(L)+EC(L+1))
        EFCI(L)=TERPOL(NBE,EO,ECCI,EMA(L))
        EFCR(L)=TERPOL(NBE,EO,ECCR,EMA(L))
        EFCT(L)=TERPOL(NBE,EO,ECCT,EMA(L))
        SECA(L)=TERPOL(NBESC,ESC,SESC,EMA(L))
        REPI(L)=EFCI(L)*SECA(L)*ALPHA*1.E-24
        REPR(L)=EFCR(L)*SECA(L)*ALPHA*1.E-24
        REPT(L)=EFCT(L)*SECA(L)*ALPHA*1.E-24
      72 CONTINUE
      DO 292 L=1,NBVSE
292  WRITE(6,1007)L,EMA(L),REPI(L),REPR(L),REPT(L)
      WRITE(6,1016)
      WRITE(6,103)(CORPS(IPS),IPS=1,10),(CORPS(IPT),IPT=11,20)
      WRITE(6,100)
      DO 71 L=1,NBVSE
        IF(EGAM-EMA(L))50,71,71
      50 EFPI(L)=TERPOL(NBE,EO,ECPI,EMA(L))
        EFPR(L)=TERPOL(NBE,EO,ECPR,EMA(L))
        EFPT(L)=TERPOL(NBE,EO,ECPT,EMA(L))
        SEPA(L)=TERPOL(NBESC,ESC,SESI,EMA(L))
        REPI(L)=REPI(L)+EFPI(L)*SEPA(L)*ALPHA*1.E-24
        REPR(L)=REPR(L)+EFPR(L)*SEPA(L)*ALPHA*1.E-24
        REPT(L)=REPT(L)+EFPT(L)*SEPA(L)*ALPHA*1.E-24
      71 CONTINUE
C =====
C                                     IMPRESSION DES RESULTATS
C =====
      DO 290 L=1,NBVSE
290  WRITE(6,1007)L,EMA(L),REPI(L),REPR(L),REPT(L)
      WRITE(6,104)
      NT=0
      SOI=0.
      SOR=0.
      DO 291 MM=1,NBVSE
        SOI=SOI+REPI(MM)*FLOAT(NS(MM))
        SOR=SOR+REPR(MM)*FLOAT(NS(MM))
291  NT=NT+NS(MM)
      FLUXI=SOI/FLOAT(NT)
      FLUXR=SOR/FLOAT(NT)
      FLUXT=FLUXI+FLUXR
      WRITE(6,1009)FLUXI,FLUXR,FLUXT
      WATTI=FLUXI*1.602E-19
      WATTR=FLUXR*1.602E-19
      WATTT=FLUXT*1.602E-19
      WRITE(6,1008)WATTI,WATTR,WATTT
      WRITE(6,102)
      DO 293 N=1,NBVSE
        ALOGI(N)=ALOG10(REPI(N))

```

```

      ALOGR(N)=ALOG10(REPR(N))
293 ALOGT(N)=ALOG10(REPT(N))
      CALL TRACE(100,NBVSE,ALOGI,ALDGR,ALOGT,3)
      WRITE(6,106)
      DO 294 L=1,NBVSE
      REPI(L)=REPI(L)/FLUXI
      REPR(L)=REPR(L)/FLUXR
      REPT(L)=REPT(L)/FLUXT
294 WRITE(6,105)EMA(L),REPI(L),REPR(L),REPT(L)
      GOTO 36
      END

```

SUBROUTINE TUTUR

```

C =====
C                               LECTURE DE GENDA
C =====

```

```

1000 FORMAT('1 PAQUET MAL COMPOSE, TRAVAIL ARRETE')
      DIMENSION SESC(200),ESC(200),P(10,200),NBE(10),EO(10,200),EC(100),
      1EST(200),SEST(200),EASI(200),SESI(200)
      COMMON NBE2,EOB(200),NMAX,PPRIM(10,200),NESC,AESC(200),ASESC(200),
      1ASESI(200)
      EXTERNAL TERPOL
100 CALL PSLDI(N1)
      IF(N1-85)2,1,2
      1 CALL PSLDE(A)
      I=1
      11 CALL PSLDE(SESC(I))
      IF(SESC(I)-3.)5,6,5
      5 I=I+1
      GO TO 11
      6 I=I+1
      CALL PSLDE(SESC(I))
      IF(SESC(I)-4.)7,8,7
      7 I=I+1
      GOTO 11
      8 NBESC=I-2
      CALL PSLDI(N2)
      CALL PSLDE(A)
      IF(N2-N1)9,10,9
      9 WRITE(6,1000)
      GO TO 69
      10 DO 12 I=1,NBESC
      12 CALL PSLDE(ESC(I))
      NC=NBESC+1
      DO 57 JS=1,NBESC
      AESC(JS)=ESC(NC-JS)*1.E 06
      57 ASESC(JS)=SESC(NC-JS)
      CALL PSLDI(NN,NM)
      GO TO 100
      2 IF(N1-86)3,4,3
      3 WRITE(6,1000)
      GO TO 69
      4 CALL PSLDE(A)
      I=1
      N=1

```

```
21 CALL PSLDE(P(N,I))
   IF(P(N,I)-3.)15,16,15
15 I=I+1
   GO TO 21
16 I=I+1
   CALL PSLDE(P(N,I))
   IF(P(N,I)-4.)17,18,17
17 I=I+1
   GO TO 21
18 NBE(N)=I-2
   CALL PSLDI(N2)
   CALL PSLDE(A)
   IF(N2-N1)28,29,28
28 WRITE(6,1000)
   GO TO 69
29 NBEN=NBE(N)
   DO 22 J=1,NBEN
22 CALL PSLDE(E0(N,J))
   CALL PSLDI(NN,NM,N3)
   IF(N-1)31,31,32
31 INDICE=1
55 NBE1=NBE(INDICE)
   NP=NBE1+1
   GO TO 50
32 NBEN=NBE(N)
   IF(NBEN-NBE1)50,50,51
51 INDICE=N
   GO TO 55
50 I=1
   N=N+1
   CALL PSLDE(A)
   IF(N3-N1)34,21,34
34 NMAX=N-1
   DO 122 J=1,NBE1
122 E0B(J)=E0(INDICE,NP-J)*1.E 06
   NBE2=NBE1-1
   DO 54 LO=1,NMAX
   NBIS=NBE(LO)
   IF(NBE1-NBIS)54,54,58
58 DO 53 LI=NBIS,NBE1
53 P(LO,LI)=0.
54 CONTINUE
   DO 35 N=1,NMAX
   DO 35 J=1,NBE1
35 PPRIM(N,J)=P(N,NP-J)
   NESC=NBESC-1
   IF(N3-87)3,71,3
71 I=1
72 CALL PSLDE(SEST(I))
   IF(SEST(I)-3.)73,74,73
73 I=I+1
   GO TO 72
74 I=I+1
   CALL PSLDE(SEST(I))
   IF(SEST(I)-4.)73,76,73
76 NBEST=I-2
```

```

CALL PSLDI(N4)
IF(N4-N3)3,77,3
77 CALL PSLDE(A)
DO 78 J=1,NBEST
78 CALL PSLDE(EST(J))
DO 82 J=1,NBESC
IF(ESC(J)-EST(J))80,79,80
79 SESI(J)=SEST(J)-SESC(J)
GO TO 82
80 ZUT=TERPOL( NBEST,EST,SEST,ESC(J))
SESI(J)=ZUT-SESC(J)
82 CONTINUE
DO 81 J=1,NBESC
81 ASES(J)=SESI(NC-J)
69 RETURN
END

```

```

FUNCTION AIRE(NI,X,Y)
C =====
C LE SOUS-PROGRAMME AIRE INTEGRE SUR QUATRE PAS UNE COURBE DEFINIE
C PAR POINTS. (METHODE DE NEWTON-COTES).
C =====
DIMENSION X(100),Y(100)
K=0
S=0.
23 IF(NI-4)21,22,22
22 K=K+1
S=S+(X(4*K+1)-X(4*K-3))*(7.*(Y(4*K+1)+Y(4*K-3))+32.*(Y(4*K)+Y(4*K-12)))+12.*Y(4*K-1))/90.
NI=NI-4
GO TO 23
21 IF(NI-2)24,25,26
26 S=S+(X(4*K+4)-X(4*K+1))*(Y(4*K+1)+3.*(Y(4*K+2)+Y(4*K+3))+Y(4*K+4))1/8.
GO TO 27
25 S=S+(X(4*K+3)-X(4*K+1))*(Y(4*K+1)+Y(4*K+3)+4.*Y(4*K+2))/6.
GO TO 27
24 IF(NI-1)27,28,28
28 S=S+(X(4*K+2)-X(4*K+1))*(Y(4*K+2)+Y(4*K+1))/2.
27 AIRE=S
RETURN
END

```

```

FUNCTION TERPOL(KK,Y,Z,X)
C =====
C SOUS-PROGRAMME D'INTERPOLATION LINEAIRE
C =====
DIMENSION Y(100),Z(100)
DO 32 K=1,KK
DELTA=X-Y(K)
IF(DELTA)33,34,32
32 CONTINUE
33 KP=K
KM=K-1
COEF=(X-Y(KM))/(Y(KP)-Y(KM))
T=Z(KM)+COEF*(Z(KP)-Z(KM))

```

```
TERPOL=T
RETURN
34 TERPOL= Z(K)
RETURN
END
```

```
FUNCTION PL(N,X)
C =====
C LE SOUS PROGRAMME PL DEFINIT LES POLYNOMES DE LEGENDRE JUSQU'AU
C HUITIEME DEGRE.
C =====
GO TO (81,82,83,84,85,86,87,88),N
81 PL = X
RETURN
82 PL = 0.5*(3.*X**2-1.)
RETURN
83 PL = 0.5*X*(5.*X**2-3.)
RETURN
84 PL= 0.125*(35.*X**4-30.*X**2+3.)
RETURN
85 PL = 0.125*(63.*X**5-70.*X**3+15.*X)
RETURN
86 PL = 0.0625*(231.*X**6-315.*X**4+105.*X**2-5.)
RETURN
87 PL = 0.0625*(429.*X**7-693.*X**5+315.*X**3-35.*X)
RETURN
88 PL = (6435.*X**8-12012.*X**6+6930.*X**4-1260.*X**2+35.)/128.
RETURN
END
```

REMARQUE I : INTERET DE SEPARER OU D'INTEGRER ARTUS ET TUTUR

Quand on intègre TUTUR comme sous programme d'ARTUS, on gagne du temps d'exécution, et on économise des manipulations de carte. Mais on se limite alors aux seules données de GENDA, avec interpolation éventuelle.

Par exemple, pour l'oxygène, GENDA ne donne la valeur de $\sigma_e(E_0)$ que pour $E_0 \geq 0,3$ MeV - C'est donc indispensable de rajouter des données tirées d'une autre compilation, et cela ne peut se faire que si ARTUS et TUTUR sont dissociés.

REMARQUE II - PRECISION DES RESULTATS

Elle est difficile à évaluer, les calculs eux-mêmes étant largement trop précis, et les résultats étant limités par deux fonctions :

- a) les hypothèses simplificatrices de calcul - rien ne nous permet d'évaluer l'approximation qu'elles représentent,
- b) les données de sections efficaces : La figure II donne les valeurs calculées de $E_1 \dot{I}0$, dans un intervalle d'énergie restreint, pour trois compilations différentes. La différence entre les valeurs, qui approche 20 % dans certains cas, excède sûrement les approximations introduites en a).

/GO.SYSIN DD *

Exemple de donnees pour ARTUS VII

```

65
0.0 0.100000E-03 0.200000E-03 0.300000E-03 0.400000E-03 LL
0.500000E-03 0.600000E-03 0.700000E-03 0.800000E-03 0.900000E-03 EPSO
0.100000E-02 0.200000E-02 0.300000E-02 0.400000E-02 0.500000E-02 EPSO
0.600000E-02 0.700000E-02 0.800000E-02 0.900000E-02 0.100000E-01 EPSO
0.200000E-01 0.300000E-01 0.400000E-01 0.500000E-01 0.600000E-01 EPSO
0.700000E-01 0.800000E-01 0.900000E-01 0.100000E 00 0.200000E 00 EPSO
0.300000E 00 0.400000E 00 0.500000E 00 0.600000E 00 0.700000E 00 EPSO
0.800000E 00 0.900000E 00 0.100000E 01 0.200000E 01 0.300000E 01 EPSO
0.400000E 01 0.500000E 01 0.600000E 01 0.700000E 01 0.800000E 01 EPSO
0.900000E 01 0.100000E 02 0.200000E 02 0.300000E 02 0.400000E 02 EPSO
0.500000E 02 0.600000E 02 0.700000E 02 0.800000E 02 0.900000E 02 EPSO
0.100000E 03 0.200000E 03 0.300000E 03 0.400000E 03 0.500000E 03 EPSO
0.600000E 03 0.700000E 03 0.800000E 03 0.900000E 03 0.100000E 04 EPSO
0.0 0.910700E-04 0.179500E-03 0.368000E-03 0.355300E-03 ANUO
0.442200E-03 0.528600E-03 0.614600E-03 0.700200E-03 0.785700E-03 ANUO
0.870900E-03 0.170400E-02 0.253800E-02 0.335500E-02 0.415400E-02 ANUO
0.495700E-02 0.576500E-02 0.655800E-02 0.743800E-02 0.813400E-02 ANUO
0.157300E-01 0.233200E-01 0.306700E-01 0.379200E-01 0.450800E-01 ANUO
0.521500E-01 0.591600E-01 0.661200E-01 0.730200E-01 0.138300E 00 ANUO
0.203500E 00 0.265200E 00 0.325400E 00 0.384300E 00 0.442100E 00 ANUO
0.498800E 00 0.554800E 00 0.578000E 00 0.102500E 01 0.139000E 01 ANUO
0.168000E 01 0.195000E 01 0.215000E 01 0.239000E 01 0.255000E 01 ANUO
0.270000E 01 0.285000E 01 0.371000E 01 0.416000E 01 0.452000E 01 ANUO
0.478000E 01 0.497500E 01 0.513000E 01 0.526000E 01 0.537000E 01 ANUO
0.547000E 01 0.613000E 01 0.642000E 01 0.660000E 01 0.672000E 01 ANUO
0.681000E 01 0.688000E 01 0.694000E 01 0.699000E 01 0.703000E 01 ANUO
65 NBEC
0.10000E 05 0.11200E 05 0.12600E 05 0.14100E 05 0.15800E 05 EC
0.17800E 05 0.20000E 05 0.22400E 05 0.25100E 05 0.28200E 05 EC
0.31600E 05 0.35500E 05 0.39810E 05 0.44670E 05 0.50120E 05 EC
0.56230E 05 0.63100E 05 0.70790E 05 0.79430E 05 0.89130E 05 EC
0.10000E 06 0.11220E 06 0.12590E 06 0.14120E 06 0.15850E 06 EC
0.17780E 06 0.19950E 06 0.22390E 06 0.25120E 06 0.28180E 06 EC
0.31620E 06 0.35480E 06 0.39810E 06 0.44670E 06 0.50120E 06 EC
0.56230E 06 0.63100E 06 0.70790E 06 0.79430E 06 0.89130E 06 EC
0.10000E 07 0.11220E 07 0.12590E 07 0.14120E 07 0.15850E 07 EC
0.17780E 07 0.19950E 07 0.22390E 07 0.25120E 07 0.28180E 07 EC
0.31620E 07 0.35480E 07 0.39810E 07 0.44670E 07 0.50120E 07 EC
0.56230E 07 0.63100E 07 0.70790E 07 0.79430E 07 0.89130E 07 EC
0.10000E 08 0.11220E 08 0.12590E 08 0.14120E 08 0.15000E 08 EC
0 0 1 1 1 1 1 2 2 2 3 3 4 5 5 6 8
9 10 12 15 17 20 24 28 33 39 45 53 61 70 81 93 106 121
137 153 171 189 207 225 240 256 265 272 274 268 257 240 217 188 158 126
95 68 45 28 16 8 4 2 1 0
1
ALUMINIUM ALUMINIUM
26.98 26.98 13. 13.
0.842E 06
85,26.98 OV2 87
.85,.76,.71,.68,.67,.67,.67,.68,.86,1.06,1.17,1.24,1.27,1.43 OV2 88
1.53,1.85,2.08,2.16,2.29,2.68,2.68,2.89,3.03,2.62,2.92,2.97 OV2 89
3.,4.08,2.75,2.7,3.2,6.,3.46,3.49,3.7,3.77,3.5,5.,3.67 OV2 90
3.4,3.6,4.22,2.63,2.96,5.9,4.,4.22,9.8,9.9,1.4,11.2,3.,6.5 OV2 91
17.,4.6,1.62,1.51,1.65,2.04,2.57,3.51,5.85 OV2 92
22.,10.6,.85,.511,.576,.667,.76 OV2 93
.848,.931,1.01,1.07,1.15,1.21,1.3,1.3,1.32,1.36,1.53,2.5 OV2 94
1.59 OV2 95
1.41,1.41 OV2 96
3,4 OV2 97
85,26.98 OV2 98

```

18.01739,16.302808,14.751391,13.34761,12.077417	OV2	99
10.928099,9.888153,8.9471707,8.0957348,7.3253238	OV2	100
6.6282271,5.9974679,5.4267334,4.9103114,4.4430335	OV2	101
4.0202229,3.6376481,3.2914801,2.9782544,2.694836	OV2	102
2.4383884,2.2063451,1.9963836,1.8064026,1.6345007	OV2	103
1.4789574,1.3382159,1.2108679,1.0956386,.99137477	OV2	104
.89703298,.811669,.73442848,.66453837,.60129918,.544078	OV2	105
.49230214,.44545339,.4030629,.36470639,.32999999	OV2	106
.29859634,.27018114,.24447,.22120561,.20015511	OV2	107
.18110783,.16387314,.14827855,.13416798,.12140021	OV2	108
.10984745,.099394085,.089935488,.081376995,.07363295	OV2	109
.066625848,.06028556,.054548631,.049357642,.044660642	OV2	110
.040410619,.036565041,.033085417,.029936923,.027088048	OV2	111
.02451028,.022177818,.02006732,.018157662,.016429732	OV2	112
.014866236,.013451526,.012171444,.011013178,.0099651358	OV2	113
.0090168277,.0081587632,.0073823542,.0066798303	OV2	114
.0060441604,.0054689825,.00494854,0.0	OV2	115
3,4	OV2	116
86,26.98	OV2	117
.709,.7,.686,.673,.657,.639,.622,.604,.59,.57,.55,.53	OV2	118
.511,.49,.465,.449,.429,.409,.39,.371,.353,.338,.321	OV2	119
.312,.306,.303,.273,.318,.24,.256,.325,.253,.213,.21	OV2	120
.21,.206,.175,.133,.12,.107,.082,.068,.069,.077,.079	OV2	121
.073,.059,.044,.033,.029,.026,.023,.021,.019,.017,.015	OV2	122
.014,.013,.011,.01,.009,.008,.007,.007,.006,.006,.005	OV2	123
.004,0.0	OV2	124
3,4	OV2	125
86,26.98	OV2	126
18.01739,16.302808,14.751391,13.34761,12.077417	OV2	127
10.928099,9.888153,8.9471707,8.0957348,7.3253238	OV2	128
6.6282271,5.9974679,5.4267334,4.9103114,4.4430335	OV2	129
4.0202229,3.6376481,3.2914801,2.9782544,2.694836	OV2	130
2.4383884,2.2063451,1.9963836,1.8064026,1.6345007	OV2	131
1.4789574,1.3382159,1.2108679,1.0956386,.99137477	OV2	132
.89703298,.811669,.73442848,.66453837,.60129918,.544078	OV2	133
.49230214,.44545339,.4030629,.36470639,.32999999	OV2	134
.29859634,.27018114,.24447,.22120561,.20015511	OV2	135
.18110783,.16387314,.14827855,.13416798,.12140021	OV2	136
.10984745,.099394085,.089935488,.081376995,.07363295	OV2	137
.066625848,.06028556,.054548631,.049357642,.044660642	OV2	138
.040410619,.036565041,.033085417,.029936923,.027088048	OV2	139
.02451028,.022177818,0.0	OV2	140
3,4	OV2	141
86,26.98	OV2	142
.509,.514,.515,.513,.511,.506,.502,.492,.482,.463,.441,.41	OV2	143
.361,.324,.28,.25,.218,.193,.175,.156,.143,.127,.115,.108	OV2	144
.102,.09,.08,.101,.064,.072,.083,.067,.046,.045,.044,.03	OV2	145
.022	OV2	146
.015,.01,.005,.004,.003,.003,.003,.003,.003,.001,0.0,0.0	OV2	147
3,4	OV2	148
86,26.98	OV2	149
18.01739,16.302808,14.751391,13.34761,12.077417	OV2	150
10.928099,9.888153,8.9471707,8.0957348,7.3253238	OV2	151
6.6282271,5.9974679,5.4267334,4.9103114,4.4430335	OV2	152
4.0202229,3.6376481,3.2914801,2.9782544,2.694836	OV2	153
2.4383884,2.2063451,1.9963836,1.8064026,1.6345007	OV2	154
1.4789574,1.3382159,1.2108679,1.0956386,.99137477	OV2	155
.89703298,.811669,.73442848,.66453837,.60129918,.544078	OV2	156
.49230214,.44545339,.4030629,.36470639,.32999999	OV2	157
.29859634,.27018114,.24447,.22120561,.20015511	OV2	158

.18110783,.172,0.0	OV2	159
3,4	OV2	160
86,26.98	OV2	161
.432,.43,.425,.416,.405,.387,.365,.338,.307,.262,.221,.182	OV2	162
.137,.102,.07,.049,.037,.033,.03,.026,.023,.018,.015,.011	OV2	163
.008,.006,.005,.005,.005,.004,.004,.004,.003,.003,.003,.002	OV2	164
.001,.001,0.0,0.0	OV2	165
3,4	OV2	166
86,26.98	OV2	167
18.01739,16.302808,14.751391,13.34761,12.077417	OV2	168
10.928099,9.888153,8.9471707,8.0957348,7.3253238	OV2	169
6.6282271,5.9974679,5.4267334,4.9103114,4.4430335	OV2	170
4.0202229,3.6376481,3.2914801,2.9782544,2.694836	OV2	171
2.4383884,2.2063451,1.9963836,1.8064026,1.6345007	OV2	172
1.4789574,1.3382159,1.2108679,1.0956386,.99137477	OV2	173
.89703298,.811669,.73442848,.66453837,.60129918,.544078	OV2	174
.49230214,.44545339,.424,0.0	OV2	175
3,4	OV2	176
86,26.98	OV2	177
.375,.367,.357,.341,.327,.311,.292,.272,.242,.21,.177,.147	OV2	178
.116,.083,.051,.036,.028,.021,.015,.01,.007,.005,.004,.003	OV2	179
.002,.001,0.0,0.0	OV2	180
3,4	OV2	181
86,26.98	OV2	182
18.01739,16.302808,14.751391,13.34761,12.077417	OV2	183
10.928099,9.888153,8.9471707,8.0957348,7.3253238	OV2	184
6.6282271,5.9974679,5.4267334,4.9103114,4.4430335	OV2	185
4.0202229,3.6376481,3.2914801,2.9782544,2.694836	OV2	186
2.4383884,2.2063451,1.9963836,1.8064026,1.6345007	OV2	187
1.4789574,1.41,0.0	OV2	188
3,4	OV2	189
86,26.98	OV2	190
.305,.3,.293,.282,.267,.24,.208,.176,.145,.107,.08,.062,.044	OV2	191
.027,.018,.013,.01,.006,.003,.001,0.0,0.0	OV2	192
3,4	OV2	193
86,26.98	OV2	194
18.01739,16.302808,14.751391,13.34761,12.077417	OV2	195
10.928099,9.888153,8.9471707,8.0957348,7.3253238	OV2	196
6.6282271,5.9974679,5.4267334,4.9103114,4.4430335	OV2	197
4.0202229,3.6376481,3.2914801,2.9782544,2.694836	OV2	198
2.56,0.0	OV2	199
3,4	OV2	200
86,26.98	OV2	201
.237,.225,.208,.19,.172,.145,.112,.088,.067,.046,.031,.022	OV2	202
.014,.01,.006,.003,.002,0.0,0.0	OV2	203
3,4	OV2	204
86,26.98	OV2	205
18.01739,16.302808,14.751391,13.34761,12.077417	OV2	206
10.928099,9.888153,8.9471707,8.0957348,7.3253238	OV2	207
6.6282271,5.9974679,5.4267334,4.9103114,4.4430335	OV2	208
4.0202229,3.6376481,3.2914801,0.0	OV2	209
3,4	OV2	210
86,26.98	OV2	211
.162,.138,.117,.087,.07,.046,.031,.022,.016,.011,.007,.003	OV2	212
.001,0.0,0.0	OV2	213
3,4	OV2	214
86,26.98	OV2	215
18.01739,16.302808,14.751391,13.34761,12.077417	OV2	216
10.928099,9.888153,8.9471707,8.0957348,7.3253238	OV2	217
6.6282271,5.9974679,5.4267334,5.16,0.0	OV2	218

3,4	OV2	219
86,26.98	OV2	220
.077,.055,.042,.03,.021,.013,.006,.002,0.0,0.0	OV2	221
3,4	OV2	222
86,26.98	OV2	223
18.01739,16.302808,14.751391,13.34761,12.077417	OV2	224
10.928099,9.888153,8.9471707,8.51,0.0	OV2	225
3,4	OV2	226
87,26.98	OV2	227
1.75,1.69,1.67,1.66,1.66,1.67,1.68,1.69,1.84,2.02,2.11,2.15	OV2	228
2.15,2.24,2.3,2.55,2.7,2.7,2.74,3.06,3.,3.16,3.25,2.8,3.05	OV2	229
3.08,3.1,4.15,2.8,2.7,3.2,6.,3.46,3.49,3.7,3.77,3.5,5.,3.67	OV2	230
3.4,3.6,4.22,2.63,2.96,5.9,4.,4.22,9.8,9.9,1.4,11.2,3.,6.5	OV2	231
17.,4.6,1.62,1.51,1.65,2.04,2.57,3.51,5.85	OV2	232
22.,10.6,.85,.511,.576,.667,.76	OV2	233
.848,.931,1.01,1.07,1.15,1.21,1.3,1.3,1.32,1.36,1.53,2.5	OV2	234
1.59	OV2	235
1.41,1.41	OV2	236
3,4	OV2	237
87,26.98	OV2	238
18.01739,16.302808,14.751391,13.34761,12.077417	OV2	239
10.928099,9.888153,8.9471707,8.0957348,7.3253238	OV2	240
6.6282271,5.9974679,5.4267334,4.9103114,4.4430335	OV2	241
4.0202229,3.6376481,3.2914801,2.9782544,2.694836	OV2	242
2.4383884,2.2063451,1.9963836,1.8064026,1.6345007	OV2	243
1.4789574,1.3382159,1.2108679,1.0956386,.99137477	OV2	244
.89703298,.811669,.73442848,.66453837,.60129918,.544078	OV2	245
.49230214,.44545339,.4030629,.36470639,.32999999	OV2	246
.29859634,.27018114,.24447,.22120561,.20015511	OV2	247
.18110783,.16387314,.14827855,.13416798,.12140021	OV2	248
.10984745,.099394085,.089935488,.081376995,.07363295	OV2	249
.066625848,.06028556,.054548631,.049357642,.044660642	OV2	250
.040410619,.036365041,.033085417,.029936923,.027088048	OV2	251
.02451^28,.022177818,.02006732,.018157662,.016429732	OV2	252
.014866236,.013451526,.012171444,.011013178,.0099651358	OV2	253
.0090168277,.0081587632,.0073823542,.0066798303	OV2	254
.0060441604,.0054689825,.00494854,0.0	OV2	255
3,4	OV2	256

Exemples de Résultats d'ARTUS VII

- 32 -

```

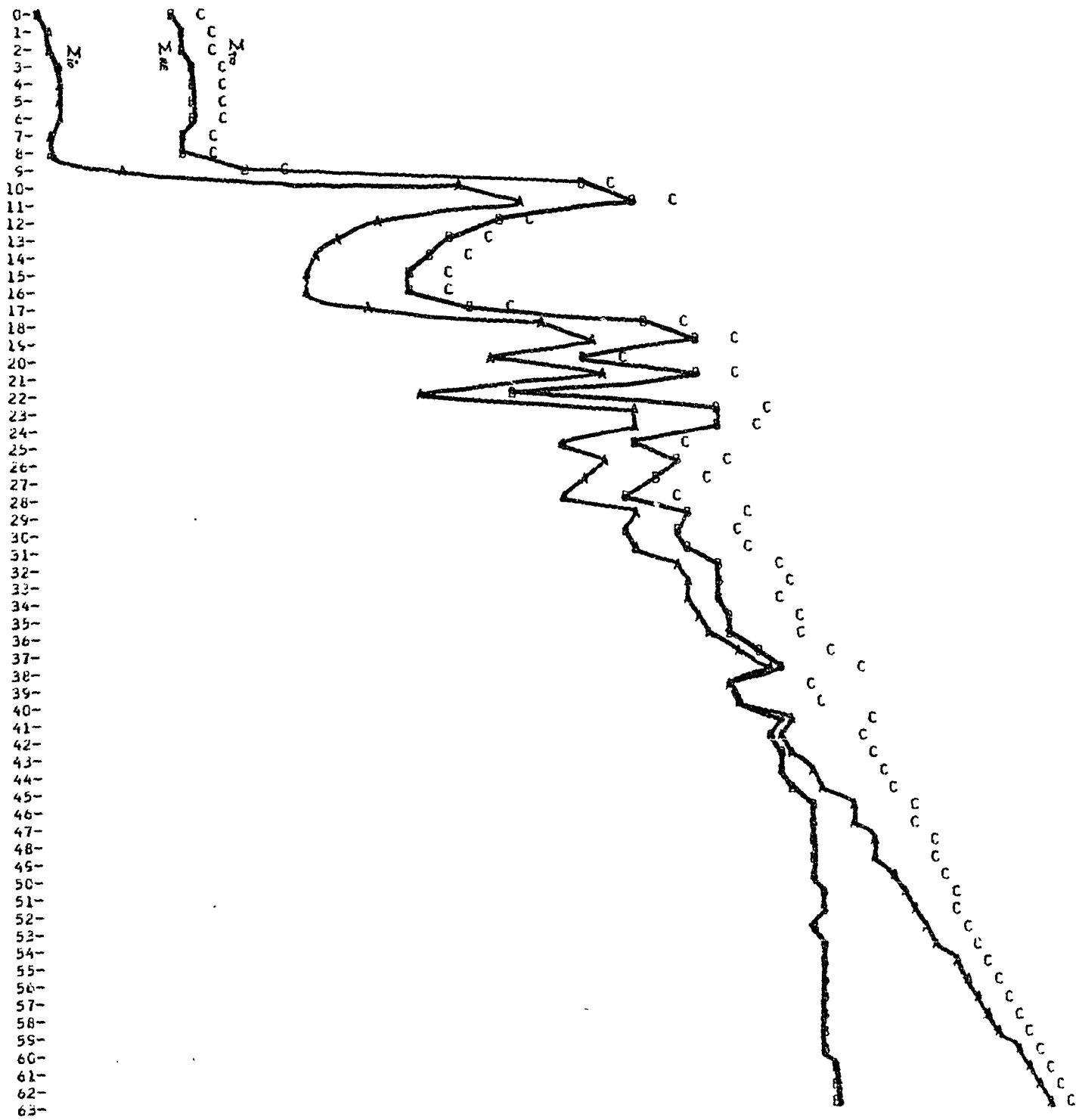
X=====X
X                                     X
X   ALUMINIUM /   ALUMINIUM       X
X                                     X
X=====X

```

ENERGIE MOYENNE DANS LA BANDE	II	ENERGIE CEDEE EN IONISATION	I	ENERGIE CEDEE AU RESEAU	I	ENERGIE CEDEE TOTALE	I
E ₀		Σ _{i0}		Σ _{RE}		Σ _{TO}	
1.060E 04	II	4.97	I	15.27	I	20.23	I
1.190E 04	II	5.21	I	16.02	I	21.23	I
1.335E 04	II	5.40	I	16.62	I	22.02	I
1.495E 04	II	5.66	I	17.39	I	23.04	I
1.680E 04	II	5.77	I	17.74	I	23.51	I
1.890E 04	II	5.78	I	17.79	I	23.57	I
2.120E 04	II	5.66	I	17.41	I	23.07	I
2.375E 04	II	5.47	I	16.56	I	22.03	I
2.665E 04	II	5.38	I	15.90	I	21.28	I
2.990E 04	II	9.97	I	28.70	I	38.67	I
3.355E 04	II	163.84	I	457.55	I	621.39	I
3.765E 04	II	270.18	I	731.89	I	1002.07	I
4.224E 04	II	85.98	I	226.11	I	312.09	I
4.735E 04	II	60.18	I	153.80	I	213.99	I
5.317E 04	II	50.61	I	125.86	I	176.47	I
5.966E 04	II	44.78	I	108.58	I	153.36	I
6.694E 04	II	45.69	I	108.17	I	153.86	I
7.511E 04	II	75.12	I	173.90	I	249.02	I
8.428E 04	II	343.63	I	778.09	I	1121.73	I
9.456E 04	II	526.52	I	1164.71	I	1691.22	I
1.061E 05	II	214.92	I	464.16	I	679.08	I
1.190E 05	II	547.60	I	1154.03	I	1701.63	I
1.335E 05	II	122.40	I	251.63	I	374.03	I
1.498E 05	II	733.05	I	1469.25	I	2202.30	I
1.681E 05	II	701.26	I	1371.48	I	2072.74	I
1.886E 05	II	385.67	I	736.15	I	1121.82	I
2.117E 05	II	530.28	I	986.55	I	1516.84	I
2.375E 05	II	461.61	I	831.25	I	1292.86	I
2.665E 05	II	376.42	I	644.50	I	1020.92	I
2.990E 05	II	688.69	I	1116.95	I	1805.64	I
3.355E 05	II	661.29	I	1021.77	I	1683.07	I
3.764E 05	II	723.61	I	1069.22	I	1792.83	I
4.224E 05	II	1007.30	I	1421.34	I	2428.65	I
4.739E 05	II	1061.22	I	1444.11	I	2505.33	I
5.317E 05	II	1047.65	I	1380.45	I	2428.10	I
5.966E 05	II	1190.57	I	1498.01	I	2688.59	I
6.694E 05	II	1291.40	I	1546.04	I	2837.45	I
7.511E 05	II	1679.54	I	1922.86	I	3602.40	I
8.428E 05	II	2196.44	I	2446.18	I	4642.62	I
9.456E 05	II	1483.27	I	1566.15	I	3049.42	I
1.061E 06	II	1715.26	I	1686.03	I	3401.30	I
1.190E 06	II	2543.35	I	2426.49	I	4969.84	I
1.335E 06	II	2459.68	I	2183.47	I	4648.14	I
1.498E 06	II	2675.00	I	2268.94	I	4943.93	I
1.681E 06	II	2982.04	I	2376.01	I	5358.03	I
1.887E 06	II	3417.64	I	2566.51	I	5984.13	I
2.117E 06	II	4140.59	I	2928.44	I	7069.02	I
2.375E 06	II	4459.61	I	2964.81	I	7424.41	I
2.665E 06	II	5054.63	I	3157.82	I	8212.43	I
2.990E 06	II	5170.73	I	3015.20	I	8185.91	I
3.355E 06	II	5836.85	I	3154.97	I	8991.80	I
3.764E 06	II	6577.41	I	3278.15	I	9855.55	I
4.224E 06	II	7049.77	I	3209.52	I	10259.28	I
4.739E 06	II	7642.39	I	3169.62	I	10812.00	I
5.317E 06	II	8537.57	I	3220.45	I	11758.02	I
5.966E 06	II	9757.40	I	3339.74	I	13097.14	I
6.694E 06	II	10995.12	I	3424.25	I	14419.37	I
7.511E 06	II	12059.68	I	3409.89	I	15469.57	I
8.428E 06	II	13014.63	I	3319.09	I	16333.73	I
9.456E 06	II	14461.05	I	3343.30	I	17804.35	I
1.061E 07	II	16261.71	I	3441.22	I	19702.94	I
1.190E 07	II	18203.56	I	3532.57	I	21736.13	I
1.335E 07	II	20405.62	I	3641.13	I	24046.76	I
1.456E 07	II	22189.41	I	3723.26	I	25912.67	I
RESULTATS EXPRIMES EN EV.CM2.S/GR							

Exemple de Résultats d'ARTUS VII

MAX= 4.414E CC
MIN= 6.960E-01



//GO.SYSIN DD *

Exemple de données pour ARTUS VI

```
65
0.0 0.100000E-03 0.200000E-03 0.300000E-03 0.400000E-03 LL
0.500000E-03 0.600000E-03 0.700000E-03 0.800000E-03 0.900000E-03 EPSO
0.100000E-02 0.200000E-02 0.300000E-02 0.400000E-02 0.500000E-02 EPSO
0.600000E-02 0.700000E-02 0.800000E-02 0.900000E-02 0.100000E-01 EPSO
0.200000E-01 0.300000E-01 0.400000E-01 0.500000E-01 0.600000E-01 EPSO
0.700000E-01 0.800000E-01 0.900000E-01 0.100000E 00 0.200000E 00 EPSO
0.300000E 00 0.400000E 00 0.500000E 00 0.600000E 00 0.700000E 00 EPSO
0.800000E 00 0.900000E 00 0.100000E 01 0.200000E 01 0.300000E 01 EPSO
0.400000E 01 0.500000E 01 0.600000E 01 0.700000E 01 0.800000E 01 EPSO
0.900000E 01 0.100000E 02 0.200000E 02 0.300000E 02 0.400000E 02 EPSO
0.500000E 02 0.600000E 02 0.700000E 02 0.800000E 02 0.900000E 02 EPSO
0.100000E 03 0.200000E 03 0.300000E 03 0.400000E 03 0.500000E 03 EPSO
0.600000E 03 0.700000E 03 0.800000E 03 0.900000E 03 0.100000E 04 EPSO
0.0 0.910700E-04 0.179500E-03 0.368000E-03 0.355300E-03 ANUO
0.442200E-03 0.528600E-03 0.614600E-03 0.700200E-03 0.785700E-03 ANUO
0.870900E-03 0.170400E-02 0.253800E-02 0.335500E-02 0.415400E-02 ANUO
0.495700E-02 0.576500E-02 0.655800E-02 0.743800E-02 0.813400E-02 ANUO
0.157300E-01 0.233200E-01 0.306700E-01 0.379200E-01 0.450800E-01 ANUO
0.521500E-01 0.591600E-01 0.661200E-01 0.730200E-01 0.138300E 00 ANUO
0.203500E 00 0.265200E 00 0.325400E 00 0.384300E 00 0.442100E 00 ANUO
0.498800E 00 0.554800E 00 0.578000E 00 0.102500E 01 0.139000E 01 ANUO
0.168000E 01 0.195000E 01 0.215000E 01 0.239000E 01 0.255000E 01 ANUO
0.270000E 01 0.285000E 01 0.371000E 01 0.416000E 01 0.452000E 01 ANUO
0.478000E 01 0.497500E 01 0.513000E 01 0.526000E 01 0.537000E 01 ANUO
0.547000E 01 0.613000E 01 0.642000E 01 0.660000E 01 0.672000E 01 ANUO
0.681000E 01 0.688000E 01 0.694000E 01 0.699000E 01 0.703000E 01 ANUO
65 NBEC
0.10000E 05 0.11200E 05 0.12600E 05 0.14100E 05 0.15800E 05 EC
0.17800E 05 0.20000E 05 0.22400E 05 0.25100E 05 0.28200E 05 EC
0.31600E 05 0.35500E 05 0.39810E 05 0.44670E 05 0.50120E 05 EC
0.56230E 05 0.63100E 05 0.70790E 05 0.79430E 05 0.89130E 05 EC
0.10000E 06 0.11220E 06 0.12590E 06 0.14120E 06 0.15850E 06 EC
0.17780E 06 0.19950E 06 0.22390E 06 0.25120E 06 0.28180E 06 EC
0.31620E 06 0.35480E 06 0.39810E 06 0.44670E 06 0.50120E 06 EC
0.56230E 06 0.63100E 06 0.70790E 06 0.79430E 06 0.89130E 06 EC
0.10000E 07 0.11220E 07 0.12590E 07 0.14120E 07 0.15850E 07 EC
0.17780E 07 0.19950E 07 0.22390E 07 0.25120E 07 0.28180E 07 EC
0.31620E 07 0.35480E 07 0.39810E 07 0.44670E 07 0.50120E 07 EC
0.56230E 07 0.63100E 07 0.70790E 07 0.79430E 07 0.89130E 07 EC
0.10000E 08 0.11220E 08 0.12590E 08 0.14120E 08 0.15000E 08 EC
0 0 1 1 1 1 1 2 2 2 3 3 4 5 5 6 8
9 10 12 15 17 20 24 28 33 39 45 53 61 70 81 93 106 121
137 153 171 189 207 225 240 256 265 272 274 268 257 240 217 188 158 126
95 68 45 28 16 8 4 2 1 0
SILICIUM SILICIUM
28.08 28.08 14. 14.
0.178E 07
68 NBE
0.0 0.100000E 05 0.200000E 05 0.270000E 05 0.330000E 05 EO
0.365000E 05 0.403000E 05 0.445000E 05 0.492000E 05 0.544000E 05 EO
0.601000E 05 0.665999E 05 0.733999E 05 0.811999E 05 0.896999E 05 EO
0.990999E 05 0.110000E 06 0.121000E 06 0.134000E 06 0.148000E 06 EO
0.163000E 06 0.181000E 06 0.200000E 06 0.221000E 06 0.244000E 06 EO
0.270000E 06 0.299000E 06 0.330000E 06 0.365000E 06 0.403000E 06 EO
0.445000E 06 0.492000E 06 0.544000E 06 0.601000E 06 0.666000E 06 EO
0.734000E 06 0.812000E 06 0.897000E 06 0.991000E 06 0.109600E 07 EO
0.121000E 07 0.134000E 07 0.148000E 07 0.163000E 07 0.181000E 07 EO
0.200000E 07 0.221000E 07 0.244000E 07 0.269000E 07 0.297000E 07 EO
0.329000E 07 0.364000E 07 0.402000E 07 0.444000E 07 0.491000E 07 EO
0.543000E 07 0.600000E 07 0.663000E 07 0.733000E 07 0.810000E 07 EO
```

0.895000E 07	0.990000E 07	0.109000E 08	0.121000E 08	0.133000E 08	EO
0.147500E 08	0.163000E 08	0.181000E 08			NMAX
8					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.500E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.600E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.700E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.800E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.900E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.100E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.110E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.130E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.140E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.150E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.170E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.190E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.210E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.230E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.260E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.290E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.320E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.350E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.390E-01	0.100E-02	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.430E-01	0.300E-02	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.480E-01	0.400E-02	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.530E-01	0.500E-02	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.590E-01	0.600E-02	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.670E-01	0.700E-02	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.770E-01	0.800E-02	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.880E-01	0.900E-02	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0					
0.100E 00	0.110E-01	0.0	0.0	0.0	0.0

```

0.0
0.114E 00 0.130E-01 0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
0.126E 00 0.150E-01 0.100E-02 0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
0.138E 00 0.180E-01 0.100E-02 0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
0.152E 00 0.220E-01 0.200E-02 0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
0.168E 00 0.270E-01 0.300E-02 0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
0.177E 00 0.300E-01 0.300E-02 0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
0.189E 00 0.350E-01 0.300E-02 0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
0.201E 00 0.410E-01 0.400E-02 0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
0.217E 00 0.480E-01 0.400E-02 0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
0.232E 00 0.540E-01 0.400E-02 0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
0.248E 00 0.620E-01 0.500E-02 0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
0.263E 00 0.710E-01 0.500E-02 0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
0.278E 00 0.780E-01 0.500E-02 0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
0.287E 00 0.860E-01 0.600E-02 0.100E-02 0.0      0.0      0.0
0.0
0.298E 00 0.930E-01 0.800E-02 0.200E-02 0.0      0.0      0.0
0.0
0.308E 00 0.102E 00 0.110E-01 0.300E-02 0.0      0.0      0.0
0.0
0.321E 00 0.115E 00 0.150E-01 0.400E-02 0.0      0.0      0.0
0.0
0.338E 00 0.127E 00 0.180E-01 0.500E-02 0.0      0.0      0.0
0.0
0.353E 00 0.143E 00 0.230E-01 0.700E-02 0.0      0.0      0.0
0.0
0.371E 00 0.156E 00 0.260E-01 0.100E-01 0.100E-02 0.0      0.0
0.0
0.390E 00 0.175E 00 0.300E-01 0.150E-01 0.300E-02 0.0      0.0
0.0
0.409E 00 0.193E 00 0.330E-01 0.210E-01 0.600E-02 0.0      0.0
0.0
0.429E 00 0.218E 00 0.370E-01 0.280E-01 0.100E-01 0.200E-02 0.0
0.0
0.449E 00 0.250E 00 0.490E-01 0.360E-01 0.130E-01 0.300E-02 0.0
0.0
0.465E 00 0.280E 00 0.700E-01 0.510E-01 0.180E-01 0.600E-02 0.0
0.0
0.490E 00 0.324E 00 0.102E 00 0.830E-01 0.270E-01 0.100E-01 0.0
0.0
0.511E 00 0.361E 00 0.137E 00 0.116E 00 0.440E-01 0.140E-01 0.100E-02
0.0
0.530E 00 0.410E 00 0.182E 00 0.147E 00 0.620E-01 0.220E-01 0.300E-02
0.0
0.550E 00 0.441E 00 0.221E 00 0.177E 00 0.800E-01 0.310E-01 0.700E-02
0.0
0.570E 00 0.463E 00 0.262E 00 0.210E 00 0.107E 00 0.460E-01 0.110E-01

```

0.0
0.590E 00 0.482E 00 0.307E 00 0.242E 00 0.145E 00 0.670E-01 0.160E-01
0.0
0.604E 00 0.492E 00 0.338E 00 0.272E 00 0.176E 00 0.880E-01 0.220E-01
0.200E-02
0.622E 00 0.502E 00 0.365E 00 0.292E 00 0.208E 00 0.112E 00 0.310E-01
0.600E-02
0.639E 00 0.506E 00 0.387E 00 0.311E 00 0.240E 00 0.145E 00 0.460E-01
0.130E-01
0.657E 00 0.511E 00 0.405E 00 0.327E 00 0.267E 00 0.172E 00 0.700E-01
0.210E-01
0.673E 00 0.513E 00 0.416E 00 0.341E 00 0.282E 00 0.190E 00 0.870E-01
0.300E-01
0.686E 00 0.515E 00 0.425E 00 0.357E 00 0.293E 00 0.208E 00 0.117E 00
0.420E-01
0.700E 00 0.514E 00 0.430E 00 0.367E 00 0.300E 00 0.225E 00 0.138E 00
0.550E-01
0.709E 00 0.509E 00 0.432E 00 0.375E 00 0.305E 00 0.237E 00 0.162E 00
0.770E-01
80
0.991000E 04 0.121000E 05 0.134000E 05 0.163000E 05 0.200000E 05 ESC
0.221000E 05 0.270000E 05 0.299000E 05 0.330000E 05 0.403000E 05 ESC
0.445000E 05 0.492000E 05 0.518000E 05 0.544000E 05 0.572000E 05 ESC
0.601000E 05 0.665999E 05 0.733999E 05 0.811999E 05 0.896999E 05 ESC
0.990999E 05 0.109600E 06 0.121000E 06 0.134000E 06 0.141000E 06 ESC
0.148000E 06 0.163000E 06 0.181000E 06 0.190000E 06 0.200000E 06 ESC
0.210000E 06 0.221000E 06 0.244000E 06 0.270000E 06 0.299000E 06 ESC
0.330000E 06 0.365000E 06 0.403000E 06 0.445000E 06 0.492000E 06 ESC
0.544000E 06 0.572000E 06 0.601000E 06 0.666000E 06 0.734000E 06 ESC
0.812000E 06 0.897000E 06 0.991000E 06 0.109600E 07 0.121000E 07 ESC
0.134000E 07 0.148000E 07 0.163000E 07 0.181000E 07 0.200000E 07 ESC
0.221000E 07 0.244000E 07 0.269000E 07 0.297000E 07 0.329000E 07 ESC
0.364000E 07 0.402000E 07 0.444000E 07 0.467000E 07 0.491000E 07 ESC
0.516000E 07 0.543000E 07 0.570000E 07 0.600000E 07 0.663000E 07 ESC
0.733000E 07 0.810000E 07 0.895000E 07 0.990000E 07 0.109000E 08 ESC
0.121000E 08 0.133000E 08 0.147500E 08 0.163000E 08 0.181000E 08 ESC
0.196974E 01 0.178976E 01 0.174977E 01 0.164979E 01 0.155981E 01 SESC
0.151982E 01 0.145984E 01 0.142985E 01 0.141985E 01 0.139986E 01 SESC
0.139978E 01 0.144952E 01 0.148870E 01 0.155000E 01 0.171850E 01 SESC
0.186948E 01 0.213975E 01 0.193983E 01 0.162988E 01 0.135990E 01 SESC
0.110990E 01 0.863900E 00 0.679900E 00 0.515900E 00 0.457900E 00 SESC
0.507900E 00 0.149990E 01 0.755990E 01 0.119999E 02 0.114999E 02 SESC
0.959990E 01 0.812990E 01 0.622990E 01 0.509990E 01 0.440990E 01 SESC
0.399990E 01 0.364989E 01 0.337986E 01 0.318983E 01 0.310978E 01 SESC
0.403971E 01 0.799967E 01 0.322963E 01 0.269952E 01 0.257943E 01 SESC
0.514938E 01 0.309938E 01 0.469940E 01 0.285943E 01 0.251945E 01 SESC
0.269948E 01 0.299951E 01 0.407954E 01 0.204957E 01 0.280960E 01 SESC
0.260462E 01 0.241965E 01 0.246967E 01 0.221970E 01 0.190970E 01 SESC
0.164973E 01 0.155975E 01 0.159977E 01 0.164450E 01 0.152980E 01 SESC
0.146780E 01 0.134980E 01 0.125640E 01 0.117280E 01 0.764800E 00 SESC
0.582800E 00 0.468800E 00 0.469800E 00 0.544800E 00 0.607800E 00 SESC
0.675800E 00 0.753700E 00 0.821600E 00 0.886500E 00 0.936500E 00 SESC
0.259399E-03 0.240326E-03 0.230789E-03 0.209808E-03 0.189781E-03 SESIN
0.180244E-03 0.159264E-03 0.149727E-03 0.149727E-03 0.140190E-03 SESIN
0.220299E-03 0.480652E-03 0.129986E-03 0.400000E-01 0.150013E-02 SESIN
0.520706E-03 0.249863E-03 0.169754E-03 0.119209E-03 0.100136E-03 SESIN
0.100136E-03 0.100017E-03 0.999570E-04 0.100017E-03 0.999570E-04 SESIN
0.999570E-04 0.100136E-03 0.100136E-03 0.100136E-03 0.100136E-03 SESIN
0.100136E-03 0.991831E-04 0.100136E-03 0.100136E-03 0.100136E-03 SESIN
0.100136E-03 0.109673E-03 0.139236E-03 0.169754E-03 0.220299E-03 SESIN

0.290871E-03	0.330925E-03	0.370026E-03	0.480652E-03	0.570297E-03	SESIN
0.619888E-03	0.619888E-03	0.599861E-03	0.570297E-03	0.550270E-03	SESIN
0.520706E-03	0.490189E-03	0.460625E-03	0.430107E-03	0.140400E-00	SESIN
0.315379E 00	0.500350E 00	0.350330E 00	0.430300E 00	0.510300E 00	SESIN
0.620270E 00	0.690250E 00	0.760230E 00	0.745500E 00	0.840200E 00	SESIN
0.852201E 00	0.920200E 00	0.953600E 00	0.977201E 00	0.119520E 01	SESIN
0.125720E 01	0.130120E 01	0.128020E 01	0.123520E 01	0.119220E 01	SESIN
0.115420E 01	0.111630E 01	0.107840E 01	0.103550E 01	0.200350E 01	SESIN

/*

Manuscrit reçu le 15 septembre 1967