

INSTITUT DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE de LYON



FR9701858

RAPPORT D'ACTIVITE

1994-95

Gestion INIS
Doc. enreg. le : 20/11/95
N° TRN : FR9701858
Destination : I.I+D.D

29-14

2

LYCEN 9606
ISSN 0399-8878

AVANT-PROPOS

Ce rapport d'activité de l'Institut de Physique Nucléaire de Lyon couvre la période 1994-95. Les travaux de chacun des groupes de recherche du laboratoire durant ces deux années sont présentés ainsi que les développements réalisés dans les services techniques. La production scientifique (publications, séminaires, thèses) est répertoriée, de même que les actions de formation (formation initiale et continue, stages). Les dernières pages contiennent les listes des personnels et quelques éléments statistiques.

L'IPN de Lyon est l'un des 18 laboratoires de l'Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (IN2P3), Institut du CNRS qui gère ces deux domaines de Physique. Il compte environ 70 Chercheurs (moitié Chercheurs CNRS, moitié Enseignants-Chercheurs), une trentaine de Thésards et une centaine d'Ingénieurs, Techniciens et Personnels Administratifs. Son statut d'unité mixte de recherche IN2P3 (CNRS)-Université Claude Bernard Lyon-1 qui date de 1984 vient d'être renouvelé pour quatre ans jusqu'en 1998 dans le cadre du contrat quadriennal signé entre le Ministère de l'Education Nationale, le CNRS et l'Université Claude Bernard. Les moyens budgétaires de fonctionnement et d'équipement sont pour l'essentiel d'origine IN2P3. Toutefois, en budget consolidé (incluant les salaires), les contributions respectives des deux organismes de tutelle, IN2P3 et Université, sont dans les proportions 2/3-1/3. Ainsi, l'IPN est l'un des laboratoires de l'IN2P3 qui a la plus forte contribution universitaire, preuve d'une bonne implantation dans l'Université.

Poursuivons par un rapide tour d'horizon des activités scientifiques.

Dans le domaine de la Physique Nucléaire et de la Physique des Particules, qui représente 80% des activités expérimentales du laboratoire, tous les travaux sont réalisés dans le cadre de collaborations nationales et le plus souvent internationales, parfois de grande taille, où il importe de se faire reconnaître. Les faits marquants de cette période ont été d'une part l'exploitation scientifique des programmes où des équipes sont engagées, souvent depuis plusieurs années, d'autre part l'émergence de nouveaux projets où des groupes du laboratoire prennent ou consolident leur place.

Dans le premier cadre, on trouve :

- la physique à LEP avec les deux équipes DELPHI et L3 dont les principaux thèmes d'intérêt sont la physique du quark b et la recherche de nouvelles particules, notamment le boson de Higgs. Cette recherche se poursuit dans le cadre du programme LEP 200 aujourd'hui engagé, où l'énergie des faisceaux sera portée à 2×100 GeV, ouvrant un domaine d'énergie nouveau qu'il importe d'explorer,

- la physique des ions lourds relativistes au SPS et la recherche du plasma de quarks et de gluons dans des collisions plomb-plomb aujourd'hui opérationnelles (programme NA50),

- l'étude des mécanismes de réactions dans les collisions d'ions lourds à l'aide des multidétecteurs AMPHORA à SARA et maintenant INDRA à GANIL,

- l'étude des noyaux superdéformés à l'aide d'EUROGAM et l'étude des noyaux très déficitaires en neutrons à SARA.

Dans le cadre des projets qui émergent, on trouve :

- une implication accrue du laboratoire dans le programme LHC où des équipes s'intéressent non seulement à la physique des collisions proton-proton, mais aussi à la physique des collisions plomb-plomb, prolongement naturel du programme NA50 en cours. Sur le plan expérimental, des travaux de Recherche et Développement ont été menés, avec un fort soutien technique, notamment en électronique et mécanique, dans deux directions, la calorimétrie électromagnétique à cristaux et la reconstitution de traces à l'aide de détecteurs MSGC,

- le programme VIRGO : l'équipe d'Ingénieurs du laboratoire spécialistes des dépôts de couches minces réfléchissantes à faible perte a atteint les spécifications requises sur des optiques de dimensions réduites. Une nouvelle phase s'ouvre avec mise en place de moyens lourds afin d'atteindre les mêmes spécifications dans la configuration finale,

- l'engagement d'une équipe avec un soutien technique du laboratoire dans le projet PIAFE, à l'ILL de Grenoble,

- enfin la poursuite des travaux de R et D sur les bolomètres, avec une amélioration d'un facteur 10 du rapport signal sur bruit. Mais deux ordres de grandeur restent à gagner avant d'envisager une expérience de dimension réelle.

En Physique Théorique, deux thèmes principaux sont développés dans le groupe : d'une part, l'étude de la structure et des propriétés des hadrons et de leur interaction dans la matière hadronique dense et chaude, d'autre part, et en très fort couplage avec les groupes expérimentaux, l'étude de la structure nucléaire à l'aide de la méthode du champ moyen. Une présentation détaillée en est faite page 39.

Enfin, domaine traditionnel à l'IPN de Lyon, les activités de caractères pluridisciplinaires concernent l'interaction des ions et des agrégats avec la matière et la physico-chimie de l'interaction ion-solide. Les faits marquants de cette période ont été l'exploitation de l'accélérateur d'agrégats d'hydrogène pour l'étude de la fragmentation de ces agrégats et la mise en service du nouvel implantateur 400 kV conçu et réalisé par les équipes techniques du laboratoire. Parmi les projets en émergence notons un recentrage des équipes de physico-chimie vers le programme PRACEN de retraitement des déchets nucléaires et l'implantation d'une source d'agrégats métalliques sur l'accélérateur Van de Graaff 2,5 MV. Sur un plan plus général, une restructuration de ces activités pluridisciplinaires dans le cadre de l'Université a été entreprise.

Pour conclure, nous laisserons d'abord le lecteur juge de l'activité et de la qualité des travaux décrits dans ce rapport. Pour notre part, au moment où notre mandat s'achève et où une nouvelle équipe de Direction se met en place, qu'il nous soit permis, compte tenu des programmes dans lesquels le laboratoire s'est engagé, et grâce à la qualité de ses services techniques qui lui permettent d'y prendre une place de choix, d'exprimer notre confiance dans l'avenir de l'IPN pour les prochaines années.

Enfin, ce rapport, préparé et réalisé au laboratoire, est le résultat d'un travail collectif. Nous remercions tous ceux et celles qui ont apporté leur contribution.

J.P. BURQ
Directeur 1992-1995

J.Y. GROSSIORD
Directeur Adjoint 1992-1995

S O M M A I R E

Physique à LEP, R&D pour CMS à LHC

- Recherche du boson de Higgs dans la collaboration L3 1
- Installation d'un nouveau détecteur dans L3 pour la physique à LEP2 4
- Physique du quark b dans DELPHI à LEP 100 6
- Calorimétrie électromagnétique pour CMS - Programme RD18 8
- Expérience CMS au LHC : développement de détecteurs MSGC 11

Matière hadronique et nucléaire

- Les ions lourds dans CMS 13
- Expérience NA50 15
- Collisions centrales dans les réactions Ni+Al et Ni+Ni à 28 A.MeV 16
- Corrélations angulaires azimutales comme test du processus d'émission séquentielle de fragments 17
- Seuil de la multifragmentation explosive 18
- Multifragmentation et flot observés dans les collisions nucléaires avec INDRA 19
- Etude de la disparition de la fusion dans les réactions induites par des faisceaux de ^{40}Ar de 27 à 115 A.MeV 20
- Origine des fragments de masse intermédiaire dans les collisions Mg + C à 25 et 35 A.MeV et Cl + Au à 43 A.MeV 21
- Spectroscopie des états superdéformés et aplatis des noyaux de masse $A \approx 190$ avec EUROGAM I et II 22
- Physique des noyaux très instables 25
- Anisotropie de l'émission alpha d'isotopes d'At et de Rn orientés 27

Astro-particules

- Mesures des bruits de fond radioactifs gamma et neutron 29
- Mesure bolométrique 31
- Caractérisation de cristaux scintillants en vue de la détection de la matière noire 32
- Les optiques de VIRGO : des matériaux exceptionnels pour des performances exceptionnelles 34

S U M M A R Y

Physics at LEP, R&D for CMS at LHC

- Higgs boson search in the L3 collaboration	1
- Installation of an upgraded forward tagger in the L3 experiment for LEP2	4
- Quark b physics in DELPHI at LEP 100	6
- Electromagnetic calorimetry for CMS - RD18 program	8
- CMS experiment at LHC : MSGC detector development	11

Hadronic and nuclear matter

- Heavy ions in CMS	13
- NA50 experiment	15
- Central collisions in 28 A.MeV Ni + Al and Ni + Ni reactions	16
- Azimuthal angular correlations : a test for multifragmentation	17
- The multifragmentation threshold	18
- Multifragmentation and flow in nuclear collisions observed with INDRA	19
- Study of fusion disappearance induced with argon beams from 27 to 115 A.MeV	20
- Intermediate mass fragment origin in the reactions Mg + C at 25 and 35 A.MeV and Cl + Au at 43 A.MeV	21
- Spectroscopy of superdeformed and oblate states in mass $A \approx 190$ nuclei with EUROGAM I and II	22
- Physics of highly unstable nuclei	25
- Alpha emission anisotropy of some oriented At and Rn isotopes	27

Astro-particles

- Gamma and neutron radioactive background measurements	29
- Bolometric measurement	31
- Scintillating cristal characterization for dark matter detection	32
- The VIRGO optics : exceptional materials for exceptional performances	34

Physique théorique

- Groupe de physique théorique	39
- Polarisation transverse des quarks	41
- Physique hadronique à haute énergie - Structure du nucléon	42
- Production d'étrangeté sur les systèmes hadroniques simples	44
- Hadrons dans la matière hadronique dense et/ou chaude	47
- Physique des neutrinos et physique nucléaire	49
- Dynamique des noyaux en rotation rapide	50
- Forces effectives pour des isospins extrêmes	51
- Déformations dans les agrégats métalliques	52
- Stabilité de systèmes à petit nombre de corps	53
- Symétries et théorie des champs	54
- Cosmologie et gravitation	56

Ions/agrégats-matière

- Fragmentation d'agrégats	57
- Perte d'énergie d'agrégats C_n^+ et d'ions fullerène C_{60}^+ dans des feuilles minces de carbone	62
- Multiplicité de l'émission électronique secondaire de feuilles de carbone bombardées par des projectiles atomiques et moléculaires	63
- Source de positons assistée par canalisation dans un cristal de tungstène	65
- Modes de capture électronique par des ions lourds canalisés (GANIL).....	66
- Canalisation de faisceaux froids d'ions lourds extraits de l'anneau de stockage ESR à GSI	68

Physico-chimie de l'interaction ion-solide

- Etude des mécanismes de diffusion des lanthanides dans l'hydroxyapatite	69
- Etude de la dynamique du recyclage de l'hydrogène dans de nouveaux matériaux utilisés dans les réacteurs à fusion	70
- Influence de la ségrégation d'impuretés sur les propriétés du niobium utilisé dans l'élaboration de cavités accélératrices hyperfréquences	71
- Dépôts d'énergie de nature photonique et ionique dans les polymères et modifications induites par irradiation gamma dans des résines	73
- Caractérisation des modifications de la structure chimique de la surface de polymères soumis à différents traitements d'oxydation	74
- Etude de l'environnement d'ions implantés dans des métaux et des aciers	76
- Etudes Mössbauer d'oxydes préparés par ablation laser et implantation ionique	79
- Mouvements atomiques et transformations de phases générés par le ralentissement des ions dans les solides	81
- Les couches de carbure de germanium (GeC)	84
- Les couches de phosphure de bore (BP)	85

Theoretical physics

- The theoretical physics group	39
- Quark transverse polarization	41
- High energy hadronic physics - Structure of the nucleon	42
- Electromagnetic production of associated strangeness	44
- Hadrons in dense and/or hot hadronic matter	47
- Neutrino physics and nuclei	49
- Dynamical properties of rapidly rotating nuclei	50
- Effective forces for extreme isospins	51
- Multipolar deformations in metallic clusters	52
- Stability of few body systems	53
- Symmetries and field theory	54
- Cosmology and gravitation	56

Ions/clusters-matter

- Cluster fragmentation	57
- Energy loss of MeV carbon clusters and fullerene ions in thin carbon foils	62
- Multiplicity of secondary electron emission from carbon foils under atomic and molecular projectile impacts	63
- Positron source using channeling in a tungsten crystal	65
- Electron capture by channeled heavy ions (GANIL)	66
- Channeling of cooled heavy ion beams in a crystal (GSI)	68

Physico-chemical transformations by ion-solid interaction

- Study of lanthanide diffusion in hydroxyapatite	69
- Study of hydrogen retention in new materials elaborated for use in thermonuclear reactors	70
- Impurity segregation in niobium used in superconducting radiofrequency cavities	71
- Photonic and ionic energy deposition in polymers and gamma-ray-induced modifications in resins	73
- Surface characterization of the chemical structure modifications of polymer material submitted to oxidation treatments	74
- Environment of implanted ions in metals and steels	76
- Mössbauer studies of oxides prepared by laser ablation and ion implantation	79
- Atomic movements and phase transformations in solids induced by the slowing down of energetic ions	81
- Germanium carbide layers (GeC)	84
- Boron phosphide layers (BP)	85

Divers

- Chimie-physique théorique 87
- Etudes de biophysique 88

Services techniques

- Service accélérateurs 89
- Service électronique 91
- Service informatique 95
- Service mécanique 98

Formation, communication

- Formation dispensée 99
- Formation permanente du personnel 100
- Communication 101

Thèses, publications, conférences, rapports, ouvrages

- Thèses 103
- Publications 105
- Conférences/(comptes rendus) 122
- Rapports 136
- Livres 137
- Publications de comptes rendus de conférences 137

Présentations orales, cours, séminaires

- Conférences/(sur invitation) 139
- Cours 145
- Séminaires donnés à l'extérieur 146
- Séminaires du laboratoire 149

Le laboratoire, ses personnels

- Organigramme, répartition des personnels 155
- Listes des personnels, visiteurs 157

Miscellaneous

- Theoretical chemical physics 87
- Studies in biophysics 88

Technical activities

- Accelerator department 89
- Electronics department 91
- Informatics department 95
- Mechanics department 98

Education, communication

- Education 99
- Staff continuing education 100
- Communication 101

Thesis, publications, conferences, reports, published books

- Thesis 103
- Publications 105
- Conferences/(proceedings) 122
- Reports 136
- Books 137
- Conference proceedings publications 137

Oral presentations, lectures, seminars

- Conferences/(invited talks) 139
- Lectures 145
- External seminars 146
- Laboratory seminars 149

The laboratory, the staff

- Organisation, staff distribution 155
- Staff list, visitors 157

Physique à LEP, R&D pour CMS à LHC (1)

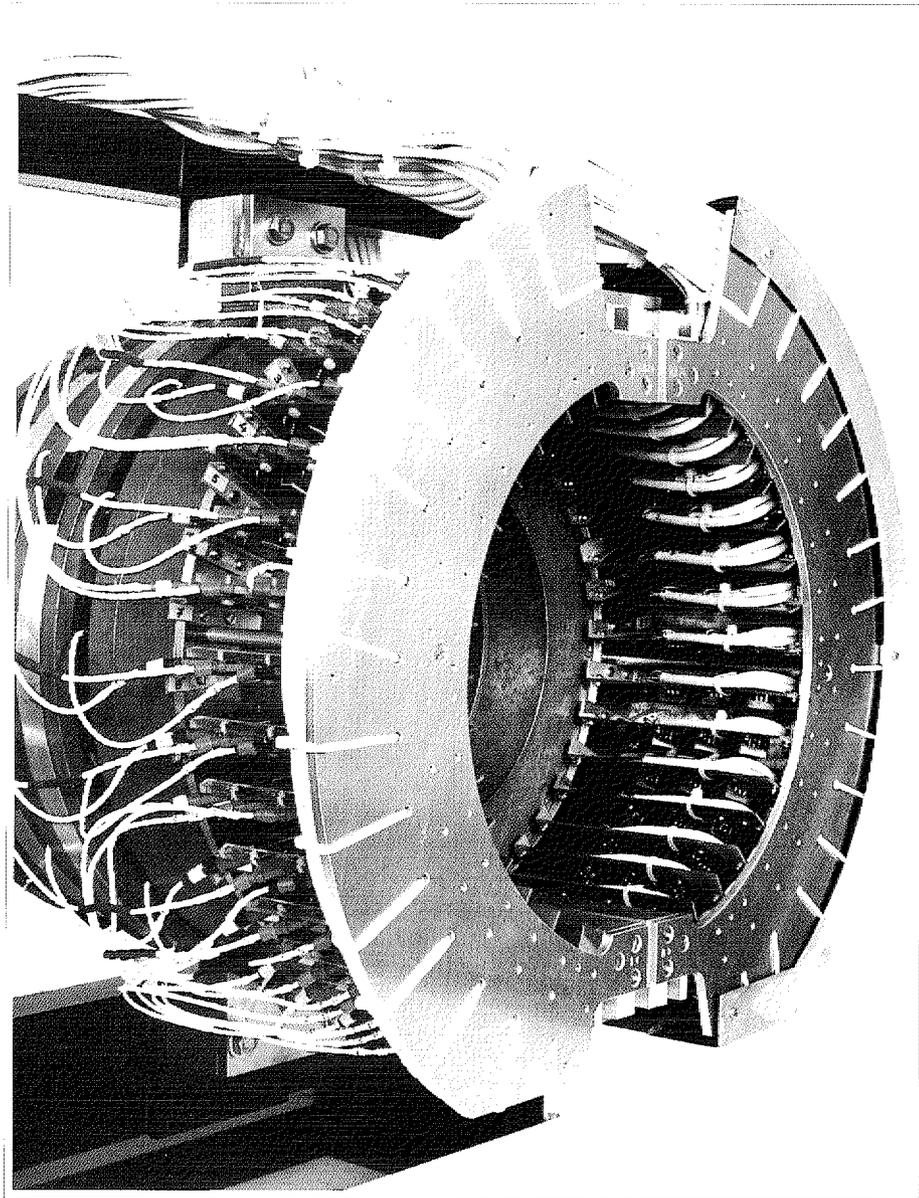


Planche 1 : calorimètre électromagnétique (Active Lead Rings ou ALR) servant de couverture aux petits angles de L3 (photo G. Jacquet)

Recherche du boson de Higgs dans la collaboration L3

Higgs boson search in the L3 collaboration

J.P. Burq, M. Chemarin, P. Depasse, H. El Mamouni, J.P. Ernenwein, J. Fay, B. Ille, P. Lebrun, N. Madjar, J.P. Martin, G. Maurelli, M. Reynaud, P. Sahuc et collaborateurs.

Collaboration L3.

We are searching for the neutral Higgs boson with mass larger than 30 GeV through the process $Z^0 \rightarrow H^0 e^+ e^-$. We used the data collected at LEP with the L3 detector from 1991 to 1994 corresponding to 3.05 million hadronic Z^0 decays. In this leptonic channel, 2 events passed our filter. They are consistent with the expected rate of the 4-fermions background. The combined result of all the studied channels led to a lower limit of 60.2 GeV for the standard neutral Higgs boson mass at 95% confidence level. We are also searching for the supersymmetric lightest Higgs boson h^0 in the mass range 0-60 GeV through the bremsstrahlung process. The number of events that passed our filter is consistent with the expected background. This search led us to put an upper limit on the value of $\sin^2(\beta - \alpha)$. We finally performed a preliminary study for the search of the neutral Higgs boson at LEP2 in the channel $H^0 e^+ e^-$ for H^0 masses of 70, 80 and 90 GeV.

1. Recherche du boson de Higgs neutre de haute masse dans L3

Dans le Modèle Standard Minimal des interactions électrofaibles, le boson de Higgs permet de conférer une masse aux bosons W^\pm et Z^0 . Ce boson de Higgs est considéré pour le moment comme un chaînon manquant du Modèle Electrofaible. Dans le cadre de ce modèle, tous les couplages du boson de Higgs, soit aux bosons vectoriels, soit aux fermions sont prédits. Par contre, la valeur de sa masse ne peut pas être prédite. Si cette masse est inférieure à celle du Z^0 , le boson de Higgs devrait être produit à LEP par le processus de bremsstrahlung de Bjorken, $e^+ e^- \rightarrow Z^0 \rightarrow H^0 + Z^{0*} \rightarrow H^0 f\bar{f}$.

Nous faisons actuellement une recherche du boson de Higgs par l'étude du processus $Z^0 \rightarrow H^0 e^+ e^-$ dans une gamme de masse supérieure à 30 GeV^[1].

Dans cette gamme, la désintégration du boson de Higgs devrait se faire principalement en $b\bar{b}$. La signature d'un tel processus consiste en une paire d'électrons isolés accompagnée de jets.

Les bruits de fond attendus sont essentiellement le $b\bar{b} \rightarrow e^+ e^- X$ et le 4-fermions $e^+ e^- \rightarrow e^+ e^- q\bar{q}$, fond

irréductible que nous avons particulièrement étudié.

La bonne résolution en énergie du détecteur électromagnétique en BGO de L3 nous permet d'obtenir une bonne résolution en masse manquante mesurée à partir de la paire d'électrons (1,8 % à 40 GeV, 0,5 % à 70 GeV).

Notre filtre, principalement basé sur les caractéristiques de la paire d'électrons, nous permet d'obtenir une efficacité de détection de 40 % à 60 GeV en rejetant totalement le fond hadronique ; toutefois subsiste le fond irréductible 4-fermions.

L'ensemble des données du détecteur L3 accumulées de 1991 à 1994 a été analysé et correspond à 3,05 millions de désintégrations hadroniques du Z^0 . Nous avons trouvé deux candidats, l'un à $31,4 \pm 1,5$ GeV, l'autre à $67,6 \pm 0,7$ GeV. Leur interprétation est compatible avec un fond irréductible attendu 4-fermions $e^+ e^- \rightarrow e^+ e^- q\bar{q}$ de $3,0 \pm 0,7$ événements.

Utilisant l'ensemble des canaux Higgs qui ont été étudiés ($H^0 e^+ e^-$, $H^0 \mu^+ \mu^-$, $H^0 \nu\bar{\nu}$), nous avons obtenu une limite inférieure de masse pour le boson de Higgs standard de 60,2 GeV à 95 % de niveau de confiance.^[2]

Cette limite est représentée sur la figure 1.

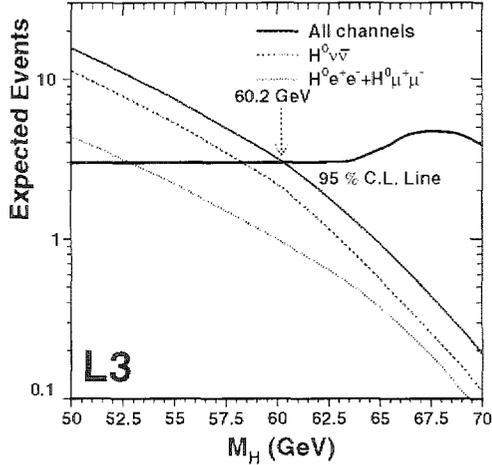


Figure 1 : Nombre d'événements Higgs attendus dans les différents canaux étudiés. La ligne à 95 % de niveau de confiance est aussi tracée et la limite en masse de Higgs atteinte de 60,2 GeV est montrée par une flèche. La ligne de réjection à 95 % de niveau de confiance obtenue uniquement par les canaux leptoniques chargés est montrée en pointillés.

2. Recherche du boson de Higgs dans les cadres Non-Minimal et Supersymétrique Minimal

La recherche, dans le cadre du Modèle Standard Minimal, du boson de Higgs produit par le processus de bremsstrahlung $Z^0 \rightarrow H^0 e^+e^-$ peut aussi être appliquée au boson de Higgs "scalaire" (CP=+1) neutre h^0 de tout modèle non minimal^[3].

Il est alors nécessaire de prendre en compte un facteur qui dépend du modèle choisi, correspondant à la réduction du taux de production par rapport à celle du boson de Higgs du Modèle Standard Minimal H_{MSM} :

$$\xi^2 = \frac{\Gamma(e^+e^- \rightarrow hZ^*)}{\Gamma(e^+e^- \rightarrow H_{MSM}Z^*)}$$

Si l'on considère alors un modèle à deux doublets, l'un se couple aux quarks de type "down" et aux leptons chargés, alors que l'autre ne se couple qu'aux quarks de type "up".

Le rapport v_2/v_1 des valeurs moyennes développées dans le vide par les composantes neutres des deux doublets de Higgs est appelé $tg\beta$.

Dans le cas particulier du Modèle SuperSymétrique Minimal (MSSM), nous avons : $\xi^2 = \sin^2(\beta - \alpha)$,

où α est l'angle de mélange du secteur Higgs "scalaire" (CP=+1) neutre.

En effectuant une recherche du h^0 dans toute la gamme de masse, c'est à dire entre 0 et 60 GeV, tout en restant le plus inclusif possible quant aux possibles produits de désintégration de h^0 , on mettra progressivement une limite supérieure sur la valeur de ξ^2 .

Utilisant les données prises jusqu'à fin 1994, nous n'avons pas trouvé d'indication de l'existence de boson de Higgs h^0 . Le nombre d'événements qui ont passé la sélection est compatible avec le fond attendu. Rassemblant nos résultats issus du canal he^+e^- avec ceux des autres canaux étudiés ($h\nu\bar{\nu}$ et $h\mu^+\mu^-$), nous avons mis une limite supérieure sur la valeur de $\sin^2(\beta - \alpha)$ d'environ 0,02 pour des masses de boson de Higgs h^0 jusqu'à 30 GeV. Cette limite est représentée sur la figure 2.

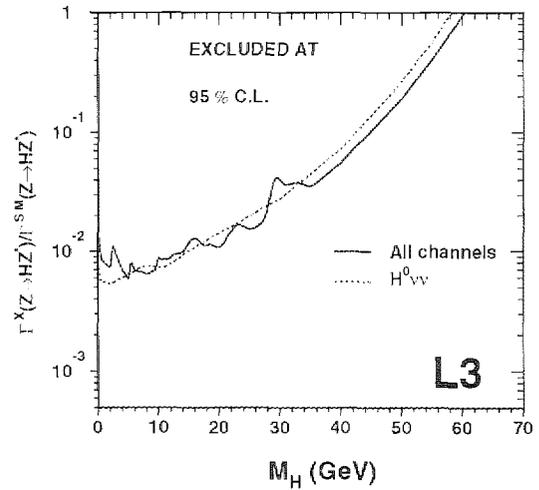


Figure 2 : Limite obtenue sur le rapport de la section efficace de production par bremsstrahlung du boson de Higgs du modèle à deux doublets, sur celle du boson de Higgs standard.

3. Étude préparatoire sur la recherche du boson de Higgs Standard à LEP2

Nous avons commencé à étudier le potentiel de découverte de LEP2 pour le canal $H^0 e^+e^-$ (pour des énergies dans le centre de masse de 175, 190 et 205 GeV) en élaborant des algorithmes permettant une première estimation des difficultés^[4].

Nous avons effectué un ensemble de générations, de simulations et de reconstructions dans le détecteur

L3, d'événements Monte-Carlo Higgs de 70, 80 et 90 GeV ainsi que du fond associé.

A LEP2 pour le processus $e^+e^- \rightarrow Z^* \rightarrow Z H^0 \rightarrow e^+e^- H^0$, la paire d'électrons est produite à partir d'un Z réel (et non plus d'un Z virtuel comme à LEP1). Ceci nous permet donc de mettre une contrainte très forte sur la masse invariante de la paire d'électrons.

La distribution en masse pour un boson de Higgs de 80 GeV est montrée dans la figure 3.

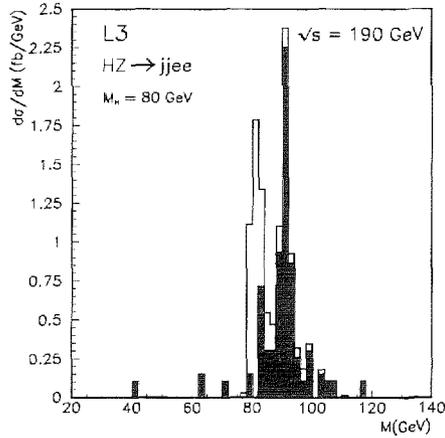


Figure 3 : Comparaison des distributions en masse d'un boson de Higgs de 80 GeV (en clair) et du fond principal attendu (en sombre).

Un algorithme de première génération^[5] nous a permis d'atteindre pour la voie $H^0 e^+e^-$, avec une hypothèse de luminosité intégrée de 1000 pb^{-1} , un rapport signal sur bruit de 18,1 à 70 GeV, 7,2 à 80 GeV et 1,4 à 90 GeV.

Références

- [1] O. Adriani et al., L3 Collab., Phys. Lett. B 303 (1993) 391.
- [2] "Search for Neutral Higgs bosons production, through the process $Z \rightarrow Z^* H^0$ ". O. Adriani et al., L3 Collab., CERN preprint CERN-PPE/95 in preparation, L3 Internal Note 1800, 7 July 1995. Contributions à la conférence EPS, Bruxelles, 27 juillet-2 août 1995, et à la conférence Lepton-Photon, Pekin, 7-12 août 1995.
- [3] O. Adriani et al., L3 Collab., Z. Phys., C 57 (1993) 355.
- [4] The Workshop on Physics at LEP2. "Interim Report on the Physics Motivations for an Energy Upgrade of LEP2", CERN preprint CERN-PPE/95-78, June 1995.
- [5] "Higgs Search with the L3 experiment at LEP2". L3 Internal Note 1842, November 95.

Installation d'un nouveau détecteur dans L3 pour la physique à LEP2

Installation of an upgraded forward tagger in the L3 experiment for LEP2

M. Chemarin, P. Depasse, H. El Mamouni, J. Fay, B. Ille, P. Lebrun, J.C. Mabo, N. Madjar, J.P. Martin, G. Maurelli, M. Reynaud, P. Sahuc et collaborateurs.

Collaboration IPN-Lyon, Université de Genève, ETH-Zurich.

To improve the detector hermeticity at LEP2 and measure low Q^2 for two-photon physics, our group built, tested and installed at the beginning of 1995 a new lead-scintillator electromagnetic calorimeter (ALR+). This detector improves the previous one (ALR) by extending the angular coverage down to 3.9° , and introducing a polar (θ) angle measurement and a trigger capability.

Un nouveau détecteur électromagnétique (nommé ALR+) a été installé dans le détecteur L3. Il est formé de deux calorimètres plomb-scintillateur placés de part et d'autre du point d'interaction, en remplacement de ceux construits en 1992 (ALR, voir rapport d'activité 1992-93 et photographie de la planche couleur 1). Ils couvrent les parties angulaires avant et arrière entre le détecteur de luminosité et le détecteur électromagnétique bouchon à cristaux de BGO.

En 1991, des anneaux de plomb furent installés pour protéger le détecteur central TEC du bruit de fond des particules en provenance du faisceau. Puis en 1992 l'ensemble a été instrumenté, principalement pour servir de veto utilisé dans le cas de l'analyse en photon unique, $\nu\bar{\nu}\gamma$ (voir précédent rapport). L'ancien détecteur comportait une segmentation azimutale (en ϕ), réalisée par 3 couches de scintillateurs d'épaisseur 10 mm, insérées entre des couches de conversion en plomb. Les scintillateurs, de forme trapézoïdale, étaient lus sur la tranche externe par 2 photodiodes de dimension $10 \times 20 \text{ mm}^2$. Chaque scintillateur sous-tendait un angle de $22,5^\circ$, et, comme les couches successives étaient tournées d'un tiers de leur largeur, la segmentation effective était de $7,5^\circ$. Le nombre total de canaux était de 96.

Deux motivations principales ont conduit à la nécessité d'une amélioration du détecteur :

- L'augmentation de l'herméticité, c'est-à-dire de

la couverture angulaire. Ceci est important à LEP2 pour les recherches de nouvelles particules et la physique du photon unique. En particulier, le trou existant entre le détecteur de luminosité et les ALR (de $3,9^\circ$ à $4,5^\circ$) a été comblé. En ce qui concerne le signal $\nu\bar{\nu}\gamma$, les événements Bhabha radiatifs $e^+e^-\gamma$ à bas Q^2 dans lesquels les deux électrons disparaissent, l'un dans le tube à vide, l'autre dans les parties non instrumentées, étaient la contribution principale au bruit de fond. Cette contribution a été supprimée par la nouvelle construction.

- L'extension de la gamme en Q^2 des mesures des fonctions de structure du photon F_2^{γ} . A LEP1, ces mesures utilisaient les données du détecteur de luminosité. L'ajout d'une mesure en θ en provenance des ALR+, permettra d'étendre la gamme de 20 à 100 GeV^2 . Ceci est rendu possible par l'addition d'une segmentation θ , absente de la version initiale des ALR.

Du fait de sa couverture angulaire très proche du faisceau, ce nouvel appareillage servira en outre de moniteur de bruit de fond lorsque les conditions de faisceau de la machine seront instables, le détecteur de luminosité n'étant mis en place, lors du "setting up" des faisceaux, que lorsque les conditions de faisceau sont bonnes.

En plus de la segmentation θ , a été installé un déclenchement rapide permettant l'acquisition des données sur des événements comprenant au moins un élec-

tron à bas angle, très utile pour la physique à 2 photons. La possibilité de recueillir des événements Bhabha s'avère également très précieuse pour la calibration du détecteur.

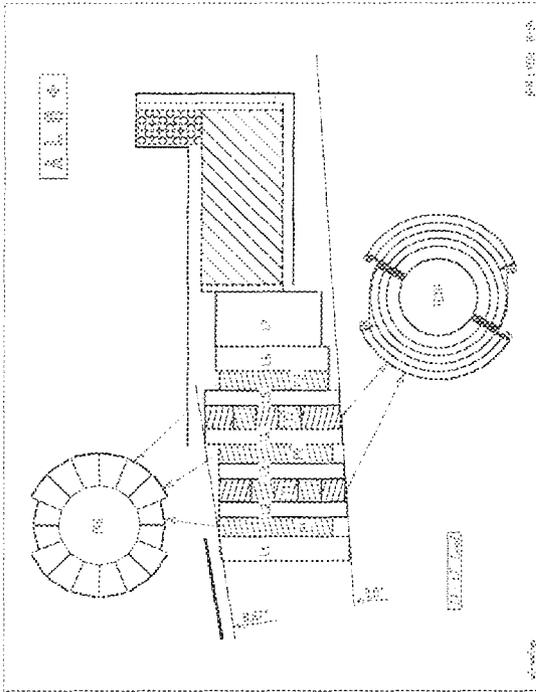


Figure 1 : Vue d'ensemble des ALR montrant la segmentation des couches radialement et en azimut (θ et ϕ).

Tout en ajoutant une segmentation θ et un déclenchement, le nouveau détecteur conserve l'ancienne configuration, dont on résume ici les caractéristiques principales :

- un faible bruit, autour de 0,5 MeV, ce qui donne au détecteur une bonne efficacité de veto,
- une bonne sensibilité aux particules au minimum d'ionisation qui peuvent être correctement identifiées et fournir une calibration utile,
- une bonne identification électron jusqu'à des limites inférieures en énergie de quelques GeV,
- une résolution azimutale ϕ d'environ $1,3^\circ$ pour les électrons, par reconstruction du centre de gravité de l'énergie déposée,
- une résolution en énergie de 12 %, due principalement aux fluctuations statistiques, en accord avec

les simulations Monte Carlo.

La segmentation θ est réalisée par l'addition de 2 couches supplémentaires de scintillateurs, de 14,7 mm d'épaisseur, de forme semi-circulaire, lus par photodiodes aux deux extrémités (voir figure 1). De tels éléments ont été testés avec succès avec des muons^[1]. Le rendement lumineux observé est toujours supérieur à 1000 électrons par MeV et varie peu avec la position. La division du scintillateur en cinq anneaux concentriques permet d'obtenir une résolution $\delta\theta \sim 0,2^\circ$. Les deux couches longitudinales sont décalées pour couvrir les espaces morts introduits par les photodiodes. La couverture en θ a été étendue pour supprimer toute zone morte, en particulier l'angle minimum a été réduit de $4,5^\circ$ à $3,9^\circ$. Le nombre total de canaux supplémentaires est 40 pour chaque détecteur de chaque côté du point d'interaction, ce qui conduit à un nombre de canaux de 176 au total.

Après un préamplificateur de charge situé près du détecteur, les signaux sont transmis à des cartes électroniques situées près du détecteur de luminosité. Le signal est divisé en deux parties, une en direction de la conversion digitale, l'autre, après sommation par groupes de trois canaux, vers la voie déclenchement. La partie digitalisation est identique à celle utilisée par la lecture du calorimètre BGO et permet une lecture avec une grande dynamique, l'énergie déposée dans chaque élément pouvant varier de 2 MeV pour une particule au minimum d'ionisation à plusieurs GeV pour un électron de haute énergie.

Le détecteur a été installé en début d'année 1995 et est opérationnel depuis le mois de juin. L'ensemble du logiciel associé (contrôle et analyse) est progressivement mis au point et doit être complètement terminé pour la période de prise de données en 1996. Ce travail est le fruit d'une collaboration avec différents laboratoires, principalement l'université de Genève.

Référence

[1] M. Chemarin et al., NIM in PR, A 349 (1994) 345.

Physique du quark b dans DELPHI à LEP 100

Quark b physics in DELPHI at LEP 100

P. Antilogus^(a), D. Bertini, L. Chaussard, J.D. Durand, I. Laktineh, L. Mirabito, G. Smadja, P. Vincent^(b), F. Zach et collaborateurs.

Collaboration DELPHI. ^(a)Actuellement boursier CERN, ^(b)actuellement Maître de Conférence à Paris VI.

The Delphi team is involved in three different aspects of the b-quark physics at LEP : the electroweak asymmetries, the production and decay of b-baryons and the investigation of the lifetime and oscillation properties of the B_s meson.

1. Asymétrie électrofaible du quark b

Les couplages a_b et V_b de ce quark au boson Z^0 sont déterminés par la mesure de l'asymétrie angulaire A_{FB} dans la production des paires $b\bar{b}$. La distribution des leptons de désintégration semi leptonique $b \rightarrow c\ell\nu$ en conserve la trace et permet d'accéder à $A_{FB}^b = 3/4 A_e A_b$ avec $A_i = 2 a_i V_i / (|a_i|^2 + |V_i|^2)$. L'étude déjà décrite dans le précédent rapport d'activité s'est poursuivie, avec une amélioration notable de la précision.

Les mesures les plus récentes ont été soumises à la conférence de Bruxelles (juillet 1995) ; $A_{FB}^b = 0,102 \pm 0,010 \pm 0,004 \pm 0,002$. Les résultats des quatre expériences LEP sont en accord et constituent l'une des données les plus contraignantes dans la détermination de $\sin^2 \theta_w$.

2. D_s, B_s et l'oscillation des mésons B

L'étude du méson D_s, permet d'accéder aux propriétés du méson B_s. Le temps de vie du mélange (B_s, B_d) dans les états finals D_s a été déterminé $\tau_{B_d, B_s} = 1,61 \pm 0,29 \pm 0,17$ ps. La distribution de la distance de vol qui fournit ce résultat est montrée figure 1. Le rapport de branchement des voies $K^+ K^-$ et $\varphi\pi$ a également été mesuré.

Pour la première fois à LEP, la désintégration D_s $\rightarrow \pi\pi\pi$ a été mise en évidence, en tirant parti du compteur Cerenkov à anneaux (RICH) de Delphi.

L'oscillation du B_d a été mesurée à l'aide des paramètres d'impacts des événements dileptons et l'article

correspondant est en cours d'achèvement. Nous tentons également de détecter l'oscillation des B_s à l'aide des mésons D_s.

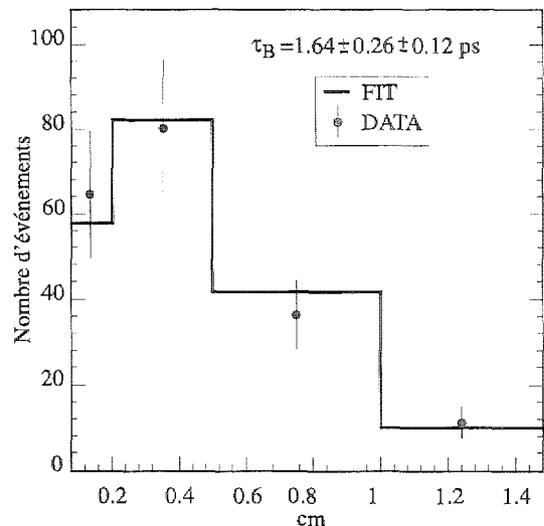


Figure 1

3. Production du Λ_c

La production inclusive du Λ_c (2285) a été mesurée dans la voie $p K^- \pi^+$ (voir le travail de thèse de P. Vincent), mais avec une petite partie des données disponibles aujourd'hui. La figure 2 montre le spectre $p K^- \pi^+$ avec le signal Λ_c sur l'ensemble des données 1991-1994. La section efficace de production est obtenue en utilisant les ressources de l'appareillage Delphi pour l'identification des protons et des kaons. L'étude

s'étendra ensuite aux propriétés de la désintégration semi leptonique des Λ_b .

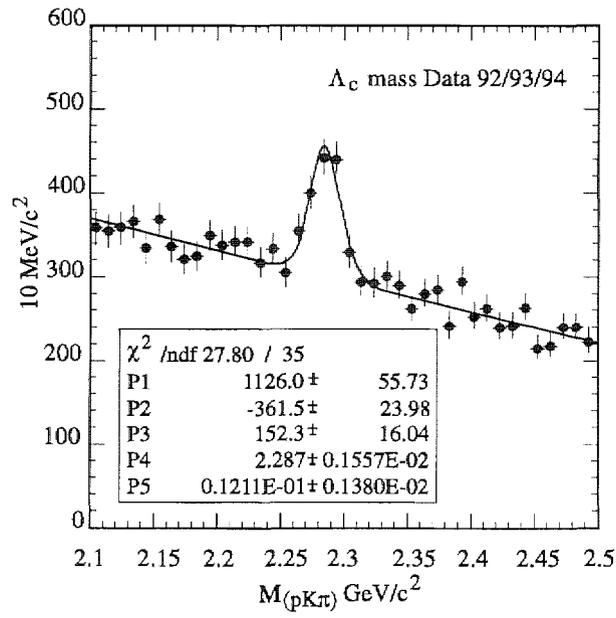


Figure 2

Calorimétrie électromagnétique pour CMS - Programme RD18

Electromagnetic calorimetry for CMS - RD18 program

Y. Benhammou, J.P. Burq, M. Chemarin, P. Depasse, H. Elmamouni, J. Fay, M. Goyot, B. Ille, D. Kryn, P. Lebrun, N. Madjar, F. Martin, J.P. Martin, G. Maurelli, Y. Moussienko^(a), M. Reynaud, P. Sahuc, D. Si Mohand, J.P. Walder et collaborateurs.

Collaboration CMS, collaboration avec le service électronique du laboratoire. ^(a)INR Moscow (Russie).

The RD18 collaboration is involved in the development of a new scintillator calorimeter for LHC, namely based on the use of CeF₃ or PbWO₄ crystals. A 18 crystal CeF₃ matrix (in 1994) and a 36 crystal PbWO₄ matrix (in 1995) have been tested with CERN beams (H4 and X3). IPNL emphasis was put on measurements of crystal light yields, PIN photodiodes and avalanche photodiode performances. Emphasis was also put on the electronic chain behind the photosensors : fast shaping amplifiers, compressors and fast ADCs.

Dans le cadre du projet LHC au CERN, la conception d'un calorimètre électromagnétique de haute résolution, devant travailler dans un environnement très contraignant, constitue le programme de plusieurs collaborations. La collaboration RD18 est chargée d'étudier de nouveaux cristaux susceptibles de constituer un calorimètre performant, compact, rapide et insensible aux radiations. Fin 1994, la collaboration CMS a décidé de privilégier un calorimètre à cristaux de PbWO₄.

En 1994-95 notre activité sur les cristaux s'est donc intensément poursuivie. Elle a porté sur les rubriques suivantes.

1. Etude de cristaux CeF₃ et PbWO₄

En 1994, nos efforts se sont portés sur l'étude détaillée de la résolution en énergie et en position d'une matrice de 18 cristaux de CeF₃ (matrice 3x3 pointante, divisée en deux blocs, longueur totale : 25 X₀). Cette matrice a été installée dans les faisceaux X3 et H4 du SPS du CERN et a été soumise à des faisceaux d'électrons, de pions et de muons ayant une énergie comprise entre 4 et 225 GeV^[1]. Les photosenseurs utilisés étaient des photodiodes PIN. Pour des électrons de 50 GeV, nous sommes parvenus à extraire une résolution en énergie inférieure à 0,5 pour cent et une résolution en position inférieure à 15 mrad^[2].

Le CeF₃ aurait donc pu convenir parfaitement à CMS si des problèmes de fabrication de cristaux de

CeF₃ de grande taille et des problèmes de coûts n'avaient obligé la collaboration CMS à privilégier l'axe PbWO₄, malgré son faible taux de lumière. C'est ainsi que fin 1994, nos efforts se sont réorientés vers l'étude des cristaux de PbWO₄.

En 1995, nous avons participé à de nombreux tests faisceaux au CERN, dans les deux lignes (H4 et X3) prévues pour CMS-ECAL.

Dans un premier temps, nous avons caractérisé le cristal lui-même en mesurant son taux de lumière. Nous l'avons couplé à une photodiode PIN et obtenu, avec une électronique lente, un taux de lumière de 15 à 25 électrons par MeV d'énergie déposée et par cm² de photodétecteur^[3]. Nous avons utilisé de manière indépendante des résultats provenant d'interactions avec des électrons et avec des pions, ceci dans le but de confronter plusieurs méthodologies.

Nous avons ensuite refait la même détermination du taux de lumière en utilisant une électronique rapide (intégration du signal pendant 150 ou 200 ns)^[4]. Nous avons ainsi pu mettre en évidence l'augmentation du bruit électronique, la mesurer et confronter les résultats à ce qui avait été simulé et mesuré en laboratoire ; mais surtout, trouvant un taux de lumière 1,5 à 2 fois plus faible, nous avons pu confirmer la présence d'une composante lente dans la scintillation du PbWO₄, ce qui n'était pas prévu a priori. Il faudra probablement revoir le processus de fabrication des cristaux ou alors

permettre d'intégrer le signal durant une période plus importante pour récupérer davantage de lumière.

Dans une troisième phase, nous avons testé le couplage des cristaux maintenant beaucoup mieux connus aux photodiodes à avalanche, dans diverses configurations (figure 1), pour arriver à extraire un taux de lumière de 8 à 12 électrons par MeV et par cm^2 avec un bruit électronique de l'ordre de 30 MeV (alors qu'il était de l'ordre de 250 MeV avec les photodiodes PIN)^[5].

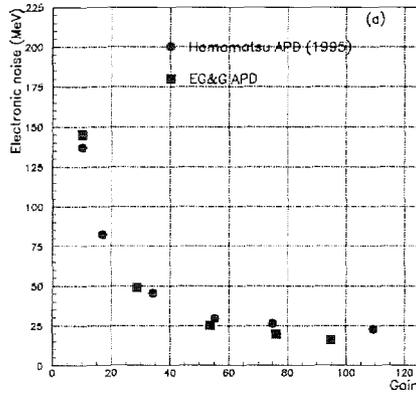


Figure 1 : Bruit électronique vs gain de l'APD.

L'introduction d'un compresseur analogique à quatre pentes et d'un ADC rapide (HI5702 de Harris, technologie CMOS, 10 bits, 40 MHz) nous a rapproché d'une solution finale possible de CMS-ECAL. Le dépouillement des prises de données relatives à cette configuration est en cours actuellement. Nous atteignons petit à petit la vision globale de toute la chaîne d'acquisition, depuis le cristal jusqu'à la récupération du signal sous forme numérique.

L'année qui vient devrait valider les résultats actuels obtenus sur une matrice d'au moins 100 cristaux, en intégrant dans l'électronique d'acquisition le délicat problème du déclenchement.

Dans une vision à moyen terme, notre groupe entame la construction d'un banc de mesure des cristaux de PbWO_4 (en vue d'extraire leurs caractéristiques principales : taux de lumière, forme du signal, uniformité, évolution des paramètres en fonction de la température,...). Ce banc sera également susceptible de caractériser les photosenseurs associés, les photodiodes à avalanche. A terme, l'IPNL pourrait prendre la responsabilité de la validation d'une partie des voies électroniques du calorimètre électromagnétique de CMS.

2. Etude de photosenseurs : les photodiodes à avalanche

Actuellement, les photodiodes sont les meilleures candidates pour une lecture d'éléments scintillants dans LHC, grâce surtout à leur insensibilité aux champs magnétiques élevés. Des photodiodes Hamamatsu et AME ont été caractérisées et utilisées pour la lecture de cristaux de CeF_3 .

Suite à la décision de CMS de recentrer les études vers le PbWO_4 , nous avons commencé à étudier les photodiodes à avalanche (type Hamamatsu ou type EGG). Comme le PbWO_4 est environ 10 fois moins lumineux que le CeF_3 , une simple photodiode ne permet de sortir le signal utile du bruit que pour des énergies trop élevées des particules incidentes. Les photodiodes à avalanche ayant un gain supérieur à l'unité (gain de 20 à 100 typiquement), on compense ainsi la perte de signal lumineux.

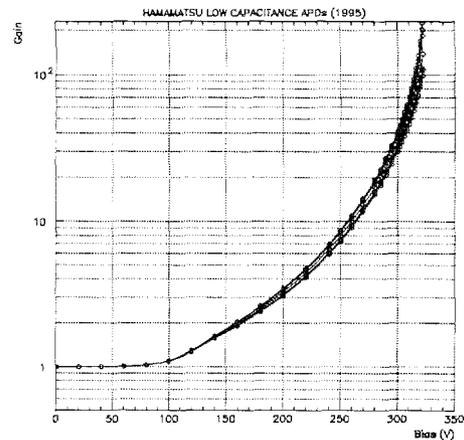


Figure 2 : Evolution du gain de plusieurs APD.

Nous avons étudié et caractérisé ces photodiodes du point de vue du gain (figure 2), de la réponse spectrale, de l'efficacité quantique, du bruit, de la réponse aux particules incidentes se trouvant au minimum d'ionisation. Nous avons également chiffré la grande sensibilité de ces différents paramètres aux fluctuations de la température et de la tension d'alimentation^[6].

Il est important de noter que la technologie de fabrication des photodiodes à avalanche est en plein développement et que nous sommes amenés en cours d'année à tester des prototypes qui peuvent subir de profondes modifications (capacité du circuit, nouveau

profil d'implantation des couches,...).

3. Développement d'une chaîne électronique frontale rapide en vue de LHC

Pour LHC, le laboratoire a réalisé plusieurs prototypes de préamplificateurs rapides ayant un "peaking time" de 15 à 30 ns (voir le rapport du service d'électronique à ce sujet). Ces amplificateurs sont optimisés pour être associés à des photosenseurs présentant une capacité de l'ordre de 25 à 100 pF. En aval de ces préamplificateurs rapides, dans le but de couvrir toute la dynamique du signal et de convertir l'information analogique en information numérique, un compresseur analogique a été testé ainsi qu'un ADC rapide.

Différentes approches technologiques sont envisagées : préamplificateurs de courant en technologie bipolaire, discrets et intégrés, préamplificateurs de courant ASIC (technologie CMOS). Ces prototypes ont équipé des matrices de CeF_3 et PbWO_4 en 1994 et 1995 et sont en concurrence avec des prototypes d'autres laboratoires pour équiper le calorimètre final de CMS.

4. Simulation d'une matrice de cristaux pour les tests. Simulation de la matrice finale de CMS-ECAL

Les matrices ayant été utilisées en 1994 et 1995 dans les tests faisceaux du CERN ont été simulées le plus fidèlement possible afin de comparer les résultats expérimentaux avec les prévisions Monte Carlo. La compréhension globale du dépôt d'énergie dans les cristaux, la validation de la prédiction de la résolution en énergie (figure 3) et de la résolution en position ont pu être mises en évidence. Certains effets fins, difficilement compréhensibles a priori du point de vue expérimental, ont pu être découverts et confirmés.

D'autre part, la conception du détecteur final de CMS retient également notre attention. De nombreux paramètres sont à prendre en considération : critères d'ordre physique en premier lieu, mais aussi critères d'intégration de matériels, de coûts,... Un détecteur électromagnétique formé de cristaux de CeF_3 (version 1994) ainsi qu'un autre formé de cristaux de PbWO_4 (version 1995) ont été simulés. Le but était d'étudier la résolution en énergie et en position, tout en tenant compte du bruit électronique. Cette simulation met

l'accent sur la reconstruction de photons de haute énergie car, dans le cadre de LHC, la recherche d'un boson de Higgs via le processus $H \rightarrow \gamma\gamma$ est d'une importance capitale. La résolution en énergie doit atteindre un objectif défini dans le Technical Proposal de CMS, dans le but de couvrir toute une gamme d'énergie possible pour la masse du Higgs encore non couverte actuellement. L'étalement des points d'interaction ($\sigma \sim 5$ cm) et l'empilement des événements rendent difficile la reconstruction de la masse du Higgs à partir de la paire de photons. Cela nous impose de remonter au vertex primaire des photons avec le plus de précision possible.

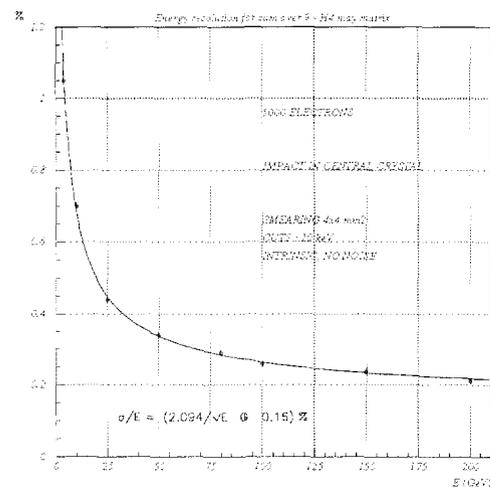


Figure 3 : Evolution de la résolution en énergie.

Références

- [1] "First results on large CeF_3 crystals in a test beam". Contribution to the MRS Spring meeting, San Francisco, April 1994.
- [2] "Performance of a CeF_3 crystal matrix measured in high-energy particle beams". CERN-PPE/95-054, submitted to NIM.
- [3] "Light yield measurement of PbWO_4 crystals". CMS TN/95-089, July 1995.
- [4] "Preliminary light yield measurements of PbWO_4 crystals with fast electronics". CMS TN/95-121, September 1995.
- [5] "Beam test results with fast preamplifiers associated to APDs readout of PbWO_4 crystal". CMS TN/95-122, September 1995.
- [6] "Investigation of avalanche photodiodes for EM calorimeter at LHC". Workshop at Lisbon, August 1995.

Expérience CMS au LHC : développement de détecteurs MSGC

CMS experiment at LHC : MSGC detector development

J.F. Clergeau, D. Contardo, R. Haroutunian, L. Mirabito, G. Smadja et collaborateurs.

Collaboration RD28 / Collaboration CMS.

The program goal is to develop proportional gas counters suitable for the central tracker of the Compact Muon Solenoid proposed at LHC. The laboratory is involved in the design and production of two variants of detectors : the Micro-Strip Gas Chamber is a simple design for one-dimensional read-out, the Micro-Gap Chamber is a multi-layer device allowing a two-dimensional read-out. The laboratory also contributes to an adaptation of the read-out electronics using the DMILL radiation-hard technology.

Les détecteurs MSGC ou MGC sont des compteurs proportionnels à gaz où les électrodes sont des pistes métalliques gravées à l'échelle du micron sur un substrat résistif^[1] (figure 1). La granularité obtenue permet aux compteurs de mesurer un flux de 10^6 particules par seconde et par mm^2 avec une résolution spatiale inférieure à $50 \mu\text{m}$.

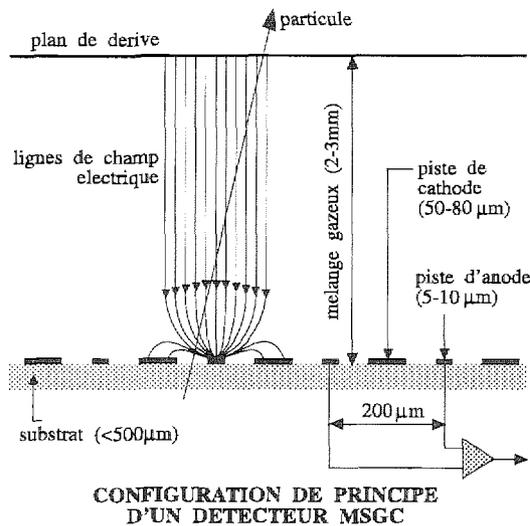


Figure 1

La réalisation des détecteurs fait appel aux technologies utilisées en micro-électronique. Le premier objectif du programme de R&D est de déterminer le meilleur procédé de fabrication industriel permettant de satisfaire les exigences de performance et de fiabilité à long terme pour l'utilisation des compteurs au LHC. Le second objectif est la réalisation d'une électronique de lecture adaptée.

1. Détecteurs MSGC

Une série de prototypes de MSGC a été réalisée

pour l'IPN à l'usine SGS-Thomson de Rennes. Les plaquettes produites, longues de 10 cm, comportent 256 anodes au pas de $200 \mu\text{m}$. Les pistes en aluminium sont gravées sur un substrat de silicium préalablement couvert d'une couche isolante de silice de $3,5 \mu\text{m}$ d'épaisseur. La conception et le montage mécanique des détecteurs sont effectués par le bureau d'études et l'atelier de mécanique de l'IPN^[2]. Les prototypes sont en cours d'évaluation. A la mise en tension des cathodes, la haute résistivité de la silice entraîne un phénomène lent de polarisation du substrat qui se traduit par un affaiblissement du gain des compteurs jusqu'à stabilisation après quelques heures. Plusieurs solutions ont été proposées pour minimiser cet effet. Elles consistent essentiellement à modifier la résistivité de surface des substrats, soit par dépôt d'une couche moins isolante que la silice, soit par implantation ionique. Dans le premier cas, des résultats satisfaisants ont par exemple été obtenus avec du diamant. L'implantation d'ions Fe, utilisant les installations disponibles à l'IPN, est en cours d'étude. Il s'agit dans un premier temps d'établir les conditions, énergie et taux d'implantation, permettant d'obtenir la résistance anode-cathode souhaitée. Le test de performance des compteurs après implantation finale est en cours.

2. Détecteurs MGC

Dans un détecteur MGC les pistes d'anode et de cathode sont gravées sur deux niveaux, séparés par une couche intermédiaire isolante de polyimide localisée sous les anodes. Les pistes de cathode peuvent ainsi croiser les pistes d'anode avec un angle de quelques milliradians. La lecture complémentaire des signaux induits sur cathodes et anodes permet alors de déterminer les coordonnées de passage d'une particule dans les

deux directions définies par le plan du substrat. Par ailleurs, la distance anode-cathode est réduite aux quelques microns d'épaisseur du polyimide, évitant le problème de résistivité du substrat mentionné précédemment. Le procédé de fabrication est toutefois plus complexe et plus onéreux que pour les MSGC. L'équivalence des performances est encore à établir.

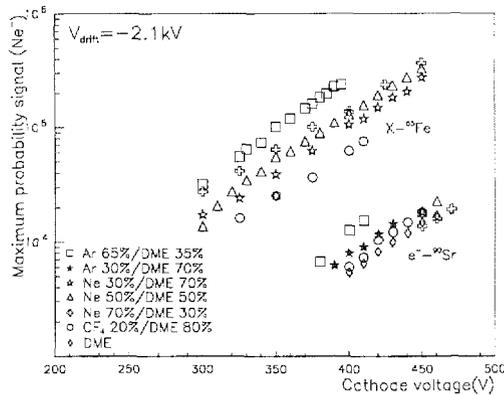


Figure 2

Une série de prototypes a été réalisée pour l'IPN à l'usine IBM de Corbeil-Essonnes. Les plaquettes sont similaires en dimensions et matériaux aux MSGC de SGS-Thomson. Le test de performance des compteurs a été effectué à l'IPN. Le signal mesuré à l'extrémité des anodes montre que le gain d'avalanche des compteurs est satisfaisant (figure 2). 10 % des pistes d'anode subissent néanmoins une coupure ou un court-circuit avec une cathode avant d'atteindre une tension de fonctionnement de -400 V. L'objectif fixé pour obtenir un signal satisfaisant est un fonctionnement courant à -450 V. Les premiers essais de mesure du signal induit sur les cathodes indiquent que la capacité de ces pistes ramenée à l'entrée du préamplificateur est trop élevée. Pour résoudre les deux problèmes évoqués, un nouveau procédé de fabrication et une nouvelle géométrie des pistes ont été déterminés en collaboration avec IBM. Les prochains prototypes livrés en 1996, permettront une évaluation définitive de cette technologie, pour la mesure bi-dimensionnelle.

3. Circuit électronique de lecture

Un circuit électronique de lecture (ASIC) comprenant les différentes fonctionnalités pour l'application CMS a été développé par la collaboration RD20 au CERN. Différentes technologies de fabrication durcies aux radiations peuvent être envisagées. L'IPN collabore avec le CRN de Strasbourg et le CEA à une réalisation utilisant la technologie DMILL^[3]. Les caractéristiques du circuit original sont prévues pour une utilisation avec des détecteurs silicium à micro-pistes. L'adaptation aux détecteurs MSGC ou MGC fait l'objet d'une étude spécifique à l'IPN.

Le processeur du circuit doit être capable de transmettre une amplitude par voie de détection, significative du passage ou non d'une particule associée au croisement de faisceaux qui a déclenché l'acquisition. Les tests réalisés sur faisceau avec des MSGC et MGC équipées de préamplificateurs RD20 ont permis d'évaluer l'efficacité de divers algorithmes de traitement en fonction du nombre de croisements de faisceaux qui seront réellement observés dans l'ensemble des détecteurs^[4]. Deux options sont retenues pour la mise en œuvre d'un circuit électronique : pondération ou sélection de forme utilisant trois échantillons de l'impulsion de sortie des préamplificateurs. Un circuit réalisant la sélection de forme, identification du maximum de l'impulsion, a été réalisé à l'IPN et doit être livré au début de l'année 1996^[3]. Par ailleurs, la performance du traitement des impulsions dépend de la mise en forme du signal. Cet aspect est étudié par simulation et un circuit de préamplification avec une mise en forme plus étroite que celle du RD20 a été réalisé à l'IPN. Il est en cours d'évaluation^[3].

Références

- [1] D. Contardo, Lettre des Départements Scientifiques du CNRS n°13, 1993.
- [2] Service mécanique de l'IPN, dans ce rapport.
- [3] Service électronique de l'IPN, dans ce rapport.
- [4] F. Angelini et al., NIM in PR, A 368 (1996) 345.

MATIÈRE HADRONIQUE ET NUCLÉAIRE (13)

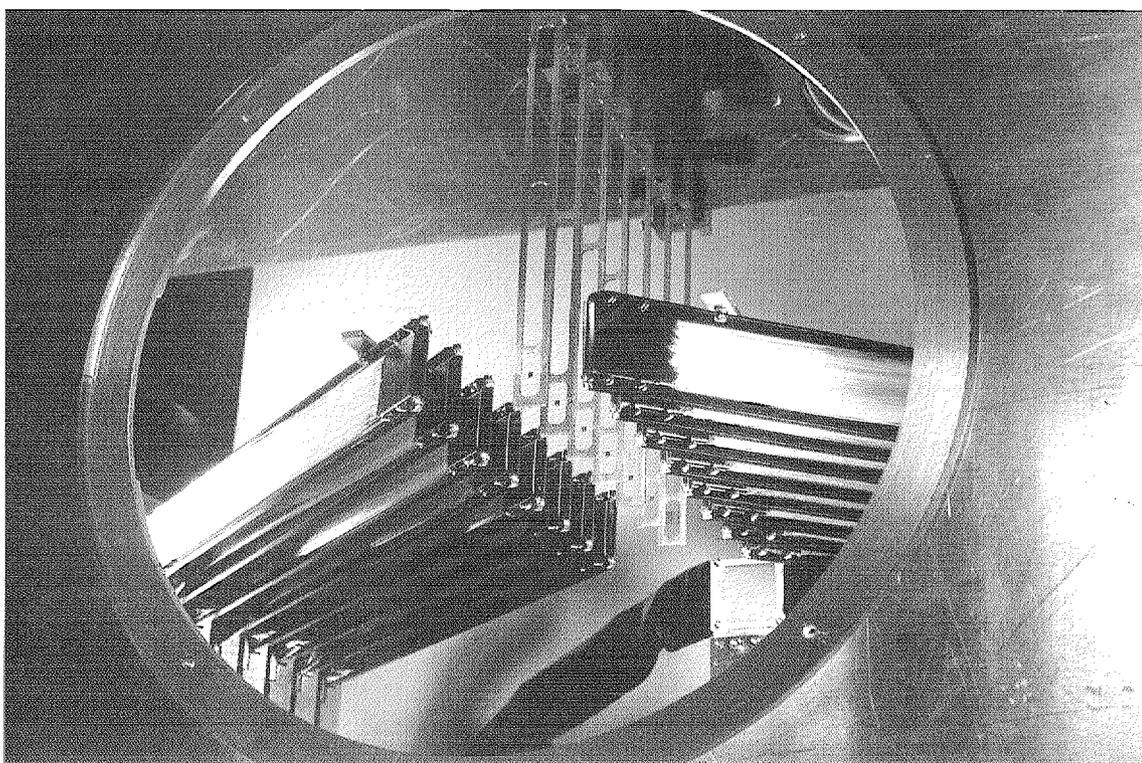


Planche 2 : rangée de ciblettes de NA50 avec, de part et d'autre, le dispositif de repérage de l'élément touché (photo G. Jacquet)

Les ions lourds dans CMS

Heavy ions in CMS

M. Bedjidian, D. Contardo, O. Drapier, R. Haroutunian et O. Kodolova^(a).

Collaboration CMS. ^(a) Moscow State University, Institute of Nuclear Physics.

The formation of Quark Gluon Plasma (QGP) in heavy ion collisions is studied at CMS via the suppression of heavy quark resonances detected in the dimuon decay channel. The simulation results show that, thanks to the excellent mass resolution and the large acceptance of the CMS spectrometer, the measurement is possible even at the highest expected multiplicity densities.

Au LHC, la densité d'énergie attendue dans les collisions centrales Pb-Pb, $\epsilon \approx 7 \text{ GeV/fm}^3$, est très supérieure à la valeur théorique nécessaire à la production du plasma de quarks et de gluons (QGP). La suppression des résonances J/ψ , ψ' , Υ' et Υ'' relativement à la résonance Υ , due à l'effet de Debye d'écrantage de couleur, devrait donc être clairement observée^{[1] [2] [3]}.

Nous avons simulé dans le détecteur CMS des collisions Ca-Ca, Nb-Nb et Pb-Pb aux valeurs extrêmes de densité de multiplicité escomptées. Les taux d'occupations dans les détecteurs de traces internes, l'efficacité de reconstruction et les spectres de masse des dimuons ont été calculés.

1. Conditions générales

La table 1 résume les luminosités et les multiplicités de particules chargées produites dans les collisions centrales des divers noyaux. Les deux valeurs de multiplicité correspondent aux limites d'incertitudes. Dans les deux simulations, les distributions en P_T données par le générateur SHAKER^[4] ont été utilisées.

Les sections efficaces de production du J/ψ et des Υ ont été ajustées aux résultats récents de CDF^[5] qui confirment une évolution linéaire jusqu'à l'énergie LHC ($\sqrt{s} = 5,5 \text{ TeV}$ en Pb-Pb). Les valeurs extrapolées pour les ions lourds figurent dans la table 1 pour le J/ψ et l' Υ , la production des résonances $\Upsilon/\Upsilon'/\Upsilon''$ étant dans les rapports 10/3/1.

2. Acceptance

En ce qui concerne la simulation de la réponse du détecteur, un muon de désintégration est accepté quand il atteint au moins deux chambres à muons de CMS. Il en résulte des acceptances totales de 37 % pour la voie $\Upsilon \rightarrow \mu\mu$ et 6 % pour la voie $J/\psi \rightarrow \mu\mu$. Après sélection des muons de $P_T > 3,5 \text{ GeV}/c$, l'acceptance est réduite à 22 % pour les Υ et 0,8 % pour le J/ψ . Dans la région centrale ($|\eta| < 1,5$) l'acceptance pour les Υ reste appréciable ($\sim 20 \%$) tandis qu'elle devient nulle pour le J/ψ .

	Pb-Pb	Nb-Nb	Ca-Ca
$\mathcal{L} (10^{27} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1})$	1	90	2500
$\left(\frac{dn}{dy}\right)_{y=0}$	8000	3000	900
	3000	1250	300
$\text{Br} \frac{d\sigma}{dy} [J/\psi \rightarrow \mu\mu]_{y=0} (\text{mb})$	58	15	3,6
$\text{Br} \frac{d\sigma}{dy} [\Upsilon \rightarrow \mu\mu]_{y=0} (\mu\text{b})$	410	96	21

Table 1 : Luminosités, multiplicités et sections efficaces de productions du J/ψ et de l' Υ attendues au LHC.

3. Taux d'occupation et reconstruction

Le détecteur interne de traces de CMS comprend plusieurs couches de détecteurs en partant de l'axe du faisceau, Si-pixels, Si-strips et MSGC. Les MSGC recouvrent 14 plans dans la région "avant" et sept cylindres dans la partie "centrale". Les taux d'occupation^[6]

pour les interactions centrales Pb-Pb et la plus haute multiplicité varient dans la partie "centrale" de 19 % à 9 % pour les quatre couches de MSGC les plus externes. Ils peuvent atteindre 65 % dans les couches les plus internes. Dans la partie "avant" ces taux peuvent être encore plus élevés. Il en va de même pour les détecteurs Si à strips dont les taux d'occupation varient de 40 % à 60 %. Les deux plans de détecteurs Si à pixels présentent par contre des taux d'occupation de 2 à 4 %.

Un algorithme de reconstruction de traces, utilisant deux chambres à muons, les quatre dernières couches de MSGC, les Si-pixels et la position du vertex, a été développé. En superposant à toutes les particules émises dans une collision centrale Pb-Pb, les traces de μ provenant de la désintégrations de Υ , sa probabilité de reconstruction s'élève respectivement à 56 % ou 86 % suivant l'hypothèse de haute ou basse multiplicité. La résolution en masse après reconstruction des traces est $\sigma_M = 36 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$.

4. Spectres de masse

Les spectres de masse des dimuons de signes opposés, sont tracés sur la figure 1 pour les deux cas extrêmes de multiplicité et pour des collisions intégrées en paramètre d'impact^[7]. Le fond continu contient les contributions de paires non corrélées dues aux désintégrations de π et K, ainsi que celles des désintégrations de particules à beauté et à charme ouverts, introduites avec PYTHIA 5.7 ($\sigma_{b\bar{b}} = 200 \mu\text{b}$ et $\sigma_{c\bar{c}} = 1 \text{ mb}$). La contribution des paires Drell-Yan est négligeable. Les spectres sont obtenus en imposant des sélections angulaires sur les muons de chaque paire, $|\Delta\eta(\mu_1\mu_2)| \leq 1,5$ et $1,4 \leq |\Delta\Phi(\mu_1\mu_2)| \leq 4,8$, afin d'améliorer le rapport signal/bruit qui est estimé dans une fenêtre de 100 MeV centrée sur la masse de Υ .

	Pb-Pb	Nb-Nb	Ca-Ca
$\frac{S(\Upsilon)}{\text{bruit}}$	0,09	0,28	1,45
	0,55	1,40	5,20
N_Υ/mois	91000	$0,9 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^7$

Table 2 : Rapport signal(Υ)/bruit dans les deux cas de multiplicité et nombre d' Υ détectés en un mois de faisceau.

Les rapports présentés dans la table 2 se rapportent aux deux cas extrêmes de multiplicité. Dans cette table figurent également les nombres d' Υ détectés durant un mois de faisceau (rendement 50 %) aux luminosités nominales, compte non tenu des efficacités de reconstruction qui n'ont été calculées que pour des interactions centrales.

5. Conclusion

Les simulations effectuées montrent que le détecteur CMS est bien adapté à l'étude des taux de production des résonances Υ dans les collisions d'ions lourds grâce à :

- une excellente résolution en masse,
- une large acceptance du détecteur.

Les rapports de productions $\frac{\Upsilon'}{\Upsilon}$ et $\frac{\Upsilon''}{\Upsilon}$ peuvent être étudiés en fonction des énergies transverses, neutre ou hadronique, mesurées par les calorimètres de CMS. Ils peuvent aussi être comparés avec ceux obtenus en collision proton-proton.

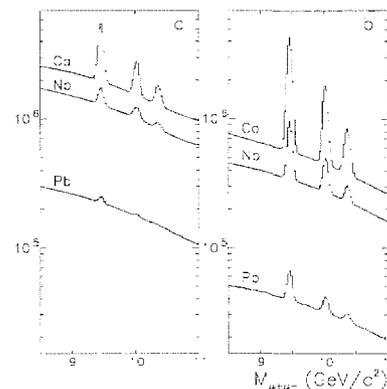


Figure 1 : Spectres de masse des dimuons de signes opposés dans la région des Υ pour la haute (a) et basse (b) multiplicité.

Références

- [1] F. Karsch and H. Satz, CERN-TH 5900/90.
- [2] CMS LOI, CERN/LHCC 92-3, LHCC/I1 1992.
- [3] CMS TP, CERN/LHCC 94-38, LHCC/P1 1994.
- [4] F. Antinori, Internal Note, ALICE/MC 93-09 (1993).
- [5] S. F. Abe et al., CDF Collaboration, Fermilab-Pub-95/271-E.
- [6] O. Kodolova and M. Bedjidian, CMS TN/95-124.
- [7] M. Bedjidian, CMS TN/95-188.

Expérience NA50

NA50 experiment

M. Bedjidian, F. Bellaïche, B. Cheynis, D. Contardo, O. Drapier, J.-Y. Grossiord, A. Guichard, R. Haroutunian, M. Jacquin, F. Malek, J.-R. Pizzi et collaborateurs.

Collaboration NA50 : IPN-Lyon, LAPP-Annecy, IAP-Bucarest, INFN-Cagliari, LPC-Clermont-Ferrand, CERN, LIP-Lisbonne, INR-Moscow, IPN-Orsay, LPNHE-Palaiseau, CRN-Strasbourg, INFN-Turin.

The research of the quark gluon plasma formation (NA50 program) began in November 1994 with the lead beam from the CERN-SPS. The muon pairs emitted from the collisions are measured in correlation with the neutral transverse energy, the charged particle multiplicity and the deposited hadronic energy. A preliminary result shows a clear suppression of the J/ψ production for the central collisions. The target, instrumental contribution of the Lyon group, allowed to sign the vertex of the collisions with a good efficiency (75 %) and a large background rejection.

La recherche du plasma de quarks et de gluons a vu les prises de données débuter au CERN fin 1994 avec le faisceau de plomb du SPS. Les paires de muons sont mesurées avec l'énergie transverse des neutres, la multiplicité des chargées et l'énergie hadronique déposée. Durant cette période, les détecteurs ont été réglés, les sources de bruits évaluées. Pour ce qui concerne la cible, responsabilité du groupe de Lyon (rapport d'activité 92-93 et photographie sur la planche couleur 2), le run a montré un bon fonctionnement du dispositif pour la signature du vertex d'interaction avec un pouvoir de réjection du bruit de fond important.

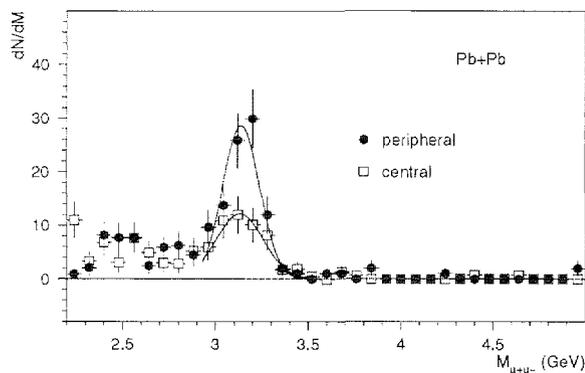


Figure 1

Les premiers résultats concernant la production de la résonance J/ψ dans les collisions Pb-Pb à 160 GeV/nucléon ont été extraits. Les distributions en masse des dimuons pour les collisions "central" et "peripheral" sont montrées figure 1. Elles indiquent nettement

la suppression de la résonance pour les collisions du premier lot par rapport à celles du second.

Outre le travail pour la recherche du vertex, nous avons développé en 1995 un algorithme pour la signature des réinteractions de fragments lourds. En outre, nous avons modifié le dispositif afin d'améliorer la collection de la lumière. La seconde période de mesures, programmée fin 1995, a permis l'enregistrement d'une grande quantité de données. L'efficacité de reconnaissance du vertex a été mesurée à 75 %. Sa dépendance avec l'énergie transverse est montrée figure 2.

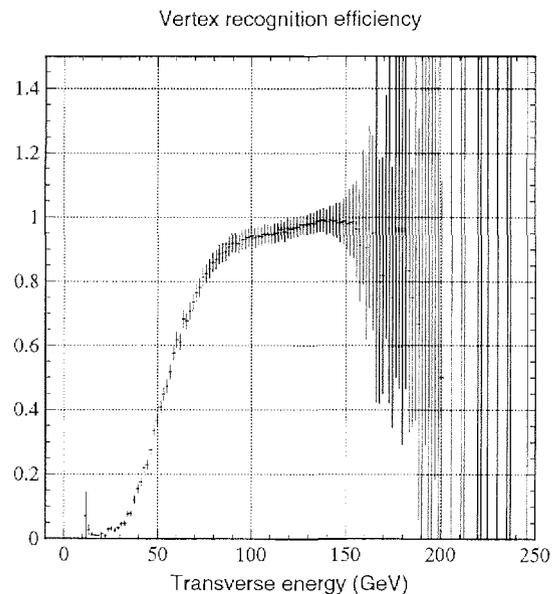


Figure 2

Collisions centrales dans les réactions Ni + Al et Ni + Ni à 28 A.MeV

Central collisions in 28 A.MeV Ni + Al and Ni + Ni reactions

L. Lebreton, D. Benchekroun, E. Bisquer, B. Chambon, B. Cheynis, A. Demeyer, D. Doré, D. Drain, E. Gerlic, D. Guinet, P. Lautesse, C. Pastor, M. Stern, L. Vagneron, C. Vincent-Donnet et collaborateurs.

Collaboration AMPHORA : IPN-Lyon, ISN-Grenoble.

Identification of light charged particles ($Z = 1, 2$ and 3) (for angular range $\theta = 2^\circ$ to $\theta = 164^\circ$) and fragments (for angular range $\theta = 2^\circ$ to $\theta = 38^\circ$) was performed using the AMPHORA multidetector, for the reactions $^{58}\text{Ni}+X$. The aim of this experiment is the study of central collisions, in particular the mode of deexcitation of the compound nucleus. The analysis of the results for the $^{58}\text{Ni} + ^{27}\text{Al}$ and $^{58}\text{Ni} + ^{58}\text{Ni}$ systems shows that this deexcitation is essentially sequential.

Cette expérience a été réalisée en juillet 1992, auprès de l'accélérateur SARA à Grenoble, avec le multidétecteur AMPHORA. Ce système de détection a permis d'identifier les particules de charge 1, 2 et 3 (dans 84 % de 4π), ainsi que les fragments jusqu'à des charges 30, pour les angles compris entre 2° et 38° .

L'analyse des résultats expérimentaux a consisté à isoler les collisions les plus centrales. En prenant en compte la cinématique des réactions ainsi que les caractéristiques d'AMPHORA, la sélection de collisions dissipatives revient à sélectionner les événements quasi-complets en charge, c'est-à-dire les événements pour lesquels la charge totale détectée représente au moins 80 % de la charge totale initiale.

De plus, pour le système Ni + Al, une méthode de reconstitution de source a permis d'affiner cette sélection. Une analyse et une comparaison avec différents modèles, fusion puis émission séquentielle de fragments ou particules légères ("binaire séquentiel : B.S."), collisions inélastiques puis B.S.^[1] [2], fusion puis émission instantanée^[3], ont été réalisées. Ces analyses nous ont permis de conclure à une présence majoritaire de fusion incomplète dans notre lot expérimental. Cette première conclusion justifie a posteriori l'utilisation de la méthode de reconstitution de sources. La désexcitation du noyau composite formé est bien reproduite par le code GEMINI^[2] simulant une émission séquentielle de particules légères ou fragments légers. Une analyse en corrélations azimutales a été également réalisée sur ce

lot expérimental. Les résultats de cette analyse vont également dans le sens d'une émission séquentielle plutôt qu'instantanée, mais la granulométrie d'AMPHORA n'a pas permis une mesure précise du temps d'émission. Le moment angulaire estimé (à l'aide du code MODGAN^[4]) vaut en moyenne $(60 \pm 10) \hbar$, valeur un peu élevée par rapport aux prédictions du modèle fusion + B.S. qui donnait une valeur moyenne de $40 \hbar$. De cette analyse nous avons pu estimer la section efficace totale de fusion :

$$\sigma_{\text{fusion}} = 400 \pm 100 \text{ mbarn} ; \sigma^{\text{tot.}} = 2,4 \text{ barn}$$

Dans le cas de la réaction Ni + Ni, la méthode de reconstitution de source n'a pu être employée. En revanche, nous avons isolé les événements possédant un seul fragment de charge $Z \geq 6$, qui nous semblaient a priori caractéristiques d'une fusion-évaporation. Une analyse comparative avec le modèle de fusion + B.S. a montré de la même manière que ce mécanisme était majoritaire pour ces événements. Ceci nous a permis d'estimer une section efficace totale de fusion :

$$\sigma_{\text{fusion}} = 350 \pm 50 \text{ mbarn} ; \sigma^{\text{tot.}} = 2,8 \text{ barn}$$

Dans le cas de Ni + Ni, l'analyse en corrélations azimutales nous a conduit à estimer un moment angulaire moyen de $(80 \pm 20) \hbar$ pour le noyau composite. Cette valeur est très élevée, mais nous avons mis en évidence un biais expérimental expliquant la sélection d'événements de fort moment angulaire lorsque nous exigeons la présence d'un seul fragment.

Pour les deux systèmes, la présence de fusion incomplète, suivie d'une émission séquentielle de fragments légers ou particules légères, a été mise en évidence. Néanmoins, pour Ni + Ni, nous ne pouvons exclure l'existence d'une faible section efficace de multifragmentation. Nous continuons actuellement les analyses afin de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

Références

- [1] Annick Llères, communication privée.
- [2] R.J. Charity et al., Nucl. Phys., A483 (1988) 371.
- [3] D.H.E. Gross, Rep. Prog. Phys., 53 (1990) 605.
- [4] N.N. Ajitanand and J.M. Alexander et al., submitted to Nucl. Inst. and Meth. in Phys. Res. A.

Corrélations angulaires azimutales comme test du processus d'émission séquentielle de fragments

Azimuthal angular correlations : a test for multifragmentation

D. Benckroun, E. Bisquer, B. Cheynis, A. Demeyer, E. Gerlic, D. Guinet, P. Lantesse, L. Lebreton, M.T. Magda, M. Stern et collaborateurs.

Collaboration AMPHORA : IPN-Lyon, ISN-Grenoble.

Azimuthal angle correlations for well selected events is a good test for the signature of sequential emission of fragments from a composite system. Angular momentum and emission times confirm the persistency of an incomplete fusion process at such incident energies.

Nous avons mesuré les corrélations angulaires azimutales des particules légères (H et He) et des fragments (Li, B et C) produits dans la réaction $^{32}\text{S} + \text{Ag}$ à 38 A.MeV à l'aide du multi-détecteur 4 π AMPHORA. La multiplicité totale des particules chargées ainsi que l'angle polaire d'émission ont été utilisés pour sélectionner nos événements. Nous avons montré, que pour ces couples d'angles les plus en avant (θ_1 et $\theta_2 < 40^\circ$), il y avait un mélange de sources de prééquilibre et de collisions binaires qui ne nous permettait pas de conclure sur les processus d'émission.

Cependant, l'étude aux angles arrière, de la distribution énergétique des fragments, des multiplicités de particules légères et des distributions en masse et en vitesse des résidus lourds nous indique que nous avons une source unique : $\bar{A}_0 = 112$, $\bar{Z}_0 = 48$, $\bar{v}_0 = 1,4$ cm/ns et $\bar{\epsilon}_0 = 4,4$ A.MeV.

L'analyse des corrélations des paires (He, Li) et (Li, Li) exhibe les propriétés d'une émission d'une source en rotation avec un moment angulaire moyen

$\bar{J}_0 \sim 65 \hbar$ et des temps d'émission de l'ordre de 150 fm/c (figure 1).

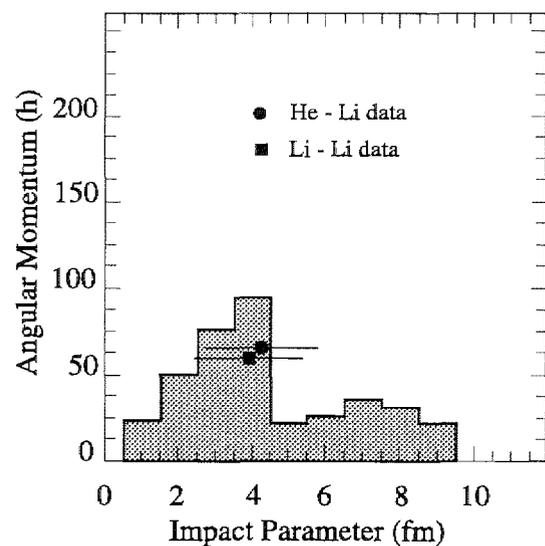


Figure 1

Une approche microscopique de la collision du type BNV confirme ces temps d'émission ainsi que les moments angulaires déduits, indiquant la survivance d'un processus de fusion incomplète à ces énergies (figure 2).

Référence

[1] D. Benchekroun, thèse, IPN-Lyon, 1994.

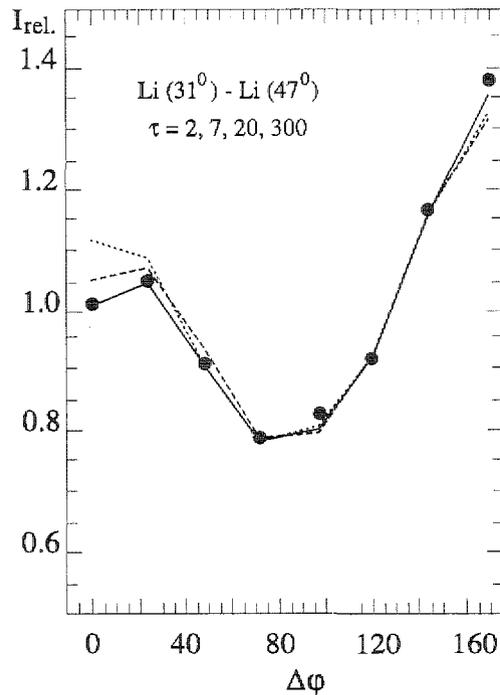


Figure 2

Seuil de la multifragmentation explosive

The multifragmentation threshold

E. Bisquer, A. Demeyer, D. Guinet, E. Gerlic, P. Lautesse, L. Lebreton, M. Stern et collaborateurs.

Collaboration AMPHORA : IPN-Lyon, ISN-Grenoble.

Analysis of the intermediate energy 25 to 37.5 A.MeV $^{32}\text{S} + \text{Al}$ reactions must allow the exploration of the inset of multifragmentation in this system.

Des expériences avec des systèmes lourds à haute énergie incidente ont montré, pour les événements centraux, que les distributions en vitesse contenaient un terme supplémentaire d'expansion radiale. Une recherche systématique de cette composante a été entreprise pour un système léger $^{32}\text{S} + ^{27}\text{Al}$ [1] [2] à des énergies comprises entre 20 et 37,5 A.MeV à l'aide du détecteur 4π AMPHORA sur SARA à Grenoble.

L'échantillonnage des événements est constitué par ceux complets en charge ; de plus, des techniques multivariationnelles ont été utilisées afin de rejeter les événements binaires ou fortuits.

L'analyse des résultats montre que le modèle de désexcitation statistique est incapable de reproduire les résultats. Par exemple, la distribution en impulsion P_2^2 dans le référentiel du noyau composé formé n'est pas

reproduite par le code GEMINI^[2]. A l'inverse, elle peut être reproduite par un modèle incluant une énergie d'expansion radiale supplémentaire.

Son module et son seuil d'apparition sont des tests importants pour la détermination des paramètres de la matière nucléaire. Un certain nombre de résultats observés à des énergies supérieures à 100 A.MeV ont été comparés avec notre résultat préliminaire mesuré à

37,5 MeV. La détermination du seuil de cet effet peut être cruciale pour le module du paramètre de compressibilité nucléaire.

Références

- [1] A. Chabane, thèse, ISN-Grenoble, 1995.
 [2] D. Heuer et al., Phys. Rev., C50 (1994) 1943.

Multifragmentation et flot observés dans les collisions nucléaires avec INDRA

Multifragmentation and flow in nuclear collisions observed with INDRA

E. Bisquer, A. Demeyer, D. Doré, E. Galichet, E. Gerlic, D. Guinet, P. Lautesse, L. Lebreton, L. Manduci, M. Stern et collaborateurs.

Collaboration INDRA : IPN-Lyon, DAPNIA-Saclay, IPN-Orsay, ISN-Grenoble, GANIL-Caen, LPC-Caen, Subatech-Nantes.

The second INDRA campaign was performed in May, June and July 1994 with the GANIL facilities. The different systems studied was Ta + U, Au at 33 A.MeV and 39 A.MeV, U + U at 24 A.MeV, Ni + Ni, Au at 32, 40, 52, 64, 74, 82 and 90 A.MeV. Concerning the first campaign we started analysing the fusion mechanism for the Ar + KCl and Xe + Sn systems.

La seconde campagne de mesure avec le multidétecteur INDRA a été réalisée au cours des mois de mai, juin et juillet 1994. Les différents systèmes étudiés sont :

- Ta + U, Au à 33 et 39 A.MeV,
- U + U à 24 A.MeV,
- Ni + Ni, Au à 32, 40, 52, 64, 74, 82 et 90 A.MeV.

Les objectifs physiques associés à ces expériences sont l'étude :

- de la multifragmentation, avec plus précisément l'influence de la voie d'entrée avec la comparaison Ni + Ni et Ni + Au, et l'instabilité coulombienne pour les systèmes lourds Ta + Au et U + U,

- de la variation du paramètre de flot pour le système Ni + Ni. Le groupe de l'IPN-Lyon a en charge le dépouillement des mesures pour les chambres d'ionisation des couronnes 10 à 17 d'INDRA, ce qui représente 144 modules. Ce travail important devrait être terminé en décembre 1995. Cette partie achevée, l'accent sera mis en 1996 sur l'analyse des résultats associés

aux collisions Ni + Ni dans le but de la recherche de la multifragmentation. Concernant la première campagne d'expérience INDRA, le dépouillement étant terminé, nous avons pu commencer l'étude du phénomène de fusion et de sa désexcitation dans les réactions Ar + KCl (32 → 74 MeV/A) et Xe + Sn (25 → 50 MeV/A).

Cette étude passe par une analyse précise des sources d'émission. Cela demande une utilisation comparative des différentes variables disponibles qui pourront nous aider à séparer les mécanismes de réaction. Cette comparaison, en cours, se fait à l'aide de simulateur d'événements qui, après passage dans un filtre informatique modélisant le détecteur, sont analysés avec les dites variables.

Cela permet d'avoir un regard plus critique sur la qualité des critères qui définissent les sources.

Plus tard, la caractérisation d'événements à une source nous permettra de déterminer la proportion de fusion dans nos événements.

Etude de la disparition de la fusion dans les réactions induites par des faisceaux de ^{40}Ar de 27 à 115 A.MeV

Study of fusion disappearance induced with argon beams from 27 to 115 A.MeV

E. Colin, D. Guinet, M. Stern et collaborateurs.

Collaboration IPN-Lyon, Stony Brook, Hope College, Iowa, NSCL.

The experiment has been performed at the National Superconducting Cyclotron Laboratory (MSU-Michigan). It is the continuation of an experiment realized at the SARA facility. The increase in incident energy will allow us to know how this process is vanishing. As its yield is decreasing, the choice of the good observables is more and more delicate. This study with the help of the NSCL High Rate Array, the Maryland Forward Array, the Zero Degree Detector in coincidence with the 4π Array Ball, will constitute the thesis of Eric Colin.

L'expérience réalisée au National Superconducting Cyclotron Laboratory NSCL situé à East-Lansing (MSU) est le fruit d'une collaboration avec Stony Brook, Hope College, Iowa, NSCL. Elle fait suite à des expériences similaires réalisées à des énergies disponibles à SARA avec le multidétecteur AMPHORA. L'objectif est d'étudier le dépôt en énergie en fonction de la masse de la cible, de l'énergie du faisceau et du paramètre d'impact. On a utilisé des faisceaux de ^{40}Ar d'énergies successives 27, 44, 65, 90 et 115 A.MeV sur des cibles de Cu, Ag et Au. La procédure expérimentale consiste à étudier les fragments lourds et lents en coïncidence soit avec les particules légères chargées ou les fragments de masse intermédiaire (IMF)

détectés dans le 4π Array Ball, soit avec les quasi-projectiles détectés par le Zero Degree Detector, le Maryland Forward Array et le NSCL High Rate Detector pour des angles compris entre 0,5 et 18 degrés. Afin de diminuer les seuils de détection, 45 détecteurs Si ont été placés devant les détecteurs "phoswich" du High Rate Detector. Le "trigger" choisi (multiplicité $\neq 2$ dans la boule) autorise l'acquisition des réactions très centrales sans écarter les réactions périphériques. Le large éventail des phénomènes analysés se retrouve dans le vocabulaire puisque nous parlons aussi bien de "résidus d'évaporation" que de "résidus de collision". L'analyse qui est en cours sera l'objet du travail de thèse d'Eric Colin.

Origine des fragments de masse intermédiaire dans les collisions Mg + C à 25 et 35 A.MeV et Cl + Au à 43 A.MeV

Intermediate mass fragment origin in the reactions Mg + C at 25 and 35 A.MeV and Cl + Au at 43 A.MeV

D. Guinet, P. Lantesse et collaborateurs.

Collaboration IPN-Lyon, Université de Laval (Québec), Chalk River (Canada).

The goal of the experiment is the study of the sensitivity of simple observables proposed by several authors as tools^{[1] [2]} to search for the dependence of IMF production on the reaction mechanism in light heavy ion collisions at intermediate energy. This proposal is based on the use of the Laval-CRL forward array + 3 Si-CsI telescopes.

Nous avons étudié les systèmes $^{35}\text{Cl} + \text{X}$ (avec $\text{X} = ^{12}\text{C}, ^{24}\text{Mg}, ^{197}\text{Au}$) avec le système d'accélération cyclotron-Van de Graaff du laboratoire de Chalk River. Le système de détection est constitué d'une matrice de détecteurs positionnée en aval de la cible et de trois télescopes Si-CsI.

L'expérience a pour but d'étudier la dépendance de la production de fragments de masses intermédiaires suivant les mécanismes de réaction, dans les deux systèmes considérés.

L'étude de systèmes en cinématique inverse permet d'obtenir et de sélectionner des événements complets pour le système Mg + Cl (charge totale de 18). La même sélection est faite sur Cl + Au pour étudier la cassure du quasi-projectile et pouvoir comparer la production de fragments de masse intermédiaire (IMF) à celle du système Mg + C. Cette sélection, ainsi qu'une correction du biais expérimental pour le système Cl + Au, privilégie les événements à fragments multiples.

Cette étude fait suite à celles réalisées à TASCC à 30 et 35 A.MeV et est complémentaire de celle que nous avons entreprise sur AMPHORA ($^{58}\text{Ni} + \text{X}$ à 27,9 A.MeV avec $\text{X} = ^{12}\text{C}, ^{27}\text{Al}, ^{58}\text{Ni}, ^{108}\text{Ag}, ^{197}\text{Au}$). L'aspect statistique des réactions Mg + C à 25 (énergie

d'excitation $E^* \approx 200$ MeV) et 35 A.MeV ($E^* \approx 280$ MeV) et Cl + Au à 43 A.MeV ($200 \text{ MeV} \leq E^* \leq 300$ MeV) a été estimé en comparant des observables globales (rapport d'isotropie...) aux simulations relatives à la formation d'un noyau composé thermalisé. Les relations périphériques de "pick-up" dans le système Cl + Au permettent de mettre en évidence des mécanismes statistiques (par la production d'IMF pour $E^* \approx 200$ MeV). Apparemment aucun noyau composé thermalisé n'est formé dans la réaction Mg + C à 35 A.MeV et un mécanisme binaire dissipatif est présent. La même réaction à 25 A.MeV présente moins de caractéristiques dynamiques. Notons cependant qu'à haute énergie d'excitation (autour de 280 MeV) en plus des mécanismes binaires d'autres phénomènes dynamiques (tels que compression/expansion) semblent nécessaires pour caractériser la production d'IMF aussi bien dans les collisions centrales que dans les réactions périphériques de "pick-up".

Références

- [1] M. Bruno et al., Il Nuovo Cimento, 105A (1992) 1629.
- [2] W. Gawlikowicz, K. Grotowski, Nucl. Phys., A551 (1993) 73.

Spectroscopie des états superdéformés et aplatis des noyaux de masse $A \simeq 190$ avec EUROGAM I et II

Spectroscopy of superdeformed and oblate states in mass $A \simeq 190$ nuclei with EUROGAM I and II

A. Astier, R. Béraud, L. Ducroux, R. Duffait, Y. Le Coz, M. Meyer, S. Perries, N. Redon et collaborateurs.

Collaboration EUROGAM $A \simeq 190$: IPN-Lyon, CSNSM-Orsay, IPN-Orsay, CRN-Strasbourg, DAPNIA-Saclay, Liverpool Univ., Daresbury Lab., York Univ., Staffordshire Univ., Bonn Univ., NCSR Demokritos, Argonne Nat. Lab., Lawrence Berkeley Lab., Florida State Univ., Oak Ridge Nat. Lab.

A France-United Kingdom collaboration has built a high efficiency gamma spectrometer : EUROGAM. The second phase of EUROGAM consists of 30 tapered Ge and 24 new clover detectors surrounded by BGO shields. The experiment concerning the studies of the superdeformed and the oblate dipole bands in the $A \simeq 190$ mass region, especially the nuclei $^{192,193}\text{Pb}$, ^{193}Tl , $^{190-193}\text{Hg}$, have been carried out at Daresbury (U.K.) and Strasbourg (France) with the new VIVITRON accelerator. The Lyon group had in charge, with EUROGAM I, the analysis of the new dipole bands in $^{191-193}\text{Hg}$. With EUROGAM II we were responsible for the experiment on $^{192,193}\text{Pb}$. We have measured new dipole bands in ^{193}Pb and superdeformed bands in $^{192,193}\text{Pb}$. In ^{193}Pb , for the first time in lead isotopes, we have observed dipole transitions linking two superdeformed bands. All the experimental results are discussed in terms of mean-field theory.

1. Etats superdéformés

L'exploitation du multidétecteur γ EUROGAM dans sa phase 1 (45 détecteurs entourés chacun de leur enceinte BGO anti-Compton) à Daresbury (Royaume-Uni) jusqu'en mars 1993 a permis une grande avancée dans la connaissance de la structure à haut spin des noyaux de la région de masse $A \simeq 190$ (voir le rapport d'activité 1992-93). La phase 2 d'EUROGAM a été mise en place auprès du nouvel accélérateur VIVITRON à Strasbourg (France). EUROGAM II comprend 24 nouveaux détecteurs trèfles (4 cristaux de germanium regroupés dans un même cryostat) disposés en deux couronnes à 90° par rapport à la direction du faisceau, et 30 détecteurs Ge de la phase 1 (15 à l'avant et 15 à l'arrière). Ces 54 modules sont chacun entourés de leur enceinte BGO anti-Compton. La limite d'observation a ainsi été améliorée d'un facteur 5. Le groupe de Lyon a été impliqué dans quatre expériences de la collaboration $A \simeq 190$ réalisées en septembre et octobre 1994 avec la phase 2, dont une en tant que porte-parole.

L'expérience sur l'isotope ^{193}Tl conduite par les équipes de Liverpool et de l'IPN-Orsay avait pour but d'explorer les propriétés magnétiques des états des 2

bandes superdéformées (SD) yrasts de ce noyau dans lequel en sont désormais recensées 6^[1]. Ces 2 bandes, partenaires de signature, sont clairement identifiées comme étant bâties sur l'orbitale intruse $\pi[642]5/2$. L'observation de transitions M1 les reliant a permis d'extraire la valeur $(g_K - g_R)K/Q_0 = 0,138 \pm 0,008 \text{ (eb)}^{-1}$, ceci conduisant à un facteur gyromagnétique de la forme $g_S^{\text{eff}} = (0,70 \pm 0,08)g_S^{\text{free}[1]}$.

La seconde expérience qui était menée par le groupe d'Argonne concernait l'isotope ^{190}Hg . Ce noyau qui possède plusieurs bandes SD a la particularité d'en présenter une excitée qui décroît entièrement sur la bande SD la plus intense. Un tel phénomène où 2 bandes "se parlent" sans être partenaires de signature n'avait été observé jusqu'alors que dans la région de masse $A=150$ dans le noyau ^{152}Dy . Cinq transitions E1 ont été clairement mises en évidence de la bande excitée vers la bande fondamentale, traduisant la présence de vibrations octupolaires dans le puits SD^[2].

La recherche du lien entre les états SD et les états normalement déformés s'est poursuivie avec l'expérience réalisée sur le noyau ^{192}Hg par l'équipe du CSNSM Orsay. Nous savons maintenant que le puits SD se situe

à environ 4,3 MeV au-dessus du puits fondamental et que, si le passage se fait en moyenne en 3,2 étapes^[3] il existe un quasi-continuum entre 1 et 4 MeV. Une première analyse par la méthode des fluctuations annonce de l'ordre de 3000 chemins possibles^[4].

La quatrième expérience dont nous étions responsables visait à étudier l'isotope ^{193}Pb produit par la réaction $^{168}\text{Er}(^{30}\text{Si},5n)$ à une énergie de faisceau de 159 MeV. Un total de $0,6 \times 10^9$ événements de multiplicité 4 et plus a été collecté sur cassettes exabyte. Signalons que la voie 6n était également ouverte et représentait $\sim 20\%$ de la réaction, ce qui nous a permis de mettre un terme à la controverse qui existait sur l'existence ou non d'une bande SD dans l'isotope ^{192}Pb . Nous avons clairement observé cette bande en coïncidences quadruples (3 "gates" requises)^[5]. Elle fera d'ailleurs l'objet de notre prochaine étude au moyen d'EUROGAM II où nous mesurerons la durée de vie de ces états SD par la méthode DSAM (Doppler Shift Attenuation Method) afin d'extraire la valeur expérimentale du moment quadrupolaire de cette bande et de la comparer aux calculs GCM réalisés à l'IPN-Lyon par J. Meyer et la collaboration "franco-américaine" de théoriciens^[6].

Dans l'isotope ^{193}Pb six bandes SD, que l'on peut regrouper en 3 paires partenaires de signature, ont été mises en évidence^[7] [8]. Elles sont présentées sur la figure 1. Les calculs microscopiques dynamiques Hartree-Fock-Bogolioubov-Lipkin-Nogami de B. Gall et al.^[9] nous ont permis d'interpréter ces bandes en considérant les excitations de quasi-particules neutron [8]. Les bandes 1 et 2 sont construites sur la configuration intruse $[761]3/2 \alpha = \pm 1/2$. L'effet du neutron célibataire est clairement visible sur le moment d'inertie dynamique, celui-ci restant plat puisque l'appariement est bloqué. Les bandes 3 et 4, identiques à 2 bandes de l'isotone ^{191}Hg , peuvent être interprétées comme provenant de l'orbitale $[642]3/2$. En ce qui concerne les bandes 5 et 6, nous avons observé des transitions M1 reliant leurs états. Nous avons pu mesurer les rapports d'intensité γ , et donc en déduire le rapport expérimental $B(M1)/B(E2) = 0,19 \pm 0,02 (\mu_N/\text{eb})^2$. Compte-tenu de cette valeur élevée, ces deux bandes partenaires sont compatibles avec la configuration $[624]9/2$. Ainsi et pour la première fois dans un isotope de plomb superdéformé nous avons pu mesurer des propriétés magnétiques d'un état de quasi-neutron. Nous en déduisons une valeur effective du facteur gyromagnétique de l'ordre de

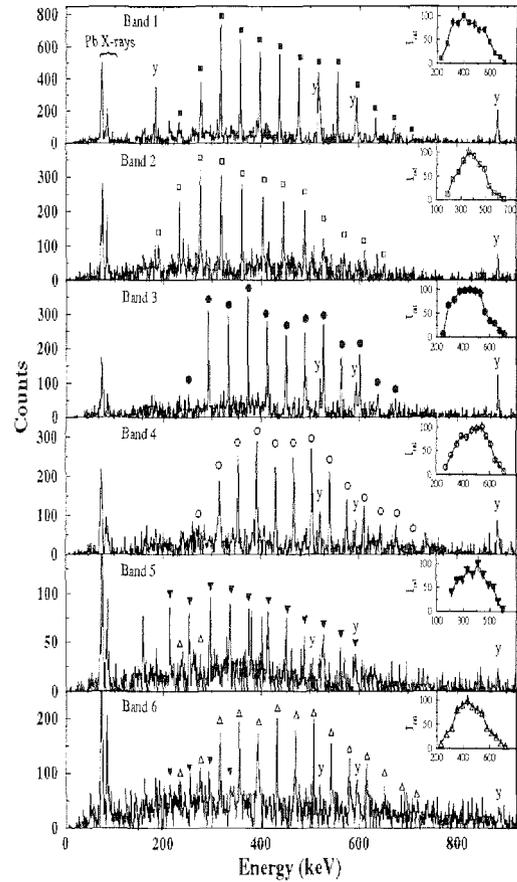


Figure 1 : Les 6 bandes superdéformées observées dans l'isotope ^{193}Pb . Chaque spectre a été obtenu en imposant 3 transitions dans la bande considérée. Dans chaque encart sont représentées les intensités relatives des transitions dans une même bande^[8].

$0,9g_S^{\text{free}}$, alors que pour les quasi-protons un facteur de renormalisation $g_S^{\text{eff}} = 0,7g_S^{\text{free}}$ avait été déterminé^{[1][10]}. D'autres mesures seront cependant nécessaires afin de mieux approcher l'opérateur magnétique. Quant au moment quadrupolaire Q_0 déduit pour ^{192}Pb , il semblerait plus faible que dans l'isotope ^{194}Pb , comme le prédisent les calculs GCM^[6].

2. Etats aplatis

Dans ce même noyau ^{193}Pb et parallèlement à cette étude du phénomène de superdéformation, nous poursuivons la recherche et l'étude de bandes dipolaires correspondant à une forme légèrement aplatie du noyau. Ce phénomène que nous avons mis en évidence pour la première fois dans un isotope de plomb (^{198}Pb ^[11] avec TESSA 3 à Daresbury) a depuis été observé dans d'autres noyaux de la région de masse $A=190$. Nous avons en particulier observé deux bandes dipolaires

dans $^{192}\text{Hg}^{[12]}$ et nous avons également étudié des structures comparables $\Delta I=1$ dans les isotopes impairs voisins $^{191,193}\text{Hg}^{[13]}$. Ces bandes ont des caractéristiques communes : de très intenses transitions M1 avec des transitions "cross-over" E2 de faible intensité, un moment d'inertie dynamique de $15-30 \hbar^2 \text{MeV}^{-1}$ et une désexcitation de ces structures très fragmentée. Dans ces trois isotopes de mercure l'usage d'EUROGAM I nous a permis de relier ces bandes au schéma "normal" et ainsi de déterminer les spins et énergies d'excitation des têtes de bandes. L'interprétation de ces bandes dipolaires pour les isotopes de mercure, où ces structures apparaissent à une plus grande énergie d'excitation que dans les isotopes de plomb, a été réalisée à l'aide du modèle (rotor + n quasi-particules "déformées") déjà développé dans notre groupe^{[14] [15]}, les fonctions d'onde de quasi-particules provenant de calculs de champ moyen HF+BCS. Les bandes sont alors interprétées comme bâties sur des excitations de quasi-protons de haut K, stabilisant également une forme du noyau légèrement aplatie, couplé avec des quasi-neutrons alignés.

L'étude de ces bandes dipolaires menée conjointement avec celle des bandes superdéformées devrait nous apporter dans un proche avenir une réponse quant

à la coexistence dans un même noyau des trois formes suivantes : sphérique, aplatie et superdéformée.

Références

- [1] S. Bouneau et al., à paraître.
- [2] B. Crowell et al., Phys. Rev., C51 (1995) R1599, A.N. Wilson et al., à paraître.
- [3] R.G. Henry et al., Phys. Rev. Lett., 73 (1994) 777.
- [4] F. Hannachi et al., à paraître.
- [5] L. Ducroux et al., Z. Phys., A352 (1995) 13.
- [6] J. Meyer et al., Nucl. Phys., A588 (1995) 597.
- [7] J.R. Hugues et al., Phys. Rev., C51 (1995) R447.
- [8] L. Ducroux et al., à paraître.
- [9] B. Gall et al., Z. Phys., A348 (1994) 183.
- [10] J. Duprat et al., Phys. Lett., B341 (1994) 6.
- [11] R.M. Clark et al., Phys. Lett., B275 (1992) 247.
- [12] Y. Le Coz et al., Z. Phys., A348 (1994) 87.
- [13] R. Duffait et al., à paraître.
- [14] M. Meyer et al., Nucl. Phys., A316 (1979) 93.
- [15] J. Libert et al., Phys. Lett., 95B (1980).

Physique des noyaux très instables

Physics of highly unstable nuclei

A. Astier, R. Béraud, R. Bouvier, R. Duffait, A. Emsallem, Y. Le Coz, G. Marguier, M. Meyer, S. Morier, N. Redon, S. Vitteriti et collaborateurs.

1. 2. Collaboration IPN-Lyon, ISN-Grenoble, JINR-Dubna, Radium Inst., St Petersburg, IAP-Bucarest.

3. Collaboration PIAFE : IPN-Lyon, ISN-Grenoble, ILL-Grenoble, CSNSM-Orsay, IPN-Orsay, Uppsala Univ., JINR-Dubna, Phys. Inst. Tübingen, PTB-Braunschweig, Tech. Univ. München, NBI-Copenhague, ULB-Bruxelles.

Experiments aimed at the properties of very neutron deficient nuclei of rare-earth elements have been carried out at SARA by means of the IGISOL technique. In view of taking advantage of the high intensity H.I. beams of the U-400 cyclotron at Dubna, we are developing the coupling of a He jet system with the Dubna gas-filled separator. Within the PIAFE collaboration, our laboratory is involved in the design and construction of different equipments related with ion source, beam optics and detectors.

1. Guide d'ions et identification de nouveaux noyaux

La technique guide d'ions couplé à un séparateur d'isotopes en ligne dite "IGISOL" a été appliquée, depuis quelques années à SARA, au cas des réactions induites par I.L. La chambre de recul que nous avons conçue est décrite dans^[1] et nous a permis d'obtenir des rendements de $\sim 0,1\%$ comparables à ceux obtenus dans les réactions de fission^[2]. Aux énergies habituelles des réactions de fusion induites par I.L. (5-6 MeV/u), une pression d'He de 500 mbars permet de thermaliser une fraction importante des produits de recul et de les extraire à l'état de charge 1^+ en 10 ms environ, quelles que soit leurs propriétés physico-chimiques.

Les noyaux déficitaires en neutrons de la région $A=130$ présentent un intérêt tout particulier du fait que protons et neutrons peuvent occuper simultanément des orbitales de grande valeur de j ($h_{11/2}$). Par ailleurs, divers modèles théoriques ont prédit pour ces noyaux des déformations quadrupolaires importantes ($\epsilon_2 \sim 0,3$) et cela peut entraîner de grandes variations sur la position des niveaux de particules.

Avec les techniques jet d'hélium et IGISOL, les produits des réactions $^{92,94,96}\text{Mo} + ^{40}\text{Ca}$ (5 MeV/u) ont été étudiés à SARA. Parmi les résultats obtenus, il est à noter la première observation des niveaux de bas spin du noyau impair-impair ^{132}Pr ^[3] et l'identification de ^{127}Pr de période $(4,2 \pm 0,3)$ s^[4].

Dans le cas de la désintégration β^+/EC du noyau $^{132}\text{Nd} (0^+) \rightarrow ^{132}\text{Pr}$ de période (88 ± 7) s, il a été pos-

sible, grâce aux mesures γ , X et d'électrons de conversion, d'attribuer le spin et la parité pour huit niveaux excités. Le schéma de niveaux expérimental obtenu pour ^{132}Pr a été comparé avec les prédictions du modèle des boson-fermion-fermion en interaction (IBFFM)^[5].

Les niveaux de ^{127}Ce ont été peuplés par la désintégration β^+/EC de ^{127}Pr produit par bombardement d'une cible métallique de Mo (d'épaisseur 3 mg/cm^2 et enrichie à 92,8 % en ^{92}Mo) par un faisceau de $^{40}\text{Ca}^{11+}$ de 210 MeV d'énergie et d'intensité moyenne $\sim 2 \cdot 10^{11}$ ions/s délivré par SARA.

La figure 1 présente un spectre $\beta-\gamma$ mesuré avec un détecteur Ge hyperpur d'efficacité 60 % en coïncidence avec un scintillateur plastique NE102 de 1 mm.

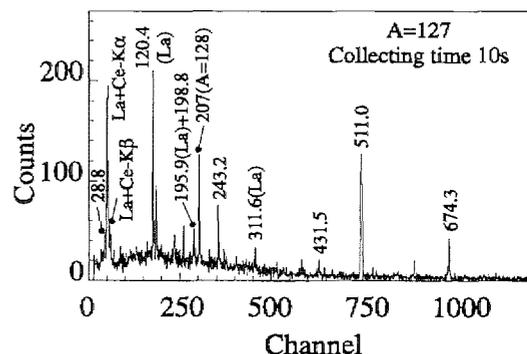


Figure 1 : Spectre $\beta-\gamma$ mesuré avec un détecteur Ge (60 %) à la masse $A = 127$ et avec un cycle de collection-comptage de 10 s. Les raies marquées (La) appartiennent à la désintégration $^{127}\text{Ce} \rightarrow ^{127}\text{La}$.

Ce spectre séparé en masse associé à des

mesures de décroissance en multianalyse (8×2 s) a permis d'identifier sans ambiguïté l'isotope ^{127}Pr et de déterminer sa période $T_{1/2} = (4,2 \pm 0,3)$ s. Avec le système jet d'hélium des mesures additionnelles γ -X-t, γ - γ -t et d'électrons de conversion ont permis d'établir le schéma de niveaux de ^{127}Ce alimentés par la désintégration β^+ /EC de ^{127}Pr (figure 2).

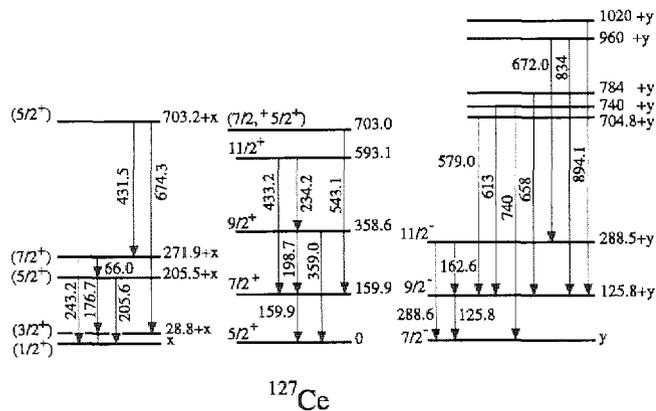


Figure 2 : Niveaux de ^{127}Ce alimentés par la désintégration β^+ /EC de ^{127}Pr ($4,2 \pm 0,3$ s).

En plus des bandes $7/2^-$ et $5/2^+$ déjà observées dans les expériences "in-beam", une nouvelle bande $1/2^+$ est très fortement alimentée comme dans les autres isotopes impairs de Ce et de Ba.

2. Etude d'une nouvelle région de fission retardée β

Le processus de fission retardée β découvert dans la région des actinides a aussi été observé dans la région Hg-Pb^[6]. Un des précurseurs possible est le noyau de ^{180}Tl de période ~ 1 s qui, se désintégrant par capture électronique vers des niveaux très excités de ^{180}Hg , donnerait lieu à la fission. En 93-94, des expériences réalisées à SARA à partir de la réaction $^{144}\text{Sm} + ^{40}\text{Ca}$ (200 MeV) et utilisant notre technique IGISOL n'ont pas permis d'identifier ce précurseur par ses modes de désintégration α ou β . Jusque là, des expériences similaires réalisées à ISOLDE (CERN) et à ANL/Argonne (USA) n'ont pas non plus réussi à élucider ce problème.

Pour pallier la faible luminosité de SARA et le faible rendement de notre technique IGISOL, nous développons en collaboration avec nos collègues de Dubna et de l'ISN-Grenoble un système jet d'hélium couplé au séparateur à gaz en ligne sur le cyclotron U-400 de Dubna. Ce type de couplage, mis en œuvre pour la première fois, devrait permettre d'obtenir une très

grande efficacité de collection et de transport des noyaux produits par réaction de fusion-évaporation. Nous pouvons ainsi envisager un vaste programme d'étude des modes de désintégration de noyaux exotiques compte tenu des faisceaux d'I.L. très intenses ($\geq 10^{13}$ pps) délivrés par le cyclotron U-400 de Dubna.

3. Le projet PIAFE

Au cours de ces dernières années, un intérêt grandissant est apparu avec l'utilisation des faisceaux d'ions lourds radioactifs. Des accélérateurs de tels faisceaux sont en construction dans de nombreux laboratoires de par le monde (GANIL, GSI et ISOLDE en Europe ; ORNL et ISOSPIN Lab. aux Etats Unis)^{[7]-[10]}.

Dans ces projets, les noyaux radioactifs sont produits par fragmentation ou par spallation, conduisant à une gamme de faisceaux radioactifs différents de ceux que PIAFE pourra produire par fission. La première étape (phase I) concerne la partie du projet qui sera située à l'ILL : la source de produits de fission près du cœur du réacteur, l'optique ionique, l'aimant d'analyse en masses et les expériences utilisant les faisceaux de basse énergie (30 keV). Nous avons pris en charge l'étude d'un système de détection adapté à la spectroscopie des noyaux très éloignés de la stabilité. Ce détecteur devra être capable de mesurer, avec une bonne efficacité et une bonne résolution en énergie, les spectres des neutrons retardés, ainsi que les β^- et les γ .

La deuxième étape (phase II) permettra d'accélérer ces faisceaux jusqu'à une énergie comprise entre 2 et 12 MeV par nucléon.

Références

- [1] R. Béraud et al., NIM in PR, A346 (1994) 196.
- [2] A. Astier et al., NIM in PR, B70 (1992) 233.
- [3] D. Bucurescu et al., Z. Phys., A349 (1994) 3.
- [4] A. Gizon et al., Z. Phys., A351 (1995) 361.
- [5] D. Bucurescu et al., Nucl. Phys., A587 (1987) 475.
- [6] Yu. A. Lazarev et al., Europhys. Lett., 4 (1987) 893.
- [7] "European Radioactive Beam Facilities". Report by NuPECC study group. Ed. R.H. Siemssen.
- [8] "The SPIRAL radioactive ion beam facility". GANIL report R94 02, May 1994.
- [9] P. Armbruster, Brenda the GSI RIB-Facility, XXXII Winter meeting, Bormio, Italy, January 24-29, 1994.
- [10] "The Isospin Laboratory". LALP 91-51, Ed. R. Casten.

Anisotropie de l'émission alpha d'isotopes d'At et de Rn orientés

Alpha emission anisotropy of some oriented At and Rn isotopes

I. Berkès, R. Bouvier, M. De Jésus, J.P. Hadjout et collaborateurs.

Collaboration NICOLE : IPN-Lyon, IKS-Leuven, ISK-Bonn, Isolde-CERN.

Systematic studies on anisotropies of alpha particles emitted from on-line oriented At and Rn isotopes have been performed with the NICOLE facility in CERN. For At isotopes a great increase of the anisotropies with increasing neutron number has been found, culminating at $N = 126$. These anisotropies are attributed to nuclear structure effects, rather than to tunneling of the alpha particles across a deformed Coulomb barrier.

Bien que la désintégration permise par émission de particules alpha soit parmi les sujets les plus classiques de la physique nucléaire, de nombreuses questions sont restées toujours inexplicées. Dans les transitions permises le moment orbital de la particule émise était supposé $l = 0$, ce qui entraîne l'isotropie de l'émission. Les premières observations de l'anisotropie alpha dans la décroissance des isotopes $^{199,201,203}\text{At}$ ont mis en évidence un mélange d'ondes $l = 0$ et $l = 2$ ^[1].

Plusieurs hypothèses théoriques ont été proposées pour expliquer cette anisotropie. D'après Delion et al.^[2], la particule alpha traverse la barrière coulombienne du noyau mère déformé, ce qui diminue le nombre de particules alpha émises dans la direction du grand axe du cœur du noyau. Mang et Rasmussen ont attribué l'anisotropie à des effets de structure nucléaire^[3] : lors de la création de la particule alpha deux protons et deux neutrons sont prélevés des couches $\pi h9/2$ et $\nu(p1/2)(f5/2)$. Le changement structural dans les couches est à l'origine de l'anisotropie : la couche protonique donne une contribution positive importante, la couche neutronique une contribution négative. L'interaction entre les couches de protons et de neutrons augmentant avec le nombre de trous de neutrons, la contribution des neutrons devient plus forte en s'éloignant de la couche fermée. Berggren^[4] a montré que dans un couplage quadrupolaire entre la particule alpha déjà existante et le cœur, pour un grand nombre de neutrons (trous) beaucoup de paires d'orbitales dégénérées de neutrons sont déjà occupées par des neutrons du cœur, ce qui bloque les orbitales possibles pour la particule alpha. En résumé, le modèle de Delion prévoit

une augmentation de l'anisotropie avec la déformation, alors que les deux autres modèles, basés sur la structure nucléaire, sont moins sensibles à la déformation du cœur et donnent une anisotropie plus importante près de la couche de neutrons fermée. Le travail présenté ici avait comme but de clarifier ce problème en mesurant la distribution des particules alpha émises par des noyaux orientés d'une chaîne isotopique longue.

Des isotopes radioactifs de Rn ont été implantés par le séparateur d'isotopes en ligne ISOLDE dans un réfrigérateur à dilution isotopique^[5]. Les particules alpha ont été détectées par des détecteurs Si travaillant à 4 K incorporés dans le réfrigérateur. Pour des raisons géométriques les détecteurs étaient placés à 17 et à 84 degrés par rapport à l'axe d'orientation. Les noyaux radioactifs ont été implantés à l'énergie du faisceau d'ions de 60 keV dans une feuille de fer. En mesurant la distribution angulaire des raies gamma nous avons trouvé que (87 ± 7) % des noyaux implantés ont occupé des sites où le champ magnétique hyperfin était celui d'un bon alliage. La température était mesurée par des thermomètres nucléaires $^{54}\text{MnNi}$ et $^{57}\text{CoFe}$.

Sur la figure 1 nous représentons les anisotropies $W(16^\circ)/W(84^\circ)$ des particules alpha émises par des isotopes de l'At, en fonction de $1/T$. Aux températures les plus basses atteintes, l'orientation nucléaire est saturée. Les mesures des trois isotopes légers sont prises de la référence 1.

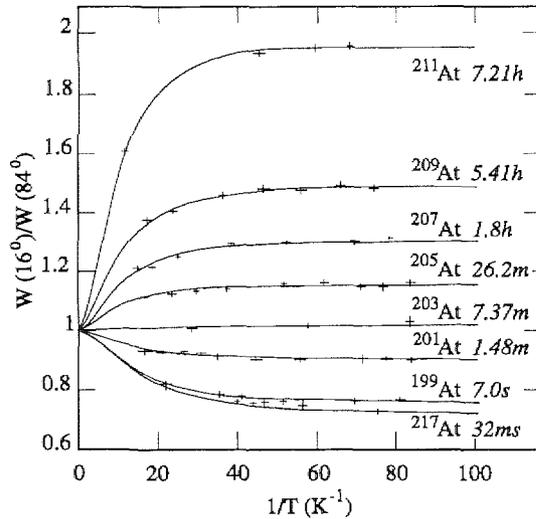


Figure 1 : Anisotropies alpha des transitions permises des isotopes d'At implantés en ligne et orientés à basse température.

Le nombre de neutrons des isotopes d'At varie de 114 à 126. Ce dernier correspond donc à une couche de neutrons fermée et l'anisotropie maximale est observée pour cet isotope. Il est donc clair que la variation de l'anisotropie est due davantage aux effets de structure qu'à la déformation du cœur. Enfin, bien que la variation de l'anisotropie soit qualitativement élucidée, au-

cune des théories ne donne, en ce moment, la valeur mesurée des anisotropies.

La variation de l'anisotropie est moins importante pour les isotopes $^{205,207,209}\text{Rn}$: $W(16^\circ)/W(84^\circ) \sim 1,25$. Le Rn est pair en protons et la transition dans la couche de neutrons est pour les trois isotopes considérés $\nu f5/2 \rightarrow \nu f5/2$. On peut donc supposer que les mécanismes responsables des anisotropies sont similaires dans ces isotopes.

Références

- [1] J. Wouters, D. Vandenplassche, E. Van Walle, N. Severijns et L. Vanneste, Phys. Rev. Lett., 56 (1986) 1901.
- [2] D.S. Delion, A. Insolia, R.J. Liotta, Phys. Rev., C46 (1992) 84.
- [3] H.J. Mang and J.O. Rasmussen, Mat. Fys. Skr. Dan. Vid. Selskab, 2 (1962) N°3.
- [4] T. Berggren, Hyp. Int., 75 (1992) 401.
- [5] P. Schuurmans, I. Berkes, J. Camps, M. De Jésus, P. de Moor, P. Herzog, M. Lindroos, P. Van Duppen, L. Vanneste et B. Will, "Nuclear Shapes and Nuclear Structure at Low Excitation Energies" (Ed. Frontières, Gif/Yvette, 1992, p.323).

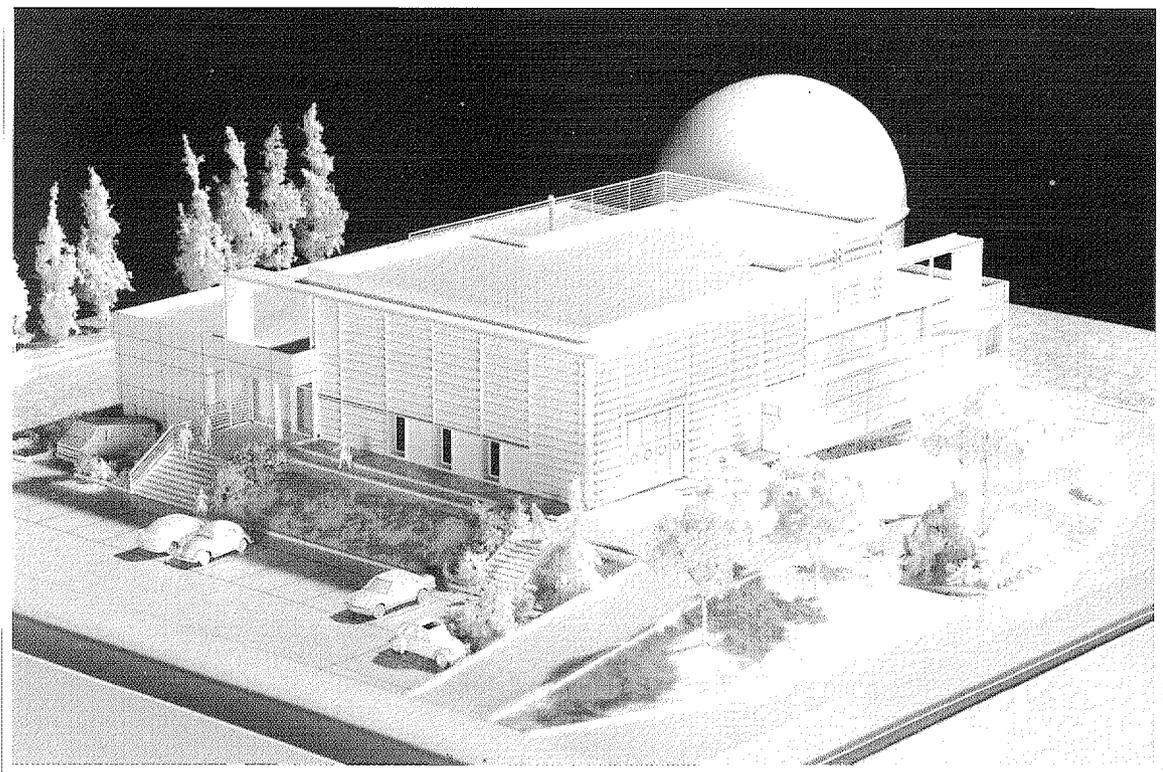


Planche 3 : maquette du futur bâtiment pour la fabrication des miroirs de VIRGO (photo J.-M. Mackowski)

Mesures des bruits de fond radioactifs gamma et neutron

Gamma and neutron radioactive background measurements

I. Berkès, B. Chambon, C. Bobin, V. Chazal, M. de Jésus, D. Drain, J.-P. Hadjout, Y. Messous, C. Pastor, S. Pecourt et collaborateurs.

Collaboration EDELWEISS : IPN-Lyon, LPC-Collège de France, CSNSM-Orsay, IAS-Orsay, DAPNIA-CEA, DRECAM-CEA.

Gamma and neutron radioactive background measurements are still running. The results of the different steps of neutron background experiment are reported. The gamma measurements concern the inside of the cryostat.

1. Bruit de fond gamma dans le Cryostat Bleu

L'expérience EDELWEISS (Expérience pour Détecter Les WImps en Site Souterrain) est installée dans le Laboratoire Souterrain de Modane (LSM) depuis octobre 1994. Une campagne de mesures du bruit de fond radioactif gamma du laboratoire a commencé début 1993, le but étant d'optimiser les différents blindages utilisés (voir rapport 92/93). Depuis janvier 1995 nous sommes passés à l'étape supérieure : déterminer l'origine du bruit de fond détecté par le bolomètre à l'intérieur du cryostat. Ceci revient en fait à identifier les éléments proches du bolomètre produisant de la pollution radioactive. Actuellement il n'existe pas de détecteur basse radioactivité permettant ce genre de mesures. Nous avons donc dû dans un premier temps, étudier la possibilité de mettre un détecteur germanium à l'intérieur du cryostat. Nous avons utilisé un détecteur Ge hyperpur. Le froid nécessaire à son bon fonctionnement est fourni par le cryostat lui-même. Le résultat de ce premier test est très encourageant. En effet, nous avons obtenu un spectre en énergie avec une résolution permettant une bonne identification des pics comme on peut le constater sur la figure 1. Cette première étape étant concluante, nous avons par la suite commencé une collaboration avec une équipe de Dubna spécialiste des cristaux de germanium de très basse radioactivité. Cette collaboration devrait permettre la mise au point d'un détecteur très basse radioactivité fonctionnant à l'intérieur du cryostat.

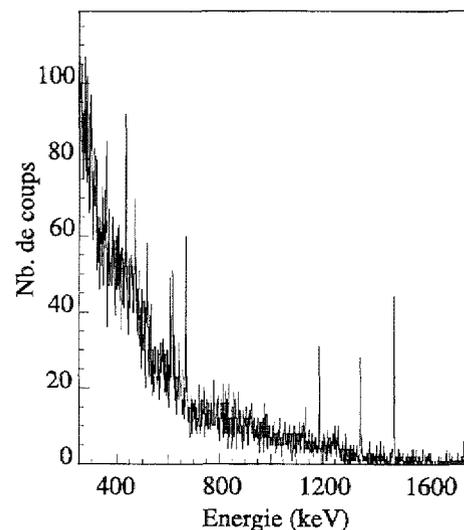


Figure 1 : Spectre de fond gamma du Cryostat Bleu obtenu en 496 heures de comptage avec un détecteur germanium hyperpur.

2. Environnement neutron dans le LSM

Le taux escompté de WIMPs est de l'ordre de 0,01 evt/kg/jour, et le principe de détection des neutrons et des WIMPs est identique (mesure de l'énergie de recul du noyau ayant subi la collision) ; leurs interactions ne sont donc pas expérimentalement différenciables, et il faut connaître le taux exact de neutrons. C'est pourquoi nous avons entrepris d'étudier le bruit de fond neutron (flux et spectre en énergie) du LSM. Le détecteur est un scintillateur organique dopé au ^6Li , formé d'une cellule de $100 \times 100 \times 800 \text{ mm}^3$ aux extrémités de laquelle sont accolés deux photomultiplica-

teurs (voir rapport 92/93). Il permet de détecter un neutron ralenti et absorbé dans le scintillateur. Quatre signatures (forme des signaux prompt et retardé, temps de ralentissement, localisation relative de la première interaction et de l'absorption) permettent une très bonne identification des neutrons dans un bruit de fond gamma important.

- La première phase concernant les mesures du flux de neutrons, avec un blindage de 12 cm de plomb et 5 cm de cuivre autour du détecteur, a eu lieu de mars 94 à décembre 94. Le flux a été évalué à 2×10^{-7} neutrons/s/cm², ce qui est compatible avec le flux de $0,18 \times 10^{-6}$ neutrons/s/cm² mesuré au Gran Sasso^[1]. La figure 2 montre le spectre en énergie obtenu.

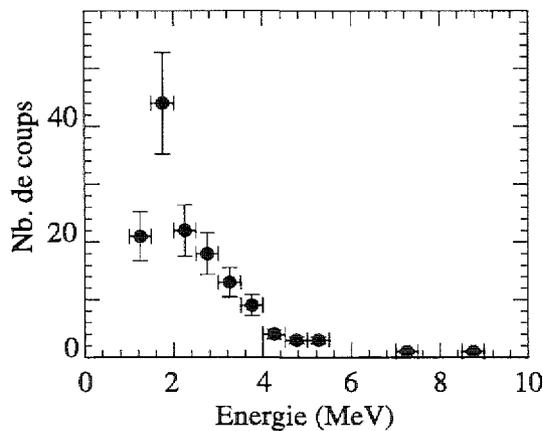


Figure 2

- Dans une deuxième phase, de décembre 94 à mai 95, le blindage précédent a été entouré par 30 cm de paraffine afin de thermaliser les neutrons rapides. Le

flux de neutrons rapides a alors diminué d'un facteur 3, ce qui rend nécessaire la mise en œuvre de la troisième phase. La figure 3 montre le spectre en énergie obtenu.

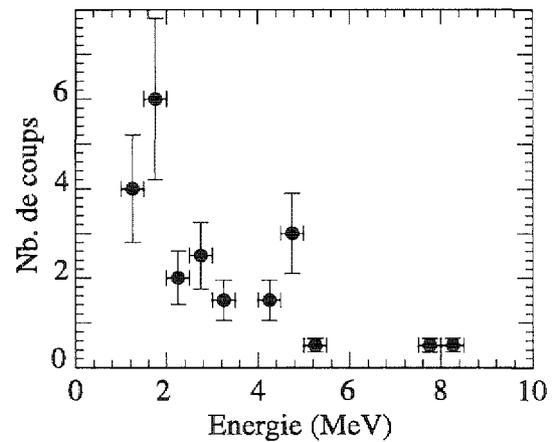


Figure 3

- Dans la troisième phase, début mai 95, il a été mis en place un ralentisseur supplémentaire (borax) entre le blindage en cuivre et le détecteur, afin de préciser l'origine des neutrons rapides encore présents après la phase 2. Une première analyse donne un flux de neutrons diminué d'un facteur 6 par rapport à la première phase.

Référence

[1] P. Belli et al., Il Nuovo Cimento, 101 A (1989) 959.

Mesure bolométrique

Bolometric measurement

I. Berkès, B. Chambon, C. Bobin, V. Chazal, M. de Jésus, D. Drain, J.-P. Hadjout, Y. Messous, C. Pastor, S. Pecourt et collaborateurs.

Collaboration EDELWEISS : IPN-Lyon, LPC-Collège de France, CSNSM-Orsay, IAS-Orsay, DAPNIA-CEA, DRECAM-CEA.

The EDELWEISS experiment is in the Underground Laboratory of Modane since October 1994. In November 1994 we carried out a first measurement with a 24 g sapphire bolometer with a low radioactive cryogenic installation. This is the first step towards a bigger experiment.

La première mesure bolométrique, avec l'installation actuelle, a été faite en novembre 1994^[1]. Nous avons utilisé un bolomètre en saphir de 24 g ayant un seuil en énergie de 3 keV. Les signaux donnés par le bolomètre sont analysés par une méthode de χ^2 . On construit dans un premier temps un signal en sommant plusieurs signaux dont on estime qu'ils ont la "bonne" forme. Avec ce gabarit, on calcule ensuite pour chaque signal un χ^2 ; les signaux pour lesquels on a un χ^2 inférieur à 1,5 par degré de liberté sont gardés. Par cette méthode nous avons obtenu le spectre de recul de la figure 1 sur lequel nous avons ajusté en pointillé un spectre théorique pour des WIMPs de 10 GeV. Le spectre de recul théorique est donné par l'expression:

$$\frac{dR}{dE_r} = \frac{R_0}{E_0} \frac{1}{r} \frac{\sqrt{\pi}}{4y} \left[\operatorname{erf}(x+y) - \operatorname{erf}(x-y) \right]$$

avec

$$r = \frac{4m_\chi m_N}{(m_\chi + m_N)^2}; \quad R_0 = \rho_\chi \sigma_\chi N v_0 \quad \text{et}$$

$$x = \frac{E_R}{E_0 r}; \quad y = \frac{vE}{v_0}$$

Le plot d'exclusion - section efficace d'interaction en fonction de la masse des WIMPs - représenté sur la figure 2 a été calculé à partir du spectre de recul montré sur la figure 1.

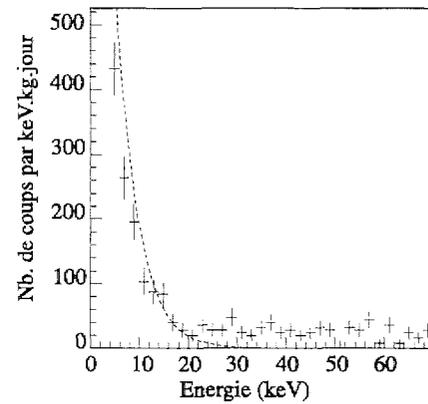


Figure 1 : Evénements enregistrés en 125 heures de comptage, avec un spectre de WIMPs de masse 10 GeV (pointillés).

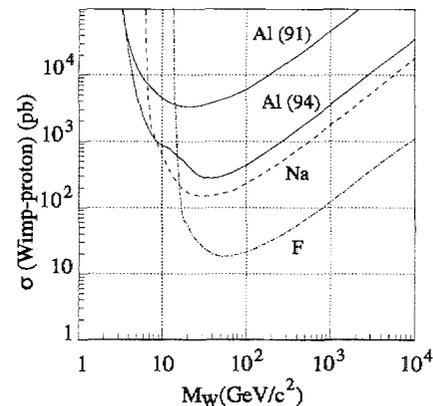


Figure 2 : Plot d'exclusion, pour des neutralinos à couplage axial, déduit des données (94) et comparées à [2,3].

La courbe "Al(91)" a été obtenue lors d'une première mesure bolométrique effectuée à Modane en 1991 avec le même bolomètre mais avec un cryostat classique^[1]. En 1994 nous avons donc gagné un ordre de grandeur. On a également reporté les résultats obtenus avec des reculs de noyaux de F dans du CaF₂ et de Na dans du NaI^[2] [3], mesures auxquelles nous avons participé.

Nous étudions actuellement une nouvelle méthode d'analyse du signal basée sur la méthode dite d'ondes.

Références

- [1] A. de Bellefon et al., EPS Bruxelles, juillet 1995.
- [2] N. Coron et al., Astron. Astrophys., 278 (1993) 131.
- [3] C. Bacci et al., Astroparticle Physics, 2 (1994) 117.

Caractérisation de cristaux scintillants en vue de la détection de la matière noire

Scintillating cristal characterization for dark matter detection

I. Berkès, B. Chambon, C. Bobin, V. Chazal, M. de Jésus, D. Drain, J.-P. Hadjout, Y. Messous, C. Pastor, S. Pecourt et collaborateurs.

Collaboration EDELWEISS : IPN-Lyon, LPC-Collège de France, CSNSM-Orsay, IAS-Orsay, DAPNIA-CEA, DRECAM-CEA, INFN-Sezione di Roma, Pekin.

The main challenge for detecting WIMPs (non-baryonic candidates for Dark Matter in Universe) by recoil detection technics is to get rid of the gamma background. Electron-recoil discrimination is performed by pulse-shape analysis in NaI and CsI crystals. Simultaneously new scintillators (indium silicate and pure CsI) are tested at low temperatures in order to achieve discrimination by two component measurements (light and heat).

Le problème essentiel de la mise en évidence des WIMPs par la méthode de la détection du noyau de recul est l'élimination du fond gamma. Deux techniques de discrimination sont actuellement développées à l'aide de détecteurs scintillants.

1. Discrimination électrons-ions de recul par analyse de forme du signal

Nous avons étudié les caractéristiques de scintillation du CsI(Tl), peu connues à basses énergies (< 100 keV), pouvant conduire à l'amélioration du pouvoir de discrimination entre particules ionisantes : analyses des constantes de décroissance lumineuse, essais de filtres sélectifs sur le spectre lumineux, effet de la température... etc...

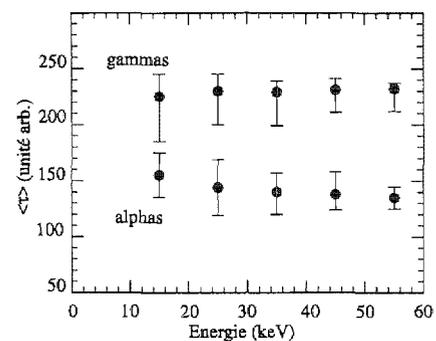


Figure 1

Actuellement l'analyse des constantes de temps permet un très bon rejet des gammas (meilleur que dans le NaI(Tl)) qui pourrait conduire à l'utilisation de ce

crystal pour une expérience de recherche de la matière noire. La figure 1 montre le paramètre temps du signal $\left(\tau = \frac{\int tL(t)dt}{\int L(t)dt}\right)$ pour des alphas et des gammas.

Des mesures du facteur de quenching pour des ions Cs et I à basses énergies ont été réalisées auprès de l'accélérateur tandem de Bruyères le Châtel à l'aide d'un faisceau de neutrons. La valeur obtenue, fonction de l'énergie de recul, est de l'ordre de 15 % à 50 keV.

2. Discrimination électrons-ions de recul par mesure simultanée de la composante chaleur et de la composante lumineuse

Ce travail a porté sur la recherche de nouveaux cristaux présentant une bonne émission lumineuse à basses températures. Dans la gamme 4 K-300 K, les meilleurs résultats actuels concernent le silicate d'indium qui présente deux constantes de temps : l'une (composante rapide) est de l'ordre de 20 ns et indépendante de la température, l'autre (composante lente) augmente quand la température diminue (figure 2), ce qui entraîne une augmentation de son rendement lumineux jusqu'à un maximum (phénomène encore inexplicé) au voisinage de la température de l'azote liquide.

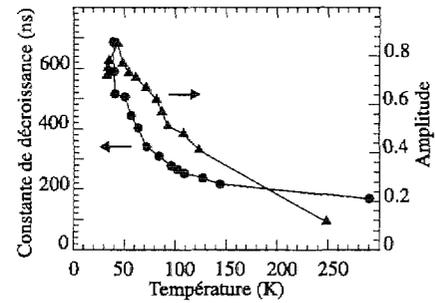


Figure 2

En parallèle, des essais ont porté sur le CsI pur dont les caractéristiques connues mettent en évidence un très bon rendement lumineux à basses températures. Les premiers résultats obtenus avec les alphas du thorium irradiant un cristal à 77 K couplé à une photodiode sont très encourageants (figure 3), bien que l'émission se fasse dans l'UV.

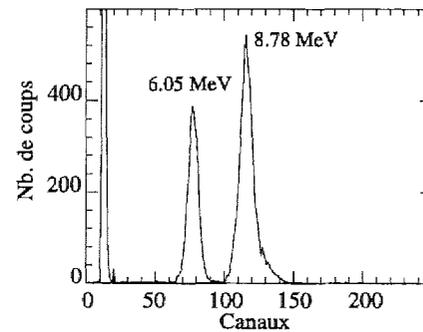


Figure 3

Les optiques de VIRGO : des matériaux exceptionnels pour des performances exceptionnelles

The VIRGO optics : exceptional materials for exceptional performances

L. Dognin, P. Ganau, B. Lagrange, J.M. Mackowski, C. Michel, M. Morgue, M. Napolitano, L. Pinard et collaborateurs.

Collaboration IPN-Lyon, ESPCI-Paris.

The optical performances of the multielectric mirrors (80 mm diameter) realized by Dual Ion Beam Sputtering have been improved during the last two years. Indeed, the total loss level (absorption + scattering) is now in the 1 ppm range at 1064 nm and the wavefront uniformity peak to valley is $\lambda/30$ on 40 mm diameter ($\lambda = 633$ nm). In 1996, the definition of the large coater will be definitively fixed and the construction of the new plant will start.

Durant ces deux dernières années, notre principal objectif a été d'améliorer les performances optiques (absorption, diffusion, front d'onde) des miroirs réalisés par Dual Ion Beam Sputtering (D.I.B.S), pour atteindre les spécifications de VIRGO :

absorption < 1 ppm @ 1064 nm

diffusion < 1 ppm @ 1064 nm

front d'onde pic-vallée sur ϕ 280 mm < 35 nm

Pour être capable de réussir ce challenge, des outils relatifs à la métrologie et au processus de dépôt ont dû être développés ou achetés.

1. Métrologie

a) **Compteur particulaire** : Basé sur la mesure de la diffusion optique engendrée par la particule, il permet de résoudre des défauts de $0,1 \mu\text{m}$. La présence de contaminants sur la surface (poussière) ou de micro-défauts (rayures, éclats) sur le substrat contrôle le niveau de diffusion final ("trous" dans les couches, amorce de décollement). Il permet de qualifier les substrats et le procédé de nettoyage.

b) **Diffusomètre CASI** : Ce wattmètre particulier (linéarité sur 12 décades, bruit de fond 10^{-8} sr^{-1}) permet la mesure de la diffusion à 1064 nm. Des cartographies de diffusion de toute la surface de l'échantillon sont réalisées pour tenir compte de tous les éventuels défauts locaux. Le résultat obtenu est une valeur

moyenne de la diffusion qui a l'avantage d'être très réaliste.

c) **Banc mirage** : un banc de mesure d'absorption par spectrophotothermie à 1064 nm a été développé par C. Boccara (ESPCI-Paris) ; il permet d'évaluer des niveaux d'absorption inférieurs à 0,1 ppm.

d) **ZYGO Mark IV xp** : un interféromètre ZYGO ($\lambda = 633$ nm) est désormais présent au laboratoire pour l'étude du front d'onde et de l'homogénéité en épaisseur des dépôts. Théoriquement, une mesure de planéité de l'ordre de $\lambda/100$ pic-vallée est possible sur un diamètre de 120 mm.

2. Performances optiques

a) **Absorption** : Avant d'évaluer le niveau d'absorption des miroirs, une étude des propriétés physico-chimiques et optiques des oxydes utilisés pour la synthèse des empilements a été menée : SiO_2 et Ta_2O_5 , respectivement matériau de bas et haut indice de réfraction optique.

Le niveau d'absorption de ces matériaux est fonction de la valeur du coefficient d'extinction k (partie imaginaire de l'indice de réfraction). Il est fonction de deux paramètres :

- la stoechiométrie des couches doit être aussi proche que possible de celle du matériau massif. Le contrôle de l'oxydation des matériaux lors du dépôt est

donc un point crucial. C'est là que réside tout le savoir-faire du procédé de dépôt DIBS,

- les contaminations atomiques constituent une autre source d'absorption. Celles-ci sont incorporées dans les films en croissance lors du dépôt.

Les mesures d'absorption (évaluation de k) ont été couplées à des analyses constitutives par microanalyse X (détermination de la stoechiométrie) mais également à des mesures SIMS pour déterminer la nature et la concentration des pollutions atomiques qui doivent être de l'ordre de la ppm. Ainsi, un meilleur contrôle du procédé de dépôt a permis d'aboutir à des couches minces ayant de très bonnes propriétés optiques du point de vue de l'absorption ($k = 2,5 \cdot 10^{-7}$). Etant donné ces faibles valeurs, les miroirs synthétisés à partir de ces oxydes ont des performances exceptionnelles. En effet, l'absorption à 1064 nm d'un miroir de deux pouces de diamètre est $0,5 \pm 0,1$ ppm. Cette valeur est le résultat d'une moyenne sur une vingtaine de points de mesure sur l'échantillon. Elle est dix fois plus faible qu'il y a deux ans. Le cahier des charges de VIRGO est ainsi respecté.

b) Diffusion : les origines de la diffusion sont tout à fait différentes de celles de l'absorption. En effet, la diffusion est principalement liée à l'état de surface de l'échantillon. Quatre sources principales de diffusion peuvent être répertoriées :

- la topographie de la surface : qualité du polissage du substrat,
- la contamination particulaire de la surface : présence de poussières (nettoyage),
- la fluctuation de l'indice des matériaux : gradient d'indice de réfraction en profondeur,
- la présence de particules dans la masse : bulles, inclusions.

Pour abaisser le niveau de diffusion des miroirs pour VIRGO, la qualité des substrats de silice employés et celle du nettoyage des échantillons avant et après dépôt ont été améliorées. Ainsi, le niveau moyen de diffusion (obtenu par cartographie) à 1064 nm pour un miroir haute réflectivité ($R > 99,995\%$) de un pouce de diamètre est $0,6 \pm 0,1$ ppm. Le niveau de 1 ppm de pertes totales (absorption + diffusion) pour un miroir à 1064 nm est donc atteint : les spécifications de VIRGO sont satisfaites. Ces améliorations sont liées à des succès dans les domaines suivants :

- Premièrement, des substrats micropolis ayant une très faible rugosité RMS ($0,3 \text{ \AA RMS}$) sont désormais utilisés. C'est un facteur déterminant pour avoir de faibles niveaux de diffusion. La figure 1 montre l'influence directe du polissage sur la diffusion par une mesure de BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function) : fonction représentative de la diffusion mesurée avec le CASI).

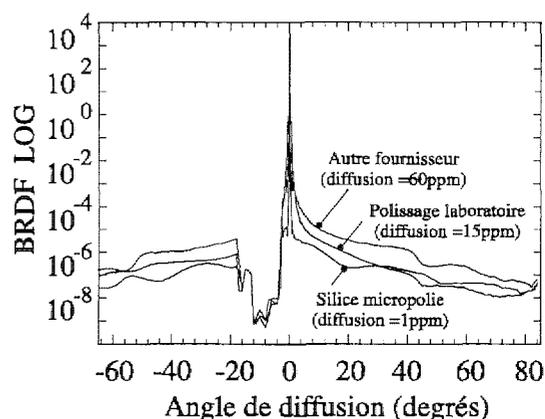


Figure 1 : Variation de la BRDF en fonction de la nature du polissage du substrat.

Les trois miroirs mesurés ont été réalisés dans le même run sur trois substrats différents : la diffusion est diminuée d'un facteur supérieur à 10 lorsque l'on utilise un substrat de silice micropoli.

- L'emploi de tels substrats est une condition nécessaire mais pas suffisante. Il est inutile d'utiliser des substrats de très haute qualité optique si le procédé de nettoyage n'est pas efficace. Ainsi, une étude de l'influence de la pollution particulaire des surfaces sur le niveau de diffusion a été entreprise.

Pour cela, des particules calibrées ($0,1 \mu\text{m}$ à $1 \mu\text{m}$ de diamètre) sont déposées sur la surface du substrat. Leur nombre est évalué avec le compteur de particules. La diffusion de l'échantillon pollué est mesurée à 633 nm et comparée à celle du même échantillon propre (figure 2).

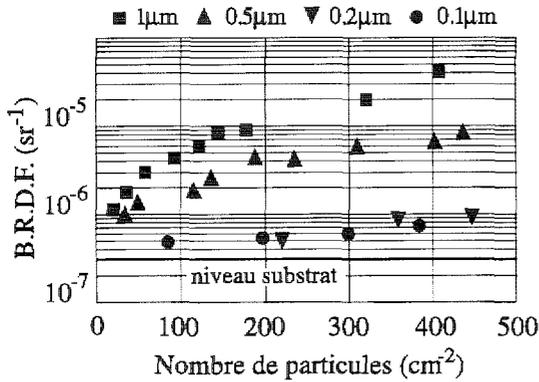


Figure 2 : Variation de la BRDF en fonction de la propreté de la surface de l'échantillon.

On note que les particules de petit diamètre (0,1 - 0,2 µm) ont une très faible influence sur la diffusion ; les changements ne sont notables qu'au-dessus de 400 particules par cm². Ceci n'est plus vrai pour les grosses particules : la diffusion augmente très rapidement (augmentation de la diffusion d'une décade avec 20 part./cm² de 1 µm de diamètre).

La suppression des grosses particules est donc un point crucial. C'est pourquoi une technique de nettoyage performante a été développée pour éliminer au maximum la pollution particulaire. La figure 3 montre l'évolution de la contamination particulaire résiduelle avec la nature de la technique de nettoyage employée.

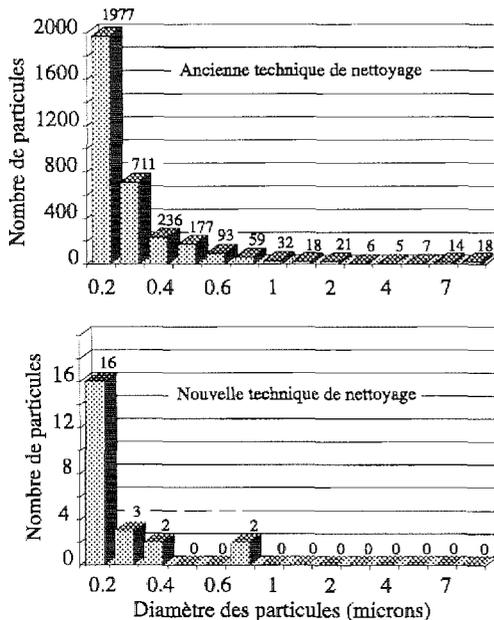


Figure 3 : Contamination particulaire d'un échantillon de 2 pouces de diamètre en fonction du procédé de nettoyage.

Avec une technique de nettoyage optimisée, le nombre total de particules présentes a été diminué d'un facteur à 100.

c) **Front d'onde** : un autre point critique dans la réalisation des miroirs de VIRGO est le dépôt de couches les plus homogènes possibles pour que le front après réflexion ne soit pas détérioré. Les substrats sont placés sur un planétaire : c'est un moyen très simple pour réaliser des dépôts homogènes. Avec ce système, les couches ont soit une forme de dôme, soit une forme de cuvette. Cela dépend uniquement :

- de l'angle entre la cible et le faisceau d'ions incident,
- de l'angle entre la cible et le porte-substrats.

Entre le dôme et la cuvette, il existe théoriquement une configuration permettant d'obtenir des dépôts quasiment plans. Un logiciel de simulation a ainsi été développé pour optimiser la distribution d'épaisseur. Ce programme (langage C avec l'atelier Borland 4.0) prend en compte les phénomènes physiques (pulvérisation par bombardement ionique en utilisant TRIM) et les différentes géométries des bâtis de dépôt. Les développements actuels permettent d'atteindre différentes fonctionnalités : choix du mouvement du substrat, masques, bâti multisources.

Après avoir optimisé la distribution d'épaisseur des monocouches de haut et bas indice de réfraction (5 10⁻³ sur deux pouces de diamètre), des miroirs de 80 mm de diamètre ont été réalisés (taille maximale pouvant être traitée dans la configuration actuelle). Les spécifications de VIRGO sont atteintes sur 60 mm de diamètre (figure 4).

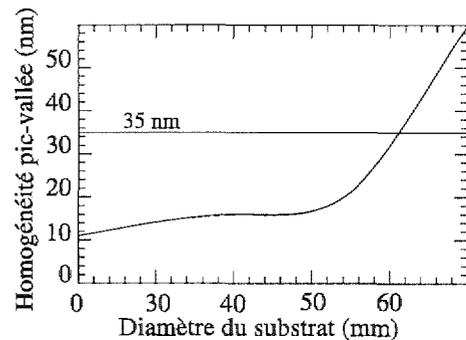


Figure 4 : Variation de l'homogénéité en épaisseur d'un empilement haute réflectivité en fonction du diamètre considéré.

Le mouvement planétaire est très simple à mettre en œuvre mais il n'est pas suffisant pour atteindre le cahier des charges de VIRGO sur de plus grandes dimensions. C'est pourquoi un petit robot a été construit. Il est piloté par un logiciel développé au laboratoire qui permet une grande variété de mouvements complexes. De plus, des substrats de plus grand diamètre pourront être traités (100 mm). Avec ce système, la distance cible-substrat est plus grande : c'est une configuration plus favorable pour avoir des dépôts homogènes. Les premiers tests vont commencer début 1996.

3. Infrastructure

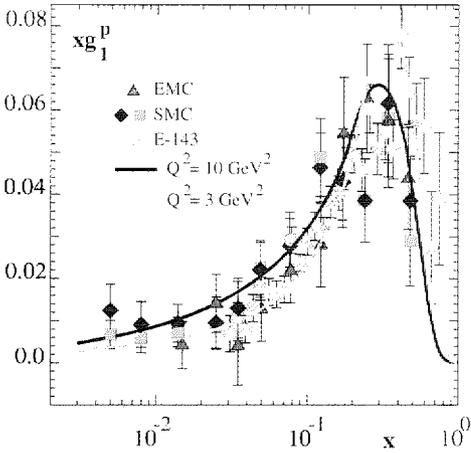
L'élaboration des miroirs de VIRGO (350 mm de diamètre) nécessite la construction d'une nouvelle installation possédant les salles blanches (classe 1) adaptées au process et à la taille de la nouvelle machine de dépôt DIBS. Le 11 mai 1994, le conseil VIRGO a décidé de rénover le bâtiment synchroclotron de Lyon (voir

photographie sur la planche couleur 3). Depuis, un bureau d'études a été choisi pour mener à bien ce projet (mai 1995). L'APS (Avant Projet Simplifié) a été accepté par l'IN2P3 en décembre 1995 ; il devrait en être de même pour l'APD (Avant Projet Détaillé) le 19 janvier 1996.

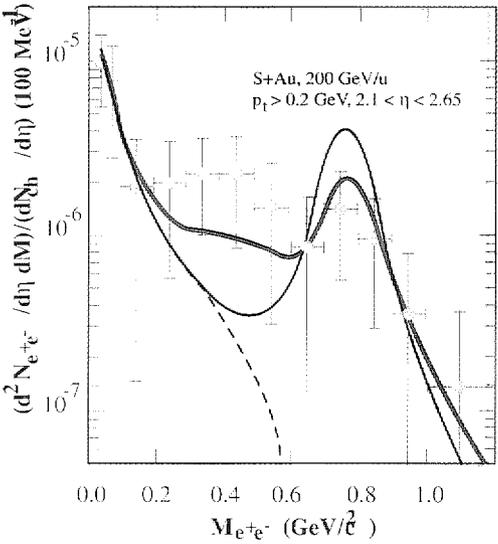
4. Conclusion et perspectives

Les travaux menés ces deux dernières années, qui nous ont permis d'atteindre les spécifications de VIRGO sur 60 mm pour un substrat de 80 mm, sont encourageants mais nous conduisent à rester modeste. Il est grand le chemin avant de réaliser les composants fins, car le facteur d'échelle implique un nouveau bâtiment (dont les travaux devraient commencer en juin 1996), un nouveau procédé de nettoyage, un nouveau bâti de dépôt qui sont autant de R&D à maîtriser et à optimiser.

(a)



(b)



(c)

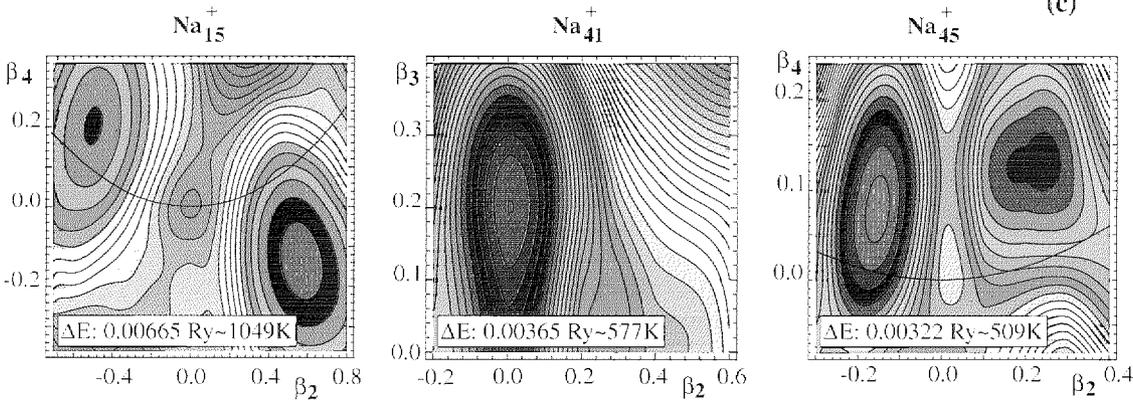


Planche 4 :
 'a) fonction de structure g_1^p comparée aux mesures des collaborations EMC, NMC et E143 (contribution page 42)
 'b) prédictions théoriques comparées au spectre de masse invariante de dileptons e^+e^- mesuré par la collaboration CERES (contribution page 47)
 'c) surfaces d'énergie potentielle d'agrégats monochargés de sodium représentées en fonction de déformations quadrupolaire (β_2), octupolaire (β_3) et hexadécapolaire (β_4) (contribution page 52)

Groupe de physique théorique

Les thèmes étudiés dans le groupe de physique théorique relèvent dans leur très grande majorité de problèmes de physique hadronique. Ceux-ci sont pour la plupart liés à l'interprétation d'expériences soutenues par l'IN2P3 ou conduisent à la proposition de nouvelles mesures. Une autre caractéristique est un large appel à des collaborations extérieures. Les domaines explorés vont des systèmes les plus simples (hadrons) aux plus complexes (noyaux).

Un premier ensemble de travaux concerne la structure des hadrons et les propriétés de leurs interactions élémentaires.

- Le rôle du spin transverse des quarks a été étudié et des expériences ont été proposées pour la mise en évidence de ce degré de liberté. Une attention particulière a été portée à la manifestation d'asymétries azimutales dans les jets. Ainsi, une expérience d'asymétrie à un spin a pu être interprétée par une forte polarisation transverse dans le cadre d'un modèle de corde.

- Les travaux d'une autre équipe ont été consacrés à l'élaboration de modèles phénoménologiques de la structure du nucléon. Un modèle a été construit pour décrire les fonctions de structure de manière à respecter les lois d'évolution de la chromodynamique quantique (CDQ) dans les domaines perturbatifs (figure a de la planche couleur 4) et non perturbatifs. Une approche unifiant description à la Regge et contraintes de la CDQ a aussi été proposée pour la diffusion inélastique profonde lepton-hadron et la diffusion hadron-hadron.

- Les manifestations de l'étrangeté dans les systèmes hadroniques suscitent toujours un grand intérêt (par exemple les phénomènes liés au plasma de quarks et gluons, aux étoiles à neutrons...). Il est donc crucial de bien connaître d'abord le rôle de ce degré de liberté dans les réactions sur les systèmes simples que sont le proton et le deuton. Une équipe du groupe s'est attachée aux réactions de photoproduction et électroproduction d'étrangeté sur ces systèmes. Un modèle isobarique a été utilisé dont les constantes de couplage ont été ajustées sur l'ensemble des données disponibles. Une détermination plus précise sera possible avec la génération d'expériences à venir sur les faisceaux de CEBAF, ELSA et GRAAL.

Un deuxième pôle d'activité est constitué par des recherches sur les propriétés des hadrons et de leurs interactions dans la matière hadronique dense ou chaude.

- L'étude des corrélations pion-pion dans la matière nucléaire à température nulle a montré qu'une interaction satisfaisant aux contraintes de la symétrie chirale a pour effet de supprimer la possibilité d'une condensation des paires de pions.

- Les effets de milieu dans la matière pionique chaude ont été étudiés sous deux aspects qui ont une relation directe avec les recherches sur le plasma de quarks et de gluons : conséquences de l'introduction de ces effets dans une équation de transport et possibilité d'une phase pionique condensée à température et potentiel chimiques finis. De plus, une expérience d'ions lourds ultra-relativistes du CERN ayant suggéré une diminution de la masse du méson ρ liée à une restauration partielle de la symétrie chirale, une interprétation plus classique a pu être donnée utilisant le couplage du ρ aux excitations Δ -trous (figure b de la planche couleur 4).

- Les études sur la réalisation de la symétrie chirale dans la matière nucléaire et l'évolution avec la densité de son paramètre d'ordre, le condensat de quarks, ont été approfondies avec en particulier la prise en compte des

corrélations nucléon-nucléon à courte portée. L'utilisation de modèles σ non-linéaires a montré l'absence de réaction du milieu à la restauration de la symétrie contrairement à nos travaux précédents.

- Quelques problèmes plus ponctuels ont été considérés : méthode semi-classique pour la description des réactions ($e, e'p$) et, à l'interface de la physique des neutrinos et de la physique nucléaire, deux études concernant d'une part le problème de la double désintégration β avec émission de neutrinos, d'autre part, l'origine du flux de neutrons (bruit de fond) produits par des muons cosmiques dans les laboratoires souterrains recherchant des oscillations de neutrinos.

Un troisième volet de l'activité du groupe concerne des travaux basés sur la méthode du champ moyen appliqué aussi bien à la structure nucléaire qu'à celle des agrégats métalliques.

- Dans le premier domaine, les recherches ont porté sur les situations extrêmes explorées par les expériences actuelles ou programmées pour un proche futur (EUROGAM, EUROBALL, SPIRAL), états nucléaires de haut spin d'une part et noyaux de grand isospin d'autre part. Ainsi, la dynamique des noyaux superdéformés en rotation rapide a été étudiée grâce à des calculs microscopiques Hartree-Fock. La description des noyaux à grand excès de neutrons a été fortement améliorée par la mise au point de forces effectives de type Skyrme basées sur les propriétés de la matière neutronique (étoiles à neutrons).

- Une méthode auto-cohérente a été utilisée pour décrire certaines propriétés des agrégats de sodium. Les degrés de déformation 2^2- , 2^3- et 2^4- -polaires ont été pris en compte. Les surfaces d'énergie potentielle montrent des exemples d'états surperdéformés ainsi que de mollesse vis à vis de la déformation octupolaire (figure c de la planche couleur 4).

Un petit nombre de thèmes de recherche plus théoriques sont représentés dans les activités du groupe. A l'occasion il ne sont pas sans relations avec des problèmes de structure nucléaire.

- Deux études illustrent le problème général de la liaison des systèmes à petit nombre de corps. Il a été montré que les molécules bosoniques $(\bar{B}B)^N$ ($B = \pi^+$ par exemple) en interaction coulombienne sont liées pour $N = 3$ et 4 . Un autre sujet concerne les systèmes borroméens, systèmes à N corps liés par des forces attractives de courte portée alors que les sous-systèmes à $N-1$ corps ne le sont pas (par exemple noyaux à halo de neutrons). Des bornes rigoureuses satisfaites par la constante de couplage ont été établies dans le cas $N = 3$.

- Une équipe consacre son activité aux domaines des symétries et de la théorie des champs. Les groupes et algèbres quantiques constituent un premier axe de recherches. L'algèbre $U_{pq}(u_2)$ a été le principal sujet d'études. De nombreuses applications ont été développées : trajectoires de Regge, physique statistique, spectroscopie nucléaire (bandes rotationnelles), systèmes dynamiques et spectroscopie d'ions dans les solides. Un deuxième type d'activité est centré sur les théories des champs conformes en deux dimensions d'espace-temps qui suscitent actuellement beaucoup d'intérêt. Ces théories font appel à l'algèbre de Virasoro et ses extensions non-linéaires et supersymétriques. Deux méthodes différentes ont été utilisées, permettant la construction des super algèbres W avec symétrie simple ($N = 1$) et étendue ($N = 2$).

- Le domaine de la cosmologie et de la gravitation est représenté par des travaux sur la quantification des équations de la cosmologie de Friedman-Robertson-Walker. Une approche nouvelle de l'interaction gravitation-gravitation est par ailleurs tentée à partir des équations de champ d'une particule sans masse de spin 2 de Fierz.

Polarisation transverse des quarks

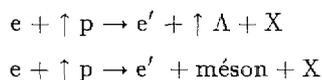
Quark transverse polarization

X. Artru en collaboration avec J. Czyzewski^(a), A. Kotzinian^(b), V. Karapetian^(b), B. Vuaridel^(b), W. Bonivento^(b), H. Yabuki^(c), J.-C. Collins^(d).

^(a)Université Jagellone, Cracovie, ^(b)CERN, ^(c)Hyogo University of Teacher Education, Japon, ^(d)Pennsylvania State University, USA.

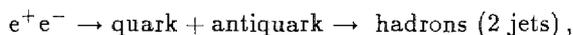
We have studied quark transverse spin effects and participated to analyses or proposals dedicated to their measurements at LEP. We have also developed a string model accounting for single spin asymmetry in inclusive pion production.

Nous avons participé à un projet d'expérience (HELP) consistant à placer une cible de jet d'hydrogène atomique polarisé dans le faisceau du LEP, au CERN. Les réactions étudiées,



permettraient de mesurer la polarisation transverse des quarks dans le proton. Le projet HELP n'a pas été approuvé au LEP. Cependant il a servi de base à des projets similaires étudiés par les collaborations SMC au CERN et HERMES à HERA.

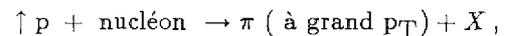
J.-C. Collins a montré qu'un quark ayant une polarisation transversale donne naissance à un jet asymétrique en ϕ , la variable azimutale. Cet effet, dit de cisaillement du jet ou "effet Collins", peut servir de "polarimètre à quark". Il peut être testé dans les réactions



où il existe une corrélation de spin transverse entre le quark et l'antiquark. Celle-ci serait observable par une corrélation azimutale entre les particules les plus rapides des deux jets. Nous avons montré comment

analyser les événements du LEP pour mettre cet effet en évidence^[1]. Un lot d'événements a déjà été analysé par W. Bonivento, mais la statistique n'est pas encore suffisante.

Nous avons poursuivi notre étude de l'asymétrie à un spin dans la réaction



que nous expliquons par l'effet de cisaillement du jet. Une simulation de cet effet basée sur la dynamique des cordes^[2] est en accord quantitatif avec les données de l'expérience E-704 de Fermi-Lab, si nous attribuons une forte polarisation transverse aux quarks à grande impulsion longitudinale.

Références

- [1] X. Artru and J.-C. Collins, Z. Phys., C69 (1996) 277.
- [2] "Single spin asymmetry in inclusive pion production, Collins effect and the string model", X. Artru, J. Czyzewski, H. Yabuki, LYCEN/9423, TPJU 12/94 (May 1994).

Physique hadronique à haute énergie - Structure du nucléon

High energy hadronic physics - Structure of the nucleon

M. Bertini, P. Desgrolard, M. Giffon en collaboration avec L. Jenkovszky^(a), F. Paccanoni^(b), E. Predazzi^(c).

^(a)ITP Bogoliubov Institute, Kiev, ^(b)INFN, Padova, ^(c)INFN, Turin.

Various models have been studied to account for the structure of the nucleon in the wide range of the deep inelastic lepton-nucleon scattering investigated by the CERN, SLAC and DESY experiments and for the elastic hadron-hadron scattering at high energy.

1. Approche phénoménologique des fonctions de structure du nucléon

a) Fonction de structure à HERA, lien avec le processus de photoproduction

Nous proposons un modèle phénoménologique décrivant la fonction de structure non polarisée (F_2) du nucléon sur l'ensemble du domaine cinématique de la diffusion lepton-nucléon profondément inélastique, exploré à ce jour par les expériences au CERN, SLAC et DESY. Ce modèle repose sur la description des distributions partoniques par une structure à deux composantes permettant de rendre compte des comportements attendus dans les régimes perturbatifs et non perturbatifs de l'évolution en Q^2 (moment transféré par le photon virtuel). Un soin particulier a été apporté à la dépendance en Q^2 des composantes perturbatives obtenues sous formes analytiques en s'aidant des équations d'évolution de Gribov-Lipatov-Altarelli-Parisi, et à l'étude de la forte croissance de F_2 à petit x (variable de Bjorken) révélée par les expériences H1 et ZEUS à HERA.

Notre étude du comportement des différentes contributions partoniques dans le domaine des faibles x met en évidence un processus permettant d'interpréter la croissance de F_2 à HERA comme étant due à l'évolution couplée des contributions de la mer et des gluons (figure 1). Les résultats décrivent l'ensemble des données connues sur les fonctions de structure ($F_2^{(\mu,e)P}$, $F_2^{(\mu,e)n}$, $F_2^P - F_2^n$, F_2^n / F_2^P , $F_2^{\nu N}$) et réalisent le lien entre diffusion inélastique e-p à faible moment transféré et diffusion élastique γ -p à haute énergie.

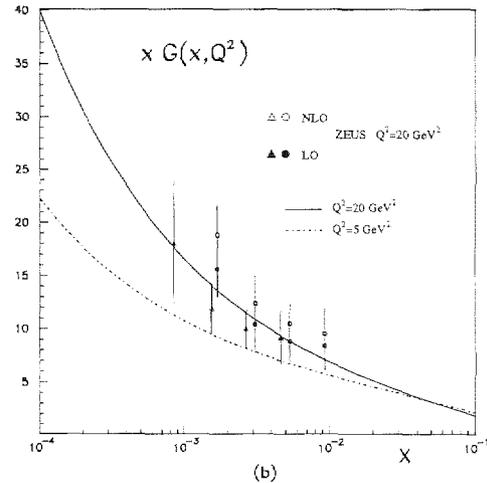


Figure 1 : Distribution gluonique $xG(x, Q^2)$, comparée aux données de la collaboration ZEUS.

b) Structure en spin du nucléon

L'extension de cette approche à l'étude des fonctions de structure polarisées g_1^P , g_1^n et g_1^d fut réalisée en incluant au modèle des partons "classique" les effets de l'anomalie axiale sous la forme d'un terme gluonique direct dans l'expression de g_1 .

Les résultats obtenus reproduisent les récentes données expérimentales sur les fonctions de structure g_1^P (figure 2), g_1^n et g_1^d et rendent compte de la contribution des différents partons au spin du nucléon (voir figure a de la planche couleur 4).

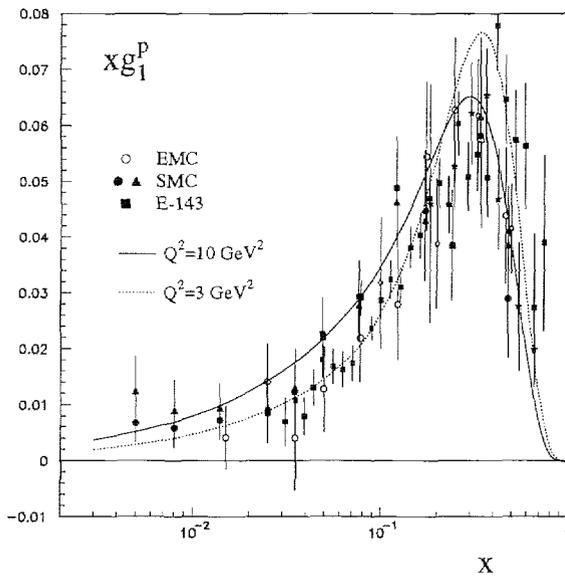


Figure 2 : Fonction de structure xg_1^p comparée aux résultats expérimentaux des collaborations EMC, NMC et E143.

2. Un ou deux pomérons ?

Une forme unique du poméron permettant de décrire la croissance de F_2 à HERA à petit x et celle des sections efficaces totales de diffusions hadroniques (σ_{tot}) est proposée. Elle conduit à une expression de F_2 possédant les comportements prédits à faible x et large Q^2 par la Chromodynamique Quantique (CDQ) dans le régime perturbatif, et se réduisant à une forme en $\ln^2(1/x)$ dans la limite $Q^2 \rightarrow 0$, en accord avec la borne de Froissard-Martin pour les réactions hadroniques.

3. Modèles de diffusion élastique

Le modèle que nous avons mis au point est fondé sur une approche de la dynamique à la Regge tenant compte des contraintes de CDQ aux grandes valeurs de $|t|$. Nous avons obtenu de très bons résultats jusqu'aux énergies du Tévatron et des rayons cosmiques et pour de grands transferts. Cette approche a apporté la prédiction d'une structure de type "diffractif" se manifestant comme un second creux (ou un épaulement) dans les variations des sections efficaces différentielles avec le transfert. L'importance de ce résultat devrait être confirmé ou infirmé expérimentalement dans le futur auprès des accélérateurs RHIC et LHC (projet TOTEM par exemple).

Une étude des propriétés du poméron communes aux diffusions élastiques hadron-hadron et inélastiques profondes lepton-hadron a été entreprise. Dans un premier temps, l'accent a été mis sur la dominance du poméron et les limites asymptotiques des observables $\sigma_{tot}^{PP, \bar{P}P}$, $\sigma_{tot}^{\gamma P}$, F_2 et la pente à l'avant.

Le modèle du "poméron dipôle" a été étendu pour inclure des trajectoires non linéaires. La trajectoire logarithmique pour le poméron simule la transition entre les diffusions "dure" et "molle" et évite ainsi l'introduction de degrés de liberté supplémentaires. Les résultats sont en meilleur accord avec les expériences de diffusion que ceux du modèle d'origine. Les trajectoires obtenues ont pu être exploitées pour la détermination des caractéristiques des hypothétiques boules de glue.

Enfin, les corrections d'unitarité ont été évaluées pour le modèle simple du poméron dipôle : il est trouvé numériquement qu'il est suffisant de prendre en compte un très petit nombre de rediffusions (~ 5). Nous trouvons d'autre part que le processus d'eikonalisation serait responsable de la structure diffractive discutée ci-dessus.

Production d'étrangeté sur les systèmes hadroniques simples

Electromagnetic production of associated strangeness

J.-C. David, C. Fayard, G.-H. Lamot, F. Rouvier en collaboration avec B. Saghai^(a), T. Mizutani^(b), B. Kerbikov^(c).

^(a)CEA/DSM/DAPNIA, CEA-Saclay, ^(b)Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, ^(c)ITEP, Moscou.

Using a formalism based on an isobaric approach, we investigate the photo- and electroproduction of strangeness with the aim of analyzing the upcoming data at CEBAF, ELSA and ESRF.

1. Photo- et électro-production d'étrangeté sur le nucléon

Dans le domaine des énergies intermédiaires, on connaît bien l'interaction nucléon-nucléon et les propriétés des premières résonances baryoniques qui font intervenir les quarks u et d. L'étrangeté portée par le quark s introduit un nouveau degré de liberté, et on doit alors s'intéresser aux interactions hypéron-nucléon, hypéron-hypéron, à la production de résonances hadroniques étranges, aux mécanismes d'échange d'étrangeté, etc...

L'approche basée sur l'utilisation des sondes électromagnétiques a été peu explorée jusqu'à maintenant, mais elle connaît un regain d'intérêt avec la nouvelle génération d'accélérateurs à électrons en cours de réalisation. Le seuil de production de Λ sur le nucléon étant à 0,91 GeV et celui de Σ à 1,05 GeV, le phénomène de production d'étrangeté dans les noyaux à basse énergie ($E_\gamma < 1,5$ GeV en photoproduction) est dominé par la réaction élémentaire sur le nucléon.

Nous (JCD, CF, GHL, BS, TM) travaillons actuellement sur ce processus élémentaire, pour lequel de nouveaux résultats expérimentaux vont être disponibles dans un proche avenir auprès de CEBAF, d'ELSA et de l'ESRF (projet GRAAL). Dans ces trois laboratoires, du temps de faisceau est prévu pour étudier les réactions de photoproduction d'étrangeté sur le proton :

$$\gamma + p \rightarrow K^+ + \Lambda, \quad \gamma + p \rightarrow K^+ + \Sigma^0, \quad \gamma + p \rightarrow K^0 + \Sigma^+$$

Les mesures envisagées concernent les sections efficaces différentielles (distributions angulaires et

courbes d'excitation), les sections efficaces totales et la polarisation de l'hypéron sortant. De plus, des mesures avec faisceaux et cibles polarisés sont également prévues à ESRF et CEBAF. Des données de bonne qualité relatives à ces observables de polarisation permettront en principe de mettre des contraintes assez fortes sur les modèles théoriques.

D'autre part, le faisceau d'électrons à haut cycle utile de CEBAF permettra des mesures précises concernant l'électroproduction d'étrangeté pour les réactions élémentaires :

$$e + p \rightarrow e' + K^+ + \Lambda, \quad e + p \rightarrow e' + K^+ + \Sigma^0$$

L'approche théorique que nous utilisons est basée sur un modèle isobarique. Les amplitudes de réaction sont exprimées sous forme de diagrammes de Feynman. Au premier ordre, chaque diagramme correspond à l'échange d'une particule ou résonance. On a ainsi les contributions des termes de Born pour les échanges du proton (p), du kaon (K) et de l'hypéron (Y), et les termes résonnants pour les échanges des résonances N^* , K^* et Y^* . Dans le cas des réactions où un hypéron Σ est produit, on introduit aussi les résonances Δ^* , comme permis par la conservation de l'isospin.

Les résonances qui peuvent être introduites dans notre modèle sont les résonances de spin $\leq 5/2$ dans la voie s, celles de spin 1/2 dans la voie u et les résonances $K^*(892)$ et $K_1(1270)$ dans la voie t. Nous nous sommes limités aux résonances de masse ≤ 2 GeV.

Les paramètres libres du modèle sont déterminés par un ajustement au sens des moindres carrés sur l'ensemble des points expérimentaux disponibles, soit environ 550 points pour les observables de photo- et d'électroproduction dans la gamme d'énergie s'étendant du seuil à $E_\gamma^{\text{lab}} = 2,2 \text{ GeV}$.

Un des points importants de notre étude concerne l'introduction des résonances nucléoniques de spin 3/2 et 5/2 qui peuvent intervenir quand l'énergie augmente jusqu'aux valeurs que nous avons considérées ($E_\gamma \simeq 2,2 \text{ GeV}$). Nous avons utilisé la méthode proposée par Adelseck et al. pour le spin 3/2, et nous l'avons étendue au spin 5/2 : le propagateur est celui donné par Pilkhun avec la masse de la résonance remplacée par \sqrt{s} dans le numérateur, le vertex est construit par analogie avec celui de la résonance Δ dans la photoproduction de pion, avec également la masse de la résonance remplacée par \sqrt{s} . Ceci permet d'obtenir des amplitudes invariantes de jauge.

Nous disposons actuellement d'un modèle remplissant au mieux le "cahier des charges" que nous nous sommes fixé :

- Il contient un nombre limité de résonances : pour la voie $K^+ \Lambda$ par exemple, seules interviennent, en plus des termes de Born, trois résonances nucléoniques (dont la Roper, et deux résonances de spins 3/2 et 5/2 respectivement), trois résonances hypéroniques (dont la $\Lambda(1405)$), ainsi que les résonances K^* et K_1 .

- Le modèle reproduit de façon satisfaisante l'ensemble des observables connues à ce jour, du seuil à 2,2 GeV, ainsi que les rapports de branchement pour la capture radiative $K^- p$ (ces quantités sont calculées à partir des amplitudes de photoproduction par la symétrie de croisement).

- Les valeurs obtenues pour les constantes de couplage g_{KAN} et $g_{K\Sigma N}$ sont en accord avec les valeurs prédites par $SU(3)$, avec une brisure d'environ 20 %.

Une partie de ces travaux est rassemblée dans un article détaillé. Nous étudions en particulier dans ce papier la sensibilité des observables de simple et double polarisation au mécanisme de réaction, et nous montrons l'intérêt de faire des mesures précises de ce type d'observables. Nous analysons également la sensibilité des observables d'électroproduction au type de facteurs de forme utilisés pour le proton, l'hypéron et le kaon.

Nos travaux en cours sont essentiellement consacrés aux points suivants :

- Nous étudions les effets hors-couche dans le traitement des résonances nucléoniques de spin 3/2. En effet, la méthode de Adelseck et al. que nous avons utilisée peut être considérée comme une méthode ad-hoc permettant de respecter l'invariance de jauge. En fait, la théorie lagrangienne effective d'un baryon de spin 3/2 en interaction prend en compte le degré de liberté relié au comportement hors-couche de la particule (ou résonance) au vertex. Les expressions du propagateur et des vertex sont alors plus compliquées car elles dépendent de nouveaux paramètres libres, appelés "paramètres hors-couche".

- Nous avons introduit ces effets dans notre modèle pour les résonances nucléoniques de spin 3/2. Dans un premier temps, nous avons déterminé les expressions formelles des amplitudes de photo- et d'électroproduction, qui font apparaître des contributions résonnantes et non-résonnantes dépendant de trois paramètres hors-couche (pour chaque résonance). Il faut donc maintenant faire de nouvelles minimisations avec ces paramètres libres supplémentaires. Des résultats préliminaires semblent indiquer que les effets hors-couche sont relativement modérés.

- Une bonne connaissance des processus élémentaires sur le proton permet d'aborder l'étude de systèmes plus compliqués, en particulier la photoproduction d'étrangeté sur le deuton. Cette activité est présentée ci-après.

2. Photoproduction d'étrangeté sur le deuton

L'implantation d'un Λ dans le noyau est une voie attractive pour en sonder l'intérieur. Une particule étrange n'étant pas astreinte, dans le noyau, par le principe de Pauli, elle est capable d'atteindre des états liés profonds. Néanmoins le manque de faisceaux d'hypérons et de sources de neutrons, impose de sévères limitations sur la connaissance de l'interaction Λ -nucléon. Devant cette difficulté expérimentale de l'étude directe de cette interaction (ou plus généralement de celle des systèmes hypéron-nucléon) les réactions du type $\gamma + d \rightarrow K + \Lambda + n$ peuvent apporter, par le biais de

l'étude de l'interaction dans l'état final, des connaissances complémentaires sur ces systèmes.

Il y a, bien sûr, trois types d'interactions dans l'état final de cette réaction : i) l'interaction K- Λ , qui est déjà présente dans la réaction $\gamma + p \rightarrow K^+ + \Lambda^0$, ii) l'interaction Λ -N, qui est celle dont nous voulons discuter, iii) l'interaction K-N, qui est en général considérée comme faible, comparée aux précédentes ; c'est une correction à l'interaction baryon-baryon.

Nous (CF, GHL, FR, BS, BK) avons récemment présenté un modèle pour la réaction : $\gamma + p \rightarrow K^+ + \Lambda$ et nous pourrions donc l'introduire comme interaction élémentaire pour construire un modèle de la réaction $\gamma + d \rightarrow K + \Lambda + n$.

Dans un premier temps nous calculons l'amplitude T_{ff} dans l'approximation de l'impulsion relativiste (le neutron est spectateur). Les fonctions d'onde du deuton sont celles de Gross et al. et les amplitudes de photo-production (cf. thèse de J.-C. David) sont actuellement les valeurs des constantes de couplage d'Adel-seck et Saghai (set 2). Nous incluons plus tard notre propre modèle qui tient compte de résonances de spin 3/2 et 5/2. Les doubles sections efficaces obtenues, $d^2\sigma_d/dp_K d\Omega_K$, présentent un comportement similaire à celui présenté dans des études plus anciennes.

Pour tenir compte de l'interaction dans l'état final, il faut introduire la contribution du diagramme triangle ; cependant, en première approximation, nous avons essayé de simuler très simplement cette interaction "à la Watson-Migdal", ce qui dans ce modèle abaisse la section efficace jusqu'à 20 % suivant l'angle

d'émission du kaon. La figure 1 montre clairement cette réduction sur la double section efficace $d^2\sigma_d/dp_K d\Omega_K$ calculée à $E_\gamma = 1,4$ GeV pour des angles d'émergence du kaon allant de 0° à 20° .

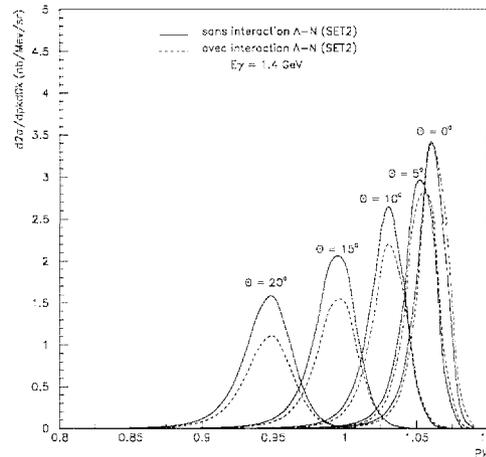


Figure 1 : Dépendance de la section efficace de la réaction $d(\gamma, K^+) \Lambda n$ en fonction du moment p_K du kaon pour $\theta_K = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$ et 20° .

Nous abordons maintenant une nouvelle étape en ajoutant au terme polaire la contribution exacte du graphe triangle et en tenant compte, en plus, de la conversion Λ -N \leftrightarrow Σ -N. On pense que la conversion doit jouer un rôle important dans ce processus, rôle qui se traduit par un pic dans la section efficace au seuil d'électro-production Σ -N.

Hadrons dans la matière hadronique dense et/ou chaude

Hadrons in dense and/or hot hadronic matter

G. Chanfray, D. Davesne, J. Delorme, M. Ericson en collaboration avec Z. Aouissat^(a), R. Rapp^(a), J. Wambach^(a), P. Schuck^(b), G. Welke^(c), T. Alm^(d), A. Molinari^(e).

^(a)Jülich, ^(b) ISN-Grenoble, ^(c)Dérouit, ^(d) Rostock, ^(e)Turin.

We have studied modifications of hadronic properties in dense and/or hot hadronic matter. Attention has been devoted to pion-pion correlations and especially to their introduction in the transport equation of a pion gas. An interpretation of the modifications of the ρ meson mass spectrum seen in CERN heavy ion experiments has been proposed in terms of coupling to Δ -hole excitations. Another subject of interest has been the evolution of the quark condensate to second order in the nuclear density which has been shown to be governed by meson exchange effects without systematic reaction of the nuclear medium due to distortion.

1. Corrélations pion-pion dans la matière nucléaire

Nous (GC, ZA, RR, JW, PS) avons poursuivi nos travaux concernant les corrélations pion-pion dans la matière nucléaire. Il avait été précédemment établi, dans le cadre du modèle de Jülich, que le couplage du pion au secteur particule-trou (outre le secteur Δ -trou) conduisait à une importante accumulation de force, pouvant générer une instabilité vis à vis de la condensation de paires de pions à une densité de l'ordre de $1,3 \rho_0$. Cependant, bien que le potentiel de Jülich soit extrêmement sophistiqué (comme une sorte de potentiel de Bonn pour les mésons), il n'incorpore pas de façon explicite certaines propriétés liées à la symétrie chirale. Il reste en particulier toujours attractif sous le seuil de $2 m_\pi$ ce qui viole un théorème de pions mous que nous avons établi. Nous avons alors développé de nouveaux modèles de l'interaction pion-pion (modèle σ -linéaire ou non linéaire unitarisé) qui incorporent explicitement ces contraintes chirales. On trouve encore une augmentation de force à densité finie dans la région du seuil mais le phénomène de condensation de paires disparaît. Mentionnons également que le potentiel de Jülich est en ce moment amélioré dans le but d'incorporer ces mêmes contraintes.

2. Effets collectifs dans la matière hadronique chaude

A la suite de nos travaux concernant la modification de la relation de dispersion des pions dans la matière pionique chaude, nous (GC, DD, GW) avons abordé l'aspect dynamique de ce problème, en incluant les effets de milieu dans une équation de transport de Boltzmann. L'originalité de ce travail réside dans le fait que, pour la première fois à ces énergies, les effets de milieu ont été introduits dans les deux membres de l'équation de Boltzmann : effet de champ moyen dans le membre décrivant la propagation et modification de l'interaction dans le terme de collision. Le code de simulation numérique que nous avons dû écrire a permis de mettre en évidence que l'action conjuguée des deux effets de milieu était relativement non seulement faible comparée à l'action des corrélations de Bose, mais également de signe opposé (c'est-à-dire une diminution du surpeuplement à bas moment). Nous sommes alors parvenus à la conclusion que le temps de formation du milieu, qui dans l'approche de Bjorken détermine la densité initiale, devrait être très faible afin que l'effet des collisions soit assez important pour contrebalancer les effets du milieu.

Dans de telles circonstances, l'existence d'un plasma deviendrait peu probable à moins que les condi-

tions initiales ne soient notablement modifiées par la transition de phase entre le plasma et la matière hadronique. A l'occasion de cette étude, nous (DD) avons calculé pour la première fois les coefficients de transport du gaz de pions avec un terme de collision tenant compte des facteurs de Bose. En parallèle avec ce qui précède, nous (GC, TA, PS, GW) avons poursuivi nos travaux concernant la possible existence d'une phase condensée de la matière pionique chaude caractérisée par l'apparition d'un gap lui-même intimement associé à l'existence d'un état lié à température et potentiel chimique finis. Cette étude avait été faite dans un premier temps dans le cadre d'une théorie non relativiste dans le sens où le nombre de pions est explicitement conservé au niveau du hamiltonien. Nous avons traité ce même problème pour une théorie relativiste (modèle σ linéaire complété par des facteurs de forme ajustés sur les déphasages). Dans ce cas, l'opérateur nombre de pions ne commute pas avec le hamiltonien bien que l'interaction pion-pion demeure élastique dans le domaine d'énergie considéré. Nous avons pu néanmoins résoudre le délicat problème de l'introduction d'un potentiel chimique tout en permettant de définir de façon satisfaisante la limite non relativiste d'une théorie de champ bosonique à température finie. Nous avons trouvé que l'existence d'une phase condensée demeurerait possible et nous en étudions les conséquences sur les spectres de pions obtenus en collision d'ions lourds ultrarelativistes.

3. Spectre de masse du meson ρ et production de dileptons

Des expériences récentes (CERN) de production de dileptons en collisions d'ions lourds ultrarelativistes (collaboration CERES) ont montré que le spectre de masse du meson ρ était notablement modifié avec, en particulier, une très forte augmentation de la distribution autour d'une masse invariante de 500 MeV/c. Ces données ont suscité un intérêt considérable et il a été émis l'idée que cet effet était lié à une diminution de la masse du ρ provenant de la modification du vide de QCD à température et/ou densité finie (restauration partielle de la symétrie chirale). En nous basant sur nos travaux précédents (GC), nous avons proposé une explication alternative provenant pour l'essentiel du couplage du ρ à des états à un quasi-pion et un état Δ -trou (transverse). Nous (GC, RR, JW) en

avons alors amélioré la description (couplage du secteur particule-trou, effet de température dans les boucles). Nous avons utilisé des ingrédients provenant de codes de transport pour évaluer l'évolution de la température et de la densité baryonique et incorporé explicitement les corrections d'acceptance. Nous obtenons ainsi une augmentation du spectre au-dessous de la masse du ρ permettant d'expliquer une très grande partie de l'effet. La figure b de la planche couleur 4 montre en pointillés les désintégrations Dalitz des mésons η , en bleu le Dalitz $+\rho+\omega$ libre et en rouge le Dalitz $+\omega+\rho$ modifié par ses interactions dans le milieu.

4. Condensat de quarks et restauration de la symétrie chirale dans les noyaux

Nos études sur la restauration partielle de la symétrie chirale dans la matière nucléaire ont été approfondies. Les résultats des modèles chiraux linéaires et non linéaires ont été comparés. De plus, le rôle des corrélations nucléon-nucléon de courte portée a été considéré. Nous (GC, JD, ME) avons montré que, sur la base du potentiel optique pion-noyau d'onde s mesuré dans les atomes mésiques, le modèle σ -linéaire n'est pas un modèle réaliste. Passant aux modèles non linéaires, nous avons comparé deux versions possibles dont l'une seulement satisfaisait PCAC. Nous avons prouvé que, conformément au théorème général de Coleman-Wess-Zumino, les valeurs du condensat de quarks et de la masse effective du pion sont indépendantes de la version choisie. Ainsi, dans le cas du lagrangien possédant la propriété PCAC, le commutateur σ du noyau qui est directement relié au condensat de quarks peut s'exprimer comme une amplitude de diffusion de pions mous. La contribution de la rediffusion est exactement compensée par celle des termes non linéaires (dans la densité nucléonique) du lagrangien ce qui permet de retrouver le résultat du modèle sans PCAC où ces termes n'existent pas. Nous avons également montré que ces propriétés restent vérifiées en présence de corrélations. Contrairement à ce que nous avons annoncé dans des travaux précédents, il n'y a donc pas, au second ordre dans la densité, de réaction systématique du milieu due à la distorsion contre la restauration de la symétrie chirale qui prévaut au premier ordre. La correction principale à l'ordre supérieur qui soit sous contrôle provient de l'échange d'un pion p déjà considéré.

L'échange de deux pions s a été estimé et trouvé négligeable.

5. Traitement semi-classique des réactions (e, e'p) sur les noyaux

Nous (GC, AM) avons développé un formalisme semi-classique permettant de traiter des processus

exclusifs tels que (e, e'p). Nous avons calculé dans ce cadre la fonction spectrale (diagonale) et nous l'avons comparée dans certains cas avec des calculs quantiques exacts. Cette approche permet en outre d'incorporer de façon simple une fonction spectrale non diagonale, ce qui est nécessaire pour le traitement consistant de la distorsion du proton sortant.

Physique des neutrinos et physique nucléaire

Neutrino physics and nuclei

J. Delorme, M. Ericson en collaboration avec T. Ericson^(a), P. Vogel^(b).

^(a)CERN, ^(b)CALTECH.

Two topics relevant to the interplay of neutrino physics and nuclei have been explored. First, we have studied the role of Gamow-Teller strength lying at high excitation in double β -decay with neutrino emission and found it to be small. Second, the production of pions and neutrons by electromagnetic interaction of cosmic ray muons in underground neutrino detectors has been calculated and compared to experiments.

1. Force Gamow-Teller de haute énergie et double désintégration β avec émission de neutrinos

Le processus de double désintégration β avec émission de 2 neutrinos $A_Z \rightarrow A_{Z+2} + 2e^- + 2\nu$ se fait en 2 étapes successives de désintégration β avec passage par un état intermédiaire excité du noyau A_{Z+1} . Les calculs théoriques n'introduisent que des états intermédiaires de basse excitation. Or, la force Gamow-Teller s'étend à très haute énergie d'excitation (de l'ordre de la masse du pion). On peut donc se demander si ces régions de haute excitation, négligées jusqu'ici, ne doivent pas contribuer également à la double désintégration β . Nous (ME, TE, PV) avons étudié ce problème et montré que l'absence de cohérence entre les éléments de matrice des deux transitions β successives rendent en fait cette contribution très petite.

2. Production de pions et de neutrons par les muons cosmiques dans les laboratoires souterrains

Ce sujet a été motivé par un problème expérimental : la production de neutrons par des muons

cosmiques à des profondeurs variables. Nous (JD, ME, TE, PV) avons suggéré qu'une source additionnelle possible de neutrons existe comme production secondaire liée au processus primaire de production de pions négatifs. Nous nous sommes donc intéressés à la production de pions par les photons virtuels de la diffusion inélastique de muons sur les noyaux. Nous avons en particulier étudié la validité de l'approximation des photons équivalents dans la région d'énergie d'excitation de la résonance Δ . Nous avons montré qu'elle était la meilleure approximation à utiliser et pourquoi. Utilisant cette approximation, nous avons alors fait une estimation du taux de production de pions. Notre estimation est en accord avec les données expérimentales.

Pour ce qui concerne les neutrons, nous avons évalué le taux de production avec les processus d'émission de la résonance, de la région quasi-déuteronique, et avec le processus associé à la production de pions. Notre estimation sous-estime encore le taux de production par rapport au taux expérimental. Le désaccord est sans doute dû aux processus de spallation qui se produisent à haute énergie d'excitation.

Dynamique des noyaux en rotation rapide

Dynamical properties of rapidly rotating nuclei

E. Chabanat, J. Meyer, M. Meyer, S. Perriès en collaboration avec J. Bartel^(a), K. Bencheikh^(b), Ph. Quentin^(c), D. Samsøen^(c).

^(a)CRN-Strasbourg, ^(b)Inst. de Physique, Univ. de Sétif, Algérie, ^(c)CEN-Bordeaux-Gradignan.

Microscopic description of collective rotation in nuclei gives some answers to fundamental questions like the idea of liquid drop at high angular momentum as well as to some exotic behavior observed in superdeformed nuclei.

Les multidétecteurs γ ont récemment livré une importante quantité de résultats expérimentaux dans le domaine des états superdéformés des noyaux. Ils ont permis, outre une bonne systématique du phénomène, la mise en évidence de certains phénomènes exotiques dont le "staggering" est un exemple encore très mal compris.

Les théories microscopiques utilisant l'approximation de champ moyen doivent permettre d'apporter des réponses cohérentes puisqu'elles n'utilisent pas à priori de paramètres ajustables. Le phénomène collectif de rotation est étudié dans le cadre de l'approximation du "cranking" en minimisant le routhian $\mathcal{R} = \mathcal{H} - \omega j$.

Une approche semi-classique de type Thomas-Fermi utilisant un développement en \hbar étendu à l'ordre 2^[1] nous a permis de retrouver microscopiquement le problème de Newton pour un système de fermions, c'est-à-dire l'évolution de la forme d'un noyau en fonction de la vitesse de rotation^[2]. Ce cadre de travail doit nous permettre de comprendre en particulier comment évolue la notion de goutte liquide en fonction de la vitesse de rotation. On doit extraire pour cela de l'expression de l'énergie totale d'un noyau en rotation les paramètres naturels de goutte liquide : énergies de volume, de surface, de symétrie et coulombienne. Après quelques premiers tests^[3], nous avons entrepris une étude systématique sur environ 200 noyaux et 50 valeurs de la vitesse de rotation et dont l'analyse est actuellement en voie d'achèvement.

Une seconde approche, quantique, utilise l'approximation du "cranking" traitée à la Inglis avec des fonctions d'onde Hartree-Fock incluant les corrélations d'appariement à l'approximation BCS. Nous avons calculé tout d'abord les rapports gyromagnétiques collectifs dans la zone de superdéformation pour les noyaux de la région de masse $A = 190$. Comme pour les états fondamentaux^[4], des déviations de l'ordre de 15 à 20 % sur les rapports gyromagnétiques g_R doivent être prises en compte. Par contre, et contrairement aux états fondamentaux, ces effets correspondent toujours à une diminution du facteur g_R par rapport à la loi usuelle en Z/A . Toujours dans le cadre de ce traitement simplifié de la dynamique de rotation, nous avons calculé les paramètres de masse correspondant au degré de liberté de vorticité intrinsèque pour étudier le lien possible entre le couplage de ces deux rotations collectives et le comportement de certaines transitions superdéformées^[5].

Références

- [1] K. Bencheikh et al., Nucl. Phys., A557 (1993) 459c.
- [2] E. Chabanat et al., Phys. Lett., B325 (1994) 13.
- [3] P. Quentin et al., Int. Conf. on Nuclear Shapes and Nuclear Structure at Low Excitation Energies, Antibes, France, June 20-25, 1994.
- [4] D.W.L. Sprung et al., Nucl. Phys., A326 (1979) 37.
- [5] I.N. Mikhailov, P. Quentin, Phys. Rev. Lett., 74 (1995) 3336.

Forces effectives pour les isospins extrêmes

Effective forces for extreme isospins

P. Charmont[◇], E. Chabanat, J. Meyer en collaboration avec P. Bonche^(a), R. Schaeffer^(a), P. Haensel^(b).

^(a)SPTH, CEN Saclay, ^(b)Inst. Copernicus, Varsovie, Pologne, [◇]Stagiaire ENS Lyon, mai-juillet 1994.

New Skyrme-like effective interactions based upon the properties of neutron stars are proposed for microscopic Hartree-Fock calculations. Good results are now obtained for the nuclei in extreme isospin conditions as well as for an astrophysics interest.

Élément essentiel de toutes les méthodes microscopiques de type Hartree-Fock, les interactions effectives généralement utilisées jusqu'à ce jour ne possèdent pas un bon comportement avec le degré de liberté d'isospin. Cet aspect fondamental doit être soigneusement contrôlé si l'on veut entreprendre une étude fiable de phénomènes exotiques dans le domaine des noyaux très riches en neutrons par exemple. Après avoir étudié la capacité des interactions effectives phénoménologiques existantes de type Skyrme à reproduire certaines propriétés statiques en fonction de $I = (N - Z)/A$, nous avons proposé de prendre en compte les propriétés de la matière de neutrons pour ajuster ce paramètre [1] [2].

Après avoir proposé quelques nouvelles paramétrisations pour des forces effectives de type Skyrme, des études systématiques de propriétés de noyaux existants sont actuellement entreprises avant d'entrer dans des études prospectives très loin de la vallée de stabilité. La figure 1 montre une étude systématique des isotopes d'étain. Les différences entre les énergies de liaison (Hartree-Fock - expérimentale) sont rapportées à l'isotope de masse $A = 114$. Pour la paramétrisation SLy7 nouvellement proposée, on constate une amélioration significative du comportement avec I par rapport à l'interaction effective de référence SkM*.

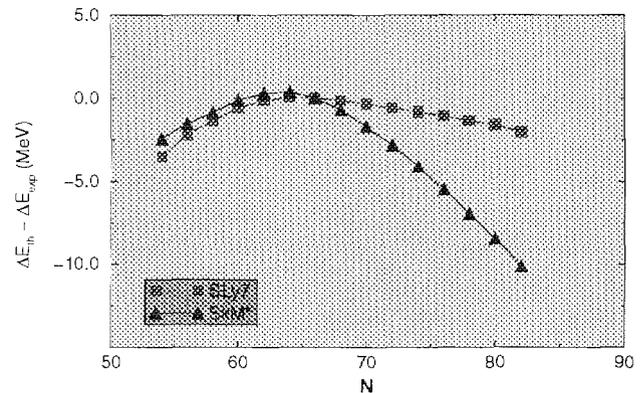


Figure 1 : Différences d'énergie de liaison (Hartree-Fock - expérimentale) pour les isotopes d'étain $Z = 50$.

Références

- [1] E. Chabanat et al., Physica Scripta, T56 (1995) 23.
- [2] E. Chabanat, Thèse de Doctorat, Univ. Lyon 1, 1995.

Déformations dans les agrégats métalliques \diamond

Multipolar deformations in metallic clusters

E. Chabanat, J. Meyer en collaboration avec M. Brack^(a), Th. Hirschmann^(a), B. Montag^(b), P.-G. Reinhard^(b).

(^a) Inst. Theor. Phys., Univ. Regensburg, Allemagne, (^b) Inst. Theor. Phys., Univ. Erlangen, Allemagne, \diamond Travaux théoriques soutenus par un Programme Européen SCIENCE.

We have calculated multidimensional Born-Oppenheimer energy surfaces of singly charged and neutral sodium clusters with quadrupole, octupole and hexadecapole deformed shapes in a particle range from $8 \leq N \leq 58$. The Kohn-Sham equations in the local-density approximation (LDA) are solved using the structure-averaged jellium model where we ascertain that the correct empirical bulk properties and surface tension are reproduced. Besides a pronounced isomerism in the $\beta_2 - \beta_4$ plane, we also find superdeformed shapes. We compare the Potential Energy Surface (PES) data with shape transitions deduced from experimental splittings of the dipole-photoabsorption cross sections. The influence of large octupole moments reverts the scheme of prolate-oblate shape transitions above the filled 2p-shell ($N = 42, 44$) which is wrongly predicted in spheroidal models.

Les propriétés électroniques statiques d'agrégats de sodium de masse comprise entre 8 et 58 sont décrites dans le cadre auto-cohérent de la méthode de Kohn-Sham. La structure ionique est prise en compte schématiquement dans le cadre du modèle du jellium standard et comparée à une approximation plus réaliste utilisant des pseudo-potentiels moyens qui conduit à une évaluation dynamique du rayon de Wigner-Seitz^[1]. Les surfaces d'énergie potentielle de déformation des agrégats neutres et mono-chargés sont construites en prenant en compte les degrés de liberté de déformations quadrupolaire, octupolaire et hexadécapolaire, axiales ou non axiales, nécessaires pour comprendre les énergies de ces agrégats compris entre les couches fermées P et D.

Le formalisme de l'Approximation des Phases Aléatoires, dans une représentation locale, permet d'obtenir une bonne description qualitative des spectres d'absorption de ces agrégats en retrouvant notamment la liaison entre la fragmentation de ces spectres avec la déformation statique trouvée pour chacun d'eux. Le

degré de liberté octupolaire engendre une mollesse qui est un ingrédient important pour interpréter l'étalement des modes collectifs résonants^[2].

Le couplage quadrupole-hexadécapole ($\beta_2 - \beta_4$) permet de plus la mise en évidence d'états superdéformés comme le montrent les surfaces d'énergie potentielle reproduites sur la figure c de la planche couleur 4 pour les agrégats Na_{15}^+ et Na_{45}^+ . Cette même planche couleur montre un exemple de mollesse dans le plan quadrupole-octupole ($\beta_2 - \beta_3$) pour l'agrégat Na_{41}^+ ^[3].

Références

- [1] B. Montag et al., Z. Phys., D32 (1994) 125.
- [2] Th. Hirschmann et al., Ann. Physik, 3 (1994) 336 ; Comp. Mat. Sci., 2 (1994) 450.
- [3] B. Montag et al., Phys. Rev., B52 (1995) 4775.

Stabilité de systèmes à petit nombre de corps

Stability of few-body systems

S. Fleck en collaboration avec J.-M. Richard^(a).

^(a)ISN-Grenoble.

The stability of quantum systems against dissociation has been studied, first for the case of $N = 3$ or 4 charged bosons interacting via Coulomb forces with N associated antiparticles, second for bosons interacting via short-range forces requiring a minimal strength g_N to achieve binding. Rigorous constraints have been derived for the g_N and tested on specific interactions.

Un système à N corps préfère-t-il se dissocier en plusieurs systèmes à plus petit nombre de corps ou peut-il bénéficier de davantage de liaison en maintenant ses constituants groupés ? Une question aussi simple est liée à de nombreux problèmes de divers domaines de physique. Pour N petit, nous avons appliqué des techniques classiques du problème à petit nombre de corps pour considérer deux exemples d'une telle problématique : la liaison de $2N$ bosons en interaction coulombienne et les systèmes borroméens.

1. Molécules bosoniques

Nous avons considéré des systèmes constitués de N particules et de leur N antiparticules en interaction coulombienne, afin de généraliser l'existence de l'atome positronium et de la molécule positronium à des systèmes plus complexes. Pour nous affranchir du principe de Pauli, nous choisissons des bosons, étudiant typiquement une molécule de tri-pionium $(\pi^+ \pi^-)^3$. Une fonction d'onde variationnelle de type Hylleraas, dans laquelle la symétrisation se fait non pas par des contraintes sur les paramètres variationnels, mais par l'adjonction de contre-termes appropriés, permet de démontrer la liaison. Nous avons également estimé la fonction d'onde à l'origine, quantité importante par exemple pour calculer la probabilité d'annihilation

interne. Une bonne estimation peut être obtenue par la règle de Schwinger généralisée. Enfin, le lien avec le comportement de l'énergie de liaison à la limite des grands N a pu être établi.

2. Liaison borroméenne

Pour lier N particules interagissant avec des forces attractives de courte portée, une valeur minimum g_N de la constante de couplage est nécessaire. Il apparaît que $g_3 < g_2$, autrement dit qu'il est plus facile de lier trois que deux corps. On obtient ainsi pour $g_{N+1} < g < g_N$, des systèmes qui sont liés alors qu'aucun de ces sous-systèmes ne l'est ; un phénomène dit de liaison borroméenne. De tels systèmes existent et ont été observés en physique nucléaire avec les noyaux à halo de neutrons. Nous avons utilisé les inégalités de Hall et Post pour établir des limites rigoureuses, indépendantes du potentiel, à la plage de couplage permettant une liaison borroméenne pour trois bosons identiques, ainsi que pour des particules différentes et pour certaines situations à plus de trois constituants. Ces bornes rigoureuses sont comparées aux estimations numériques dans le cas de potentiels gaussien, exponentiel ou de Yukawa. Le cas de potentiels à cœur dur est actuellement à l'étude.

Symétries et théorie des champs

Symmetries and field theory

R. Barbier, M. Daoud, F. Gieres, S. Gourmelen, M. Kibler en collaboration avec J. Meyer, Yu F. Smirnov^(a), R.M. Asherova^(b), L. Jenkovszky^(c), A. Mishchenko^(c), L.G. Mardoyan^(d), G.S. Pogosyan^(d), T. Négadi^(e), S. Theisen^(f), F. Delduc^(g).

^(a) IPN, Université de Moscou, ^(b) IPI de Obninsk, ^(c) Institut de Physique Théorique de Kiev, ^(d) Laboratoire de Physique Théorique de Dubna, ^(e) Institut de Physique de l'Université d'Oran, ^(f) Université de Munich, ^(g) Ecole Normale Supérieure de Lyon.

Our activities were mainly devoted to various aspects of symmetries in physics : particle physics, nuclear spectroscopy, condensed matter spectroscopy and mathematical physics.

Le groupe a centré ses travaux de recherche sur différents aspects des symétries en physique : physique des particules, spectroscopie nucléaire, spectroscopie de la matière condensée et physique mathématique. Ces travaux ont été conduits dans le cadre de collaborations locales et internationales. F. Gieres et M. Kibler ont de plus interagi avec des équipes expérimentales de l'IPNL dans le cadre d'une série de séminaires sur les algèbres et modèles supersymétriques intervenant en physique des particules.

1. Symétries et spectroscopie

Cet axe de recherches traite de l'application de la théorie des groupes vue sous l'angle des symétries conventionnelles (groupes finis et groupes de Lie) et des nouvelles symétries (groupes et algèbres quantiques), à différents domaines de la physique. Il comprend donc une partie développement de méthodes algébriques (principalement autour de l'algèbre quantique $U_{qp}(u_2)$) et une partie application (trajectoires de Regge, physique statistique, spectroscopie nucléaire, systèmes dynamiques et spectroscopie d'ions dans les solides).

Pour ce qui est de la partie méthodes algébriques, nous (RB, MK, YFS, RMA) avons terminé l'étude de l'algèbre quantique bi-paramétrée $U_{qp}(u_2)$. En particulier, nous avons étudié une famille de co-produits de cette algèbre de Hopf et dérivé les coefficients de couplage associés.

De nombreuses réalisations d'algèbres quantiques sont obtenues en termes d'opérateurs bosons q-déformés et qp-déformés. Les q- et qp-bosons ne constituent évidemment pas de nouvelles particules (il y en déjà tellement !). Cependant, il est intéressant d'examiner, dans le cadre des formalismes de la seconde quantification et de la théorie des champs par exemple, les modifications apportées par une qp-déformation de l'algèbre de Weyl et Heisenberg. C'est ce que nous (MK, LJ, AM) avons fait à propos des trajectoires de Regge du modèle de Veneziano : la qp-déformation permet alors de passer de trajectoires linéaires à des trajectoires logarithmiques. Dans le même ordre d'idée, nous (MK, MD) avons étudié ce que devient la statistique de Bose et Einstein lorsque l'on remplace les q-bosons par des qp-bosons : ceci débouche sur une distribution de Bose et Einstein qp-déformée qui conduit à une condensation de Bose en dimension N arbitraire.

Nous avons cherché à appliquer la symétrie $U_{qp}(u_2)$ à la spectroscopie de vibration-rotation de molécules diatomiques (RB, MK) et à la dynamique collective de rotation dans les noyaux (RB, MK, JM). Nous nous limiterons ici à une description sommaire du modèle que nous avons développé pour décrire des bandes rotationnelles de noyaux. Ce modèle repose d'une part sur l'ajustement des transitions γ à partir des valeurs propres d'un invariant de l'algèbre $U_{qp}(u_2)$ à l'intérieur de représentations irréductibles du type $(j_0 = I, j = I)$ où I est le moment angulaire du noyau

considéré, d'autre part sur le calcul des moments d'inertie dynamique et le calcul des probabilités de transition réduites $B(E2)$. Ce modèle a été testé, dans le cadre de la thèse de doctorat de R. Barbier sur 20 bandes superdéformées dans les régions de masse $A \approx 130, 150$ et 190 et sur 29 bandes pour des noyaux dans les régions des terres rares et des actinides. Les résultats obtenus sont meilleurs que ceux obtenus par Smirnov et ses collaborateurs sur la base de la symétrie $U_q(su_2)$ et par Tarlini et ses collaborateurs sur la base de la symétrie κ -Poincaré.

Nous (MK, LGM, GSP) avons continué l'étude de certains systèmes dynamiques (de type Coulomb généralisé et oscillateur généralisé) dans le but d'une qp-quantification de ces systèmes. Ceci a débouché sur une classification des éléments chimiques en dimension $N = 2$ (MK, TN).

Enfin, signalons un travail sur une application plus conventionnelle de la théorie des groupes. Suite à de récentes mesures d'absorption à deux photons dans des halogénures alcalins, nous (MK, MD) avons élaboré un modèle pour l'absorption à deux photons, un photon étant absorbé par transition dipolaire électrique, l'autre par transition dipolaire magnétique. De telles transitions sont permises entre états électroniques de parités opposées pour des ions de transition en symétrie finie et il n'est pas nécessaire d'invoquer ici un mécanisme de la violation de la parité comme dans le cas de l'absorption à deux photons par transitions dipolaires électriques.

2. Supersymétries et théories conformes

Les théories des champs conformes sur des variétés d'espace-temps bidimensionnelles ont suscité beaucoup d'intérêt durant les 15 dernières années en vue de leurs multiples applications en physique statistique, théorie des cordes, mathématique, mais aussi en vue de leur rôle de prototype pour des théories des

champs en dimension quatre. Dans ce contexte, l'algèbre de Virasoro, ses extensions non-linéaires (les algèbres W) et leurs généralisations graduées (les superalgèbres) sont devenues des sujets de recherches intensives.

Nous (FG, ST) avons construit des superalgèbres W avec supersymétrie simple ($N = 1$) et étendue ($N = 2$) par différentes méthodes. La première approche fait appel à la représentation matricielle des opérateurs covariants superconformes dans deux dimensions, opérateurs dont nous avons donné une classification complète en utilisant le formalisme général développé précédemment.

La deuxième méthode est basée sur l'intégration des identités de Ward obtenues à partir d'une condition de courbure nulle associée à une théorie de jauge bidimensionnelle appropriée. La relation avec la construction des algèbres W à la Gelfand-Dickey a aussi été discutée.

Les superalgèbres W de type $N = 2$ sont d'habitude présentées en utilisant le formalisme des superchamps $N = 1$. Afin de permettre leur construction directe par le formalisme des superchamps $N = 2$, nous (FG, SG, FD) étudions actuellement la formulation géométrique des modèles superconformes $N = 2$ sur les surfaces de Riemann.

Afin de rendre plus accessible les multiples applications de la supersymétrie en physique et en mathématique, une mise au point a été faite (FG), qui concerne principalement la mécanique quantique supersymétrique et les superalgèbres de Lie.

Signalons enfin un travail (FG) consacré aux différentes formulations de la mécanique quantique et en particulier à la formulation invariante de Dirac. Cet article est à l'origine d'un livre (en préparation) d'introduction au formalisme de la mécanique quantique.

Cosmologie et gravitation

Cosmology and gravitation

E. Elbaz en collaboration avec l'équipe de N. Novello ^(a).

^(a)CBPF, Rio de Janeiro.

Pursuing our collaboration with the N. Novello's group at CBPF of Rio de Janeiro (Brazil) we have given a general formulation of Friedman-Robertson-Walker (FRW) fundamental equations. On the other hand, we have just published a new book on quantum mechanics entitled "Quantique". The english version now under development, is to be published in 1996.

Dans le cadre de notre collaboration avec le Brésil, nous venons de soumettre une publication^[1] sur la formulation hamiltonienne des équations fondamentales de la cosmologie de Friedman Robertson Walker (FRW). Cela conduit à une quantification de ces équations et à une fonction d'onde d'Univers dans l'ère radiative pouvant être raccordée à la fonction d'onde d'Univers de l'ère de Planck obtenue à partir des équations de Wheeler de Witt (WDW).

Nous travaillons par ailleurs à une formulation différente de la gravitation à partir des équations de champ d'une particule sans masse de spin de Fierz. Cela introduit une approche nouvelle et différente de l'interaction gravitation-gravitation.

Nous (EE) avons enfin publié cette année un nouveau traité de mécanique quantique (512 pages)

intitulé "Quantique"^[2] qui couvre les enseignements de licence, maîtrise et certains aspects relevant du DEA (champs de bosons et champs de fermions, modèle standard GSW, introduction à la cosmologie quantique). La traduction anglaise est en cours d'élaboration et devrait être publiée courant 96.

Références

[1] E. Elbaz, N. Novello, J.M. Salin, M.C. Motta and R. Klippert, Hamiltonian Formulation of FRW Equations of Cosmology LYCEN/9531 (soumis à International Review of Modern Physics Letters).

[2] E. Elbaz, Quantique (Ellipses, Paris 1995).

IONS/AGRÉGATS-MATIÈRE (57)

Physico-chimie de l' INTERACTION ION-SOLIDE (69)

DIVERS (87)

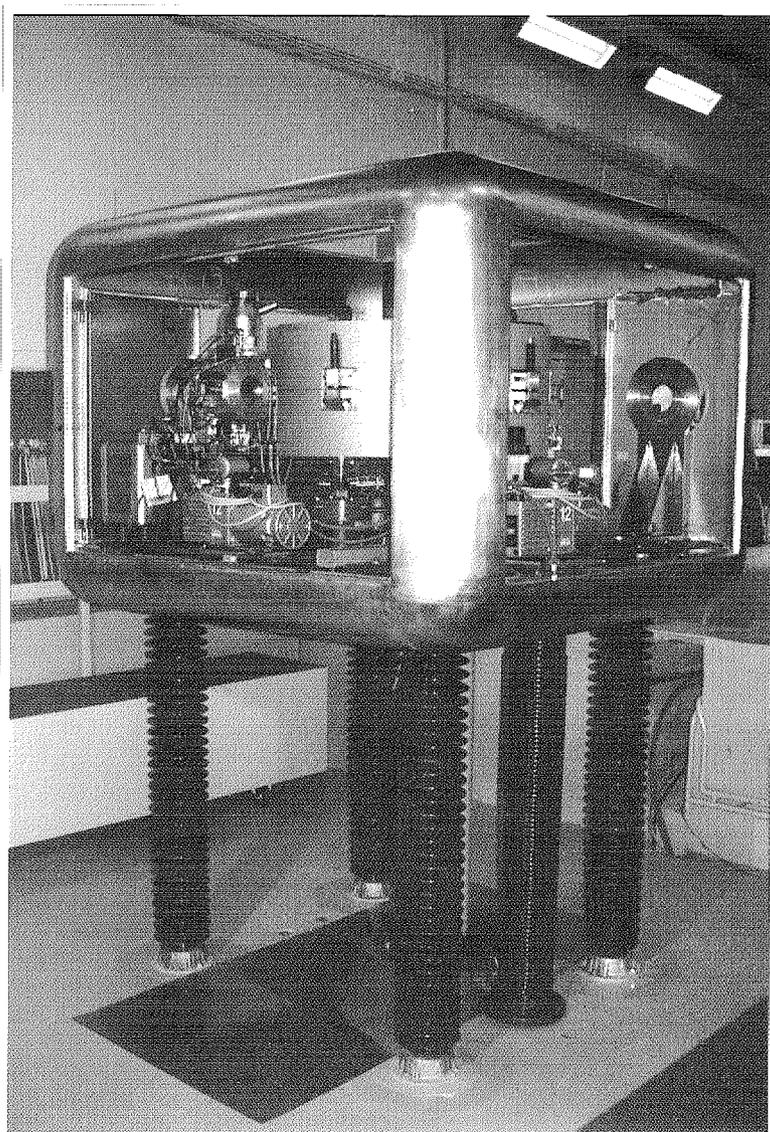


Planche 5 : l'implanteur d'ions 400 KV en fin d'installation sur son site (photo F. Mounier)

Fragmentation d'agréats

Cluster fragmentation

B. Farizon, M. Farizon, M.J. Gaillard, R. Genre, E. Gerlic, S. Louc et collaborateurs.

Collaboration avec l'Université de Casablanca, le LASIM (Université Lyon-1), l'Université Fédérale de Rio de Janeiro, l'Université d'Innsbruck (Institut für Ionenphysik).

Fragmentation of mass-selected 60-keV/u- H_{n+} induced by single collision with helium has been studied for various cluster sizes. The mass distributions of the charged fragments H_{p+} ($3 \leq p \leq n - 2$, odd) are found to follow a power law $(p/n)^{-\tau}$ for $p/n \leq 0,5$ ($\tau = 2,6$). A multiple H_{3+} fragment production is observed. The formation of these H_{3+} ions results from a rearrangement in the cluster after multi-ionization. The detection of neutral fragments leads to a very interesting spectrum the shape of which can be connected to the various energy deposits. A multi-detector and a multi-coincidence data taking system have been developed. Finally, we present the first cluster-cluster collision experiment performed at high velocity (60-keV/u- H_{n+} - C_{60}). This work is connected to the general studies on fragmentation phenomena and dynamics of finite sized systems.

La fragmentation se manifeste dans de nombreux systèmes depuis les grandes structures de l'univers jusqu'aux collisions entre noyaux atomiques, en passant par le monde mésoscopique des polymères^[1]. L'existence de classes d'universalité regroupant les phénomènes de fragmentation, à l'instar des phénomènes critiques ou de certains processus d'agrégation, est une question ouverte^[2].

La fragmentation des agrégats est un domaine très actif, récent, et en plein développement. Parmi les processus résultant de l'excitation d'agréats par impact électronique^[3], par absorption de photons^[4], ou par collision agrégat-atome^[5], c'est la dissociation moléculaire qui a été la plus étudiée. Plus récemment, la fission d'agréats de Van der Waals^[6] ou métalliques^[7] doublement chargés a été observée. Nos travaux récents ont permis la mise en évidence et l'étude de la multifragmentation d'agréats.

Les faisceaux d'agréats d'hydrogène de haute énergie^[8] délivrés par l'ensemble accélérateur d'agréats de l'IPNL donnent un intérêt nouveau aux collisions entre agrégats et atomes. En effet, dans ce domaine de vitesse (supérieure à la vitesse de Bohr), d'importants dépôts d'énergie dans l'agrégat peuvent résulter de la collision, pouvant aller jusqu'à l'ionisation multiple de l'agrégat. De plus, la vitesse relative entre l'agrégat et

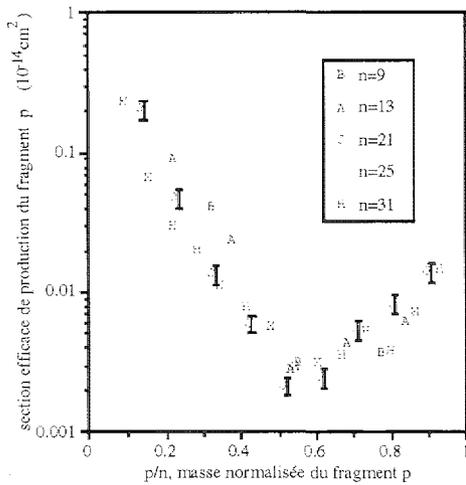
l'atome cible est supérieure ou de l'ordre de la vitesse des électrons dans l'agrégat et l'on peut considérer que les positions des protons de l'agrégat sont fixes pendant la collision. Ainsi, des processus tels que la production d'agréats multichargés suivie de leur fragmentation par répulsion coulombienne peuvent intervenir. Les différents canaux de fragmentation seront à relier à la dynamique de ces systèmes finis très excités où intervient la compétition entre les forces de Van der Waals, liantes et à courte portée, et les forces de répulsion coulombienne.

Ce travail a été développé dans plusieurs directions. Nous avons complété l'étude des distributions inclusives de fragments chargés mettant en évidence une loi d'échelle (§1). Nous avons étudié la production du fragment H_{3+} et mis en évidence pour la première fois dans la physique des agrégats un processus de multifragmentation (§2). L'une des originalités de la situation expérimentale est la possibilité de détecter les fragments neutres. Nous avons mis en œuvre l'étude de leur production (§3). Nous avons développé un multi-détecteur permettant d'effectuer la détection en coïncidence non seulement des fragments chargés, mais aussi des fragments neutres (§4). Enfin, nous venons de réaliser la première expérience de collision agrégat-agrégat à haute vitesse (§5).

Les résultats déjà obtenus, tant dans l'étude de la collision agrégat-atome que dans celle de la collision agrégat-agrégat, ouvrent un large champ d'investigation.

1. Loi d'échelle pour la production des fragments chargés lors de la fragmentation d'agrégats d'hydrogène H_n^+

L'étude de la production des fragments chargés^[9] a montré que ceux-ci sont de masse impaire (l'ion H_2^+ mis à part). La distribution des sections efficaces de production des fragments chargés en fonction de la masse du fragment est très différente de celle obtenue dans une situation analogue mais à basse énergie (figure 1).

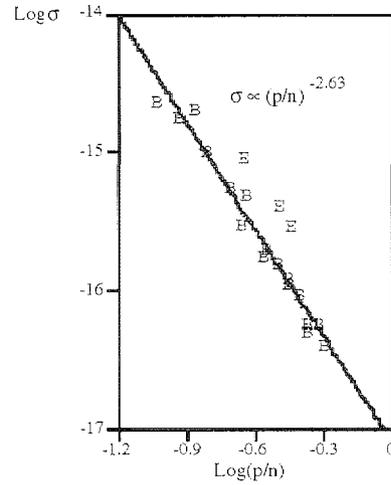


Fragmentation d'agrégats d'hydrogène H_n^+ rapides (60 KeV/u) après collision avec un atome d'hélium. Les sections efficaces de production σ de fragments chargés H_p^+ ($p = 3, n$) sont tracées en fonction du paramètre p/n , taille du fragment normalisée à celle de l'agrégat fragmenté.

Figure 1

En effet, une production importante d'agrégats une fois ionisés et de petite masse est observée, superposée au phénomène d'évaporation de molécules H_2 . Le phénomène d'évaporation des constituants de l'agrégat, suite à un dépôt d'énergie dans celui-ci, a été observé dans diverses situations expérimentales : divers agrégats et divers modes de dépôt d'énergie dans l'agrégat (par laser, par impact électronique et par collision à basse vitesse). Cette production de petits agrégats chargés,

de masse intermédiaire située entre les masses des fragments résultant du processus d'évaporation met en évidence de nouveaux processus de fragmentation de l'agrégat.

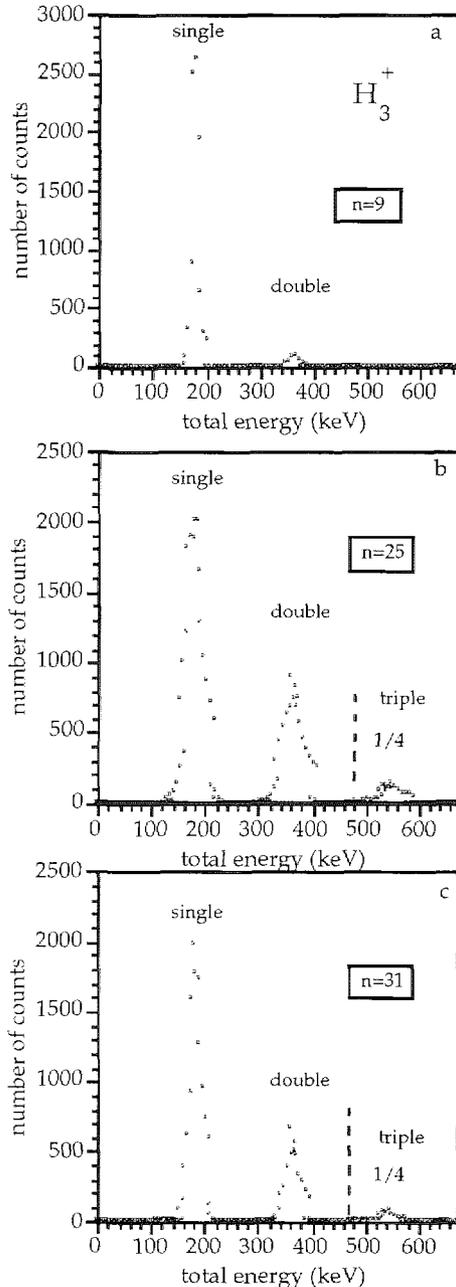


Les sections efficaces de production σ de fragments chargés H_p^+ ($p=3, n$) sont tracées en fonction de p/n ($p/n \leq 0,5$), en échelle log-log (E pour $n=9, 13$; B pour $n=21, 25, 31$). La pente donne l'exposant τ de la loi d'échelle $(p/n)^{-\tau}$.

Figure 2

Les sections efficaces de production des fragments chargés H_p^+ ($3 \leq p \leq n-2$, impair) suivent une loi d'échelle (figure 2) pour les différents agrégats incidents étudiés, le paramètre d'échelle étant la taille normalisée p/n du fragment de masse p . Pour des valeurs de p/n inférieures à 0,5, cette loi d'échelle est une loi de puissance dont la valeur de l'exposant est 2,6. De plus, les distributions obtenues sont similaires à celles résultant de l'étude de la fragmentation de noyaux sous impact de protons de très haute énergie (quelques GeV à 350 GeV)^[1].

Il est à noter que, au delà de ce comportement général, des effets plus spécifiques sont observés, notamment une surproduction du fragment de masse égale à 9 par rapport à la production de fragments de masse égale à 7 et 11. Ces effets sont à relier à des effets de structure dans les agrégats d'hydrogène et semblent confirmer la description des agrégats d'hydrogène de taille supérieure à 9 comme une nucléation de molécules H_2 autour d'un cœur H_9^+ .



Détection du fragment H_3^+ résultant de la fragmentation d'un agrégat H_n^+ rapide (60 keV/u) après une collision avec un atome d'hélium. Le pic à 180 keV correspond à la détection d'un seul ion H_3^+ , les pics à 360 keV et 540 keV correspondent à la détection simultanée de deux ou de trois ions H_3^+ provenant donc d'un même agrégat incident.

Figure 3

2. Production multiple de fragments H_3^+ dans la collision agrégat d'hydrogène rapide - atome d'hélium

Parmi ces fragments chargés, nous avons observé la production de plusieurs ions H_3^+ (figure 3) issus d'un même agrégat^[10]. Des double et triple productions ont été observées pour les agrégats incidents H_{25}^+ et H_{31}^+ . Il a été vérifié que cette production multiple résulte bien d'un même agrégat incident après une collision unique sur un atome d'hélium de la cible.

Il faut noter l'importance de la production d'ions H_3^+ parmi les différents canaux de fragmentation observés. Dans le cas de l'agrégat H_{31}^+ , la production d'au moins un ion H_3^+ intervient dans environ 50 % des dissociations d'agrégats incidents. L'importance de la double production, correspondant environ à 2/5 de la production d'un seul ion H_3^+ , doit aussi être soulignée. La production simultanée de trois ions H_3^+ est plus faible (0,015 fois la production d'un seul ion H_3^+). Pour l'agrégat H_9^+ , le rapport de la double production sur la simple est plus faible (0,055) et la triple production n'est pas observée.

Ces observations montrent, d'une part, que l'agrégat incident peut être ionisé plusieurs fois lors d'une seule collision, et d'autre part, que la fragmentation de l'agrégat multichargé instable peut être accompagnée d'un réarrangement conduisant à la production de fragments ne préexistant pas dans l'agrégat incident.

3. Production de fragments neutres dans la collision agrégat d'hydrogène rapide-atome d'hélium

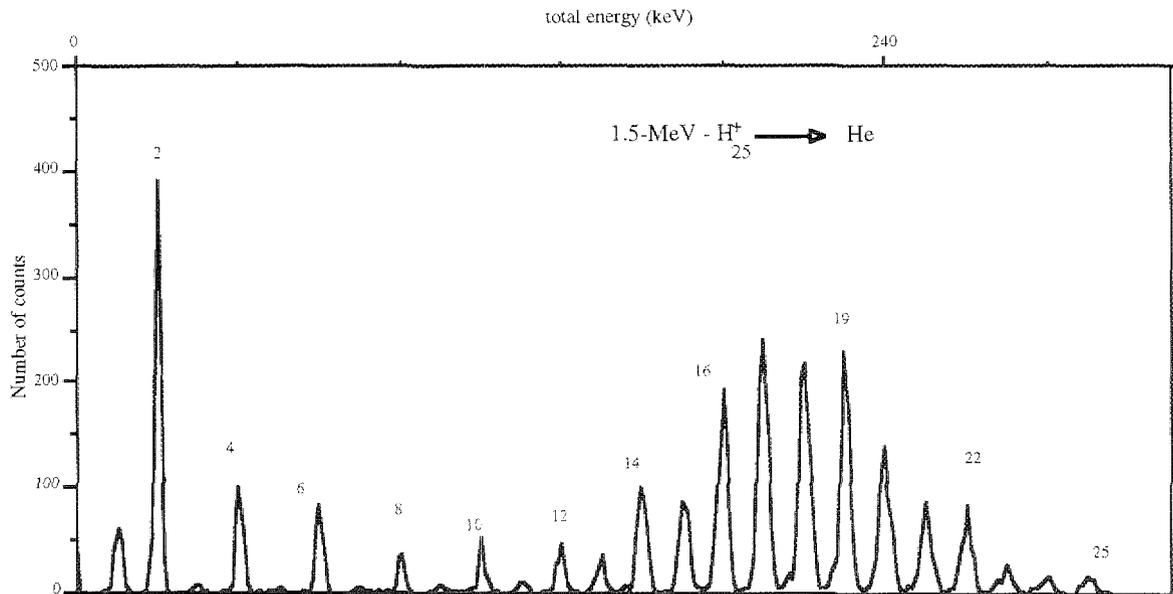
La production de fragments neutres^[11] a été étudiée pour l'agrégat H_{25}^+ . Pour les fragments neutres, le dispositif de détection permet la mesure de la valeur de la somme des masses de tous les fragments neutres issus d'un même agrégat (S_{neutre}). L'histogramme constitué avec les taux de production des événements caractérisés par une valeur donnée de S_{neutre} a une allure originale (figure 4). Le taux de production d'événements de petite valeur de S_{neutre} est beaucoup plus important pour les événements de S_{neutre} paire et il décroît quand S_{neutre} augmente. Pour S_{neutre} supérieure à 10 u, la

production d'événements de S_{neutre} paire est du même ordre de grandeur que celle obtenue pour les événements de S_{neutre} impaire. Pour ces valeurs de S_{neutre} , la distribution des taux de production a une forme en cloche passant par un maximum pour S_{neutre} égale à 19 u. Les événements correspondant aux valeurs de S_{neutre} paire inférieures ou égales à 10 u correspondent à la dissociation unimoléculaire séquentielle : production d'une, deux, etc. molécules H_2 avec un gros fragment chargé. Comme pour la production de gros fragments chargés, des effets dus à la stabilité relative des agrégats de différentes tailles sont observés. Ces événements là résultent d'un faible dépôt d'énergie dans l'agrégat. Les événements correspondant aux valeurs de S_{neutre} paire et impaire comprises entre 11 u et 24 u correspondent principalement à l'ionisation de l'agrégat incident. En effet, les événements de S_{neutre} impaire peuvent être associés à des processus tels que $\text{H}_{2+} \rightarrow \text{H}^+ + \text{H}$ ou $\text{H}_{2+} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_{3+} + \text{H}$. Comme la valeur de S_{neutre} la

plus probable est égale à 19 u, il apparaît qu'une production de petits fragments chargés correspondant à un nombre important de fragments neutres résulte de l'ionisation de l'agrégat incident.

A partir du taux de production de ces événements associés à l'ionisation, on peut estimer que, parmi les agrégats dissociés, 83 % ont été ionisés (au moins une fois). Ce taux d'ionisation est important, mais la section efficace qui lui correspond, divisée "brutalement" par le nombre de molécules dans l'agrégat, est supérieure (mais du même ordre de grandeur) à la section efficace d'ionisation de la molécule H_2 par collision sur l'hélium à même vitesse^[12].

Enfin, il faut noter l'observation d'événements pour lesquels S_{neutre} est égale à 25 u correspondant à la capture d'un électron par l'agrégat incident H_{25+} . La section efficace obtenue est supérieure à la section efficace de capture de l'ion D_{3+} sur l'argon ou l'hydrogène à une énergie de 50 keV/u^[13].



Spectre des fragments neutres produits dans la collision d'agrégats H_{25}^+ avec un atome d'hélium, en condition de simple collision. Les nombres associés à chaque pic correspondent à la valeur de la somme des nombres de masse de tous les fragments neutres issus d'un même agrégat (S_{neutre})

Figure 4

4. Multi-coïncidences pour l'analyse de la fragmentation événement par événement

Nous avons développé un multidétecteur permettant d'effectuer la détection en coïncidence de l'ensemble des fragments, y compris des fragments neutres. La première tranche a été mise en service fin janvier 1995. Parallèlement, nous avons développé le système d'acquisition pour permettre l'enregistrement des données événement par événement.

Les résultats sont actuellement en cours d'analyse et la deuxième tranche du multidétecteur est en cours de réalisation. Cette situation expérimentale, exceptionnelle dans le domaine de la fragmentation d'agré-gats, doit permettre la confrontation directe des résultats avec les modèles généraux de la fragmentation.

5. Collision agrégat-agrégat

En collaboration avec l'Université d'Innsbruck (T.D. Märk) et des physiciens du Laboratoire de Spectrométrie Ionique et Moléculaire de Lyon, nous avons réalisé la première expérience de collision agrégat-agrégat à haute vitesse. Dans cette expérience, les projectiles sont des agrégats d'hydrogène d'énergie 1,5 MeV (H_{25+} , 60 keV/u) et la cible est constituée d'un jet de C_{60} . La fragmentation du projectile a été analysée événement par événement, les fragments neutres et chargés de l'agré-gat incident étant détectés en coïncidence.

Une forte multifragmentation de l'agré-gat d'hydrogène a été observée et les résultats, très différents de ceux obtenus dans la collision agrégat-atome ou-vrent, comme escompté, un large champ d'investiga-tions. L'objectif suivant est la détection en coïncidence de l'ensemble des fragments des deux systèmes, ceux de

l'agré-gat-projectile et ceux du C_{60} (la cible). Les frag-ments du projectile seront analysés par le multidétecteur. Les fragments du C_{60} seront analysés par temps de vol "multi-stops".

Du point de vue de l'étude de la fragmentation cette situation pourra être comparée, notamment, à celle actuellement étudiée dans les collisions entre deux ions lourds.

Références

- [1] X. Campi, Nucl. Phys., A495 (1989) 259c.
D.H.E. Gross et al., Nucl. Phys., A545 (1992) 187.
D.H.E. Gross et al., Phys. Rev. Lett., 68 (1992) 146.
Z. Cheng and S. Redner, Phys. Rev. Lett., 60 (1988) 2450.
- [2] Projet scientifique du GDR "Fragmentation" (en cours d'éva-luation).
- [3] T.D. Märk, Int. J. Mass. Spectr. Ion Phys., 79 (1987) 1.
- [4] M.E. Geusic et al., J. Chem. Phys., 88 (1988) 163.
M.F. Jarrold et al., J. Chem. Phys., 86 (1987) 3876.
- [5] A. Van Lumig and J. Reuss, Int. J. Mass. Spectr. Ion Phys., 27 (1978) 197.
- [6] D. Kreisle et al., Phys. Rev. Lett., 56 (1986) 1551.
N.G. Gotts and A.J. Stace, Phys. Rev. Lett., 66 (1991) 21.
- [7] T. P. Martin et al., Phys. Rev. Lett., 64 (1990) 2893.
I. Katakuse et al., Int. J. Mass. Spectr. Ion Proc., 97 (1990) 47.
- [8] M.J. Gaillard et al., Z. Phys., D26 (1993) S 347.
- [9] S. Ouaskit et al., Int. J. of Mass Spectr. Ion Processes, 139 (1994) 141.
- [10] M. Farizon et al., Z. Phys., D33 (1995) 53.
- [11] B. Farizon et al., Int. J. Mass Spectr. Ion Processes, 144 (1995) 79.
- [12] A. Bouliou et al., C.R. Acad. Sc. Paris, 296 (1983) 1377.
- [13] S. Abraham et al., Phys. Rev., A29 (1984) 3122.

Perte d'énergie d'agréats C_{n+} et d'ions fullerène C_{60+} dans des feuilles minces de carbone

Energy loss of MeV carbon clusters and fullerene ions in thin carbon foils

A. Billebaud, M. Fallavier, J.-C. Poizat, J. Remillieux, J.-P. Thomas et collaborateurs.

Collaboration IPN-Lyon, IPN-Orsay.

Energy losses of carbon clusters C_{n+} ($n \leq 8$) and fullerene ions C_{60+} in thin carbon foils have been measured in the energy range from 0.3 to 5.65 MeV/atom. A small enhancement in energy loss is obtained for a carbon atom in a cluster compared to the case of a single carbon ion of the same velocity. Moreover very large pulse height defects have been observed in the energy response of silicon detectors to cluster impacts.

Dans le cadre de notre étude des effets collectifs dans les interactions d'agréats rapides avec les solides, nous développons un programme expérimental utilisant les faisceaux d'agréats produits par l'accélérateur tandem de l'IPN d'Orsay. Le but de ce travail est d'obtenir des mesures directes de la perte d'énergie électronique d'agréats de carbone dans des feuilles minces de carbone de différentes épaisseurs en détectant simultanément les n fragments de l'agréat émergeant de la cible. Des agrégats C_{n+} , n variant de 1 à 8, d'énergie comprise entre 2 et 6 MeV/atome, ont été utilisés ainsi que des ions fullerène C_{60+} de 18 MeV soit 300 keV/atome^[1]. L'énergie moyenne perdue par atome dans des cibles de carbone de 250 Å est systématiquement plus élevée lorsque l'atome est dans un agrégat que lorsque c'est un ion C^+ de même vitesse. Cependant cette augmentation de la perte d'énergie n'excède pas 20 %. Pour des agrégats de différentes tailles (entre C_2^+ et C_8^+) de 2 à 3 MeV/atome, l'augmentation de la perte d'énergie ne semble pas dépendre du nombre d'atomes constituant l'agréat. Les mesures réalisées avec les ions fullerène C_{60+} de 300 keV/atome indiquent que cette observation est également valable à plus basse vitesse.

L'effet agrégat le plus spectaculaire dans le domaine des dépôts d'énergie dans les solides a été observé dans la réponse d'un détecteur silicium à l'impact direct d'un agrégat. Dans ce cas, pour la même énergie déposée par interaction électronique, l'amplitude des impulsions délivrées par le détecteur est d'autant plus faible que le nombre n de constituants de l'agréat est élevé. Au contraire, lorsque cette même énergie est déposée par des fragments d'agréats

issus d'une cible mince arrivant simultanément sur le détecteur mais à des distances d'impact suffisamment grandes, l'amplitude des impulsions est proportionnelle à l'énergie déposée (comme pour des ions mono-atomiques C^+) (figure 1).

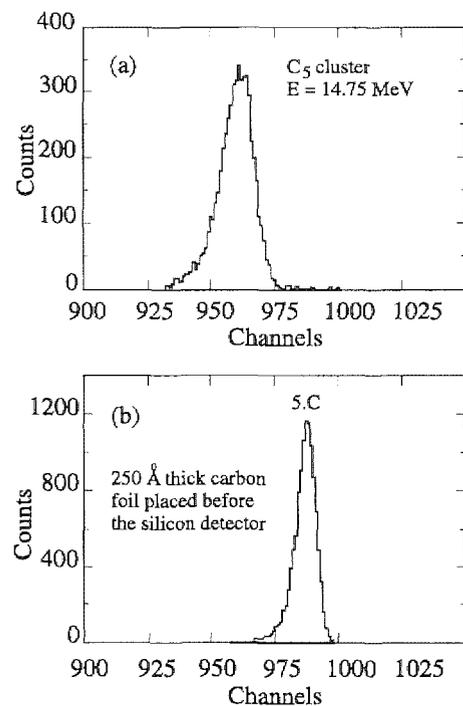


Figure 1 : Réponse d'un détecteur silicium (a) à l'impact direct d'agréats C_5^+ de 14,75 MeV et (b) aux impacts simultanés de 5 ions carbone résultant de la dissociation d'un agrégat C_5^+ dans une feuille mince de carbone. L'énergie par canal est 14 keV.

Cet effet agrégat n'est donc pas lié à la quantité d'énergie déposée dans le solide mais à la grande densité de ce dépôt d'énergie, qui résulte de la proximité des constituants de l'agrégat. L'effet peut alors être attribué à un taux élevé de recombinaisons des paires électron-trou. Ce défaut de réponse des détecteurs silicium illustre bien le caractère tout à fait original de l'impact d'un agrégat sur une surface solide, lorsqu'on le compare à l'impact d'un ion monoatomique.

Les mesures futures avec des cibles plus minces ($\leq 100 \text{ \AA}$) devraient permettre de mieux observer l'effet agrégat dans le dépôt d'énergie à l'extrême surface des

solides et d'étudier le rôle de l'orientation de l'agrégat au moment de l'impact. En particulier avec les petits agrégats C_{n+} ($n \leq 10$) qui devraient être linéaires, on peut s'attendre à des effets collectifs maximaux lorsque les agrégats incidents sont alignés avec la direction du faisceau.

Référence

[1] K. Baudin et al., Nucl. Instr. & Meth., B94 (1994) 341.

Multiplicité de l'émission électronique secondaire de feuilles de carbone bombardées par des projectiles atomiques et moléculaires

Multiplicity of secondary electron emission from carbon foils under atomic and molecular projectile impacts

A. Billebaud, M. Fallavier, R. Kirsch, J-C. Poizat, J. Remillieux, Z. Vidović.

We have measured backward yields and statistics of secondary electron emission induced by H^+ , H^0 , H^- and H_2^+ ion impacts on thin carbon foils in the energy range from 250 keV to 1.5 MeV. The effect of the projectile charge is clearly observed. The velocity dependence of the backward electron yields for H^- and H_2^+ ions emphasizes the role of distant collisions in the electron excitation processes responsible for the backward emission.

Nos expériences antérieures réalisées avec des agrégats d'hydrogène^[1] avaient montré que l'interaction de ces projectiles avec la matière, étudiée par l'intermédiaire de la mesure de l'émission électronique secondaire associée, était un phénomène complexe du fait de la multiplicité de leurs constituants. En particulier le rôle joué par les électrons du projectile dans l'émission électronique est difficile à évaluer et interpréter.

C'est pourquoi nous avons repris cette étude avec des projectiles plus simples en développant un dispositif permettant de mesurer séparément et simultanément le nombre d'électrons émis par les faces d'entrée et de sortie d'une cible mince en coïncidence avec le projectile transmis. Nous pouvons déduire de ces mesures la statistique de l'émission électronique (figure 1), ainsi que

le nombre moyen d'électrons émis par projectile (rendement).

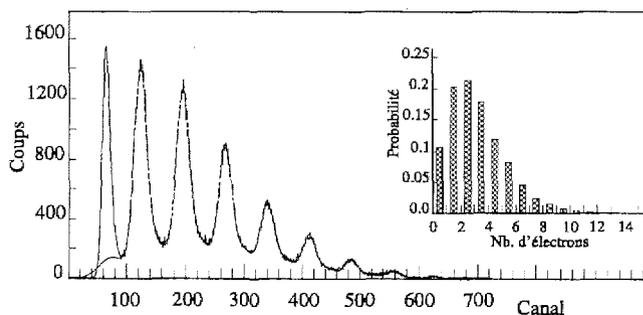


Figure 1 : Distributions expérimentale et statistique du nombre d'électrons émis à l'arrière d'une cible de carbone bombardée par des protons de 500 keV.

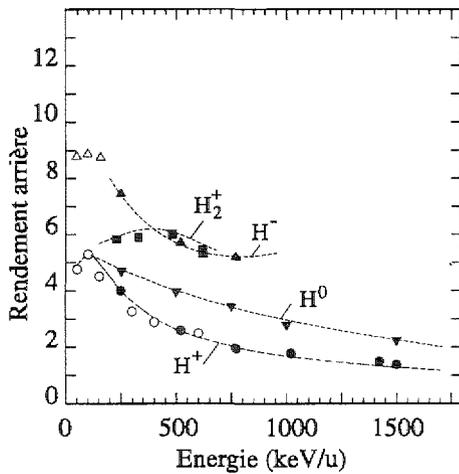


Figure 2 : Rendements électroniques "arrière" déduits des distributions statistiques en fonction de l'énergie incidente.

Dans un premier temps ce dispositif nous a permis d'étudier l'émission électronique "arrière" (face d'entrée) induite par des projectiles H^+ , H^0 , H^- et H_2^+ , dans une gamme d'énergie allant de 250 keV à 1,5 MeV. Les rendements déduits de ces mesures sont présentés en fonction de l'énergie incidente sur la figure 2. Ces résultats montrent qu'un projectile portant des électrons (H^0 , H^-) conduit à un taux d'émission électronique supérieur à celui d'un projectile nu dans cette gamme d'énergie. En effet, bien que les protons et les électrons s'écrantent mutuellement (ce qui est mis en évidence par l'analyse des distributions statistiques), les électrons incidents apportent leur propre contribution à l'émission secondaire. Ces expériences montrent également qu'au-dessus de 500 keV/u un ion H^- induit un rendement égal à celui d'un projectile H_2^+ de même vitesse, un résultat surprenant mais qu'on peut analyser en comparant les deux projectiles. Puisqu'on passe de H^- à H_2^+ en remplaçant un électron par un proton, nos résultats impliquent l'égalité des rendements sous

impact de protons et d'électrons de même vitesse. Ceci n'est possible que si l'émission électronique arrière ne résulte que de collisions distantes (à grand paramètre d'impact) pour lesquelles les faibles transferts d'énergie dépendent du carré de la charge et sont indépendants de la masse du projectile. Il est probable que cette conclusion ne puisse pas s'étendre au cas de cibles de Z plus élevé.

Il est important de remarquer que ces résultats nouveaux obtenus avec des faisceaux de faibles intensités ne sont accessibles qu'avec la technique utilisée ici. Les résultats obtenus simultanément sur l'émission avant sont en cours d'analyse. Dans le cas d'ions incidents H_2^+ ils permettront l'étude fine d'effets de proximité entre les fragments émergents.

Ce type de mesure en coïncidence va nous permettre dans un avenir proche d'étudier les rendements avant en fonction de l'état de charge du projectile émergent, et également avec des cibles très minces de mesurer les émissions induites par des projectiles moléculaires en fonction de leur orientation. L'étude de ces effets est essentielle à la compréhension des processus fondamentaux de l'interaction d'ions polyatomiques et d'agréats avec les solides. Ces études de l'émission électronique secondaire, et également de l'émission ionique secondaire seront au centre du programme expérimental que nous développerons auprès de l'accélérateur Van de Graaff 2,5 MV après l'installation de la source d'agréats métalliques (source LMIS) qui est actuellement en construction.

Référence

- [1] A. Billebaud et al., Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res. B, à paraître.

Source de positons assistée par canalisation dans un cristal de tungstène

Positron source using channeling in a tungsten crystal

X. Artru, M. Chevallier, R. Kirsch, J.-C. Poizat, J. Remillieux et collaborateurs.

Collaboration IPN-Lyon, Budker Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk, LAL-Orsay, LPC-Collège de France.

Channeling radiation on an oriented crystal can be used to create $e^+ e^-$ pairs, providing a positron source more intense than conventional ones. Numerical simulations for a tungsten crystal aligned in the $\langle 111 \rangle$ direction predict yields up to one positron per incoming electron.

Le rayonnement de canalisation dans un cristal orienté peut être utilisé pour augmenter l'efficacité d'une source de positons. En effet, les rayons gamma de canalisation sont plus intenses que ceux de bremsstrahlung en milieu amorphe. La conversion de ces gammas en paires $e^+ e^-$ peut avoir lieu soit dans une cible amorphe située en aval (option hybride), soit dans le cristal lui-même (option tout-cristal). Nous présentons, dans la référence [1], le résultat de simulations de ce procédé, pour des électrons incidents de 1,5 à 20 GeV canalisés dans la direction $\langle 111 \rangle$ d'un cristal de tungstène de 1 à 5 mm d'épaisseur. Compte tenu de l'acceptance de l'optique de transfert des e^+ vers l'accélérateur, des rendements de 1 positon par électron incident peuvent être atteints.

Une première exploration sur les performances d'une telle source a été effectuée auprès du faisceau d'électrons de 2 GeV du LURE à Orsay. Nous avons mesuré pour différentes énergies d'électrons (entre 1,2 et

2 GeV) le nombre moyen de photons ainsi que l'énergie moyenne rayonnée par électron incident dans un cristal de tungstène de 1 mm d'épaisseur. Pour une énergie incidente de 2 GeV, le nombre moyen de photons est deux fois plus important (comparé au bremsstrahlung ordinaire dans la même cible) lorsque la direction du faisceau incident est alignée avec la direction $\langle 111 \rangle$ du cristal. L'énergie moyenne rayonnée par électron est alors augmentée d'un facteur 1,8. Ces deux rapports sont en accord avec ceux obtenus par les simulations décrites précédemment.

Référence

- [1] X. Artru, V.N. Baier, R. Chehab, A. Jęlcic, Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., A344 (1994) 443.

Modes de capture électronique par des ions lourds canalisés (GANIL)

Electron capture by channeled heavy ions (GANIL)

M. Chevallier, D. Dauvergne, R. Kirsch, J.-C. Poizat, J. Remillieux et collaborateurs.

Expérience GANIL-P277 :

Collaboration IPN-Lyon, CEN-Bordeaux-Gradignan, GPS Universités Paris VI-VII, CIRIL-Caen, Ecole Polytechnique Palaiseau.

Expérience GANIL-P372 :

Collaboration IPN-Lyon, CEN-Bordeaux-Gradignan, GPS Universités Paris VI-VII, CIRIL-Caen, GSI-Darmstadt.

From the observation of radiative electron capture (REC) by bare Kr ions channeled in a silicon crystal, we have obtained the electron densities and Compton profiles of target electrons in an axial channel. Core electron Compton profiles are found to depend on the impact parameter distribution. Our next experiment will be devoted to the observation of trielectronic capture by channeled ions.

La canalisation d'ions lourds dans des cristaux minces permet de supprimer l'interaction ion-atome cible à petits paramètres d'impact, et donc d'étudier l'interaction entre le projectile et un gaz dense d'électrons. En effet les ions canalisés sont repoussés par le potentiel transverse moyen des rangées ou des plans d'atomes du cristal, et sont confinés à l'intérieur d'un espace transverse accessible qui dépend des conditions d'incidence du faisceau (angle et position).

L'étude des processus d'échange de charge permet d'obtenir une information sur la densité électronique visitée par l'ion à l'intérieur du cristal, car les processus observables en canalisation résultent de la seule interaction ion-électron. Parmi ces processus, nous avons étudié la capture électronique radiative qui est l'inverse de l'effet photoélectrique : la capture d'un électron du cristal est accompagnée de l'émission d'un photon permettant la conservation de l'énergie et de l'impulsion. La dispersion en énergie des photons émis dépend intrinsèquement de la distribution en vitesse des électrons capturés, dans la direction de propagation de l'ion incident (profil Compton).

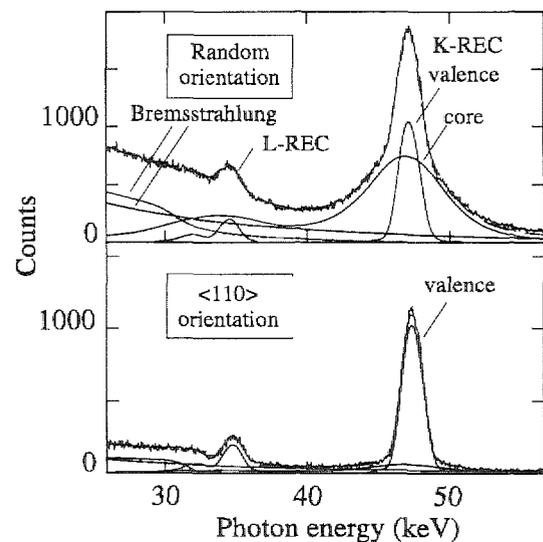


Figure 1 : Décomposition de spectres de photons X obtenus à 90° pour des ions Kr^{36+} incidents à 60 A.MeV sur un cristal de silicium de $37 \mu m$.

A la suite d'une expérience réalisée en 1992 avec des ions krypton nus de 60 A.MeV canalisés dans l'axe $\langle 110 \rangle$ d'un cristal de $37 \mu m$ de silicium^[1], nous avons développé un programme de simulation permettant de calculer, à partir des caractéristiques du faisceau (éner-

gie, divergence angulaire, angle d'incidence par rapport à la rangée cristalline), la forme et l'amplitude des pics de photons REC. Connaissant les distributions en paramètres d'impact des ions canalisés, nous avons été amenés à prendre en considération la variation des profils Compton électroniques en fonction du paramètre d'impact pour décrire la forme du pic de capture radiative des électrons de cœur du silicium. A notre connaissance, seule la canalisation d'ions lourds permet d'obtenir cette information.

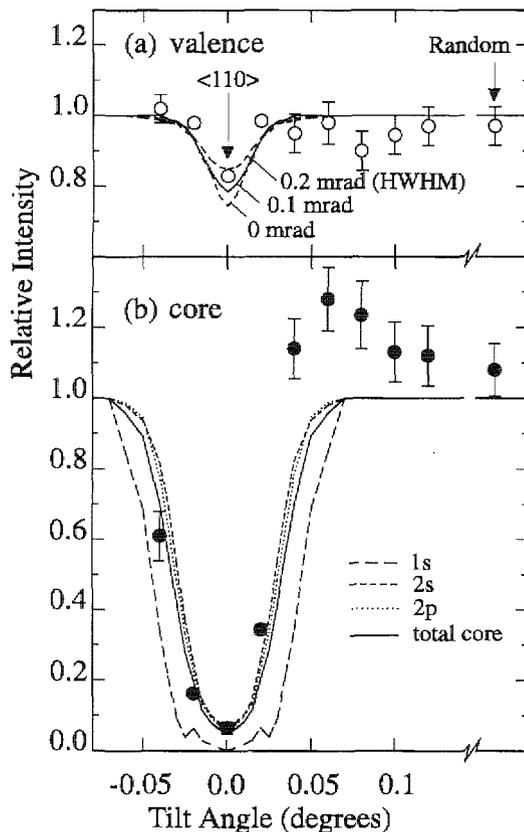


Figure 2 : Variation en fonction de l'angle entre l'axe $\langle 110 \rangle$ et la direction du faisceau (Kr^{36+} , 60 A.MeV) du taux de capture REC-K (a) d'électrons de valence, (b) d'électrons de cœur du silicium. Les résultats sont comparés aux calculs obtenus par simulation (normalisés à l'unité pour une orientation quelconque).

La décomposition du pic REC-K (capture sur la couche $n = 1$ du projectile) se fait par ajustement à partir des formes de raies calculées. Elle est présentée figure 1 pour des spectres de photons obtenus respectivement pour une orientation quelconque du cristal, et en orientation axiale. La figure 2 représente la variation angulaire du taux de capture radiative (REC-K) d'électrons de valence et d'électrons de cœur du silicium. Les points expérimentaux sont comparés aux résultats absolus de nos simulations pour une divergence angulaire du faisceau de 0,1 mrad. Une telle décomposition n'avait jusqu'alors jamais été réalisée.

Nous allons prochainement tenter de mettre en évidence la capture résonnante triélectronique RT2E (capture d'un électron sur la couche K d'un ion héliumöide accompagnée de la transition des deux électrons de la couche K vers la couche L). Ceci devrait permettre de produire une espèce atomique exotique, ici des ions à deux lacunes K et trois électrons L. L'étude des corrélations à trois électrons dans un ion lourd présente en effet un intérêt tant théorique qu'expérimental, et sans doute seule la canalisation permet la recherche de ce processus car sa section efficace est très faible : la densité élevée d'électrons cible permettra de l'observer, et par ailleurs il sera possible d'éliminer les autres processus par des méthodes de coïncidences.

Cette proposition a été acceptée par le comité d'expérience de physique non nucléaire du GANIL^[2] et devrait être réalisée en 1996.

Références

- [1] D. Dauvergne, Thèse, Lyon, 1993.
S.Andriamonje et al., Nucl. Instr. & Meth. B, à paraître.
[2] "Recherche de la capture triélectronique résonnante par un ion lourd canalisé." Proposition d'expérience révisée et acceptée par le comité d'expériences de physique des ions rapides du GANIL (n° P372) en mai 1995.

Canalisation de faisceaux froids d'ions lourds extraits de l'anneau de stockage ESR à GSI

Channeling of cooled heavy ion beams in a crystal (GSI)

M. Chevallier, D. Dauvergne, R. Kirsch, J.-C. Poizat, J. Remillieux, F. Sanuy et collaborateurs.

Expérience GSI-E027 : IPN-Lyon, CEN-Bordeaux-Gradignan, GPS Universités Paris VI-VII, CIRIL-Caen, GSI-Darmstadt.

The first channeling experiment using a cooled, decelerated and extracted beam from a storage ring has been performed at GSI. 53.4 A.MeV Au⁷⁸⁺ ions were sent through a 17 micron silicon crystal aligned along the < 110 > direction. First results show that the beam emittance at the target was very low, providing good channeling conditions to perform the experimental research of the predicted nuclear excitation by electron capture (NEEC).

La sélection introduite par la géométrie de canalisation sur les paramètres d'impact de la collision ion-atome permet l'étude des modes rares d'excitation atomique ou nucléaire. Ainsi une proposition d'expérience sur l'étude de la capture nucléaire résonnante (NEEC), processus inverse de la conversion interne nucléaire (capture résonnante sur la couche K du projectile par exemple accompagnée de l'excitation simultanée de son noyau) a été acceptée en 1991. Cependant l'étude du NEEC nécessitait une intensité de faisceau de faible émittance inaccessible avec l'accélérateur SIS seulement. Rappelons qu'au cours d'une précédente expérience en novembre 1993, nous avons testé avec succès l'ensemble du dispositif de canalisation dans la voie FRS.

Afin de nous rapprocher des conditions expérimentales permettant l'étude du NEEC, nous avons exploité les nouvelles facilités offertes à GSI, à savoir la possibilité d'extraire des faisceaux de l'anneau de stockage ESR. En sortie de cet anneau, on peut obtenir des faisceaux refroidis (donc de faible divergence angulaire), ralentis (actuellement jusqu'à des énergies de l'ordre de 50 MeV/u) tout en conservant les états de charge élevés (1 électron) obtenus par épluchage à haute énergie. Nous avons effectué cette année une première expérience étudiant la transmission d'ions Au⁷⁸⁺ de 53 MeV/u à travers un cristal de silicium de 17 microns d'épaisseur. Nous détectons les raies X de désexcitation des projectiles ainsi que leur état de charge en sortie, l'étude pouvant être faite en coïncidence. De cette étude on a pu extraire directement la valeur de l'émittance transverse du faisceau incident (il faut noter que la canalisation était un des rares processus physiques per-

mettant de le faire). Nous présentons figure 1 les résultats obtenus (taux relatif de rayonnement X en fonction de l'angle d'incidence du faisceau et de l'axe cristallin).

Ce taux est minimum lorsque le cristal est aligné car nous supprimons alors les interactions avec les cœurs atomiques des atomes cibles. Actuellement, nous poursuivons l'analyse des spectres X obtenus (étude des raies de capture radiative REC-K et L principalement).

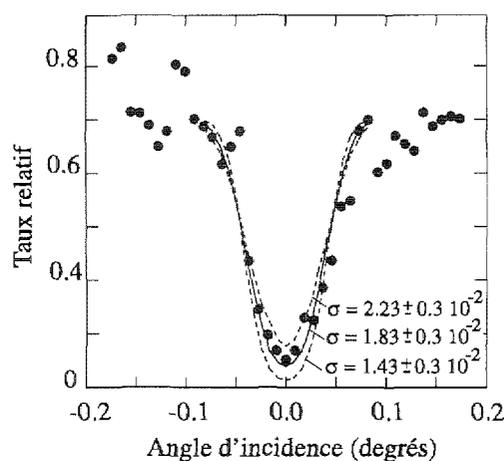


Figure 1: Variation du taux de rayonnement K_{α} en fonction de l'angle entre la direction du faisceau incident et l'axe cristallin < 110 >.

La réussite de cette première expérience au cours de laquelle nous avons contribué à l'équipement d'une nouvelle aire expérimentale, nous permet d'envisager très favorablement la poursuite de notre programme expérimental à GSI, notamment l'étude du NEEC lorsque seront disponibles des faisceaux ralentis de plus basse énergie.

Etude des mécanismes de diffusion des lanthanides dans l'hydroxyapatite

Study of lanthanide diffusion in hydroxyapatite

A. Chevarier, N. Chevarier, P. Martin, N. Millard-Pinard et collaborateurs.

Collaboration avec le LPCML-Lyon.

Ion implantation was used to introduce lanthanum in hydroxyapatite layers obtained by electrodeposition on a carbon substrate. Such devices were submitted to alpha irradiation. Resulting diffusion profiles were measured by RBS and fit to appropriate solutions of the diffusion equation to obtain diffusion coefficients.

Cette étude est effectuée au sein du GDR PRACTIS. Elle présente à la fois un volet à caractère fondamental et une finalité appliquée orientée vers le stockage des déchets nucléaires.

Sur le plan fondamental, il s'agit de comprendre les mécanismes d'interaction solide/liquide afin de modéliser le processus de transport élémentaire tant sur le plan de la cinétique que sur celui de la thermodynamique.

Sur le plan pratique, le stockage des colis de haute activité est effectué dans des sites géologiques et ce quel que soit le mode de gestion des déchets (retraitement suivi de vitrification ou stockage direct des barres de combustible usé). Les eaux souterraines représentent le vecteur de dégradation des colis et par voie de conséquence le principal agent de dissémination des radioéléments dans la biosphère. Parmi les minéraux, l'hydroxyapatite présente des propriétés de rétention importantes vis à vis de nombreux cations et anions. C'est pourquoi il est envisagé d'utiliser l'hydroxyapatite $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ comme barrière de diffusion en l'incorporant entre les colis et dans les structures bétonnées.

Notre participation à cet axe de recherche à débuté en juin 1994. Notre contribution est la suivante :

- Mise au point de la synthèse par électrodéposition de couches de quelques microns d'hydroxyapatite. Cette étape est réalisée. Notre objectif est maintenant de maîtriser l'homogénéité et la taille des cristaux.

- Sorption ou implantation ionique des lanthanides.

- Etude de l'influence de la radioactivité alpha sur la migration des lanthanides dans l'hydroxyapatite. Ces ions ont été choisis car ils ont une masse voisine du maximum de rendement des isotopes produits lors de la fission neutronique de ^{235}U .

L'émission alpha est simulée à l'aide de faisceaux d'ions He^{2+} de 6 MeV, alors que les ions de recul correspondants sont simulés par des ions ^{209}Bi d'une centaine de keV délivrés par le séparateur d'isotopes. Les profils de répartition élémentaire sont mesurés par RBS. Les résultats préliminaires d'analyse conduisent à une estimation du coefficient de diffusion des ions La^{3+} égal à $5 \times 10^{16} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ pour une dose de $6 \times 10^{15} \text{ at} \cdot \text{cm}^{-2}$. Des mesures sont menées en parallèle par microscopie Raman. Elles permettent le contrôle de l'éventuel endommagement des cristaux d'hydroxyapatite sous irradiation.

Etude de la dynamique du recyclage de l'hydrogène dans de nouveaux matériaux utilisés dans les réacteurs à fusion

Study of hydrogen retention in new materials elaborated for use in thermonuclear reactors

G. Barbier, N. Millard-Pinard, N. Chevarier, A. Chevarier et collaborateurs.

Collaboration IPN-Lyon, INRS-Energie et Matériaux (Varences, Québec).

We have studied the deuterium bombardment induced hydrogen desorption in both as deposited and lithium implanted materials. The two studied materials are a-C:H (amorphous hydrogenated carbon) and a-SiC:H (amorphous hydrogenated silicon carbide). In both cases correlation between the retention of the initial hydrogen and the implanted fluences of lithium is observed.

Les performances des tokamaks, réacteurs expérimentaux à fusion thermonucléaire, dépendent en grande partie de la nature du revêtement de leurs parois. Notre objectif est d'élaborer de nouveaux matériaux par implantation ionique, qui, utilisés en tant que revêtement, permettraient de réduire le recyclage de l'hydrogène du plasma sur les parois du réacteur. Ces matériaux doivent en outre pouvoir résister à de très hautes températures, à l'érosion chimique et à la pulvérisation. De telles caractéristiques permettent de limiter la production d'impuretés dans le plasma, ainsi que les pertes d'énergie tant radiatives que convectives du plasma.

Compte tenu de ces contraintes, notre choix s'est porté sur des couches de carbone hydrogéné (a-C:H) et de carbure de silicium hydrogéné (a-SiC:H) élaborées par PECVD, puis implantées avec des doses appropriées de lithium et de bore. L'un des principaux objectifs est de démontrer que le lithium implanté dans ces matériaux sature ses liaisons avec l'hydrogène et forme ainsi une barrière à toute absorption postérieure d'hydrogène.

Certains matériaux ont été ensuite soumis à des bombardements de deutérium, simulant le flux du réacteur. D'autres ont été introduits dans le tokamak de Varences lors des décharges de fonctionnement.

Afin de pouvoir caractériser ces matériaux, en plus des techniques nucléaires d'analyses classiques (RBS, NRS), nous avons poursuivi le développement de méthodes spécifiques permettant d'accroître sensiblement résolution et sensibilité. Ainsi le développement d'une détection d'ions de recul avec filtre électromagnétique permet de profiler les différents isotopes de l'hydrogène (H, D, T), ainsi que le lithium avec une résolution en surface de l'ordre de deux nanomètres.

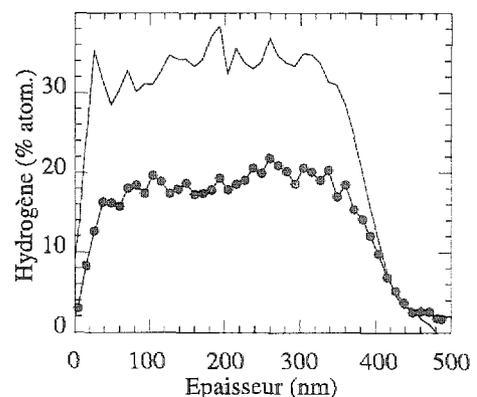


Figure 1 : Profil d'hydrogène dans un dépôt a-C:H — avant, — • — après bombardement de deutérium.

L'évidence du rôle joué par le lithium est illustrée sur les figures 1 et 2. Sur la figure 1, on remarque que dans un dépôt de carbone hydrogéné la teneur initiale en hydrogène de 30 % atomique est réduite à 20 % atomique après bombardement de deutérium. Si le dépôt est au préalable dopé en lithium (figure 2), la teneur en hydrogène n'est pratiquement pas modifiée après le bombardement de deutérium. Les conditions expérimentales sont les suivantes : implantation de lithium ($E = 8 \text{ keV}$; $\Phi = 7 \cdot 10^{16} \text{ at/cm}^2$). Le bombardement de deutérium correspond à deux irradiations successives ($E = 3,3 \text{ keV}$; $\Phi = 6,75 \cdot 10^{16} \text{ at/cm}^2$ et $E = 1,2 \text{ keV}$; $\Phi = 2 \cdot 10^{16} \text{ at/cm}^2$) afin de simuler les distributions énergétiques des ions deutérium du plasma. Nous élaborons actuellement une modélisation de la dynamique du recyclage de l'hydrogène en fonction de la présence des liaisons Li-H. Cette recherche a été effectuée dans le

cadre d'une collaboration France/Québec programmée sur quatre ans (1992-1996).

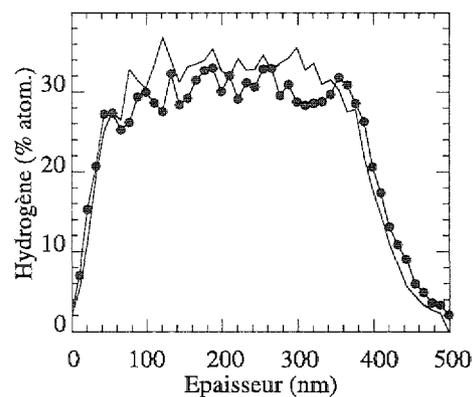


Figure 2 : Profil d'hydrogène dans un dépôt a-C:H dopé au lithium ; — avant, — • — après bombardement de deutérium.

Influence de la ségrégation d'impuretés sur les propriétés du niobium utilisé dans l'élaboration de cavités accélératrices hyperfréquences

Impurity segregation in niobium used in superconducting radiofrequency cavities

A. Chevarier, N. Chevarier, B. Roux et collaborateurs.

Collaboration IPN-Lyon, DSM/DAPNIA/Service d'étude des accélérateurs, CEA-Saclay.

In order to overcome dissipation due to impurity segregation at grain boundary, niobium cavities are submitted to a purification annealing ($1300^\circ \text{ C} \pm 200^\circ \text{ C}$ under vacuum) during which titanium is evaporated onto the Nb surface. The resulting titanium layer acts as a solid state getter reacting with light impurities (H, C, N, O), thereby removing these impurities from the bulk of the niobium. Evidence of preferential titanium diffusion and segregation at grain boundaries has been studied using PIXE analysis induced by proton microbeam.

Les études effectuées ces dernières années ont mis en évidence l'influence de la diffusion et de la ségrégation d'impuretés aux joints de grains^{[1] [2]} sur les propriétés supraconductrices. Ces résultats ont étayé la mise en œuvre du procédé de "purification" qui est actuellement le seul efficace. Cette technique consiste à purifier le niobium par un recuit sous vide des cavités assemblées, à une température supérieure à 1000° C . Ce recuit est effectué en présence de titane afin d'extraire les éléments légers car l'affinité chimique du titane pour ces derniers est supérieure à celle du niobium. Ce recuit a deux effets : purification des joints de grains et accroissement de la taille des grains. Après ce recuit, une abrasion chi-

mique de quelques microns permet d'éliminer le titane et les contaminants. En pratique, il a été observé qu'une abrasion de quelques dizaines de microns est nécessaire pour retrouver une résistivité de l'ordre de $10^{-16} \Omega \cdot \text{m}^2$, ce qui a été expliqué par une diffusion du titane aux joints de grains. Comme indiqué sur la figure 1, une analyse PIXE effectuée auprès de la microsonde du laboratoire Pierre Sue a permis de montrer la corrélation entre orientation des joints de grains et teneur en titane. Actuellement, une étude de la diffusion et de la ségrégation d'impuretés C, N, O aux joints de grains est en cours.

Par ailleurs, la réalisation de cavités de type "cou-

ches minces" dans lesquelles l'élément actif est un film de matériau supraconducteur de quelques micromètres déposé sur une structure mécanique en cuivre est une voie en cours de développement. L'objectif est d'étudier des dépôts supraconducteurs de température critique supérieure à 9,2 K (T_c du Nb), afin de minimiser les coûts de réalisation et de fonctionnement de la cryogénie. Différents matériaux sont envisagés. Le composé actuellement étudié est le nitrure de niobium titane ($Nb_x Ti_{1-x} N$). La technique de dépôt adoptée est la pulvérisation réactive. Dans une première étape, nous avons participé à la démonstration de la faisabilité d'un processus d'élaboration de telles cavités. L'analyse par faisceaux d'ions a permis de relier la stoechiométrie des dépôts à la composition de la cathode et à la pression

partielle d'azote. Le développement de cavités test permettant la caractérisation en hyperfréquence de dépôts de diamètre 100 mm pouvant être inclus dans une minicavité résonnante ouvre des perspectives très intéressantes sur les corrélations entre les propriétés physico-chimiques et les caractéristiques supraconductrices en hyperfréquence.

Références

- [1] B. Bonin, H. Safa, Supercond. Sc. & Technol., 4 (1991) 257.
 [2] B. Roux et al., Phys. Rev., B52 (1995) 4162.

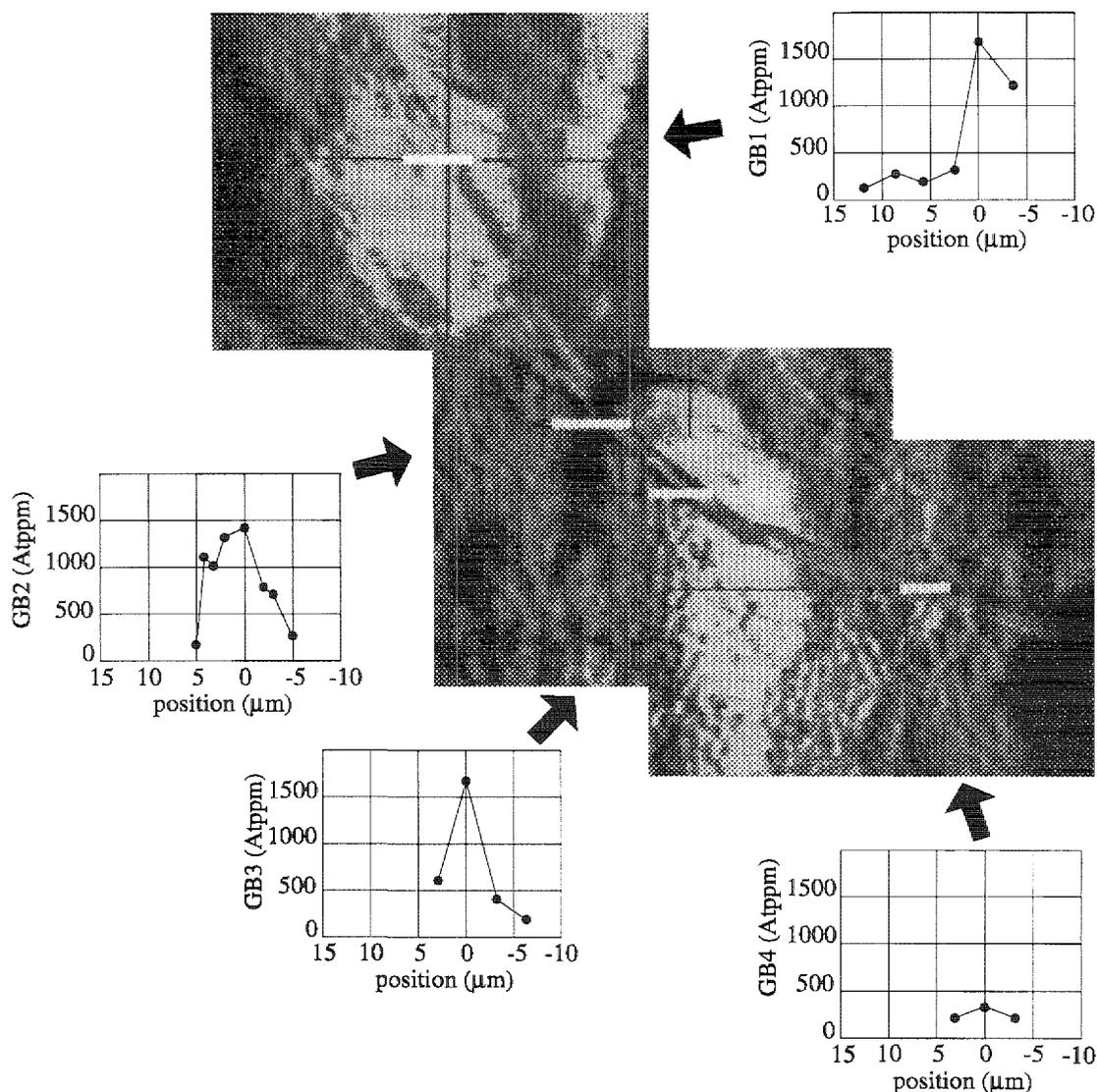


Figure 1 : Exploration de la diffusion de titane dans un joint de grain. A noter le changement de concentration observé en fonction de l'orientation.

Dépôts d'énergie de nature photonique et ionique dans les polymères et modifications induites par irradiation gamma dans des résines

Photonic and ionic energy deposition in polymers and gamma-ray-induced modifications in resins

H. Allali, O. Debré, M. Lambert, B. Nsouli, J.-P. Thomas et collaborateurs.

Collaboration IPN-Lyon, Laboratoire de Catalyse et Synthèse Organique UP 5401, Laboratoire d'Etudes des Matériaux Plastiques et des Biomateriaux, URA 507, UCBL, Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs.

Gamma irradiation-induced modifications on ion exchange resins can be observed using time-of-flight mass spectrometry, but high energy projectiles (HSF-SIMS) must be used. We discuss the results of positive and negative ion emission and propose a tentative interpretation for the fragment production under the various types of energy deposition (photons, low and high energy ions). Preliminary results on new resin materials are also presented.

L'émission ionique secondaire consécutive aux phénomènes de pulvérisation "électronique" dans les isolants est un phénomène dont on voit apparaître des applications nouvelles dans des études de dégradation de polymères. A l'aide de la technique de spectrométrie de masse par temps de vol (HSF-SIMS), nous avons pu, dans des études antérieures, mettre en évidence les modifications induites par irradiation gamma dans une résine échangeuse d'ions utilisée pour le traitement de certains effluents nucléaires. Ces modifications, détectées dès les très faibles doses (< 150 kGy) sur la poly(4-vinylpyridine) ou P4-VP ne sont bien observées qu'à partir de l'émission négative induite à haute énergie (ici ions Ar^{3+} de 10 MeV). Nous les avons interprétées en termes de scissions conduisant à des fragments et chaînes modifiées par formation de radicaux libres et doubles liaisons bien caractérisés par ailleurs (RPE, IR, solubilité ...etc). Avec l'apport des résultats du LSF-SIMS (ou SIMS statique à basse énergie), on est à même de donner du phénomène de dépôt d'énergie dans cette

résine la description suivante :

- Les photons gamma induisent des scissions aléatoires soit le long de la chaîne benzylique, soit au rattachement du motif pyridinique. Ceci explique en particulier pourquoi ces derniers passent massivement en solution.

- L'émission d'ions positifs fait suite à des scissions essentiellement benzyliques : quelle que soit la nature de l'interaction, l'ionisation est simultanée à la formation du fragment correspondant. Ceci explique pourquoi une préformation par irradiation gamma ne joue aucun rôle sur le rendement d'émission de tels ions.

- L'émission d'ions négatifs en HSF-SIMS résulte de scissions simultanées induites au voisinage de la trace de l'ion incident rapide, scissions dans lesquelles un motif pyridinique au moins est impliqué. Ceci explique pourquoi la technique est sensible à la présence de fragments préformés par irradiation γ à partir de telles scissions. Cette situation n'est pas rencontrée à basse énergie (LSF-SIMS).

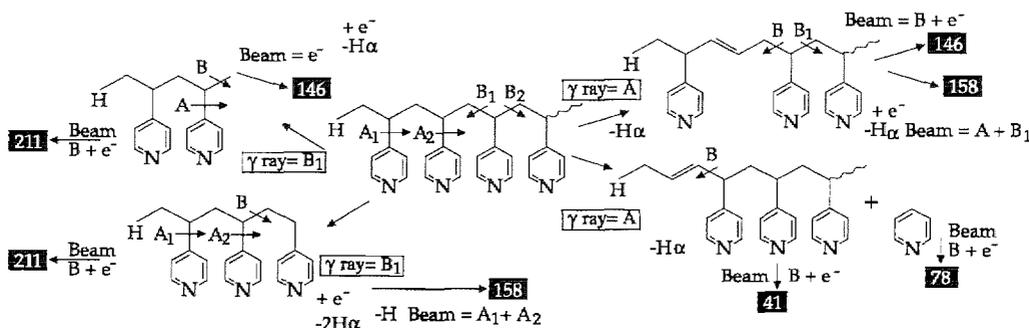


Figure 1 : Formation sous irradiation γ de fragments caractéristiques de la P4-VP conduisant à l'émission sous faisceau d'ions négatifs.

La figure 1 schématise ces effets pour les principaux fragments négatifs observés. On rappellera qu'une telle étude a aussi permis de suivre les processus de recombinaison de tels fragments, processus qui permettraient d'interpréter la variation de la capacité d'extraction en fonction de la dose.

Une autre catégorie de résine est utilisée pour l'enrobage des précédentes comme de divers concentrats d'évaporation, de faible ou moyenne activité. Il s'agit alors de résines époxydes comme le diglycidyl éther du bisphénol A (DGEBA) utilisant le durcisseur diamino diphényl méthane (DDM). En vue de l'étude du comportement sous irradiation γ de cette résine comme de celle de la résine échangeuse d'ions enrobée, nous avons défini les meilleures procédures de préparation, incluant l'obtention de coupes microtomes. Les meilleurs spectres de l'émission négative, sont présentés sur la figure 2. Les ions caractéristiques de la résine d'enrobage et correspondant à des scissions bien identifiables sont trouvés aux masses 93, 117, 133 et 211 (figure 2a). Les REI cationiques constituées d'un squelette polystyrénique avec groupes actifs sulfones et saturés en césium, présentent une émission ionique secondaire négative riche en fragments soufrés stables 33 (HS^-),

64(SO_2^-), 80(SO_3^-), ensembles A (monomères Ar-SO_3^-), B (dimères $\text{HSO}_3\text{-Ar-SO}_3^-$) et C (Ar-Ar-SO_3^-).

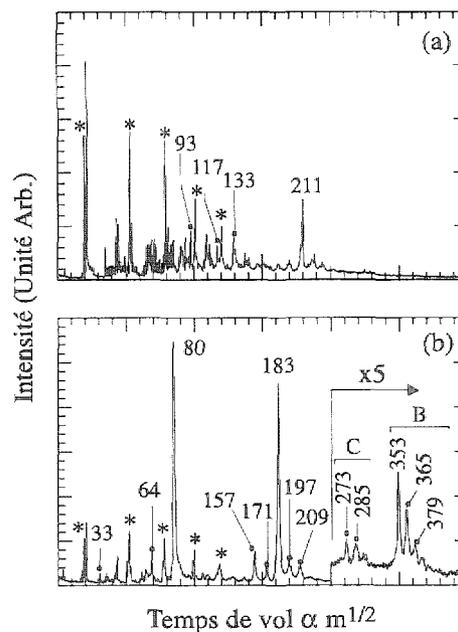


Figure 2 : Spectres de masse en temps de vol de a) la résine époxyde, b) la résine échangeuse d'ions cationiques. Les impuretés sont repérées *.

Caractérisation des modifications de la structure chimique de la surface de polymères soumis à différents traitements d'oxydation

Surface characterization of the chemical structure modifications of polymer material submitted to oxidation treatments

H. Allali, O. Debré, M. Lambert, B. Nsouli, J.-P. Thomas et collaborateurs.

Collaboration IPN-Lyon, Laboratoire d'Études des Matériaux Plastiques et des Biomateriaux. URA 507, UCBL.

HSF-SIMS has been used in the investigation of oxidation-induced changes in the chemical structure of a polymer surface. Such processes have various consequences as illustrated by the two case studies presented. In the first case, under thermooxidation, the surface of an elastomer copolymer is subjected to conformational rearrangement between blocks of homopolymers. The second case deals with plasma treatment ($\text{O}_2 + \text{N}_2$) of a thermoplastic. It is demonstrated that the appearance of oxidation products correlates with improved adhesion performances.

1. Conséquences de la thermo-oxydation de l'élastomère poly(éthylène-co.méthyl acrylate)

Pour ce composant de base d'un caoutchouc opérant en ambiance nucléaire (ici haute température), nous avons d'abord mené une étude systématique de

la thermo-oxydation des homopolymères polyéthylène (PE) et polyméthylacrylate (PMA) avec comme objectif de pouvoir séparer leur contribution dans le copolymère. Dans les conditions d'usage 180°C et jusqu'à 170 heures nous avons observé les résultats HSF-SIMS suivants :

- L'oxydation du PE est observée aussi bien en émission positive que négative avec comme meilleures signatures, pour cette dernière, les émissions de l'ion C_2OH^- et de l'agrégat C_{11}^- , émissions qui atteignent une saturation au bout d'environ 50 heures.

- Aucune variation de l'émission négative caractéristique du PMA n'est détectable sous la contrainte thermique, par ailleurs responsable d'une réticulation dans la masse du matériau.

En ce qui concerne le copolymère, les résultats comparés du LSF-SIMS, de l'ESCA et du HSF-SIMS permettent de montrer que la contribution PMA décroît considérablement dans les premières monocouches sans être pour autant modifiée significativement sur des profondeurs plus élevées (10 nm et au-delà). A l'inverse, l'émission correspondant à la présence du PE oxydé en surface augmente jusqu'à saturer vers 200 heures. Ces résultats sont interprétés comme étant dus à un réarrangement conformationnel au voisinage de la surface avec une accumulation des blocs de PE oxydés, alors que la masse du matériau est soumise à réticulation. Un tel phénomène pourrait ainsi être utilisé pour modifier la polarité de surface du matériau.

La figure 1 montre l'évolution antagoniste des rendements des pics caractéristiques des blocs PMA ($m/z = 31$) et PE oxydés ($m/z = 132$), en fonction du temps de recuit à $180^\circ C$.

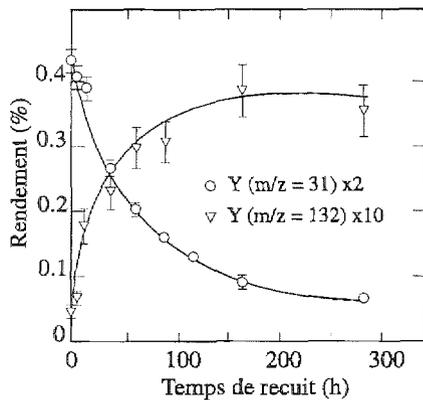


Figure 1

2. Effets d'un traitement plasma sur la structure de surface du thermoplastique poly(éther éthercétone) (PEEK)

L'exposition du matériau PEEK à un plasma froid est destinée à modifier la structure chimique de sa surface pour assurer une bonne adhésion aux fibres composites carbone-PEEK aux propriétés mécaniques

remarquables. La technique HSF-SIMS en mode négatif permet de caractériser le degré de dégradation de cette surface après exposition à différents plasmas N_2 , NH_3 , O_2 , N_2+O_2 . Pour de faibles expositions (30 s), seule l'action de ce dernier fait disparaître la structure chimique originale au profit de l'apparition de fonctions alcool, acide et ester. Toujours dans ce dernier cas, on montre que toutes les données relatives à l'oxydation (rendements d'émission mais aussi rapport O/C déterminé par ESCA) présentent, en fonction du temps de traitement, une variation identique, entre elles et avec les caractéristiques de l'adhésion (force d'arrachement en particulier). C'est ce que montre la figure 2, au moins dans une première étape où un palier est atteint. Pour ces conditions, l'analyse des faciès de rupture entre le matériau PEEK et une époxyamine permet de montrer que la couche modifiée est le siège de la rupture. Pour des temps plus longs où l'on constate une augmentation des forces nécessaires à la rupture sans que la concentration de surface soit modifiée, l'analyse révèle que la rupture s'est développée à l'intérieur de la matrice PEEK. Ce résultat est attribué à une plus grande mobilité des fragments oxydés créés en fonction du temps de traitement plasma. La plus grande cohésion de la couche interphase est ainsi attribuée à une interdiffusion couche modifiée-adhésif.

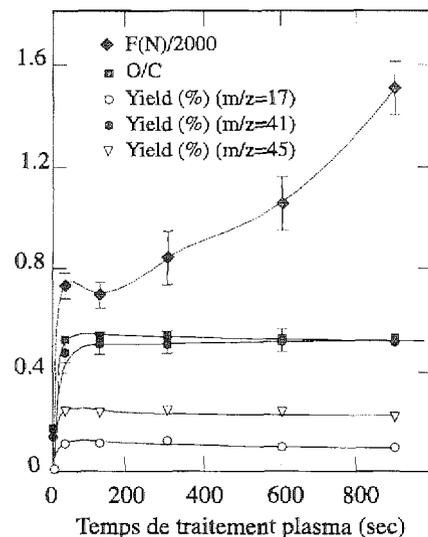


Figure 2 : Evolution en fonction de la durée du traitement plasma $O_2 + N_2$, du rendement d'émission des produits d'oxydation (OH^- , C_2OH^- et CO_2H^-), du rapport O/C déduit de mesures ESCA et de la force de rupture (Newton) de l'assemblage époxy/PEEK.

Etudes de l'environnement d'ions implantés dans des métaux et des aciers

Environment of implanted ions in metals and steels

A. Benyagoub, J.C. Duclot, A. Faussemagne, H. Jaffrezic, G. Marest, N. Moncoffre, A. Plantier et collaborateurs.

1. Collaboration : IN2P3-Pologne : IPN-Lyon, Institute of Physics, Cracovie.

2. Collaboration : IPN-Lyon, ITME, Varsovie, ECL-Lyon.

3. Collaboration : IPN-Lyon, IRC-Villeurbanne.

1. *Au, Ir, Pt, Rh, Ti and W foils were implanted with ^{57}Fe ions with doses from 10^{15} to 5×10^{16} ions/cm² and studied by CEMS. It has been proved that the macroscopic heat of solution of Fe in respective metals is a primary parameter determining the state of implanted specimens. For an attractive Fe-Fe potential the iron implants are observed in the form of aggregates, while for a repulsive Fe-Fe potential, there are not distinguishable in Mössbauer spectra. Molecular-dynamics simulations showed that the final arrangement of atoms within a thermal spike is maintained during about 1.2 ps.*

2. *Phase transformation and iron lattice parameters for nitrogen-implanted XC06 steel were simultaneously studied by means of conversion electron Mössbauer spectroscopy and grazing incidence X-ray diffraction techniques. The results revealed that the transformation from $\epsilon\text{-Fe}_{3-x}\text{N}$ into ϵ - or $\zeta\text{-Fe}_2\text{N}$ phase correlates with the stress relaxation. The mechanism and possible practical implications of this effect are discussed.*

3. *A surface layer containing BN compounds was synthesized by dual implantations of boron and nitrogen in a 100Cr6 bearing steel. The roles of the current density and of the implantation sequence (B+N or N+B) on the amount and structure of the BN phase were investigated in details in particular by using X-ray photoelectron spectroscopy. It was shown that these both parameters have a combined influence on the BN structure (mainly hexagonal or cubic).*

1. Formation d'agrégats de fer dans des métaux de transition (HJ, GM, AP et al.)

Selon le potentiel d'interaction agissant entre les atomes de fer dilués par implantations ioniques à faibles fluences dans une matrice, ces atomes pourront se repousser fortement pour n'être qu'en solution solide (monomères) ou, au contraire, auront tendance à rester au voisinage l'un de l'autre suivant une loi statistique dépendant de la concentration, ou encore à se rapprocher pour former des dimères, des trimères, voire des agrégats. C'est ce que nous avons prouvé par spectroscopie Mössbauer dans le cas de matrices Ag et Au pour lesquelles l'interaction Fe-Fe est attractive, de matrices Pt, Rh et Ti pour lesquelles l'interaction est répulsive

et pour W à interaction quasiment nulle. Les énergies de liaison dans un dimère de fer sont de -840 meV dans Ag et de -180 meV dans Au, bien plus grandes que ne le prédisait le modèle de Miedema.

Après implantation ionique la distribution aléatoire initiale des ions implantés subit une relaxation pendant la "pointe thermique" jusqu'à être figée à une température qui empêche toute migration des atomes. Ainsi le nombre des impuretés isolées (monomères) et de leurs agrégats de i atomes varie avec le temps afin de rendre minimale l'énergie libre du système. Nous avons simulé ce processus par la dynamique moléculaire et avons montré que le système Fe-Ag se stabilise en un temps très court de 1,2 ps.

2. Corrélation entre transformation de phase et évolution des contraintes dans le fer implanté en azote (GM, NM, AP et al.)

L'implantation d'azote dans les alliages à base de fer a été étudiée depuis longtemps au laboratoire et la compréhension des phénomènes physiques permettant d'expliquer les modifications des propriétés de surface observées a suscité de nombreux travaux. Récemment un diagramme de phase du système Fe-N a été proposé dans le cas d'échantillons de fer implantés en ions azote^[1]. Il met en évidence une transformation abrupte de la phase magnétique ϵ -Fe_{3-x}N en la phase paramagnétique ϵ - ou ζ -Fe₂N dont les paramètres structuraux sont significativement différents. Cette transformation spécifique a été plus particulièrement étudiée ici grâce à la spectroscopie Mössbauer en électrons de conversion (CEMS) qui permet de déterminer les composés Fe-N formés lors des implantations d'azote et grâce à la diffraction de rayons X rasants (GiXD) qui permet de suivre l'évolution des contraintes à partir de la détermination des paramètres de maille du fer.

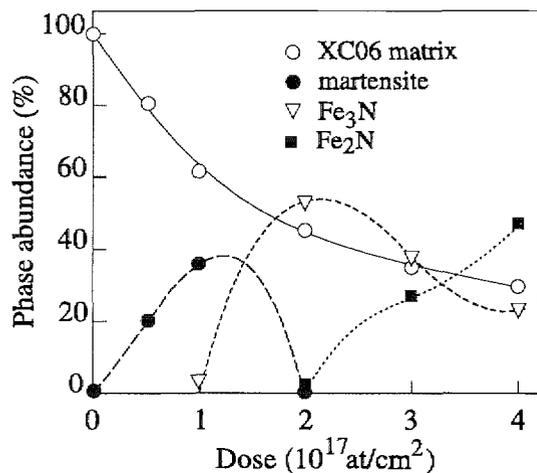


Figure 1 : Evolution, en fonction de la fluence des contributions relatives des phases détectées par CEMS lors d'implantations d'azote dans le fer à 50 keV.

La figure 1 présente les contributions relatives des phases détectées par CEMS dans les différents échantillons de fer implantés en azote à une énergie de 50 keV et à des fluences variant entre les doses 5×10^{16} et 4×10^{17} ions.cm⁻².

On note, à 3×10^{17} ions.cm⁻², la formation de la phase ϵ - ou ζ -Fe₂N au détriment de la phase ϵ -Fe_{3-x}N. Les contraintes compressives dans la couche implantée évoluent avec la dose (figure 2).

En comparant les figures 1 et 2, on peut corréler la relaxation des contraintes avec le début de la transformation Fe_{3-x}N \rightarrow Fe₂N. Ce résultat est intéressant si l'on considère par exemple que les propriétés de fatigue d'un matériau sont directement reliées à l'existence des contraintes en surface. De plus, ces expériences montrent que la couche de surface est fortement contrainte dès les faibles fluences. La relaxation des contraintes est vraisemblablement due au fait que des atomes d'azote qui étaient en solution quand la phase majoritaire était ϵ -Fe_{3-x}N sont alors incorporés dans des précipités de ζ -Fe₂N.

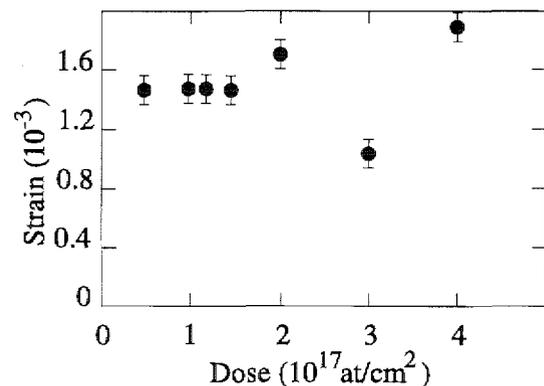


Figure 2 : Evolution de la contrainte ϵ en fonction de la fluence.

3. Implantation duale de bore et d'azote dans l'acier à roulement 100Cr6

L'originalité de cette étude consiste à coupler les effets complémentaires de l'implantation d'azote et de bore dans un acier à roulement 100Cr6 afin d'augmenter ses performances tribologiques. Ayant acquis au cours des années précédentes une très bonne connaissance du système Fe-N (qui demeure toujours cristallin et permet essentiellement d'améliorer la résistance à l'usure) et Fe-B (qui peut engendrer des phases amorphes et influe surtout sur les propriétés de frottement),

il nous a paru intéressant de réaliser des doubles implantations B+N afin d'améliorer les propriétés de frottement tout en conservant une bonne tenue à l'usure des aciers. Les implantations de bore et d'azote ont été réalisées de manière à synthétiser une couche superficielle contenant le composé BN. Dans ce but les énergies et les fluences de ces deux éléments ont été calculées de sorte que les profils B et N se superposent. L'influence de la densité de courant (3 et $6 \mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$) a été étudiée en corrélation avec celle de la séquence d'implantation (B+N ou N+B). Les méthodes d'analyse utilisées sont : d'une part la spectrométrie de rétrodiffusion nucléaire (NBS) à $6,04$ MeV, afin de déterminer les profils de concentrations du bore, de l'azote et des éventuels contaminants comme le carbone ; d'autre part, la spectroscopie de photoélectrons (XPS) afin de mettre en évidence la formation du composé BN et de déterminer sa structure cristallographique. A titre d'illustration, la figure 3 montre les résultats obtenus par XPS dans la région du B1s sur des échantillons implantés dans la séquence N+B à 3 et $6 \mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ et pour différents temps d'abrasion (donc à différentes profondeurs). Le pic localisé à 188 eV est caractéristique du bore non lié à l'azote alors que le pic à $190,3$ eV permet d'identifier le composé BN. Grâce à un ajustement des spectres, il est possible d'estimer la valeur du rapport BN/B et de suivre l'évolution de celui-ci en fonction du temps d'abrasion^[2]. De plus, la contribution du pic du plasmon identifiée à 199 eV, visible uniquement pour $3 \mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ sur la figure 3 est une signature de l'hybridation Sp^2 . Elle est en général attribuée à la phase BN de structure hexagonale. Ces expériences ont ainsi permis de mettre en évidence que dans les conditions étudiées le nitrure de bore BN était toujours formé. Toutefois, dans la séquence N+B, la structure cubique est prépondérante à $6 \mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$. Au contraire dans la

séquence B+N les deux structures hexagonale et cubique sont détectées.

Cette étude s'intègre dans le cadre de la thèse de A. Faussemagne. Elle est réalisée en collaboration avec la Société Nitruvid et la Société Nationale des Roulements (SNR).

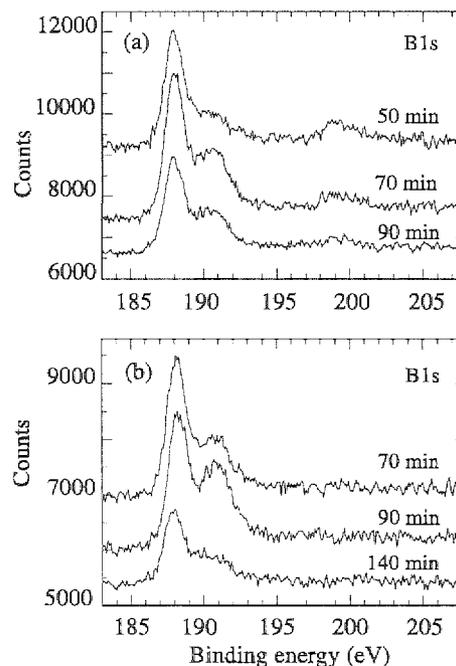


Figure 3 : Spectres XPS du signal B1s obtenus sur des échantillons implantés dans la séquence N+B à a) $3 \mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ et b) $6 \mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$.

Références

- [1] M. Kopcewicz et al., J. Appl. Phys., 71(9) (1992) 4217.
- [2] A. Faussemagne, P. Delichère, N. Moncoffre, A. Benyagoub, G. Marest, à paraître dans Surface and Coatings Technology.

Etudes Mössbauer d'oxydes préparés par ablation laser et implantation ionique

Mössbauer studies of oxides prepared by laser ablation and ion implantation

A. Benyagoub, H. Jaffrezic, G. Marest, N. Moncoffre, S. Morier, A. Plantier, et collaborateurs.

Collaboration : IPN-Lyon, Université de Poona (Inde), Université de Rouen (point 1).

1. It has been proved that after Kr bombardment the fully mixed zone consists in the $Fe_{1.5}Al_{1.5}O_4$ spinelle while in front of this zone non-stoichiometric Fe_3O_4 and $Fe_{3-x}Al_xO_4$ are formed.
2. The phases formed in implanted and thermally annealed samples were characterized by Mössbauer spectroscopy and glancing angle X-ray diffraction. The Cu-Fe-O system drives itself into the delafossite ($CuFeO_2$) configuration upon thermal annealing treatment.
3. T_C suppression appears in YBaCuO doped simultaneously with Fe and Zn to be caused by a drop in the concentration of mobile holes in the CuO_2 planes as well as due to reduced dimensionality of the system resulting from the suppression of the order parameter between the CuO_2 planes by the Fe atoms.
4. Ultrafine/nanophase powders of iron oxide were synthesized by pulsed excimer laser ablation of $\alpha-Fe_2O_3$ and cold condensation of the plasma plume. The nanophase particles are a mixture of the magnetic Fe_3O_4 and non-magnetic FeO phases.

1. Mélange ionique à l'interface $\alpha-Fe_2O_3/\alpha-Al_2O_3$ (AB, HJ, GM, NM, AP et al.)

Peu d'études ont été faites sur le mélange ionique entre deux oxydes. De plus, aucune information n'existe sur la nature des phases qui sont formées à l'interface. ^{57}Fe constituant une sonde locale très sensible à son environnement, nous avons pu étudier le mélange ionique produit par bombardements d'ions Kr et Ar sur des films minces de Fe_2O_3 déposés par ablation laser sur du saphir. Par RBS nous n'avons pu mettre en évidence aucun effet de mélange ionique. Ceci montre qu'il n'y a pas de diffusion à longue distance des atomes de fer et d'aluminium. La diffraction X à angles rasants a permis d'observer la création de phases Fe_3O_4 , $FeAl_2O_4$ et $FeAlO_3$. C'est la spectroscopie Mössbauer à électrons de conversion qui a donné le plus d'informations. Des phases magnétiques ont été attribuées à un mélange de Fe_3O_4 non stoechiométrique et de $Fe_{3-x}Al_xO_4$. La non stoechiométrie est due à un transfert des atomes de recul dans les couches les plus profondes alors que $Fe_{3-x}Al_xO_4$ s'explique par le fait que des atomes de Al^{3+} ont remplacé des atomes de Fe^{3+} dans les sites octaédriques de Fe_3O_4 . Ces deux phases seraient situées à l'avant de la zone totalement mélangée. Celle-ci est

constituée d'un spinelle de type $Fe_{1+x}Al_{2+x}O_4$. Grâce à une étude complémentaire de cette phase pour x variant de 0 à 1 effectuée à Rouen, nous avons pu déterminer que le mélange ionique était parfait puisque x serait voisin de 0,5 dans la zone mélangée.

2. Implantation ionique de ^{57}Fe dans des films d'oxyde cuivrique et cuivreux réalisés par ablation laser (GM, AP et al.)

Une meilleure connaissance des composés à base d'oxydes de cuivre est intéressante dans le contexte de la compréhension des phénomènes de supraconductivité à haute température. Nous avons étudié les interactions hyperfines régnant dans ces systèmes en utilisant comme sonde l'isotope ^{57}Fe .

Des films de CuO et de Cu_2O préparés par la technique de l'ablation laser ont été implantés avec des ions $^{57}Fe^+$. Par CEMS et diffraction X à angles rasants nous avons mis en évidence la formation des phases $Cu_6Fe_3O_7$, $CuFeO_2$ et Cu_2O dans les films de CuO implantés. Dans les films de Cu_2O , les mêmes phases sont

détectées avec, en plus, du Cu métallique, des entités Cu_2OFeO et le spinelle $\text{Cu}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$.

Des recuits effectués sous argon font évoluer ces phases. Pour les deux oxydes implantés, la transformation de $\text{Cu}_6\text{Fe}_3\text{O}_7$ en delafossite CuFeO_2 est progressive puis complète à 600°C . Dès 500°C la delafossite se transforme partiellement en CuFe_2O_4 , Cu_2O , Fe_2O_3 et petits agrégats de fer. A 600°C l'hématite réagit avec l'oxyde cuivreux pour donner une ferrite $\text{Cu}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$. Si la cinétique de l'évolution thermique des deux films est différente à cause de leurs stoechiométries différentes, ces deux systèmes tendent en phase finale vers la phase CuFeO_2 .

3. Origine de la suppression de la température critique du supraconducteur $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ co-dopé avec du fer et du zinc (GM et al.)

Une première étude avait montré qu'un co-dopage en Fe et en Zn du supraconducteur YBaCuO conduisait à une suppression bien plus grande de la température critique T_c que si un dopage équivalent (environ 3 % dans les sites de Cu) était réalisé avec l'un ou l'autre des éléments. Des mesures de diffraction X ont montré que le co-dopage produisait une phase tétragonale dont le volume est plus grand que lors d'un dopage monoélément. Par spectroscopie Mössbauer nous avons montré que l'addition de Zn ne modifie ni la localisation ni la coordination chimique du fer. Par XPS il est montré que Zn remplace Cu dans les plans de CuO_2 sans affecter la valence du cuivre alors que Fe convertit partiellement Cu^{2+} et/ou Cu^{3+} en Cu^{1+} (Fe est alors en substitution dans les chaînes). Dans l'échantillon co-dopé, il y a non seulement une tendance à convertir partiellement le cuivre en Cu^{1+} mais aussi à diminuer de façon plus conséquente la densité des états au niveau de Fermi que

pour des dopages monoélément.

Ces observations montrent que la modification de l'équilibre des charges dans le système YBaCuO , diminuant la densité des trous mobiles dans les plans de CuO_2 , sont la cause principale de la suppression géante de T_c .

La diminution de la densité de trous mobiles est due à la présence simultanée d'atomes de fer sur les sites des chaînes et d'atomes de zinc sur les sites planaires. Le fer dans les chaînes réduit la densité d'états au niveau de Fermi et supprime le paramètre d'ordre entre les couches alors que les atomes de zinc dans les sites planaires produisent une diffusion magnétique due au moment effectif généré par la substitution de Zn sur les sites de Cu couplés antiferromagnétiquement.

4. Synthèse de poudres nanométriques d'oxyde de fer par ablation laser et condensation (GM et al.)

Des poudres ultrafines d'oxydes de fer ont été obtenues par illumination d'un fritté de $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ par un faisceau de laser oximère opérant à un taux de répétition de 25 Hz et avec une densité d'énergie de $2,5 \text{ J/cm}^2$. Un doigt froid était utilisé pour condenser la vapeur. Il a été montré que la température de frittage (entre 700 et 900°C) de la cible joue un rôle prépondérant dans le processus de formation des particules en influençant la dissipation et l'absorption de l'énergie du faisceau laser. Par spectroscopie Mössbauer et diffraction X nous avons montré que les poudres sont un mélange de Fe_3O_4 et de FeO . A 900°C , FeO prédomine et la dimension des particules de Fe_3O_4 ne dépasse pas 30 nm. La production de Fe_3O_4 dépend fortement de la pression d'oxygène pendant l'ablation.

Mouvements atomiques et transformations de phases générés par le ralentissement des ions dans les solides

Atomic movements and phase transformations in solids induced by the slowing down of energetic ions

A. Benyagoub, G. Marest, N. Moncoffre et collaborateurs.

1. Collaboration : IPN-Lyon, CSNSM-Orsay, Ecole Polytechnique-Palaiseau, CEN-Grenoble, HMI-Berlin.

2.a) Collaboration : IPN-Lyon, CIRIL-Caen, ISMRA-Caen, DPM-Lyon.

2.b) Collaboration : IPN-Lyon, INSA-Lyon, Université de Poitiers, LURE-Orsay.

1. *The atomic transport induced by ion electronic energy loss in amorphous systems was investigated at a mesoscopic level either by an implanted or an evaporated marker. One of the interesting results obtained from these experiments is the observation of an important radiation-induced creep experienced in the rather bulky crystalline layer embedded in the amorphous matrix. Such a phenomenon, which does not occur in fully crystalline materials, is evidenced here for the first time. A rheological model was proposed in order to explain this behaviour. This model provides an estimation of the order of 2 GPa of the equivalent global stress induced by a beam of swift heavy ions.*

2. *The sensitivity of alumina to the electronic energy was demonstrated as soon as a threshold of 21 keV/nm is reached. A combination of channeling and optical absorption experiments allowed to propose a morphology of the ion tracks generated by GeV heavy ions in α -alumina. Moreover, EXAFS and XANES experiments performed on α -alumina samples gave a new insight on the phase transformations induced by low energy ion implantation.*

1. Etude à une échelle mésoscopique de la déformation plastique induite par excitation électronique dans les solides (AB et al.)

Jusqu'en 1991, les déformations plastiques géantes de matériaux amorphes induites par des irradiations avec des ions lourds de grande énergie n'ont été étudiées que sous leurs aspects macroscopiques par des mesures de dimensions ou de résistance électrique. Nous avons alors procédé à une étude plus microscopique de ce phénomène grâce à l'utilisation de marqueurs implantés ou évaporés dans l'échantillon irradié^[1] [2].

Des feuilles minces de Ni₃B amorphe préalablement implantées en Bi ainsi que des sandwichs Ni₃B/Au/Ni₃B et Ni₃B/W/Ni₃B avec des épaisseurs d'or et de tungstène variant de 20 à 900 nm et des épaisseurs de Ni₃B de 1 et 1,5 μ m ont été irradiés à basse température avec des ions I de 500 MeV sur l'accélérateur VICKSI du HMI-Berlin. La modification des profils des marqueurs Bi, Au ou W induite par l'irradiation a été analysée par rétrodiffusion Rutherford (RBS) et par mesure optique des dimensions perpendiculaires au faisceau d'ions.

Les résultats expérimentaux indiquent un com-

portement des systèmes contenant un marqueur implanté (donc dilué) identique à celui observé à l'échelle macroscopique^[3]. On assiste à peu près au même comportement pour les marqueurs massifs (évaporés lors de l'élaboration du sandwich) de faibles épaisseurs (< 500 nm). Ce phénomène qui n'intervient pas habituellement dans les matériaux purement cristallins a été mis en évidence ici pour la première fois. Par contre, lorsque l'épaisseur du marqueur massif augmente, on obtient un effet différent : le marqueur, insensible à l'irradiation à cause de sa nature cristalline, devient progressivement un frein à la déformation jusqu'à l'annuler totalement. Ce blocage intervient pour un rapport des épaisseurs marqueur/matrice de l'ordre de 0,4 pour l'or et de 0,07 pour le tungstène. Nous avons proposé un modèle^[4] basé sur une approche rhéologique pour expliquer ce comportement. Dans ce modèle, la variation du taux de déformation en fonction du rapport $t_c/2t_a$ de l'épaisseur de la couche cristalline sur la somme de celles des deux couches amorphes est donné par :

$$G = G_0 \left(1 + \frac{\sigma_c t_c}{\sigma_l 2t_a} \right) \quad (1)$$

où G_0 est le taux de déformation de l'amorphe libre, σ_c la contrainte de cisson critique du matériau cris-

tallin considéré et σ_{\perp} la contrainte biaxiale permettant de bloquer complètement la déformation de la partie amorphe du sandwich.

L'ajustement de l'équation 1 aux points expérimentaux permet d'extraire une valeur de σ_{\perp} , qui est juste l'opposée de la contrainte interne générée par le faisceau. Elle est égale à $-1,6 \pm 0,2$ GPa pour l'or et à $-1,8 \pm 0,2$ GPa pour le tungstène. Ces expériences ont donc permis d'obtenir, pour la première fois^[4], une estimation de l'ordre de 2 GPa de la contrainte induite par un faisceau d'ions de haute énergie.

2. Etude des mécanismes d'endommagement de l'alumine par bombardement ionique (AB, GM, NM et al.)

a) Etude de l'endommagement de l'alumine au fort dE/dx électronique

L'alumine était considérée jusqu'à très récemment comme étant particulièrement insensible à la création de défauts par excitation électronique. Cependant, des effets inattendus dus à de forts dépôts d'énergie par excitation électronique ayant été mis en évidence ces dernières années, tels que la déformation plastique de matériaux amorphes (voir paragraphe 1), ainsi que l'amorphisation et la formation de traces latentes dans des alliages métallique, nous ont suggéré de réétudier la réponse de l'alumine à d'importantes pertes d'énergie électronique. Les irradiations ont été effectuées au GANIL sur de l'alumine monocristalline de très haute pureté ayant une orientation (0001) avec des ions Pb d'énergie 4,7 MeV/a à des fluences de 4, 8, 12 et 21×10^{11} ions.cm⁻², des ions U d'énergie 3,75 MeV/a aux fluences de 12, 21 et 25×10^{11} ions.cm⁻² et des ions Pb d'énergie 4,58 MeV/a aux fluences de 3, 6 et $13,6 \times 10^{12}$ ions.cm⁻². Ces irradiations ont été effectuées à la température ambiante et à celle de l'azote liquide.

Les effets produits ont été suivis par spectroscopie d'absorption optique, par canalisation d'ions He⁺ de 2 MeV et par spectroscopie Mössbauer à électrons de conversion (CEMS) pour certains échantillons implantés préalablement à très faible dose en ⁵⁷Fe et recuits à 1400° C afin de placer les atomes de fer en sites substitutionnels.

Les principaux résultats^[5,6] obtenus par chacune de ces techniques sont résumés ci-après :

- Les spectres d'absorption optique montrent une augmentation avec la fluence des bandes d'absorption caractéristiques des centres F et F⁺.

- Les mesures de canalisation montrent que le désordre croît linéairement avec la fluence (dans le domaine des fluences considérées) et que son importance décroît avec la température. De la pente de ces courbes on peut déduire les sections efficaces d'endommagement à l'azote liquide $9,6 \times 10^{-12}$ cm² et à l'ambiante $7,6 \times 10^{-12}$ cm². Ces valeurs sont en accord avec le diamètre des traces latentes généralement observées dans des isolants beaucoup plus sensibles au dE/dx électronique.

- La spectroscopie Mössbauer est en excellent accord avec la canalisation d'ions He⁺ pour la détermination des fractions substitutionnelle et interstitielle des atomes de fer. La fraction d'atomes de ⁵⁷Fe déplacés de leur sites substitutionnels augmente avec la fluence tandis que le gradient du champ électrique agissant sur les noyaux de ⁵⁷Fe tend vers une orientation aléatoire. Cette étude a aussi montré que la présence de fer augmente l'importance du désordre. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les amas de Fe₂O₃, détectés par CEMS et formés par l'irradiation, arrivent à stabiliser autour d'eux de grands volumes désordonnés d'alumine.

Afin de faire varier à la fois les pouvoirs d'arrêt électronique à la surface des échantillons et la profondeur de pénétration des ions, des dégradeurs d'énergie (feuilles d'Al de 5, 15 et 30 μm) ont été placés devant les cibles. Ceci a permis d'étudier l'évolution de la section efficace d'endommagement σ_d en fonction du dE/dx électronique et de la profondeur de la trace (figure 1).

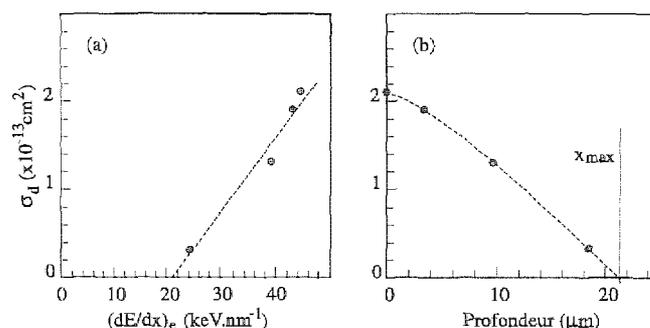


Figure 1 : Evolution de la section efficace d'endommagement σ_d en fonction, a) du pouvoir d'arrêt électronique, b) de la profondeur dans l'échantillon d'alumine.

Sur cette figure, on remarque que ces expériences ont non seulement montré que l'alumine est bien sensible au dE/dx électronique mais ont, en plus, mis en évidence l'existence d'un seuil d'endommagement élevé de ~ 21 keV/nm qui expliquerait la forte réputation d'insensibilité aux excitations électroniques dont jouit

ce matériau. Les expériences d'absorption optique conduites sur ces échantillons ont montré que les centres F ne sont créés que par le dE/dx nucléaire, c'est-à-dire en fin de parcours de l'ion. Ces résultats nous ont permis de proposer une représentation schématique de la "morphologie de la trace" de désordre généré par le passage d'un ion lourd de haute énergie dans un monocristal d'alumine (figure 2).

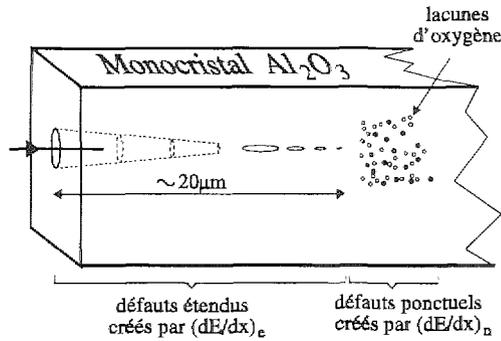


Figure 2 : Représentation schématique de la morphologie de la trace d'un ion en fonction de la profondeur.

b) Etude EXAFS et XANES des défauts créés dans l'alumine par implantation ionique à basse énergie

Les échantillons d'alumine α se présentent soit sous forme frittée soit sous forme de monocristaux. Ils ont été implantés à 50 keV par des espèces métalliques (Cu, Fe, Zr et Ti) à des fluences allant de 5×10^{15} à 10^{17} ions.cm⁻². Les signaux XANES et EXAFS au seuil de l'aluminium et des espèces implantées sont obtenus par collection de photoélectrons. L'énergie d'implantation (50 keV) a été choisie afin de placer les ions dans la zone d'analyse EXAFS et XANES qui s'étend de la surface à une profondeur d'environ 40 nm correspondant au libre parcours moyen des photoélectrons.

Au seuil de l'aluminium, seul le signal XANES est significatif : une étude portant sur quelques variétés d'alumine non implantées (alumine α , alumine γ , alumine amorphe préparée par sublimation), montre que les spectres comportent des particularités corrélées à l'occupation des sites octaédriques et tétraédriques. Ainsi, comme les atomes Al de l'alumine α n'occupent que des sites octaédriques, ils n'offrent qu'une signature a_2, b_2 . Par contre, les Al de l'alumine γ occupent 68 % de sites octaédriques (toujours caractérisés par la signature a_2, b_2) et 32 % de sites tétraédriques (caractérisés par la signature a_1, b_1). Nous avons remarqué que pour

l'alumine γ , tout comme pour l'alumine amorphe, le seuil proprement dit est abaissé de 2,5 eV par rapport à celui de l'alumine α .

L'analyse des échantillons implantés révèle, dès les faibles fluences, une diminution des sites octaédriques (caractéristiques de l'alumine α) et une apparition de sites tétraédriques. Cette tendance s'accroît lorsque la fluence augmente, et à 10^{17} ions.cm⁻² le spectre XANES est proche de celui de l'alumine amorphe, ce qui dénote un important désordre structural à cette fluence^[7]. Par contre, les spectres obtenus sur des échantillons implantés en Cu à différentes fluences et recuits pendant une heure à 800° C sous vide primaire montrent une guérison des défauts engendrés par l'implantation d'autant plus importante que la fluence est élevée. Ainsi, à la fluence de 10^{17} Cu.cm⁻², le recuit favorise la reconstitution d'un réseau très proche de celui de la variété α tandis que les fluences inférieures à 2×10^{16} Cu.cm⁻² il favorise plutôt la variété γ . Ces différences semblent pouvoir s'expliquer par les conditions de coalescence régissant le regroupement des atomes implantés.

Au seuil du Cu, un signal EXAFS net apparaît à la fluence 5×10^{16} ions.cm⁻² et au-delà. Ce signal s'apparente à celui de l'élément pur. Nous confirmons donc dans ce domaine de fluence l'existence d'amas métalliques de Cu bien constitués au sein de la céramique implantée. Cependant, au niveau des pics proches du seuil, des différences par rapport au signal du métal pur sont observées : (i) juste après le seuil, il y a un net renforcement du premier pic XANES pour les faibles fluences (cas où les atomes implantés sont sans doute assez peu regroupés) ; (ii) un pré-pic (faible mais reproductible) se décale progressivement vers les hautes énergies en fonction de la dose d'implantation.

Références

- [1] L. Thomé et al., Phys. Rev. Lett., 68 (1992) 808.
- [2] F. Garrido et al., Phys. Rev., B52 (1995) 6273.
- [3] A. Benyagoub, S. Klaumünzer, Radiation Effects & Defects in Solids, 126 (1993) 105.
- [4] A. Benyagoub et al., Nucl. Instr. & Meth., B106 (1995) 500.
- [5] J.M. Marty et al., Nucl. Instr. & Meth., B91 (1994) 274.
- [6] B. Canut et al., Phys. Rev., B51 (1995) 12194.
- [7] A. Rahoui et al., Journal de Physique III, à paraître.

Les couches de carbure de germanium (GeC)

Germanium carbide layers (GeC)

B. Cimma, J.M. Mackowski, N. Morgado, R. Pignard et collaborateurs.

Collaboration IPN-Lyon, SAT-Paris.

In collaboration with SAT (Société Anonyme de Télécommunication), the SMA group is in charge of the study and the realization of the Rafale infrared window. Due to its spherical shape, the dome is coated by a PECVD deposition technique (Physical Enhanced Chemical Vapor Deposition). The multilayer of different index germanium carbide films has been characterized optically. The optical losses of the GeC layers are about 30 cm^{-1} at $10.6 \mu\text{m}$. Overcoat of DLC (Diamond Like Carbon) offers an efficient protection in bad weather conditions. Rain erosion resistance have been investigated by the SAAB-SCANIA whirling arm. Nanoindentation measurements give informations about the mechanical properties of the thin films and the substrates, the Young modulus and the hardness.

Dans le cadre d'une collaboration avec la SAT, nous avons en charge l'étude du hublot optique de l'OSF (Optique Secteur Frontal) de l'avion Rafale. C'est un élément novateur car il s'agit d'un hublot bispectral résistant à la pluvio-érosion à très grande vitesse. Il sera capable de conduire des recherches air-air autonomes sur des bandes spectrales 3-5 et 8-12 μm , et ainsi délivrer des images thermiques de très haute résolution.

De forme hémisphérique, l'homogénéité en épaisseur du traitement de l'OSF implique l'utilisation de la technique PECVD (décomposition chimique en phase vapeur assistée par plasma). Pour ce programme d'étude, nous avons acquis un bâti de dépôt NORDIKO 4500 automatisé.

Nous avons approfondi l'étude de faisabilité d'antireflets bispectraux constitués d'un empilement de couches minces de carbure de germanium d'indices variables. Les couches de GeC optimisées présentent un coefficient d'absorption voisin de 30 cm^{-1} à $10,6 \mu\text{m}$. Ces

caractéristiques optiques en transmission et en absorption sont en accord avec les spécifications de l'OSF. De tels empilements combinés avec des couches de DLC (Diamond Like Carbon) apportent une protection efficace lors de l'utilisation dans des conditions climatiques sévères. Ce revêtement est soumis à des tests de pluvio-érosion pour caractériser une protection efficace jusqu'à 230 m/s pendant 5 mn pour une densité de pluie de 4,2 mm/heure. Des tests de dureté réalisés sur le nanoindenteur NANO 500 de Micro Materials Limited donnent les valeurs suivantes :

- 4 GPa pour le ZnS substrat FLIR ambre,
- 10 GPa pour le GeC haut indice,
- 20 GPa pour le DLC.

Les performances optiques des matériaux développés au laboratoire permettent la conception d'empilements conduisant à des antireflets bispectraux de très haute efficacité.

Les couches de phosphure de bore (BP)

Boron phosphide layers (BP)

B. Cimma, J.M. Mackowski et collaborateurs.

Collaboration IPN-Lyon, SAT-Paris.

In collaboration with SAT, a bispectral antireflective coating (3-5 μm and 8-12 μm) on ZnS substrates has been developed. This multilayer is realized by radiofrequency sputtering of a boron target in a reactive atmosphere (PH_3 , Ar). The optimized layers have a refractive index of 2.48 at 10 μm ; the absorption is about 50 cm^{-1} at this wavelength but it increases very rapidly beyond (200 cm^{-1} at 10.6 μm). Rain erosion tests have shown a remarkable behaviour of the BP layers (only 1 % of losses by minute at 250 m/s).

Cette étude concerne la mise au point d'un traitement antireflet bispectral sur substrat de ZnS dans les bandes 3-5 μm ainsi que 8-12 μm . Ce traitement doit, en plus de ses caractéristiques optiques, présenter une grande résistance à la pluvio-érosion afin d'être adapté aux systèmes infrarouges avionables. Les couches sont obtenues par pulvérisation radiofréquence réactive d'une cible de bore dans une atmosphère de phosphine et d'argon.

Une étude paramétrique a été conduite notamment pour préciser :

- l'effet de la température de dépôt sur la dureté (figure 1) et sur l'absorption à 10,6 μm (figure 2),
- l'effet de la pression partielle de phosphine sur la concentration en phosphore (figure 3) et en bore (figure 4).

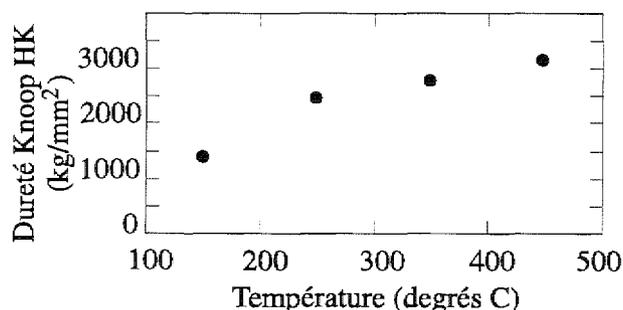


Figure 1 : Importance de la température sur la dureté Knoop.

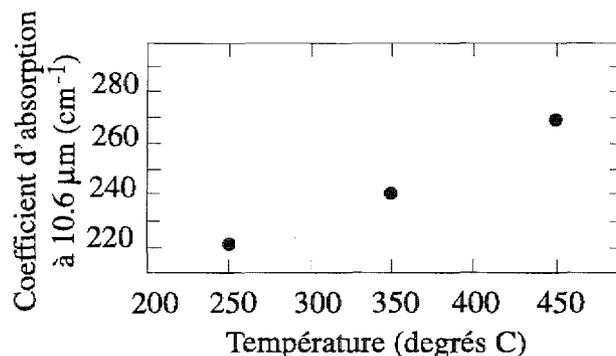


Figure 2 : Absorption du BP à 10,6 μm en fonction de la température de dépôt.

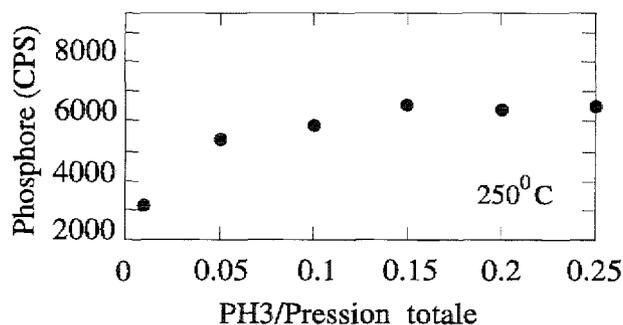


Figure 3 : Variation de la concentration en phosphore en fonction du rapport des pressions.

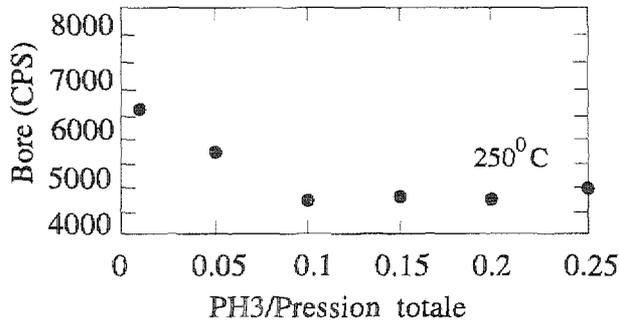


Figure 4 : Variation de la concentration en bore en fonction du rapport des pressions.

Les couches optimisées présentent un indice voisin de 2,48 à 10 μm , l'absorption est alors de l'ordre de 50 cm^{-1} . Elle croît très rapidement au-delà ($\approx 200 \text{ cm}^{-1}$ à 10,6 μm).

Des tests de résistance à la pluvio-érosion ont été réalisés sur le bras tournant de SAAB SCANIA en Suède. La figure 5 présente le comportement d'un doublet constitué d'une couche de BP d'épaisseur variable (5-9 et 10 μm) recouvert d'une couche de DLC (Diamond Like Carbon) de 1 μm . La résistance à la pluvio-

érosion varie comme l'épaisseur de la couche de BP pour des gouttes de diamètre 1,2 mm et une hauteur de pluie de 4,2 mm/heure.

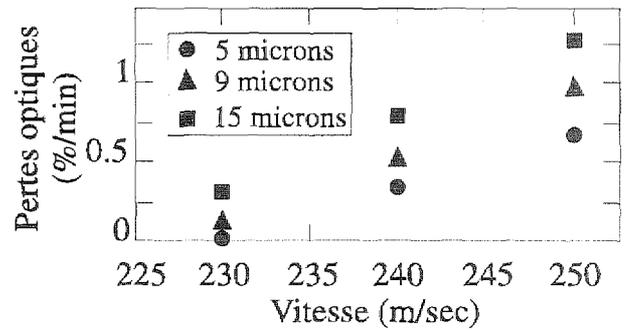


Figure 5 : Importance de l'épaisseur de la couche de BP sur la résistance à l'érosion à la pluie.

Le niveau des pertes, de l'ordre de 1 % par minute à 250 m/s, est remarquable. Ce matériau est incontestablement le plus performant (à part le diamant peut-être), mais la technologie utilisée ici s'accommode mal des formes sphériques.

Chimie-physique théorique

Theoretical chemical physics

H. Chermette, G. Gardet, A. Lembarki, H. Razafinjanahary, F. Rogemond et collaborateurs.

Collaborations avec l'Université de Genève (Laboratoire de Chimie Théorique), l'Université de Dijon (Laboratoire de Physique), l'Université de Paris VI (Laboratoire de Chimie des Eléments de Transition), LURE-Orsay.

Researches were aimed towards theoretical developments and applications of Density Functional Theory in Chemistry.

Les thèmes de recherche dominants du groupe pendant ces deux dernières années ont été articulés autour de la théorie de la fonctionnelle de la densité en chimie (DFT), avec une partie plus fondamentale, une plus méthodologique et une plus appliquée.

1. La partie la plus fondamentale porte sur l'obtention de fonctionnelles d'énergie cinétique et d'énergie d'échange-corrélation dites non-locales. Plus exactement ce sont des fonctionnelles de la densité et du gradient de la densité. Leur utilisation, qui a pour but ultime de déterminer l'énergie d'un système à partir de la seule densité électronique, reste académique en ce qui concerne l'énergie cinétique (une précision de 1 % correspond à des fluctuations d'énergie supérieure aux énergies de liaison chimique usuelles). Par contre, en ce qui concerne l'énergie d'échange-corrélation, nos recherches, dans la mouvance des travaux de J.P. Perdew, conduisent à des fonctionnelles très précises (1 %) les situant parmi les meilleures proposées à ce jour pour la description, dans le cadre de la DFT, de systèmes chimiques peu liés. Ce travail fait l'objet de la thèse de A. Lembarki (décembre 1994).

2. La partie plus méthodologique porte sur l'implémentation dans un programme LCAO-DFT de fonctionnelles non-locales récemment proposées, ainsi que celles que nous avons développées, afin de comparer leurs performances sur des systèmes simples et parfois considérés comme pathologiques. Nous avons également

développé le calcul de propriétés telles que le calcul de la force d'oscillateur associée à des transitions électroniques. Ce travail a fait l'objet de plusieurs chapitres de thèses dans le groupe.

3. Les applications les plus récentes portent ou ont porté sur les sujets suivants :

- Calcul de la structure électronique et de la structure de vibration de CuCl_2 dans l'état fondamental et ses premiers états excités. Nos calculs ont conduit à une remise en cause partielle de l'interprétation des spectres optiques de cette molécule retenue jusqu'ici.

- Calcul des structures électroniques et spatiales des petits agrégats Li_n ($n = 4$ à 18). Il s'est agi de prouver que, avec de bonnes fonctionnelles "non-locales", il est possible d'obtenir des résultats aussi fiables que les coûteux calculs de Koutecky (HF-MR-CISD), à un coût de calcul moindre et surtout, devant progresser moins vite avec la taille du cluster. En particulier, il nous a été possible de calculer des spectres théoriques qui sont en bon accord avec les spectres expérimentaux obtenus au Laboratoire voisin de Spectrométrie Ionique et Moléculaire (LASIM).

- Etude de la dissociation de l'anion peroxyde H_2O_2^- . Ces travaux ont fait l'objet en partie de la thèse de H. Razafinjanahary (septembre 1994).

- Etude de la stabilité des agrégats H_{2n+1}^+ . Cette étude est menée en parallèle dans le cadre de la DFT et par une étude de type *ab initio* effectuée conjointement avec M. et B. Farizon (IPN-Lyon).

La production scientifique est rassemblée dans les références 167 à 178. Cette activité, jugée par certains, trop éloignée des thèmes actuellement privilégiés du laboratoire, a conduit le groupe à demander son rattachement scientifique à un autre laboratoire du CNRS.

Etudes de biophysique

Studies in biophysics

A. Figureau en collaboration avec J. Toha^(a), M.A. Soto^(a).

^(a) Collaboration avec l'Université du Chili.

We are interested in the evolution of proteins and we are presently building a method which allows to determine automatically the secondary structure of these molecules : it will then be possible to study their evolution from the point of view of their physical structure, instead of the sequence in DNA coding for them.

La chimie des macromolécules biologiques est essentiellement un "problème de clefs et de serrures" : l'interaction entre deux molécules n'a lieu que si des zones précises de chacune sont positionnées correctement les unes par rapport aux autres. Or, l'information la plus courante dont on dispose pour les protéines est la séquence d'acides aminés qui les compose et qui est issue directement du message génétique porté par l'ADN.

Nous avons donc construit une méthode, ou du moins ses principaux éléments dans l'état actuel de nos travaux, qui permet de relier simplement la séquence linéaire du message génétique pour une protéine à la structure même de cette protéine. Il n'est pas encore question de la structure globale, mais de la détermination de sous-structures bien définies, les hélices α et les feuillets β . Notre méthode originale est basée sur

la reconnaissance de ces motifs par leur similarité avec des séquences types, et les résultats actuels, provisoires, indiquent que ces motifs sont reconnus dans une proportion voisine de 80%. Nous allons donc maintenant pouvoir décrire une protéine avec une bonne fidélité comme une suite linéaire de blocs connus, ce qui pourra donner accès à l'étude globale de sa structure et de ses interactions.

Avant de passer à ce problème, lui aussi très complexe, nous projetons toutefois d'appliquer les connaissances acquises sur les protéines par notre méthode à l'étude de leur évolution et même de leur origine, en comparant des protéines de même famille, puis de familles différentes, et en étudiant l'évolution des blocs qui devrait être plus simple que l'évolution du message génétique correspondant.

L'étude théorique du comportement de la nature vivante est évidemment éloignée des préoccupations de la physique sub-atomique. Les techniques de modélisation et l'approche pluridisciplinaire entreprise dans cette collaboration n'auraient pourtant pas pu être concrétisées plus efficacement au sein de laboratoires plus spécialisés, où le même sujet est abordé avec des méthodes plus classiques.

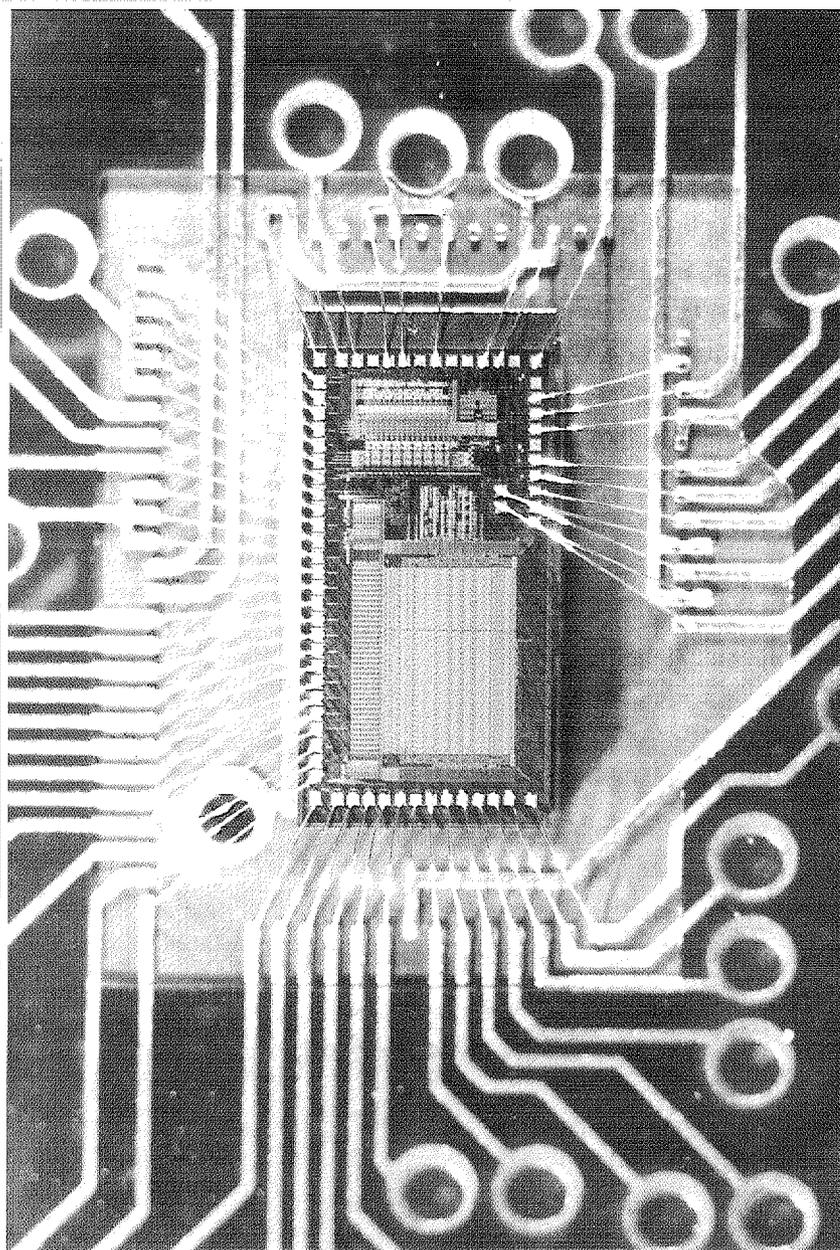


Planche 6 : circuit de lecture de chambre à micro-pistes réalisé en technologie DMILL $0.8\ \mu\text{m}$
(distance entre deux fils sur le circuit intérieur $\sim 100\ \mu\text{m}$)

Service accélérateurs

Y. Champelovier, M. Ferrari, R. Fillol, A. Gardon, G. Hadinger^(a), J.-P. Lopez, J. Martin, H. Mathez, A. Plantier.

(a) détaché au projet PIAFE.

1. Accélérateur d'agrégats (RF, JPL, JM, HM et R. Genre du service électronique)

L'accélérateur a fourni des faisceaux d'agrégats d'hydrogène sur la voie haute énergie exclusivement en 1994 et 1995, pour l'expérience de multifragmentation par jet d'hélium (groupe IPM) et en 1995 pour l'expérience de collision agrégat/agrégat (collaboration

IPM, LASIM, Univ. d'Innsbruck) selon la répartition indiquée dans le tableau 1. Notons qu'en 1995, les mois d'avril, mai, novembre et décembre ont été neutralisés par mesure d'économie. La ventilation des différentes masses accélérées est donnée par les figures 1 et 2. Le cycle utile RF est ajustable dans de larges limites pour s'adapter à l'acquisition.

Année	1994	1995
Nombre de semaines de faisceau pour la physique	26	18
Nombre total d'heures de faisceau délivré	850	590
Cycle utile moyen pendant la période	26 %	33 %

Tableau 1

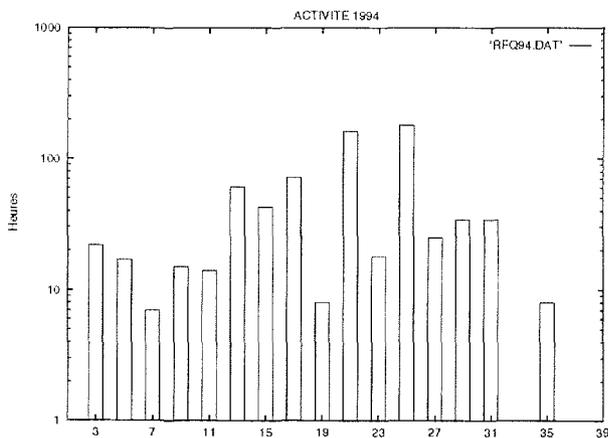


Figure 1

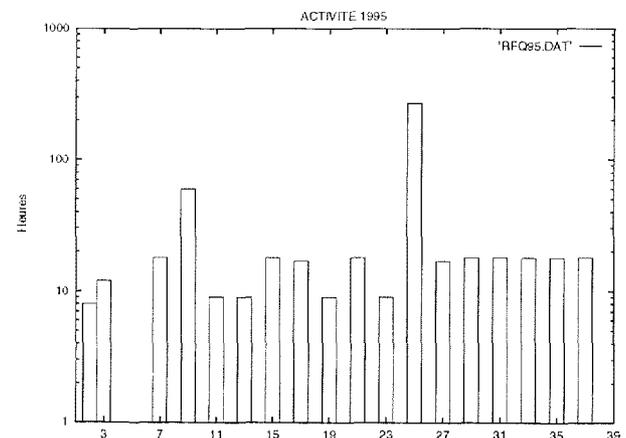


Figure 2

Au plan technique, on peut considérer la configuration actuelle de l'ensemble accélérateur comme satisfaisante ; des améliorations du pompage ont cependant été introduites en 1994 dans la cavité et en 1995 dans la chambre d'analyse haute énergie : l'amélioration du vide dans la cavité a permis de réduire l'érosion des électrodes liée au fort cycle utile et d'améliorer la tenue en tension des électrodes. L'amélioration du vide dans la chambre d'analyse haute énergie a permis de diminuer le bruit de fond.

D'autre part, on a défini les procédures optimales de réglage des paramètres RF dans les cas qui avaient été mal étudiés jusqu'ici, faute de temps et notamment :

- les plus faibles masses : on peut dorénavant conserver le mode accélérateur jusqu'à H_7^+ inclus (seuls H_3^+ et H_3^+ exigent un fonctionnement en focalisateur),

- les plus fortes masses : pour H_{37}^+ , dans la géométrie actuelle, la puissance nécessaire est à -1,7 dB de la puissance nominale de l'amplificateur.

A la suite d'un incident majeur, l'alimentation 250 ampères de l'aimant de distribution du faisceau a été entièrement reconstruite par l'équipe technique

dans une technologie moderne de meilleure fiabilité, notamment pour le ballast transistorisé et les circuits de régulation.

2. Van de Graaff 4 MV (AG)

Il a été délivré annuellement 1500 heures de faisceaux variés, essentiellement N_{15}^{++} , Ar^{++} , He^{++} , protons. Ce temps de faisceau est fourni à parts sensiblement égales vers les trois axes de recherche concernés.

3. Van de Graaff 2,5 MV (YC)

Il y a eu 560 heures de faisceau en 1994 et 800 heures en 1995, faisceau que se sont partagés essentiellement les groupes CAS et TSUR. L'adaptation de la source d'ions métalliques du projet ORION d'Orsay est en cours d'étude et de réalisation. Elle permettra l'accélération d'agrégats d'or de 5 et 6 atomes.

4. Implanter 400 kV - Séparateur (AP)

L'implanteur 400 kV a été mis en service début 1995 (voir photographie sur la planche de couleur 5). Plusieurs implantations ont été réalisées en cours d'année. Celles-ci sont réalisées alternativement sur le séparateur et l'implanteur selon les besoins.

Service électronique

D. Bon, J.-C. Caldéro, S. Chiodelli, P. Cluzel, R. Contis, S. Gardien, R. Genre, M. Goyot, J. Guyon, M. Miguet, P. Pangaud, M. Rebouillat, B. Samy, M.-F. Verdier, J.-P. Walder.

L'activité du service électronique s'étend sur de nombreux domaines : l'instrumentation nucléaire, l'acquisition de données et le développement de machines locales (implanteur 400 kV, RFQ, source Orion). Le service est ainsi amené à collaborer à de nombreux projets nationaux et internationaux. Aujourd'hui, aucun projet ne peut se concrétiser sans l'apport des techniques de l'IAO et de la CAO dans tout ou partie de son développement, quelle que soit la forme de la réalisation finale : technologie traditionnelle, montage en surface des composants, technologie hybride ou intégrée. Ces dernières années ont vu le potentiel humain et technique du service augmenter considérablement dans le domaine des ASIC : le service dispose d'équipements matériels et logiciels permettant de mener à bien des tâches de conception et de simulation au plus haut niveau, ainsi que la caractérisation indispensable des échantillons. La reconnaissance de cette compétence dépasse largement les limites du laboratoire et de l'IN2P3, puisqu'elle nous a permis d'être nommé Centre Associé au sein de l'Organisation Jessica Sud-Est et de participer avec l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne à la modélisation de certaines technologies.

1. Instrumentation

Un double discriminateur à fraction constante a été réalisé en CMS ; outre l'amélioration de la capacité du montage, l'addition d'une entrée de veto étend les domaines d'emploi de ce module NIM de manière significative. Dans le même standard on peut citer aussi des quadruples pré-diviseurs rapides 16 bits, un double atténuateur 50 ohms 0 à 80 dB par bonds de 1 dB programmable par GPIB pour la réalisation du banc de caractérisation automatique des préamplis ASIC (en collaboration avec le CPP-Marseille).

2. Détecteurs à micro-pistes

Parallèlement à la conception mécanique des chambres, sont menées des études sur la faisabilité des micro-pistes sur verre et silicium et des études sur l'influence de l'implantation de divers ions métalliques sur

les pistes. Le dessin des masques de fabrication, le montage, les micro-connexions (bonding), les contrôles visuels et tests électriques des échantillons, réalisés sous atmosphère contrôlée, incombent au service qui étudie aussi, sur le plan théorique, l'influence de la résistivité des pistes et du substrat ainsi que celle des diverses capacités sur les performances en bruit de l'ensemble détecteur + préampli.

Un des procédés envisagés pour la lecture des chambres à micro-pistes a été développé par le groupe RD20 pour les détecteurs silicium ; il comporte un préampli-formeur, une ligne à retard analogique suivie d'un circuit de détermination de l'instant de la collision par déconvolution. Il a paru intéressant de tester une autre façon de déterminer le sommet du signal par comparaison des échantillons : un circuit prototype à composants discrets a été construit pour valider la méthode avant la réalisation d'un ASIC.

3. Développement auprès des machines locales

La construction de l'implanteur 400 kV a impliqué la mise en œuvre de commande et de contrôle d'un grand nombre de paramètres et de dispositifs installés sur la plate-forme. Les commandes à distance depuis le pupitre ont été réalisées avec des fibres optiques et des circuits optoélectroniques associés (30 commandes). La télémessure des paramètres importants utilise également les fibres optiques pour le transport de l'information après une conversion tension-fréquence des grandeurs à contrôler (12 télémessures). Les commandes conventionnelles concernent les alimentations et amplificateurs H.T. nécessaires à la focalisation, le balayage et la mesure du faisceau ionique. La chaîne de détection des rayons X indispensable à la sécurité est en cours de réalisation.

Le service a également contribué, en collaboration avec le service accélérateurs, à la jouvence d'une alimentation d'aimant par une nouvelle conception et la simulation des boucles de régulation, et à la télécommande numérique multiposte des alimentations de conduite de faisceau pour l'ensemble Orion.

4. Groupe ASIC (DB, SG, PP, JPW)

Le groupe ASIC étudie la conception et réalise les tests en laboratoire et sur les sites expérimentaux du CERN, de circuits intégrés prototypes analogiques et mixtes, en vue d'équiper les différentes chaînes d'acquisition du futur détecteur CMS (Compact Muon Solenoid) et plus particulièrement, le calorimètre électromagnétique à cristaux (ECAL) et le détecteur à micro-pistes (MSGC). Les spécifications sévères de ces chaînes d'acquisition, en termes de vitesse, de résolution et de consommation d'énergie, imposent l'emploi de technologies modernes CMOS et BiCMOS standard (AMS 1,2 μm) ou résistantes aux radiations (DMILL 0,8 μm), que le groupe ASIC maîtrise depuis quelques années.

Ces études sont menées en collaboration étroite avec les groupes de recherche des hautes énergies du laboratoire ainsi qu'avec d'autres laboratoires tels que, l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne pour l'aspect modélisation de ces technologies, l'Université américaine de Princeton pour la calorimétrie électromagnétique et le LEPSI (Strasbourg) pour le détecteur à micro-pistes.

a) Chaîne d'acquisition intégrée à haute gamme dynamique pour la calorimétrie électromagnétique

L'étendue de la gamme dynamique en énergie de 30 MeV à 2,5 TeV du calorimètre électromagnétique, composé de 100 000 cristaux de PbWO₄ du projet CMS ainsi que le temps séparant deux croisements de faisceaux pp du LHC (Large Hadron Collider) de 25 ns définissent les principales contraintes de la chaîne d'acquisition intégrée associée à chaque cristal.

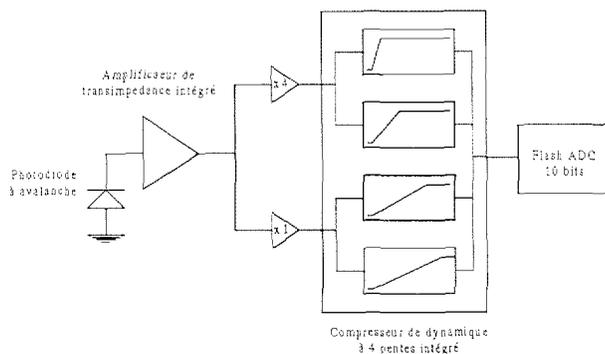


Figure 1

De plus, à l'heure actuelle, les résolutions maximales des convertisseurs analogique-numérique commerciaux de type flash pour une fréquence de conversion de 40 MHz sont de 10 à 12 bits et ne peuvent en aucun cas couvrir la gamme dynamique escomptée. Le groupe ASIC a donc, en collaboration avec l'Université de Princeton, conçu et réalisé un système comportant un amplificateur de transimpédance rapide (temps au maximum de 30 ns @ $C_d = 25$ pF), à faible bruit (2900 électrons @ $C_d = 25$ pF) et à faible consommation (2 mW/canal) suivi d'un compresseur de dynamique à quatre pentes, tous deux intégrés en technologie BiCMOS (AMS 1,2 μm). Le schéma synoptique de ce système est représenté sur la figure 1.

La fonction de transfert non linéaire du compresseur permet de couvrir l'ensemble de la gamme dynamique et de limiter la contribution du bruit de quantification du flash ADC, placé en aval, sur la résolution du calorimètre. Dans un premier temps, la valeur du gain de conversion de l'amplificateur de transimpédance et la fonction de transfert du compresseur ont été optimisées pour une valeur d'énergie à la pleine échelle de 200 GeV, compatible avec les énergies maximum disponibles en faisceau test.

Ce système non linéaire a fait l'objet de tests en faisceau au cours de l'année 1995. La figure 2 représente la mesure de la fonction de transfert du compresseur en fonction de l'énergie d'entrée des particules dans le cristal (unités relatives). Pour cette mesure, l'impulsion à la sortie du compresseur est numérisée par un convertisseur A/N 10 bits commercial de type flash.

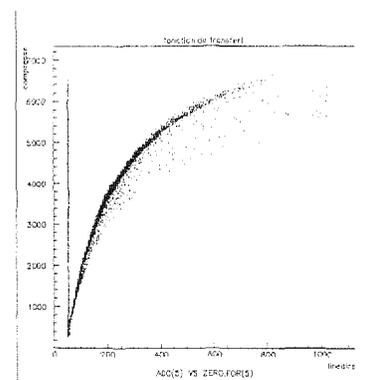


Figure 2

b) Système de lecture de chambres à traces

Le groupe ASIC a mis au point, un circuit de lecture pour détecteur de traces de type "silicium", en collaboration avec le LEPSI (Strasbourg) et le CEA (Saclay). Ce circuit de 8 voies comprend un préamplificateur avec une mise en forme, une mémoire analogique, une validation de l'information par pondération et un multiplexeur de sortie. Il devait répondre aux exigences du détecteur CMS, à savoir :

- lecture d'une information toutes les 25 ns,
- validation de l'information en moins de 3 μ s,
- extraction en série des voies en moins de 1 μ s.

Le préamplificateur avec mise en forme, la mémoire analogique et le système de validation furent à la charge du LEPSI. La validation du signal se fait par déconvolution sur 3 points. Cela permet de rejeter tout signal non conforme. Le multiplexeur de sortie, quant à lui, fut réalisé en deux versions : une version en courant par le CEA et une version en tension par le groupe. Cette version en tension comprend une seconde mémoire analogique précédant un multiplexeur 4 vers 1. Cette mémoire sert à ralentir la cadence de lecture du multiplexeur. En supposant qu'une information est validée à chaque fois, c'est-à-dire toutes les 100 μ s, la mémoire stocke les résultats pour le multiplexeur. En sortie, un amplificateur de gain unité a été implanté pour adapter les signaux au monde extérieur. Réalisé en technologie DMILL (0,8 μ m), il est en cours de validation, (voir photographie de la planche couleur 6) afin d'étendre le nombre de voies à 128. Pour cela, le service a conçu et réalisé des modules de tests. Ces derniers seront contrôlés par un programme d'instrumentation (LabView), via un bus VXI. Un test sous faisceau est prévu fin 1996, afin de finaliser le circuit.

Un projet d'adaptation du circuit aux détecteurs à traces de type MSGC est prévu avec comme principale modification, un nouveau préamplificateur avec mise en forme et un nouveau système de validation reposant sur le principe de la recherche du maximum du signal.

c) Etude d'un circuit d'identification de maximum d'une impulsion

Un circuit de comparaison de trois échantillons successifs d'une impulsion issue du préamplificateur de lecture des MSGC a été étudié. Ce circuit sélectionne l'échantillon central s'il est supérieur à ses voisins. Une version en technologie AMS CMOS 1,2 μ m sera disponible début 1996. Parallèlement, un banc de test réalisé avec LabView est opérationnel pour étudier l'efficacité d'un tel système à partir de fichiers d'impulsions réelles.

d) Préamplificateur à transimpédance pour détecteur MSGC

Un nouveau préamplificateur faible consommation bas bruit a été développé pour la lecture des MSGC. Ce circuit a été réalisé en technologie AMS CMOS 1,2 μ m. Son fonctionnement est tout à fait conforme aux simulations (figure 3). Sa particularité est d'offrir à la demande des physiciens, une mise en forme plus étroite (temps au maximum 30 ns) que celle du circuit du RD20 élaboré au CERN. Ces principales caractéristiques sont :

Consommation	1,5 mW
ENC	2500e- @ Cd 10pF
Gain	2 mV/fC
Temps au maximum	30 ns

Une version en technologie durcie (DMILL 0,8 μ m est en cours de réalisation (fin 1995).

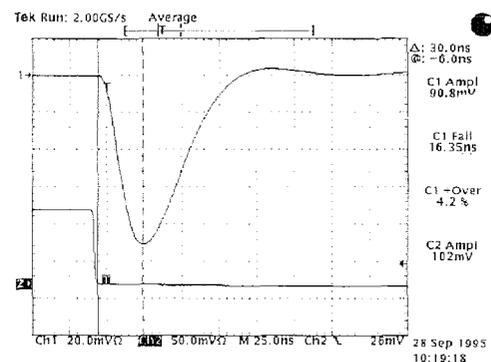


Figure 3

5. Microélectronique hybride (MG)

L'activité du groupe se place dans le cadre de la collaboration CMS-ECAL.

Les domaines d'intervention sont :

- Contribution aux études et caractérisations de photodétecteurs (efficacité, contribution au bruit, détection directe, évolution sous faisceau...).

- Estimation des bruits en simulation avec les données prévisibles.

- Propositions de configurations et de technologies possibles sur les critères : nombre de voies (simplicité du circuit, consommation), rapidité des signaux et vitesse d'acquisition (temps d'occupation), dynamique, résolution du détecteur (électronique bas bruit), environnement (rad-hard), adaptation au photodétecteur, coût.

- Evaluation de prototypes réalisés en technologie bipolaire standard, tests en faisceau^[1] d'une matrice de 9 cristaux de CeF_3 . Des résolutions de 2500 e rms ont été obtenues avec des photodiodes PIN de 1 cm^2 (50 pF) en mode intégration de charges sur 200 ns.

- Préparation de mini-cartes préamplis adaptées aux nouvelles conditions : cristaux PbWO_4 et photodiodes à avalanche (ADP).

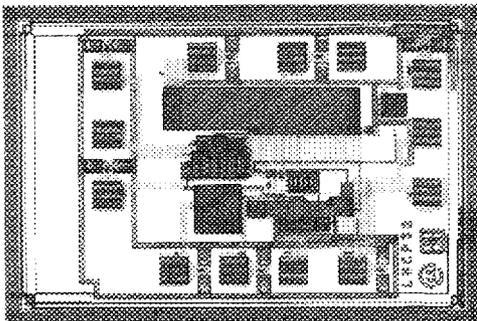


Figure 1

L'électronique proposée est une évolution vers une solution plus appropriée au futur détecteur : prototype ASIC en technologie bipolaire UHF1 Harris (figure 1). Testé en faisceau (e^- 4 GeV) et associé à des photodiodes avalanche Hamamatsu type S5345 (20 mm^2 , 90 pF), ce premier circuit a donné des résultats très encourageants^[2] [3]. La figure 2 montre les bruits électroniques obtenus pour deux technologies, ASIC et composants montés en surface (SMD) pour différents gains de l'ADP.

Activités générales :

- Différents types de modules réalisés ou adaptés et spécifiés pour les besoins d'expériences ou de tests particuliers.

- Assistance aux développements de détecteurs MSGC et ASIC associés, microconnectiques, assemblages et tests.

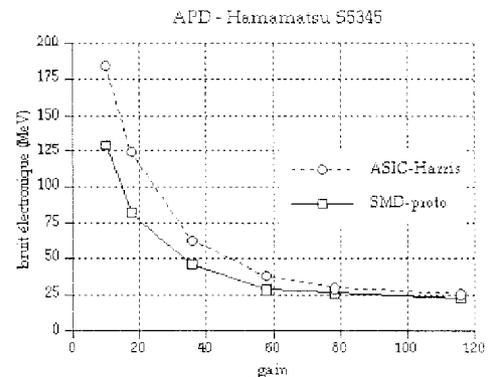


Figure 2

Références

- [1] CMS TN/94-271.
- [2] CMS TN/95-122.
- [3] M. Goyot, Workshop on Electronics for LHC Experiments, Lisbon, September 1995, LYCEN/9535.

Service informatique

V. Boninchi, M. Chartoire, A. Combroux, D. Hellal^(a), G. Jacquet, B. Lagrange^(b), S. Malleret, C. Martin^(c), M. Morgue, T. Ollivier, B. Veyron^(d).

^(a)C.E.S. depuis le 01/05/95, ^(b)depuis le 01/10/94, ^(c)depuis le 01/09/95, ^(d)parti en retraite le 01/04/95.

Le service informatique définit les choix concernant les systèmes informatiques à usage collectif du laboratoire, calculateurs, réseau, périphériques, postes de travail, logiciels. Le service collabore à la définition des moyens spécifiques aux groupes de recherches. Il assure la mise en œuvre et la configuration de l'ensemble de ces matériels, leur maintenance, notamment celle du système d'exploitation et des logiciels. Il assure la formation et l'assistance auprès des utilisateurs.

D'autre part des personnes du service sont affectées à des projets logiciels spécifiques, tant pour la conception d'applications que pour la maintenance d'outils particuliers.

1. Moyens de calculs locaux

Le réseau local de l'IPNL est le fédérateur de l'ensemble des systèmes. Il offre à tous une ouverture vers les moyens du centre de calcul de l'IN2P3 et le reste du monde. Deux grands pôles cohabitent sur ce réseau local : un ensemble de 21 stations UNIX servies par un HP 9000-800 ainsi qu'un cluster VMS bâti sur un serveur ALPHA avec 9 stations satellites. L'ensemble de ces calculateurs partagent des ressources telles que disques, imprimantes, media magnétiques.

Sont également connectés au réseau local 56 micros (27 PC et 29 MacIntosh) ainsi que 48 terminaux X. L'ensemble des connexions sont de type ethernet sauf celles concernant les deux serveurs et l'ouverture vers le CCIN2P3, qui sont basées sur FDDI.

Une partie asynchrone subsiste avec environ 80 terminaux alphanumériques.

Nous décrivons brièvement ci-dessous les caractéristiques des matériels.

a) Cluster VMS (MC, SM)

Le laboratoire a disposé jusqu'en mai 1994 de deux Vax 6310 configurés avec 32 Mo de mémoire chacun et 4,6 Go de disques. Ces machines étaient en cluster avec 9 stations de travail sous le système d'exploitation VMS. Trois de ces stations sont dédiées au dépouillement d'expériences de physique, cinq sont affectées

à la CAO mécanique dont une pour la fonction de centre mainteneur EUCLID et une pour la gestion du cluster (sauvegardes, tests de versions du système et de logiciels, gestion de modules réseau).

En juin 1994, un des VAX 6310 a été remplacé par un DEC 3000-800S, d'architecture type ALPHA-AXP. Avec 128 Mo de mémoire et 10 Go de disque, ce calculateur est devenu le "boot-node" des stations de travail dans une configuration dite de cluster à architecture mixte, à deux disques systèmes (un pour OpenVMS-VAX et l'autre pour OpenVMS-AXP, les binaires n'étant pas compatibles entre les deux). Le DEC 3800 est le serveur de disque de l'ensemble des utilisateurs VMS et le serveur d'impression pour tous les calculateurs de l'IPNL et pour les requêtes de nos utilisateurs depuis des machines du CCIN2P3.

En janvier 1995, le second VAX 6310 a été arrêté après la fin de la migration VAX vers AXP.

b) UNIX (MC, CM, TO)

Le parc de stations de travail sous UNIX s'était fortement accru en 92-93, pour atteindre une vingtaine d'unités. Ce parc est hétérogène et nous disposons actuellement des systèmes SOLARIS (10 stations SUN), HP-UX (5 stations HP), IRIX (4 stations Silicon Graphics) et ULTRIX et DEC/UNIX (deux stations DEC). Cet accroissement s'était effectué sans machine serveur capable de centraliser des fonctions d'utilité générale pour les systèmes UNIX et de permettre la connexion et le support de terminaux X pour des utilisateurs ne disposant pas de station dans leur service de recherche. Cette lacune a été comblée en mai 1994 par l'arrivée d'un serveur HP 9000-800-H50 configuré avec 128 Mo de mémoire et 9 Go de disque. Il supporte une quinzaine de terminaux X, fait office de serveur NFS, notamment pour les comptes utilisateurs et pour centraliser les logiciels du domaine public et du CERN, cela pour l'ensemble des stations UNIX quelque soit le constructeur. Bien que ce ne soit pas sa vocation première il fait office de serveur de calcul, il centralise

également les sauvegardes des disques de toutes les stations.

c) Réseau (AC, DH)

Le réseau local de l'IPNL comporte aujourd'hui plus de 160 nœuds (adresses). L'arrivée de terminaux X et l'augmentation du nombre de stations et micros connectés ont amené à réétudier une topologie de réseau adaptée à cet accroissement de flux de données. Pour cela le laboratoire s'est doté simultanément d'une épine dorsale FDDI (fibre à 100 Mb/s) pour l'interconnexion avec le CCIN2P3 et les deux serveurs UNIX et VMS, ainsi que d'un dispositif de segmentation du réseau ethernet améliorant sa bande passante.

Le câblage des bâtiments réalisé, sur plusieurs années, en câble paire torsadé de catégorie 4 (certifié 20 Mb/s) permet au moins deux prises par bureau.

d) Assistance CCIN2P3 (AC)

Le service assume bien évidemment la fonction d'assistance vis-à-vis des systèmes d'exploitation et des logiciels installés au CCIN2P3, ainsi que la gestion de certaines ressources des comptes des utilisateurs (rôle de tzar). Ces fonctions sont particulièrement sollicitées en cette période de migration du système VM vers le système UNIX.

e) Intégration, assistance MacIntosh (GJ)

Le service assure l'installation et la maintenance logicielle des MacIntosh sur le réseau local du laboratoire.

Actuellement, une trentaine de MacIntosh sont connectés (services administratifs ou groupes de recherches). L'installation du logiciel Pathworks sous VMS a permis l'utilisation des imprimantes DEC avec la gestion complète de format A3, A4, recto-verso et ceci directement depuis le sélecteur MacIntosh. L'installation d'un disque MacIntosh sous VMS permet par Appleshare la fonction de serveur de fichier MacIntosh sur le réseau.

Outre le protocole Appletalk, l'utilisation du protocole TCP/IP donne un accès au réseau mondial internet. De nombreux logiciels du domaine public permettant d'utiliser toutes les fonctionnalités de ce protocole ont été installés sur le disque VMS et permettent l'émulation de terminal, le transfert de fichier, la messagerie, la lecture des news ainsi que des fonctionnalités avancées (multimédia, hypertext, vidéo-conférence).

f) Support des applications administratives et comptables (SM, BV)

Au début de l'année 1995, une base de données du personnel a été développée, toujours sous 4D et installée sur les MacIntosh du service administratif.

Une nouvelle version du logiciel de gestion SYSTHELAB a été mise en place. A cette occasion la configuration informatique du service comptabilité a été étoffée avec un serveur PC 486DX4 et trois postes clients également de type PC.

Un nouveau logiciel de gestion du restaurant (géré par l'association du personnel) a été développé sous 4D serveur et installé sur deux MacIntosh (serveur et client) raccordés au réseau ethernet du laboratoire.

Le service assure le suivi et la maintenance de l'ensemble de ces logiciels. Des procédures de sauvegardes automatiques de ces différentes applications ont été mises en place, à travers le réseau vers des disques du serveur VMS qui sont, eux, sauvegardés sur média magnétiques.

2. Projets scientifiques

a) Acquisitions de données (GJ)

L'activité dans ce domaine est axée sur la réalisation de divers systèmes d'acquisition légers basés sur MacIntosh et interfacés aux standards CAMAC et VME. Nous pouvons citer notamment :

- le développement d'un logiciel d'acquisition avec enregistrement des données sur cartouche Exabyte pour le monitoring en ligne des cibles de l'expérience NA50,
- le développement de divers logiciels de tests d'appareillage (porte analogique, caractérisation de PM) pour l'expérience NA50,
- la réalisation de divers programmes pour le développement et l'étude des détecteurs MSGC.

b) Contribution à la réalisation des miroirs de VIRGO (BL, MM)

La contribution du service porte d'une part sur la réalisation d'un simulateur logiciel concernant l'homogénéité des dépôts sur les substrats et d'autre part sur des tests d'appareillage, autour du bâti de dépôts actuel, dans le but de déterminer les paramètres optimaux pour le futur bâti destiné aux miroirs de VIRGO. L'ensemble de ces travaux sont réalisés sur micro-ordinateurs de type PC.

Les développements de la simulation des dépôts permettent à ce jour d'obtenir les profils simulés des

couches réalisées avec les deux matériaux silice et tantale, et les dépôts statiques au niveau du plan des substrats.

Le simulateur prend en compte les phénomènes physiques et les diverses géométries de bâtis. En outre, le logiciel intègre la possibilité de réaliser des dépôts multicouches, d'introduire des masques et d'évoluer vers des bâtis à plusieurs sources d'ions (développement actuel). Pour plus de détails, voir également le rapport sur le développement des optiques de VIRGO.

3. Site mainteneur EUCLID (VB)

Le site mainteneur est une structure d'accompagnement, mise en place dans le cadre des marchés avec Matra Datavision (MDTV) (éditeur d'EUCLID). Elle se compose d'un support logiciel et d'une installation pilote. En interface avec le support de MDTV, cette structure assure un service adapté à chaque site, du simple conseil téléphonique jusqu'au déplacement pour l'installation complète, en passant par des interventions par connexion sur les machines à travers le réseau (validation des versions et tests des dysfonctionnements). Les problèmes sont soumis à MDTV après analyse.

L'interface avec MDTV se situe à deux niveaux : technique mais également commerciale. Le site mainteneur assure un suivi des marchés, un respect des conditions d'acquisition des produits, une gestion de la maintenance logicielle, la programmation des stages utilisateurs (environ 20/an) en liaison avec le centre de formation MDTV permettant d'assurer les meilleures conditions financières. Cette période 94-95 a d'ailleurs vu la mise en œuvre, dans le cadre du nouveau marché CNRS/MDTV, d'une évolution de la structure composée de 3 sites mainteneurs (SDU, SPM/SPI et IN2P3) et d'un gestionnaire technique national, fonction que l'IPNL assure avec l'accord de l'IN2P3. Parallèlement a été menée une négociation pour un contrat de maintenance sur la base de coûts forfaitaires et d'une facturation par département scientifique, ce qui a entraîné une diminution sensible du coût par poste. Certaines opérations nécessitent la recherche avec MDTV de conditions particulières comme la migration de l'ensemble

des licences EUCLID de VMS vers UNIX. Cette opération a d'ailleurs nécessité la mise en route d'une installation pour tester la version d'EUCLID sous DIGITAL UNIX.

Le site mainteneur anime un groupe EUCLID, étendu au CNRS, par l'organisation de journées techniques annuelles. Des contacts ont lieu avec le monde industriel par la participation aux activités du groupe des utilisateurs français d'EUCLID. Un autre aspect est l'organisation et l'intervention lors de formations spécifiques comme l'école de mécanique d'Aussois ou l'organisation d'un stage en vue de la validation d'un code de calcul interfacé avec EUCLID.

Sur ces deux ans, trois derniers laboratoires IN2P3 se sont équipés d'EUCLID : CRN, SUBATECH et CSNSM. Pour le CRN il a fallu assurer la migration des données CATIA vers EUCLID.

L'opération concernant l'application EUCLID/GEANT s'est poursuivie avec son support et sa diffusion, quelques mises au point, des présentations au CERN et une tournée des laboratoires. Cette application tourne sur toutes les plateformes UNIX ou VMS et est distribuée par le CERN, en plus de l'IN2P3. Grâce à cette application il est possible de manipuler des structures GEANT dans EUCLID et on peut ainsi traiter des structures complètes allant jusqu'à un million de volumes élémentaires.

Le site mainteneur a participé à l'enquête sur la mécanique à l'IN2P3, menée par Monsieur Repellin et a participé au suivi des travaux du groupe CADD du CERN sur les échanges de données entre systèmes de CAO différents.

Un travail est en cours pour l'utilisation de la base de données générale, dans le cadre du projet LHC, par les collaborations ATLAS, CMS et pour la machine. Le défi des années à venir se situera sur le plan de la maîtrise des données numériques, dans le but d'en "rationaliser" la création.

Un serveur WWW a été mis en place pour le support EUCLID.

Service mécanique

T. Alliaume, A. Benoit, J.-P. Blachère^(a), T. Bertolacci^(b), H. Bonin, D. Ducimetière, D. Essertaize, G. Gelin, G. Guillot, C. Lemoine, J.-C. Mabo, F. Mounier, G. Verdier.

^(a) à la retraite au 1/07/94, ^(b) en CDD jusqu'en juin 1994.

Le groupe se compose d'un bureau d'études et de deux ateliers : usinage et chaudronnerie.

Équipé d'un système de CAO EUCLID, le bureau d'études réalise la grande majorité des avant-projets, projets et dossiers d'exécution des ensembles mécaniques entrant dans les appareillages utilisés par les groupes de recherche, localement ou sur les sites extérieurs.

L'utilisation de la base de données partagée avec les autres laboratoires de l'IN2P3 et le CERN, la prise en compte précoce des problèmes d'implantation des matériels électroniques dans la conception des détecteurs sont entrées dans les habitudes de la mise à disposition de l'outil informatique. Après l'interface EUCLID/GEANT (CAO volumique/code de simulation physique), c'est l'interface EUCLID/ALLEGRO (CAO volumique/CAO électronique) qui est en cours de test. Les ateliers, dans la limite de capacité du parc machine, réalisent la plupart des demandes en usinage, mécano-soudure et chaudronnerie lourde. Une fraiseuse à commande numérique vient de rajeunir le parc machine, quelques machines sont utilisées par les techniciens des groupes de recherche ou des accélérateurs pour des travaux simples, l'entretien ou le dépannage avec les conseils des mécaniciens.

Un atelier de montage sous flux laminaire a été créé pour la manipulation de prototypes de MSGC destinées à l'expérience CMS. Il jouxte la salle d'essai

équipée d'une distribution de gaz propre et d'un canon à rayons X.

Parmi les réalisations effectuées ces deux dernières années, il faut citer :

- l'étude et la réalisation de la modification de la chambre d'analyse UHV et l'implantation de détecteurs microcanaux (BIAS),

- l'étude et la réalisation de la cible fragmentée de NA50, la motorisation des mouvements des compteurs et des cibles (EI),

- la participation au montage final de l'implanteur 400 kV (TSUR),

- les outillages pour le traitement des miroirs, les modifications du planétaire (SMA),

- la réalisation d'un goniomètre (CAS),

- l'étude et la réalisation des ALR+ (L3),

- l'étude et la réalisation de mécaniques pour des tests de MSGC sous faisceau au CERN, l'étude des masques, le montage des chambres, l'étude et la réalisation de la partie mécanique du banc d'irradiation par rayons X (CMS),

- l'étude du montage d'une source d'agrégats métalliques sur le Van de Graaff 2,5 MV (BIAS),

- l'étude préliminaire d'une source, l'étude et le montage d'une source d'essai Rubidium pour la production d'ions multichargés, l'étude de lentilles Einzel (PIAFE).

FORMATION, COMMUNICATION (99)

**THÈSES, PUBLICATIONS, CONFÉRENCES,
RAPPORTS, OUVRAGES (103)**

PRÉSENTATIONS ORALES, COURS, SÉMINAIRES (139)

LE LABORATOIRE, SES PERSONNELS (155)

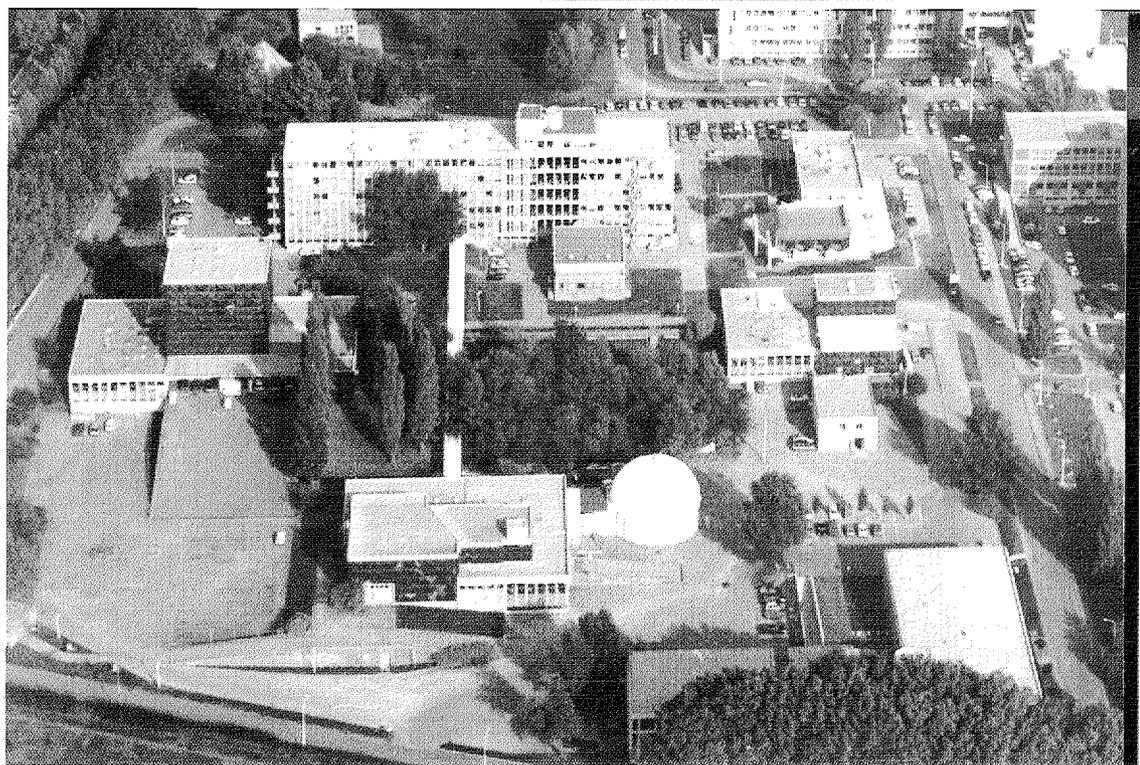


Planche 7 : vue aérienne du laboratoire (photo Pascal Mirallès, SAV-INSA)

Formation dispensée

M. Meyer.

Les actions de formation de l'Institut peuvent être classées en trois types : la formation initiale, les stages de formation initiale, la formation continue.

1. Formation initiale

L'IPNL, unité mixte CNRS (IN2P3) - Université Lyon-1, comporte environ moitié de chercheurs CNRS et moitié d'enseignants-chercheurs (33 et 44 respectivement). Les enseignants-chercheurs dispensent des cours magistraux, travaux dirigés et travaux pratiques dans des domaines diversifiés, essentiellement de physique, de chimie et de mathématiques dans les trois cycles d'enseignement :

- à l'Université Lyon-1, DEUG A, DEUG B, Licences (Physique, ès Sciences Physiques, Sciences des Matériaux, Chimie-Physique, Chimie, EEA), Maîtrises, DEA ("Constituants Élémentaires de la Matière", "Sciences des Matériaux"),
- à l'IUT de Lyon (IUT A et B),
- à l'ENS de Lyon (Magistère des Sciences de la Matière, DEA de Physique Théorique).

Quelques chercheurs CNRS enseignent dans les trois cycles.

Du point de vue des doctorants, l'IPNL recrute majoritairement sur l'École Doctorale de Physique Fondamentale de Lyon (regroupant les quatre DEA "Constituants Élémentaires de la Matière", "Physique Théorique", "Physique Statistique et Phénomènes non-linéaires", "Astrophysique") et surtout dans le DEA "Constituants Élémentaires de la Matière". Ce DEA (28 étudiants en moyenne chaque année) s'appuie d'une part, sur Physique des Particules, Physique Nucléaire et Applications, d'autre part, sur Physique Atomique, Physique Moléculaire et Physique des Agrégats.

Le laboratoire recrute aussi des doctorants à partir des DEA "Analyse Physico-Chimique", "Sciences des Matériaux et Surfaces" de Lyon-1-Ecole Centrale-INSA et "Génie des Matériaux" de Lyon-1-INSa. En janvier 1996 le nombre de doctorants dans le laboratoire était de 29 dont 20 bénéficient de bourses ou d'alllocations (12 MRT, 2 BDI, 6 ATER).

2. Stages de formation initiale

L'IPNL accueille de nombreux stagiaires des différents cycles :

- Stages de 1er cycle : stages d'été de 1 mois pour les étudiants du DEUG A dans le cadre du programme JANUS de l'IN2P3.

- Stages de 2ème cycle : une dizaine d'étudiants du Magistère des Sciences de la Matière viennent chaque année effectuer des stages de 2 mois, obligatoires dans leur cursus, au sein des différents groupes du laboratoire. Des étudiants de Licence et Maîtrise de Physique sont aussi accueillis pour un mois de stage d'été (3 à 5 par an). De plus, des élèves d'écoles d'ingénieurs (ICPI, ECL,...) et de DESS viennent grossir le rang des stagiaires.

- Stages de 3ème cycle : comme cela a été précédemment souligné, environ 15 étudiants de divers DEA effectuent leur stage de 5 mois dans les groupes.

Au total, l'IPNL accueille plus de 40 stagiaires en formation initiale par an.

3. Formation continue

Le laboratoire organise aussi de nombreuses formations vers l'extérieur : stages en radioprotection délivrant la qualification de "Personne Compétente en Radioprotection" (CNRS-Formation) ; stages de formation plus spécifique vers des personnels de la Communauté Urbaine de Lyon appartenant à la Cellule Mobile d'Intervention Radiologique ; stages de formation permanente du CNRS (11 dans le domaine de l'informatique). Ainsi, 30, 20 et 70 stagiaires ont été concernés par ces actions).

Des enseignements en cours du soir sont assurés au CNAM : à savoir, les modules A0 (Introduction aux Sciences Nucléaires), B0 (Rayonnements, Isotopes et Application), B1-B2 (Technologie des Réacteurs Nucléaires du cycle B, préparés exclusivement à Paris et à l'IPNL) délivrant le DEST. L'IPNL accueille aussi des stagiaires du cycle C, en technologie nucléaire, pour préparer leur mémoire d'ingénieur du CNAM.

Formation permanente du personnel

R. Kirsch.

Les formations sont définies par la direction du laboratoire dans un plan de formation en fonction des objectifs scientifiques et des demandes des personnels. Le recensement des besoins collectifs et individuels de formation permet d'établir annuellement ce plan de formation qui prévoit les domaines où des formations deviennent nécessaires face à l'évolution des techniques. Lorsque les organismes de tutelle, Délégation Régionale du CNRS, IN2P3 et Université Claude Bernard, n'assurent pas eux-mêmes les formations spécifiques nécessaires, des organismes spécialisés extérieurs sont sollicités. Annuellement, environ 1/3 du personnel bénéficie d'une formation.

Les écoles thématiques de l'IN2P3 suivies pendant les deux années 1994 et 1995 concernent l'électronique, les détecteurs, l'informatique, l'instrumentation, la dynamique des faisceaux, le vide et les matériaux ; elles représentent 13 % du total d'heures de formation.

Les divers secteurs de formation, par ordre d'importance en heures, sont :

- bureautique	3 %
- acquisition	5 %
- informatique	12 %
- langues	17 %
- diverses spécialités	28 %
- électronique	36 %

Le secteur "diverses spécialités" inclut la sécurité, les fibres optiques, les actions de recherche, les images numérisées, la conduite de réunion, la cryogénie, l'usinage, etc.

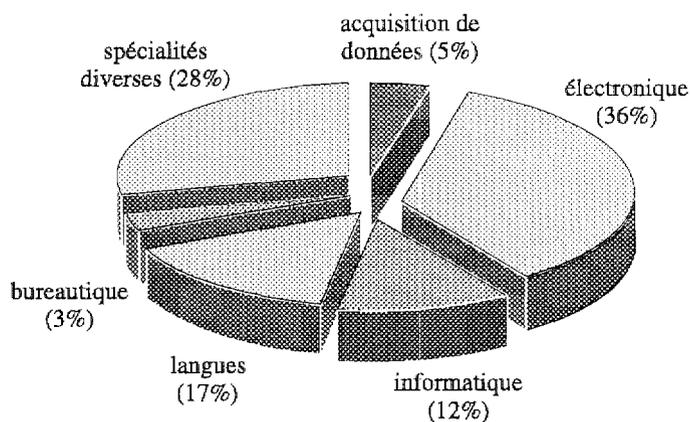
Au cours des deux années, 3842 heures de formation ont été assurées pour 59 agents au cours de 88 stages d'une durée moyenne de 6 jours :

	1994	1995
Nb d'heures	1631	2212
Nb de stagiaires	30	29
Nb de stages	52	36

Leur financement a été assuré par :

- l'IN2P3 pour les thèmes généraux de la discipline abordés dans ses écoles thématiques,
- la Délégation Régionale du CNRS (personnel CNRS),
- l'Université Claude Bernard Lyon-1 (personnel de l'Université),
- le laboratoire lui-même.

La figure ci-dessous montre l'importance relative des thèmes abordés par la formation des personnels.



Communication

A. Partensky.

The Institute's communications programme plays an active part in our tradition of transparency and dialogue. It takes many different forms using the various media : scientific conferences, radio broadcasts, open days and exhibitions.

Les actions de communication de l'Institut s'inscrivent dans sa tradition d'ouverture et de dialogue. Elles ont revêtu diverses formes utilisant la diversité des médias : conférences scientifiques, émissions radio, portes ouvertes, expositions.

L'Institut de Physique Nucléaire étant un laboratoire mixte CNRS-IN2P3, Université Claude Bernard Lyon-1 (ISM), ses actions de communication se placent sous la tutelle de l'IN2P3 ou de l'Université. Les principales actions de communication de ces deux dernières années peuvent se décliner avec les mots : conférences scientifiques, émissions radio, portes ouvertes, expositions.

Avec le soutien de la municipalité de Villeurbanne, l'Institut participe au sein de l'ISM à l'organisation de cycles annuels de conférences scientifiques à l'intention d'un large public, "Les Soirées Scientifiques de l'ISM". Ces conférences datent de près de 10 ans et sont bien connues maintenant d'un large public de fidèles curieux de la science.

En prenant comme modèle ce cycle de conférences, nous avons participé avec la Délégation Régionale du CNRS et TECHLID, la Technopole de l'Ouest Lyonnais, à la mise en place d'un cycle de conférences analogues, "Les Rencontres Scientifiques de l'Ouest Lyonnais". Pour leur deuxième année d'existence en 1995, ces conférences commencent à être connues et attirent de plus en plus de monde. Chaque année, avec des collègues d'autres disciplines, nous en arrêtons le programme.

Les émissions scientifiques hebdomadaires que nous réalisons depuis 1992 avec une radio locale ont pris fin en mars 1995, la radio devant faire face à des restrictions budgétaires. De nombreux membres de l'Institut ont été les auteurs d'une ou plusieurs de ces émissions. Pour l'anecdote disons que deux émissions ont été réalisées par Murat Boratav et Jim Cronin, Prix Nobel américain.

Comme toutes les années, nous avons participé à "Science en Fête". En 1995, nous avons réalisé des portes ouvertes qui ont mobilisé pratiquement tout l'Institut. Le service de documentation a assumé la lourde charge de l'accueil du public pendant ces trois jours. Ces portes ouvertes auraient pu connaître un plus grand succès si les attentats en France et le plan Vigipirate n'avaient pas dissuadé les familles et tout particulièrement les professeurs du secondaire accompagnés de leurs élèves de venir faire une visite.

En juillet 1994, la Direction Régionale du CNRS a voulu lancer un journal à l'attention de tous ses agents de la région. Malheureusement, malgré toutes les économies qui ont pu être faites, il n'a pas été possible de dégager un budget suffisant pour assurer son financement et seul le N°0 a vu le jour. Dans ce numéro, il y avait un long article de Bernard Ille qui faisait la couverture.

A l'intention de ses visiteurs, l'Institut a réalisé une plaquette de 3 pages pour présenter ses activités de recherche et de formation.

Cette revue n'épuise pas toutes les actions de communications mais note les plus significatives.

**NEXT PAGE(S)
left BLANK**

THESES

Diplômes de doctorat

1. VINCENT P.

Mesure des rapports d'embranchement semi-leptoniques et de la contribution baryonique dans les désintégrations de quark b

29 avril 1994

2. BENCHEKROUN D.

Caractérisation de l'émission de fragments par corrélations azimutales avec le détecteur 4π Amphora : étude des systèmes $^{32}\text{S} + ^{58}\text{Ni}$ et ^{nat}Ag à 38 MeV par nucléon

19 mai 1994

3. NAPOLITANO M.

Développement d'un système de pilotage en temps réel selon l'approche orientée objet d'un bâti de dépôt sous vide utilisant la technologie DIBS ; mise en œuvre de cet outil et application de la réalisation de couches minces d'oxydes dans le cadre du projet VIRGO

7 juin 1994

4. RAZAFINJANAHARY H.

Etude théorique de propriétés électroniques de molécules inorganiques

22 septembre 1994

5. DAVID J.C.

Photoproduction d'étrangeté et résonances hadroniques

29 septembre 1994

6. LEMBARKI A.

Développement de fonctionnelles corrigées du gradient en théorie de la fonctionnelle de la densité

9 décembre 1994

7. CHABANAT E.

Interactions effectives pour des conditions extrêmes d'isospin

20 janvier 1995

8. LE COZ Y.

Mise en évidence de bandes dipolaires dans les isotopes de mercure à l'aide du multidétecteur EUROGAM

25 janvier 1995

9. BOBIN C.

Bolomètres massifs et détection de la matière noire non baryonique

27 janvier 1995

10. MESSOUS Y.

Calibration de détecteurs et recherches de matériaux luminescents pour la détection de la matière noire non baryonique

31 mars 1995

11. BERTINI M.

Etude phénoménologique des fonctions de structure du nucléon
12 mai 1995

12. GARDET G.

Application et développement de calculs type fonctionnelle de la densité pour la détermination de propriétés spectrales structurales et énergétiques d'agrégats de lithium
14 juin 1995

13. BILLEBAUD A.

Etude expérimentale de l'émission électronique secondaire de cibles minces de carbone sous l'impact de projectiles rapides : ions lourds, ions hydrogènes (atomiques, moléculaires ou sous formes d'agrégats)
12 juillet 1995

14. NSOULI B.

Apport de la technique PDMS à l'étude des modifications induites dans des polymères utilisés en ambiance nucléaire
20 juillet 1995

15. BARBIER R.

Algèbre quantique $U_{pq}(u_2)$ et application à la dynamique collective de rotation dans les noyaux
22 septembre 1995

16. DAVESNE D.

Etude de la propagation des pions dans la matière hadronique chaude
15 novembre 1995

17. LEBRETON L.

Etude des collisions centrales dans les réactions Ni + Al et Ni + Ni à 28 A.MeV
1er décembre 1995

Habilitations à diriger des recherches

18. FARIZON B.

17 octobre 1994

19. FARIZON M.

17 octobre 1994

20. GIERES F.

16 décembre 1994

21. MONCOFFRE N.

28 février 1995

PUBLICATIONS

Physique à LEP, R&D pour CMS à LHC

1. Adam A., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Gelé D., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al., **L3 Collaboration**
A study of four-fermion processes at LEP
Phys. Lett., B-321 (1994) 283
2. Acciarri M., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Gelé D., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al., **L3 Collaboration**
Measurement of inclusive production of neutral hadrons from Z decays
Phys. Lett., B-328 (1994) 223
3. Acciarri M., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Gelé D., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al., **L3 Collaboration**
Measurement of the inclusive $\rightarrow \tau\nu$ X branching ratio
Phys. Lett., B-332 (1994) 201
4. Acciarri M., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Gelé D., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al., **L3 Collaboration**
Measurement of the $B^0 - \bar{B}^0$ mixing parameter and the $Z \rightarrow B \bar{B}$ forward-backward asymmetry
Phys. Lett., B-335 (1994) 542
5. Acciarri M., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Gelé D., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al., **L3 Collaboration**
A measurement of τ polarization at LEP
Phys. Lett., B-341 (1994) 245
6. Blaising J.J., Buisson C., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al., **L3 Collaboration**
Results on the calibration of the L3 BGO calorimeter with cosmic rays
Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., A-343 (1994) 456
7. Acciarri M., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Gelé D., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al., **L3 Collaboration**
Measurement of cross sections and leptonic forward-backward asymmetries at the Z pole and determination of electroweak parameters
Zeit. Phys., C-62 (1994) 551

8. Chemarin M., Depasse P., Fay J., Ille B., et al.
Test beam results for an upgraded forward tagger of the L3 experiment at LEP II
Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., A-349 (1994) 345
9. Acciarri M., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al.,
L3 Collaboration
Energy and particle flow in three-jet and radiative two-jet events from hadronic Z decays
Phys. Lett., B-345 (1995) 74
10. Acciarri M., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al.,
L3 Collaboration
Measurement of exclusive branching fractions of hadronic one-prong tau decays
Phys. Lett., B-345 (1995) 93
11. Acciarri M., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al.,
L3 Collaboration
B⁻ production in Z decays at LEP
Phys. Lett., B-345 (1995) 589
12. Acciarri M., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al.,
L3 Collaboration
Search for anomalous Z → γγ events at LEP
Phys. Lett., B-345 (1995) 609
13. Acciarri M., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al.,
L3 Collaboration
Measurement of energetic single-photon production at LEP
Phys. Lett., B-346 (1995) 190
14. Acciarri M., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al.,
L3 Collaboration
Search for neutralinos in Z decays
Phys. Lett., B-350 (1995) 109
15. Acciarri M., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al.,
L3 Collaboration
Measurement of weak charged current structure in semileptonic b-hadron decays at the Z peak
Phys. Lett., B-351 (1995) 375
16. Acciarri M., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al.,
L3 Collaboration
One-prong τ decays with neutral kaons
Phys. Lett., B-352 (1995) 487
17. Acciarri M., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al.,
L3 Collaboration
Tests of QCD at LEP energies using e⁺e⁻ → γγ(γ) and e⁺e⁻ → l⁺l⁻γγ
Phys. Lett., B-353 (1995) 136

18. Acciarri M., Chemarin M., El Mamouni H., Fay J., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al.,
L3 Collaboration
Evidence for gluon interference in hadronic Z decays
Phys. Lett., B-353 (1995) 145
19. Abreu P., Antilogus P., Françon S., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Measurement of the $B^0 \bar{B}^0$ mixing using the average electric charge of hadron-jets in Z^0 -decays
Phys. Lett., B-322 (1994) 459
20. Abreu P., Antilogus P., Françon S., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
A measurement of the B_s^0 meson mass
Phys. Lett., B-324 (1994) 500
21. Abreu P., Antilogus P., Françon S., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Measurement of the $e^+ + e^- \rightarrow \gamma\gamma$ (γ) cross section at LEP energies
Phys. Lett., B-327 (1994) 386
22. Abreu P., Antilogus P., Françon S., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Measurement of the $B^0 \bar{B}^0$ mixing parameter in Delphi
Phys. Lett., B-332 (1994) 488
23. Abreu P., Antilogus P., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Measurement of time dependent $B_d^0 - \bar{B}_d^0$ mixing
Phys. Lett., B-338 (1994) 409
24. Abreu P., Antilogus P., Françon S., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
 J/ψ production in the hadronic decays of the Z
Phys. Lett., B-341 (1994) 109
25. Abreu P., Antilogus P., Françon S., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Measurements of the lineshape of the Z^0 and determination of electroweak parameters from its hadronic and leptonic decays
Nucl. Phys., B-417 (1994) 3
26. Abreu P., Antilogus P., Françon S., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Improved measurements of cross sections and asymmetries at the Z^0 resonance
Nucl. Phys., B-418 (1994) 403
27. Abreu P., Antilogus P., Françon S., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Search for the standard model Higgs boson in Z^0 decays
Nucl. Phys., B-421 (1994) 3

28. Abreu P., Antilogus P., Françon S., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Study of hard scattering processes in multihadron production from $\gamma\gamma$ collisions at LEP
Zeit. Phys., C-62 (1994) 357
29. Abreu P., Antilogus P., Françon S., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
A precision measurement of the average lifetime of B hadrons
Zeit. Phys., C-63 (1994) 3
30. Abreu P., Antilogus P., Françon S., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Search for pair-produced heavy scalars in Z^0 decays
Zeit. Phys., C-64 (1994) 183
31. Abreu P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
First evidence of hard scattering processes in single tagged $\gamma\gamma$ collisions
Phys. Lett., B-342 (1995) 402
32. Abreu P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Observation of orbitally excited B mesons
Phys. Lett., B-345 (1995) 598
33. Abreu P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Production of charged particles $K_s^0 - K^{+-} p$ and Λ in $Z \rightarrow b\bar{b}$ events and in the decay of b hadrons
Phys. Lett., B-347 (1995) 447
34. Abreu P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Measurement of the $\Gamma_{b\bar{b}}/\Gamma_{had}$ branching ratio of the Z by double hemisphere tagging
Zeit. Phys., C-65 (1995) 555
35. Abreu P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Measurement of the forward-backward asymmetry of $e^+e^- \rightarrow Z \rightarrow B\bar{B}$ using prompt leptons and a lifetime tag
Zeit. Phys., C-65 (1995) 569
36. Abreu P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Production characteristics of K^0 and light meson resonances in hadronic decays of the Z^0
Zeit. Phys., C-65 (1995) 587
37. Abreu P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
A study of radiative muon-pair events at Z^0 energies and limits on an additional Z' gauge boson
Zeit. Phys., C-65 (1995) 603

38. Abreu P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Measurement of $\Gamma_{b\bar{b}}/\Gamma_{had}$ using impact parameter
Zeit. Phys., C-66 (1995) 323
39. Abreu P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Measurement of forward-backward asymmetry of charm and bottom quarks at the Z pole using D^{+} mesons*
Zeit. Phys., C-66 (1995) 341
40. Abreu P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
First measurement of the strange quark asymmetry at the Z^0 peak
Zeit. Phys., C-67 (1995) 1
41. Abreu P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Search for heavy neutral Higgs bosons in two-doublet models
Zeit. Phys., C-67 (1995) 69
42. Abreu P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Measurements of the τ polarization in Z^0 decays
Zeit. Phys., C-67 (1995) 183
43. Abreu P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Strange baryon production in Z hadronic decays
Zeit. Phys., C-67 (1995) 543
44. Abreu P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Inclusive measurements of the K^{+-} and p/\bar{p} production in hadronic Z^0 decays
Nucl. Phys., B-444 (1995) 3
45. Abreu P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Observation of short range three-particle correlations in e^+e^- annihilations at LEP energies
Phys. Lett., B-355 (1995) 415
46. Abreu P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al.,
DELPHI Collaboration
Search for exclusive charmless b meson decays with the Delphi detector at LEP
Phys. Lett., B-357 (1995) 255
47. Clergeau J.F., Contardo D., Haroutunian R., Smadja G.
A micro-strip gas counter test with the RD20 front-end
Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., A-355 (1995) 359

48. Angelini F., Bon D., Caldero J.C., Clergeau J.F., Contardo D., Guillot G., Haroutunian R., Kryn D., Mabo J.C., Miguet M., Rebouillat M., Smadja G., et al.
Study of the bunch crossing identification at LHC using Microstrip Gas Chambers
Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., A-368 (1996) 345
49. Auffray E., Depasse D., El Mamouni H., Fay J., Goyot M., Ille B., Kryn D., Lebrun P., Martin J.P., Maurelli G., Reynaud M., Sahuc P., Walder J.P., et al.
Test beam results of a cerium fluoride crystal matrix
Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., (à paraître)

Matière hadronique et nucléaire

50. Siebert R., Grossiord J.Y., et al.
High resolution study of hyperon-nucleon interactions by associated strangeness production in pp collisions
Nucl. Phys., A-567 (1994) 819
51. Baldit A., Bedjidian M., Contardo D., Descroix E., Drapier O., Grossiord J.Y., Guichard A., Haroutunian R., Malek F., Mandry R., Pizzi J.R., et al., NA51 Collaboration
Study of the isospin symmetry breaking in the light quark sea of the nucleon from the Drell-Yan process
Phys. Lett., B-332 (1994) 244
52. Baglin C., Bedjidian M., Contardo D., Descroix E., Drapier O., Grossiord J.Y., Guichard A., Haroutunian R., Mandry R., Ohlsson-Malek F., Pizzi J.R., et al., NA38 Collaboration
 ψ' and J/ψ production in p - W and S - U interactions at 200 GeV/nucleon
Phys. Lett., B-345 (1995) 617
53. Baglin C., Bedjidian M., Contardo D., Descroix E., Drapier O., Grossiord J.Y., Guichard A., Haroutunian R., Pizzi J.R., et al., NA38 Collaboration
Low mass muon pair and vector meson cross-section in p - W and S - U collisions at 200 GeV/nucleon
Phys. Lett., (à paraître)
54. Baglin C., Bedjidian M., Contardo D., Descroix E., Drapier O., Grossiord J.Y., Guichard A., Haroutunian R., Pizzi J.R., et al., NA38 Collaboration
Production of $\rho + \omega$ and ϕ in p - W and S - U collisions at 200 GeV/nucleon
Phys. Lett., (à paraître)
55. Box P.F., Demeyer A., Guinet D., et al.
Inclusive systematics for $^{28}\text{Si} + ^{28}\text{Si}$ reactions between 20 and 35 MeV per nucleon
Phys. Rev., C-50 (1994) 934
56. Heuer D., Benchekroun D., Cheynis B., Demeyer A., Gerlic E., Guinet D., Stern M., Vagneron L., et al.
Explosive multifragmentation in the $^{32}\text{S} + ^{27}\text{Al}$ reaction at 37.5 MeV/nucleon
Phys. Rev., C-50 (1994) 1943

57. Nebbia G., Chambon B., Cheynis B., Drain D., et al.
Testing the level density of $A = 100$ hot nuclei from evaporative charged-particle spectra
Nucl. Phys., A-578 (1994) 285
58. Llerès A., Chambon B., Cheynis B., Drain D., Pastor C., et al.
Deexcitation of primary projectile-like fragments in the reaction $^{40}\text{Ca} + 6 \text{ nat Cu}$ at 35 MeV/nucleon : comparison with sequential binary decay and percolation models
Phys. Rev., C-50 (1994) 1973
59. Hagel K., Drain D., Chambon B., Cheynis B., Guinet D., Hu X.C., Demeyer A., Pastor C., et al.
Violent collisions and multifragment final states in the $^{40}\text{Ca} + ^{40}\text{Ca}$ reaction at 35 MeV/nucleon
Phys. Rev., C-50 (1994) 2017
60. Bacri C.O., Demeyer A., Guinet D., Lautesse P., Lebreton L., et al.
Onset of vaporization for the Ar + Ni system
Phys. Lett., B-353 (1995) 27
61. Barczyk T., Benchekroun D., Cheynis B., Demeyer A., Gerlic E., Guinet D., Lautesse P., Lebreton L., Stern M., Vagneron L., et al.
Simple gas chambers for identification of charged particles in 4π systems
Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., A-364 (1995) 311
62. Gelderloos C.J., Chambon B., Cheynis B., Drain D., Pastor C., et al.
Time relationships between direct particle emission and fragmentation : a probe for nuclear expansion prior to fragment freeze-out
Phys. Rev. Lett., 75 (1995) 3082
63. Gall B.J.P., Béraud R., Duffait R., Le Coz Y., Meyer M., Redon N., et al.
New results on the superdeformed band in ^{192}Hg
Zeit. Phys., A-347 (1994) 223
64. Duprat J., Le Coz Y., Meyer M., Redon N., et al.
First evidence of the magnetic character of dipole transitions in the "oblate bands" of ^{199}Pb
Zeit. Phys., A-347 (1994) 289
65. Le Coz Y., Redon N., Astier A., Béraud R., Duffait R., Meyer M., et al.
Two proton high-spin excitations and dipole bands in ^{192}Hg
Zeit. Phys., A-348 (1994) 87
66. Béraud R., Emsallem A., Astier A., Bouvier R., Duffait R., Le Coz Y., Morier S., Wojtasiewicz A., et al.
Development of a new SARA/IGISOL technique for the study of short-lived products from heavy-ion-induced fusion-evaporation reactions
Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., A-346 (1994) 196
67. Porquet M.G., Astier A., Le Coz Y., Meyer M., Redon N., et al.
Two-proton high-K oblate structures in ^{194}Pb
J. Phys., G-20 (1994) 765
68. Willsau P., Duffait R., Le Coz Y., Meyer M., Redon N., et al.
Lifetimes of the superdeformed band in ^{192}Hg
Nucl. Phys., A-574 (1994) 560

69. Bucurescu D., **Béraud R.**, **Emsallem A.**, et al.
First observation of low lying states in doubly odd nucleus ^{132}Pr from beta decay of ^{132}Nd
 Zeit. Phys., A-349 (1994) 3
70. Duprat J., **Béraud R.**, **Duffait R.**, **Le Coz Y.**, **Meyer M.**, **Redon N.**, et al.
First observation of a superdeformed nucleus produced in an $\alpha x n$ reaction channel
 Zeit. Phys., A-349 (1994) 5
71. Henry R.G., **Béraud R.**, **Le Coz Y.**, **Meyer M.**, **Redon N.**, et al.
Spectrum of γ rays connecting superdeformed and normal states in ^{192}Hg
 Phys. Rev. Lett., 73 (1994) 777
72. Joyce M.J., **Le Coz Y.**, **Meyer M.**, **Redon N.**, et al.
The $N=7$ unfavoured superdeformed band in ^{193}Hg . Coriolis splitting and neutron shell structure at extreme deformation
 Phys. Lett., B-340 (1994) 150
73. Duprat J., **Duffait R.**, **Le Coz Y.**, **Meyer M.**, **Redon N.**, et al.
 $M1$ transitions between superdeformed states in ^{195}Tl : the fingerprint of the $i_{13/2}$ proton intruder orbital
 Phys. Lett., B-341 (1994) 6
74. Ibrahim F., **Marguier G.**, **Béraud R.**, **Duffait R.**, **Emsallem A.**, et al.
Spin and parity of isomeric and ground states of the doubly-odd nucleus ^{184}Au
 Zeit. Phys., A-350 (1994) 9
75. Gall B.J.P., **Béraud R.**, **Duffait R.**, **Le Coz Y.**, **Meyer M.**, **Redon N.**, et al.
The Yrast superdeformed band in ^{194}Pb - Differences with ^{192}Hg
 Phys. Lett., B-345 (1995) 124
76. Korichi A., **Duffait R.**, **Le Coz Y.**, **Meyer M.**, **Redon N.**, et al.
Observation and lifetime of the first excited superdeformed band in ^{192}Hg
 Phys. Lett., B-345 (1995) 403
77. Crowell B., **Astier A.**, **Ducroux L.**, **Meyer M.**, **Redon N.**, et al.
Relative spins and excitation energies of superdeformed bands in ^{190}Hg : further evidence for octupole vibration
 Phys. Rev., C-51 (1995) R1599
78. Gizon A., **Astier A.**, **Béraud R.**, **Emsallem A.**, **Le Coz Y.**, et al.
 ^{127}Ce levels populated in the 4.2 s ^{127}Pr beta-decay
 Zeit. Phys., A-351 (1995) 361
79. Deloncle I., **Astier A.**, **Béraud R.**, **Duffait R.**, **Le Coz Y.**, **Meyer M.**, **Redon N.**, et al.
Population of the Yrast superdeformed band in ^{194}Pb
 J. Phys., G-21 (1995) L35
80. **Ducroux L.**, **Astier A.**, **Béraud R.**, **Duffait R.**, **Le Coz Y.**, **Meyer M.**, **Perries S.**, **Redon N.**, et al.
Confirmation of the existence of a superdeformed rotational band in ^{192}Pb
 Zeit. Phys., A-352 (1995) 13

81. Fotiades N., Meyer M., Redon N., Duffait R., Le Coz Y., Ducroux L., et al.
Highly excited $\Delta I = 1$ structures in ^{193}Hg
 J. Phys., G-21 (1995) 911
82. Keller H., Marguier G., et al.
Production of isomeric ^{44}V and ^{42}Sc in high energy heavy ion reactions
 Zeit. Phys., A-348 (1994) 67
83. Menegazzo R., Marguier G., et al.
The $N = 83$ nucleus ^{149}Dy from Gamow-Teller decay of its $11/2^-$ and $1/2^+$ ^{149}Ho parents
 Zeit. Phys., A-349 (1994) 13
84. Blachot J., Marguier G.
Nuclear data sheets for $A = 116$
 Nucl. Data Sheets, 73 (1994) 81
85. Blachot J., Marguier G.
Nuclear data sheets update for $A=114$
 Nucl. Data Sheets, 75 (1995) 739
86. Kim C.Y., Gerlic E., et al.
Breakup-fusion analyses of the $240\text{ MeV }^{40}\text{Ca} (^3\text{He},d)$ and $^{40}\text{Ca} (^3\text{He},d\bar{p})$ reactions
 Phys. Rev., C-50 (1994) 2035
87. Van de Wiele J., Gerlic E., et al.
Experimental survey of the (\bar{d},t) reaction at $E_d = 200\text{ MeV}$
 Phys. Rev., C-50 (1994) 2935

Astro-particules

88. Bacci C., Chambon B., Chazal V., De Jésus M., Drain D., Messous Y., Pastor C., et al.
Dark matter search with calcium fluoride crystals
 Astroparticle Physics, 2 (1994) 117
89. Messous Y., Chambon B., Chazal V., De Jésus M., Drain D., Pastor C., et al.
Calibration of a Ge crystal with nuclear recoils for the development of a dark matter detector
 Astroparticle Physics, 3 (1995) 361
90. Messous Y., Chambon B., De Jésus M., Drain D., Pastor C., et al.
Indium disilicate, a new fast scintillator
 Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., A-354 (1995) 527
91. Caron B., Mackowski J.M., Napolitano M., Pinard L., et al., VIRGO Collaboration
Statuts of the VIRGO experiment
 Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., A-360 (1995) 258

Physique théorique

- 92. Artru X., Collins J.C.**
Measuring transverse spin correlations in 4-particle correlations in $e^+e^- \rightarrow 2$ jets
 Zeit. Phys., C-69 (1996) 277
- 93. Desgrolard P., Giffon M., Predazzi E.**
High quality description of high energy scattering data and prediction on new phenomena
 Zeit. Phys., C-63 (1994) 241
- 94. Bertini M., Giffon M., Predazzi E.**
Do we need two pomerons ?
 Phys. Lett., B-349 (1995) 561
- 95. Bertini M., Giffon M.**
Elastic scattering of hadrons at high energy
 Phys. Part. Nucl., 26 (1995) 12
- 96. Bertini M., Giffon M.**
A two-component model for the pomeron in deep inelastic scattering
 Inter. J. of Phys., Vol. 1 (à paraître)
- 97. Bertini M., Giffon M., Predazzi E.**
A phenomenological model for the spin dependent structure functions
 Il Nuovo Cimento A, (à paraître)
- 98. Bertini M., Giffon M., Jenkovszky L., Predazzi E.**
Real part of the scattering amplitude and model analysis
 Il Nuovo Cimento, (à paraître)
- 99. Desgrolard P., Jenkovszky L.**
Eikonalization and the dipole pomeron
 Ukrainien J. of Phys., (à paraître)
- 100. Bertini M., Desgrolard P., Ilyin Yu.M.**
Pomeron dominance and asymptotic limits
 Inter. J. of Phys., (à paraître)
- 101. Delorme J., Ericson M.**
The S-wave π -nucleus interaction and weak coupling constants
 Phys. Rev., C-49 (1994) R1763
- 102. Ericson M.**
A possible way out of the (p,n) puzzle
 Phys. Rev., C-49 (1994) R2293
- 103. Ericson M., Ericson T., Vogel P.**
High energy Gamow-Teller strength in double beta decay
 Phys. Lett., B-328 (1994) 259

104. **Chanfray G., Davesne D.**
Pion dispersion relation in hot pion matter
Zeit. Phys., A-349 (1994) 65
105. **Chanfray G., Ericson M., Kirchbach M.**
The pion decay constant and the Gell-Mann-Oakes-Renner relation within the nuclear medium
Mod. Phys. Lett., A-9 (1994) 279
106. Aouissat Z., **Chanfray G.**, et al.
S-wave $\pi\pi$ correlations in dense nuclear matter
Nucl. Phys., A-581 (1995) 471
107. **Delorme J., Ericson M., Ericson T., Vogel P.**
Pion and neutron production by cosmic-ray muons underground
Phys. Rev., C-52 (1995) 2222
108. **Chabanat E., Meyer J., Bencheikh K., Quentin P., Bartel J.**
Semiclassical microscopic description of highly rotating nuclei
Phys. Lett., B-325 (1994) 13
109. Montag B., Reinhard P.G., **Meyer J.**
The structure-averaged jellium model for metal clusters
Zeit. Phys., D-32 (1994) 125
110. **Meyer J., Hirschmann Th., Brack M.**
Spheroidally deformed sodium clusters in the selfconsistent jellium model
Annal. der Phys., 3 (1994) 336
111. **Meyer J., Hirschmann Th., Brack M.**
Collective plasmon excitations in axially deformed sodium clusters with $8 \leq N \leq 68$
Comput. in Mater. Science, 2 (1994) 450
112. **Meyer J., Bonche P., Weiss M.S., Dobaczewski J., Flocard H., Heenen P.H.**
Quadrupole and octupole correlations in normal superdeformed and hyperdeformed states of ^{194}Pb
Nucl. Phys., A-588 (1995) 597
113. **Chabanat E., Meyer J., Bonche P., Haensel P., Schaeffer R.**
New skyrme effective forces for supernovae and neutron rich nuclei
Physica Scripta, T-56 (1995) 231
114. **Meyer J., Montag B., Hirschmann Th., Reinhard P.G., Brack M.**
Shape isomerism in sodium clusters with $10 \geq Z \geq 44$: jellium model with quadrupole, octupole and hexadecapole deformations
Phys. Rev., B-52 (1995) 4775
115. Richard J.M., **Fleck S.**
Limits on the domain of coupling constants for binding N-body systems with no bound subsystems
Phys. Rev. Lett., 73 (1994) 1464
116. **Fleck S., Richard J.M.**
Small exotic molecules with bosonic constituents
Few Body Systems, 19 (1995) 19

117. Goy J., Richard J.M., Fleck S.
Weakly-bound three-body systems with no bound subsystems
Phys. Rev., A-52 (1995) 3511
118. Barbier R., Meyer J., Kibler M.
A $U_{qp}(u_2)$ model for rotational bands of nuclei
J. Phys., G-20 (1994) L13
119. Kibler M.
Multiphoton laser spectroscopy of transition ions in crystals : recent progress in the use of symmetry considerations
Laser Physics, 4 (1994) 38
120. Kibler M., Mardoyan L.G., Pogosyan G.S.
On a generalized Kepler-Coulomb system : interbasis expansions
Int. J. Quant. Chem., 52 (1994) 1301
121. Kibler M.
Point group invariants in the $U_{qp}(u_2)$ quantum algebra picture
Can. J. Phys., 72 (1994) 405
122. Daoud M., Kibler M.
Statistical mechanics of qp-bosons in D dimensions
Phys. Lett., A-206 (1995) 13
123. Barbier R., Meyer J., Kibler M.
A $U_{qp}(u_2)$ rotor model for rotational bands of superdeformed nuclei
Int. J. of Modern Phys., E-4 (1995) 385
124. Daoud M., Kibler M.
Two-photon spectroscopy between states of opposite parities
Phys. Rev., B-52 (1995) 12677
125. Jenkovszky L., Kibler M., Mishchenko A.
Two-parameter quantum-deformed dual amplitude
Mod. Phys. Lett., A-10 (1995) 51
126. Negadi T., Kibler M.
The periodic table in Flatland
Int. J. Quantum Chem., (à paraître)
127. Kibler M., Smirnov Yu. F.
Coulomb energy averaged over the nl^N atomic states with a definite spin
Int. J. Quantum Chem., 53 (1995) 495
128. Gieres F., Theisen S.
Classical $N = 1$ and $N = 2$ super W-algebras from a zero-curvature condition
Int. J. Mod. Phys., A-9 (1994) 383
129. Novello M., Elbaz E.
On the generation of electromagnetic fields in the universe
Phys. Lett., A-187 (1994) 356

130. Novello M., **Elbaz E.**
Soft-big-bang model induced by non-minimal coupling
 Il Nuovo Cimento, B-109 (1994) 741

Ions/agrégats-matière

131. **Ouaskit S., Farizon B., Farizon M., Gaillard M.J., Gerlic E.**
Dissociation cross sections of ionic hydrogen clusters by collisions with helium at 60 keV/amu
 Phys. Rev., A-49 (1994) 1484
132. **Ouaskit S., Farizon B., Farizon M., Gaillard M.J., Chevarier A., Chevarier N., Gerlic E., Stern M.**
Fragmentation of high-energy ionic hydrogen clusters by single collision with helium
 Int. J. of Mass Spectr. and Ion Processes, 139 (1994) 141
133. **Farizon B., Farizon M., Gaillard M.J., Gerlic E., Ouaskit S.**
Multiple H_3^+ fragment production in single collision of fast H_n^+ clusters with He atoms
 Zeit. Phys., D-33 (1995) 53
134. **Farizon B., Farizon M., Gaillard M.J., Gerlic E., Ouaskit S.**
Gas-jet target for cluster fragmentation induced by high velocity collision
 Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., B-101 (1995) 287
135. **Farizon B., Farizon M., Gaillard M.J., Gerlic E., Ouaskit S.**
Neutral fragment production induced by collision of 60 keV/amu- H_{25}^+ clusters with helium
 Int. J. Mass Spectr. Ion Processes, 144 (1995) 79
136. **Bassompierre G., Chevallier M., Farizon-Mazuy B., Farizon M., Gaillard M.J., Genre R., Ille B., Kirsch R., Lautesse P., et al.**
Search for light neutral objects photoproduced in a crystal strong field and decaying into e^+e^- pairs
 Phys. Lett., B-355 (1995) 584
137. **Artru X., Baier V.N., Chehab R., Jecic A.**
Positron source using channeling in a tungsten crystal
 Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., A-344 (1994) 443
138. **Baudin K., Billebaud A., Fallavier M., Remillieux J., Poizat J.C., Thomas J.P., et al.**
Energy loss by MeV carbon clusters and fullerene ions in solids
 Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., B-94 (1994) 341
139. **Stöhlker Th., Dauvergne D., et al.**
L-subshell resolved photon angular distribution of radiative electron capture into He-like uranium
 Phys. Rev. Lett., 73 (1994) 3520
140. **Rothard H., Billebaud A., Chevallier M., et al.**
Target thickness dependent electron emission from carbon foils bombarded with swift highly charged heavy ions
 Phys. Rev., A-51 (1995) 3066

141. Kandler T., Dauvergne D., et al.

Transition selective investigation of the resonant transfer and excitation in $U^{90+} \rightarrow C$ collisions
 Phys. Lett., A-204 (1995) 274

Physico-chimie de l'interaction ion-solide

142. Thimon F., Moncoffre N., Marest G.

Mössbauer study of Fe-Al-O layers obtained by ion beam deposition and ion implantation
 Thin Solid Films, 237 (1994) 208

143. Le Mogne T., Donnet C., Millard-Pinard N., Moncoffre N., et al.

The nature of superlubricating MoS_2 PVD coatings
 J. of Vacuum Science and Technology, A-12 (1994) 1998

144. Jagielski J., Moncoffre N., Marest G., et al.

Radiation induced segregation of nitrogen implanted into iron
 J. Appl. Phys., 75 (1994) 153

145. Jagielski J., Moncoffre N., Marest G., et al.

Migration of nitrogen implanted into iron induced by the presence of a buried carbon-rich layer
 J. Appl. Phys., 76 (1994) 5132

146. Ogale S.B., Marest G., et al.

^{57}Fe ion implantation studies in laser deposited cupric and cuprous oxide films : Mössbauer spectroscopy and X-ray diffraction studies
 Phys. Rev., B-50 (1994) 9743

147. Marest G., Faussemagne A., Benyagoub A., Moncoffre N., et al.

Microstructure of nodular cast iron after excimer laser surface processing
 Hyp. Inter., 95 (1995) 227

148. Jagielski J., Marest G., Moncoffre N., et al.

Correlation between phase transformation and stress evolution in nitrogen implanted iron
 J. Mat. Sci. and Eng., A-196 (1995) 213

149. Canut B., Benyagoub A., Marest G., Moncoffre N., et al.

Swift uranium ions induced damage in sapphire
 Phys. Rev., B-51 (1995) 12194

150. Lorenzo A., Jaffrezic H., Roux B., et al.

Lattice location of Pr^{3+} ions in $LiNbO_3$
 Phys. Rev., B-52 (1995) 6278

151. Stanek J., Marest G., Jaffrezic H., et al.

Interactions of iron implants in transition metals
 Phys. Rev., B-52 (1995) 8414

152. Bhagwat S., Benyagoub A., Moncoffre N., Thimon F., et al.
Thermally induced transformations at an ion implanted α -Fe₂O₃/ α -Al₂O₃ interface : a Mössbauer spectroscopy study
 J. Appl. Phys., (à paraître)
153. Ogale S.B., Marest G., et al.
Search for the origin of giant T_c suppression in YBa₂Cu₃O_{7-d} doped simultaneously with Fe and Zn
 Physica C, (à paraître)
154. Roux B., Chevarier A., Chevarier N., et al.
High resolution hydrogen profiling in superconducting materials by ion beam analysis (ERD EXB)
 Vacuum, Vol. 46 (1995) 629
155. Roux B., Jaffrezic H., Chevarier A., Chevarier N., et al.
Molecular dynamics simulation of hydrogen diffusion in niobium : influence of imperfections
 Phys. Rev., B-52 (1995) 4162
156. Somatri R., Chevarier A., Chevarier N., et al.
Alpha backscattering used in stoichiometry determination of thin SiC coating in Si(100) wafers
 Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., (à paraître)
157. Schiettekatte F., Chevarier A., Chevarier N., Plantier A., et al.
Quantitative depth profiling of light elements by means of the ERD EXB technique
 Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., (à paraître)
158. Suran G., Mackowski J.M., et al.
The field induced magnetic anisotropy in amorphous Co-RE alloy films
 IEEE Trans. on Magn., Vol. 30 (1994) 4770
159. Vireton E., Ganau P., Mackowski J.M., Michel C., Pinard L., Remillieux A., Laprat P.
SiO₂-Ta₂O₅ sputtering yields : simulated and experimental results
 Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., B-95 (1995) 34
160. Fallavier M., Hjärvarsson B., Benmansour M., Thomas J.P., et al.
Hydrogen on Pt_{0.5}Ni_{0.5}(110), alloying effects upon adsorption
 Surface Science, 311 (1994) 24
161. Atli H.A., Fallavier M., Benmansour M., Thomas J.P., et al.
Hydrogen adsorption on a Pt₅₀Ni₅₀(111) single crystal alloy studied by NRA, TDS and $\Delta\phi$
 J. Phys. Chem., 98 (1994) 4895
162. Paillard V., Fallavier M., et al.
Mechanical properties of nanostructured diamond-like carbon films synthesized by low energy cluster beam deposition
 Nanostructured Materials, 4 (1994) 759
163. Allali H., Nsouli B., Thomas J.P., et al.
Secondary ion emission from ultra-thin oxide layers bombarded by energetic (MeV) heavy ions : depth of origin and layer homogeneity
 Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., B-84 (1994) 303

- 164. Nsouli B., Allali H., Thomas J.P., et al.**
Thermooxidation induced surface modifications of the ethylene-methylacrylate copolymer as investigated by TOP-PDMS ; Part I : Individual homopolymers
 Rapid. Comm. in Mass Spec., (à paraître)
- 165. Nsouli B., Allali H., Thomas J.P., et al.**
Thermooxidation induced surface modifications of the ethylene-methylacrylate copolymer as investigated by TOP-PDMS ; Part II : The copolymer
 Rapid. Comm. in Mass Spec., (à paraître)
- 166. Allali H., Debré O., Lagrange B., Nsouli B., Oladipo A.A., Thomas J.P.**
"Spontaneous" desorption : a controlled phenomenon for surface analysis application ? - Part I : New evidence for a sputtering process induced by a well localized field enhanced desorption
 Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., (à paraître)

Divers

- 167. Rogemond F., Chermette H., Salahub D.R.**
Analysis and assignment of the optical absorption transitions in CuCl_2 with Gaussian density functional calculations
 Chem. Phys. Lett., 219 (1994) 228
- 168. Razafinjanahary H., Rogemond F., Chermette H.**
Incidence of the muffin-tin approximation on the electronic structure of large clusters calculated by the MS-LSD method : the typical case of C_{60}
 Int. J. Quant. Chem., 51 (1994) 319
- 169. Lembarki A., Chermette H.**
Obtaining a gradient-corrected kinetic-energy functional from the Perdew-Wang exchange functional
 Phys. Rev., A-50 (1994) 5328
- 170. Schmiedekamp A.M., Razafinjanahary H., Chermette H., et al.**
Triazene proton affinities : a comparison between density functional, Hartree-Fock and post Hartree-Fock methods
 J. Comput. Chem., 15 (1994) 875
- 171. Bohr F., Chermette H., et al.**
A density functional study of pseudo-tetrahedral metal-nitrosyl complexes
 Int. J. Quant. Chem., 52 (1994) 1039
- 172. Michel-Calandini F., Chermette H.**
EPR and optical studies of Co^{2+} ion MgO from LSD molecular orbital calculations
 Phys. Rev., B-50 (1994) 12326
- 173. Mehadji C., Chermette H., et al.**
X-ray absorption near edge structures of chloroferrates $\text{Fe}^{\text{II}} \text{Cl}_4^{2-}$, $\text{Fe}^{\text{III}} \text{Cl}_4^-$ and $\text{Fe}^{\text{III}} \text{Cl}_6^{3-}$: experimental and MS-LSD computational studies
 J. Phys. Chem., 99 (1995) 5568

174. Nour S., Chermette H.

Band structure of solids from clusters SCF potentials
Int. J. Quant. Chem., 53 (1995) 83

175. Gardet G., Rogemond F., Chermette H.

Computation of oscillator strengths from Kohn-Sham wavefunctions : the example of small lithium clusters
Theor. Chim. Acta, 91 (1995) 249

176. Chermette H., Lembarki A., et al.

Comparison of the performance of various gradient-corrected exchange and correlation functionals in Density Functional Theory. Case studies of CO and N₂O molecules
Int. J. Quant. Chem., 56 (1995) 753

177. Lembarki H., Rogemond H., Chermette H.

Gradient-corrected exchange potential with correct asymptotic behavior and corresponding exchange energy functional obtained from the virial theorem
Phys. Rev., A-52 (1995) 3704

178. Hrusak J., Razafinjanahary H., Chermette H., et al.

On the electron affinity of hydrogen peroxide and the [H₂,O₂]⁻ potential energy surface. A comparative DFT and ab initio study
J. Phys. Chem., (à paraître)

179. Figureau A., Duval E., Boukenter A.

Can biological homochirality result from a phase transition ?
Origins of Life and Evolution of the Biosphere, 25 (1995) 211

CONFERENCES/(comptes-rendus)

Physique à LEP, R&D pour CMS à LHC

1. Burq J.P., Chemarin M., Depasse P., El Mamouni H., Ernenwein J.P., Fay J., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., Antilogus P., Chaussard L., Laktineh I., Mirabito L., Smadja G., Vincent P., et al., **ALEPH, DELPHI, L3, OPAL Collaborations and the LEP Electroweak Working Group**
Combined preliminary data on Z parameters from the LEP experiments and constraints on the standard model
 XXVIIth International Conference on High Energy Physics, Glasgow, July 20-27, 1994
2. Burq J.P., Chemarin M., Depasse P., El Mamouni H., Ernenwein J.P., Fay J., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al., **L3 Collaboration**
Search for the standard model Higgs boson in Z decays
 XXVIIth International Conference on High Energy Physics, Glasgow, July 20-27, 1994
3. Burq J.P., Chemarin M., Depasse P., El Mamouni H., Ernenwein J.P., Fay J., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al., **L3 Collaboration**
Searches for non-minimal Higgs bosons in Z decays
 XXVIIth International Conference on High Energy Physics, Glasgow, July 20-27, 1994
4. Auffray E., Depasse P., El Mamouni H., Fay J., Goyot M., Ille B., Kryn D., Lebrun P., Martin J.P., Maurelli G., Reynaud M., Salhuc P., Walder J.P., et al.
Test beam results of a cerium fluoride crystal matrix
 4th International Conference on Advanced Technology and Particle Physics, Como (Italy), October 1994
5. Auffray E., Depasse P., El Mamouni H., Fay J., Goyot M., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al.
A crystal calorimeter for CMS
 Calorimeter Symposium 94, Beijing, 1994
6. Burq J.P., Chemarin M., Depasse P., El Mamouni H., Ernenwein J.P., Fay J., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al., **L3 Collaboration**
Search for neutral Higgs boson production through the process $Z \rightarrow Z^ H^0$*
 International Europhysics Conference on High Energy Physics, Brussels, July 27-August 2, 1995

7. **Burq J.P., Chemarin M., Depasse P., El Mamouni H., Ernenwein J.P., Fay J., Ille B., Lebrun P., Martin J.P., et al., L3 Collaboration**
Search for neutral Higgs boson production through the process $Z \rightarrow Z^ H^0$*
 Lepton-photon Conference, Beijing, August 7-12, 1995
8. **Antilogus P., et al., DELPHI Collaboration**
Measurement of the forward backward asymmetries of $b\bar{b}$ and $c\bar{c}$
 International Europhysics Conference on High Energy Physics, Brussels, July 27-August 2, 1995
9. **Laktineh I., Smadja G., Zach F., et al., DELPHI Collaboration**
The B_0^s meson lifetime
 International Europhysics Conference on High Energy Physics, Brussels, July 27-August 2, 1995
10. **Bertini D., et al., DELPHI Collaboration**
Beauty baryon production properties and lifetimes
 International Europhysics Conference on High Energy Physics, Brussels, July 27-August 2, 1995
11. **Clergeau J.F., Contardo D., et al.**
Study of the signal shape of a MSGC equiped with the RD20 preamplifier
 International Workshop on Microstrip Gas Chambers, Legnaro, October 13-14, 1994
12. **Bedjidian M., Contardo D., Drapier O., Haroutunian R., et al.**
Heavy ion physics at LHC with the Compact Muon Solenoid
 Workshop on Physics with RHIC and LHC Collider Detectors, Monterey, January 9-13, 1995

Matière hadronique et nucléaire

13. **Racca C., Bedjidian M., Contardo D., Descroix E., Drapier O., Grossiord J.Y., Guichard A., Haroutunian R., Malek F., Mandry R., Pizzi J.R., et al., NA51 Collaboration**
Study of the isospin symmetry breaking in the light quark sea of the nucleon from the Drell-Yan process
 29^{èmes} Rencontres de Moriond, QCD and High Energy Hadronic Interactions, Meribel, 1994
14. **Malek F., Bedjidian M., Contardo D., Descroix E., Drapier O., Grossiord J.Y., Guichard A., Haroutunian R., Mandry R., Pizzi J.R., et al., NA38 Collaboration**
 J/ψ and ψ' production in the NA38 experiment
 29^{èmes} Rencontres de Moriond, QCD and High Energy Hadronic Interactions, Meribel, 1994
15. **Bordalo P., Bedjidian M., Contardo D., Descroix E., Drapier O., Grossiord J.Y., Guichard A., Haroutunian R., Malek F., Mandry R., Pizzi J.R., et al., NA38 Collaboration**
Low mass vector-meson production in p - W and S - U high energy collisions
 Workshop on Strangeness in Hadronic Matter, S'95, Tucson, 1995

16. Ramos S., Bedjidian M., Contardo D., Descroix E., Drapier O., Grossiord J.Y., Guichard A., Haroutunian R., Malek F., Mandry R., Pizzi J.R., et al., **NA38 Collaboration**
The evolution of cross section ratio $\psi'/J/\psi$ from p-A to S-U interactions. Direct photon emission in correlation with ϕ and J/ψ .
 Quark Matter'95, Monterey, January 7-13, 1995
17. Lourenço C., Bedjidian M., Contardo D., Descroix E., Drapier O., Grossiord J.Y., Guichard A., Haroutunian R., Malek F., Mandry R., Pizzi J.R., et al., **NA50 Collaboration**
 J/ψ and ψ' suppression in nucleus-nucleus interactions
 International Europhysics Conference on High Energy Physics, Brussels, July 27-August 2, 1995
18. Auger G., Demeyer A., Donnet C., Guinet D., Lautesse P., Lebreton L., et al., **INDRA Collaboration**
First results with the 4π Indra detector
 XXXIIth International Winter Meeting on Nuclear Physics, Bormio, January 24-29, 1994
19. Chabane A., Benchekroun D., Chambon B., Cheynis B., Demeyer A., Drain D., Gerlic E., Guinet D., Lautesse P., Lebreton L., Pastor C., Stern M., Vagneron L., et al.
Particle correlations in the search for multifragmentation
 XXXIIth International Winter Meeting on Nuclear Physics, Bormio, January 24-29, 1994
20. Berthier B., Demeyer A., Donnet C., Guinet D., Lautesse P., Lebreton L., et al., **INDRA Collaboration**
Recent results from Nautilus and Indra
 XXIIth International Workshop on Gross Properties of Nuclei and Nuclear Excitations, Hirschegg, January 17-22, 1994
21. Berthier B., Demeyer A., Guinet D., Lautesse P., Lebreton L., et al., **INDRA Collaboration**
Study of the nuclear multifragmentation : recent results obtained with the Indra detector in the intermediate energy domain
 Vth International Conference on Nucleus-Nucleus Collisions, Taormina, May 30-June 4, 1994
22. Berthier B., Demeyer A., Guinet D., Lautesse P., Lebreton L., et al., **INDRA Collaboration**
Multifragmentation studied with Indra
 TOUR's Symposium on Nuclear Physics II, August 30-September 2, 1994
23. Bacri O., Demeyer A., Guinet D., Lautesse P., Lebreton L., et al., **INDRA Collaboration**
Vaporization of the Ar + Ni system studied with the 4π multidetector Indra
 International Workshop on Multiparticle Correlations and Nuclear Reactions, Nantes, September 6-10, 1994
24. Métivier V., Demeyer A., Guinet D., Lautesse P., Lebreton L., et al., **INDRA Collaboration**
Evolution of reaction mechanisms in symmetrical nucleus-nucleus collisions as a function of the total mass of the system from 25 to 74 MeV/u
 XXXIIIth International Winter Meeting on Nuclear Physics, Bormio, January 23-28, 1995

25. Auger G., Demeyer A., Guinet D., Lautesse P., Lebreton L., et al., **INDRA Collaboration**
Evolution of reaction mechanisms for the reaction $^{36}\text{Ar} + ^{58}\text{Ni}$ studied from 32 to 95 A.MeV with the Indra detector
 XXXIIIth International Winter Meeting on Nuclear Physics, Bormio, January 23-28, 1995
26. Borderie B., Demeyer A., Guinet D., Lautesse P., Lebreton L., et al., **INDRA Collaboration**
Vaporization of the Ar + Ni system
 ACS Nuclear Chemistry Awards Symposium, Anaheim (USA), April 2-4, 1995
27. Métivier V., Demeyer A., Guinet D., Lautesse P., Lebreton L., et al., **INDRA Collaboration**
Dominance of deep inelastic binary processes in symmetric nucleus-nucleus collisions from 25 to 75 MeV/u
 ACS Nuclear Chemistry Awards Symposium, Anaheim (USA), April 2-4, 1995
28. Azaiez F., Le Coz Y., Meyer M., Redon N., et al.
Magnetic properties of superdeformed ^{193}Hg and ^{195}Tl nuclei
 XXXIIth International Winter Meeting on Nuclear Physics, Bormio, January 24-29, 1994
 Ricerca Scientifica, ed. Educazione Permanente Suppl., 97 (1994) 351
29. Emsallem A., Astier A., Béraud R., Le Coz Y., et al.
The IGISOL system at ISN Grenoble
 Workshop on Nuclear fission and fission product spectroscopy, Seyssin, May 2-4, 1994
30. Henry R., Béraud R., Le Coz Y., Meyer M., Redon N., et al.
Decay from superdeformed to normal states in ^{192}Hg : spectrum of connecting γ rays
 5th International Conference on Nucleus-Nucleus Collisions, Taormina, May 30-June 4, 1994
31. Astier A., Béraud R., Duffait R., Le Coz Y., Meyer M., Redon N., et al.
Two proton high-spin excitations and oblate dipole bands in ^{192}Hg
 2nd International Meeting on Nuclear Shapes and Nuclear Structure at Low Excitation Energies, Antibes, June 20-25, 1994
32. Astier A., Béraud R., Emsallem A., Le Coz Y., et al.
Alpha-decay of ^{180}Tl studied with the SARA/IGISOL facility
 2nd International Meeting on Nuclear Shapes and Nuclear Structure at Low Excitation Energies, Antibes, June 20-25, 1994
33. Duprat J., Astier A., Duffait R., Le Coz Y., Meyer M., Redon N., et al.
Magnetic properties of superdeformed nuclei around ^{192}Hg and their neutron and proton single particle configurations
 2nd International Meeting on Nuclear Shapes and Nuclear Structure at Low Excitation Energies, Antibes, June 20-25, 1994
34. Le Coz Y., Astier A., Béraud R., Duffait R., Meyer M., Redon N., et al.
Two proton high-spin excitations and dipole bands in ^{192}Hg
 Conference on Physics from Large γ -Rays Detector Arrays, Berkeley, August 2-6, 1994

35. Lauritsen T., **Béraud R.**, **Le Coz Y.**, **Meyer M.**, **Redon N.**, et al.
Decay from superdeformed to normal states in ^{192}Hg : spectrum of connecting γ rays
 Conference on Physics from Large γ -Rays Detector Arrays, Berkeley, August 2-6, 1994
36. Duprat J., **Astier A.**, **Duffait R.**, **Le Coz Y.**, **Meyer M.**, **Redon N.**, et al.
M1 transitions between superdeformed states in $^{193,194,195}\text{Tl}$: the fingerprint of the proton $i_{13/2}$ intruder orbital
 Conference on Physics from Large γ -Rays Detector Arrays, Berkeley, August 2-6, 1994
37. Duprat J., **Béraud R.**, **Duffait R.**, **Le Coz Y.**, **Meyer M.**, **Redon N.**, et al.
First observation of a superdeformed nucleus in an αzn channel
 Conference on Physics from Large γ -Rays Detector Arrays, Berkeley, August 2-6, 1994
38. Gall B., **Béraud R.**, **Duffait R.**, **Le Coz Y.**, **Meyer M.**, **Redon N.**, et al.
Study of superdeformation in ^{192}Hg and ^{194}Pb with EUROGAM
 Conference on Physics from Large γ -Rays Detector Arrays, Berkeley, August 2-6, 1994
39. Azaiez F., **Duffait R.**, **Le Coz Y.**, **Meyer M.**, **Redon N.**, et al.
M1 transitions between superdeformed states in $^{194,195}\text{Tl}$: the fingerprint of the $i_{13/2}$ proton intruder orbital
 Conference on New Nuclear Structure Phenomena in the Vicinity of Closed Shells, Stockholm - Uppsala, August 30-September 3, 1994
 Physica Scripta, T56 (1995) 35
40. **Le Coz Y.**, **Astier A.**, **Béraud R.**, **Duffait R.**, **Meyer M.**, **Redon N.**, et al.
Two proton high-spin excitations and dipole bands in ^{192}Hg
 Conference on New Nuclear Structure Phenomena in the Vicinity of Closed Shells, Stockholm - Uppsala, August 30-September 3, 1994
 Physica Scripta, T56 (1995) 234
41. Kaci M., **Béraud R.**, **Duffait R.**, **Le Coz Y.**, **Meyer M.**, **Redon N.**, et al.
Study of dipole bands in ^{194}Pb with EUROGAM
 Zakopane School of Physics, Zakopane (Poland), September 5-14, 1994
42. **Béraud R.**, **Emsallem A.**, **Astier A.**, **Duffait R.**, **Le Coz Y.**, **Redon N.**, et al.
Nuclear spectroscopy of exotic nuclei with SARA/IGISOL facility
 3rd IN2P3-RIKEN Symposium on Heavy Ion Collisions, Osato-Gun, Saitama, October 24-28, 1994
 Eds. T. Motobayashi, N. Francaria, M. Ishihara, p. 102, World Scientific
43. Sergolle H., **Astier A.**, **Béraud R.**, **Ducroux L.**, **Duffait R.**, **Le Coz Y.**, **Redon N.**, et al.
New insight into superdeformed nuclei in the $A \sim 190$ region
 3rd IN2P3-RIKEN Symposium on Heavy Ion Collisions, Osato-Gun, Saitama, October 24-28, 1994
 Eds. T. Motobayashi, N. Francaria, M. Ishihara, p. 329, World Scientific
44. **Redon N.**, the EUROGAM Collaboration
EUROGAM, a new gamma multidetector array : results and perspectives
 XXXIIIth International Winter Meeting on Nuclear Physics, Bormio, January 23-27, 1995
 Ricerca Scientifica, eds. Educazione Permanente Suppl., 101 (1995) 1

45. Sharpey-Schafer J.F., Astier A., Ducroux L., Le Coz Y., Meyer M., Redon N., et al.
Exotic superdeformed structures in $A = 190$ nuclei observed using EUROGAM.
 XXXIIIth International Winter Meeting on Nuclear Physics, Bormio, January 23-27, 1995
 Ricerca Scientifica, ed Educazione Permanente Suppl., 101 (1995) 21
46. Emsallem A., the PIAFE Collaboration
The PIAFE project
 European Physical Society XVth Nuclear Physics Divisional Conference, Low Energy Nuclear Dynamics, LEND-95, St Petersburg, April 18-22, 1995
47. Ducroux L., Astier A., Béraud R., Duffait R., Le Coz Y., Meyer M., Perries S., Redon N., et al.
Superdeformed bands in $^{192,193}\text{Pb}$ observed using EUROGAM 2
 XXIV Mazurian Lakes School of Physics, Piaski (Poland), August 23-September 3, 1995
48. Azaiez F., Astier A., Le Coz Y., Ducroux L., Meyer M., Redon N., et al.
Proton excitations in the SD nuclei of the mass 190 region
 XXIV Mazurian Lakes School of Physics, Piaski (Poland), August 23-September 3, 1995
49. Lopez-Martens A., Astier A., Le Coz Y., Ducroux L., Meyer M., Redon N., et al.
Results from the EUROGAM II array on the decay out of the superdeformed band in ^{192}Hg
 XXIV Mazurian Lakes School of Physics, Piaski (Poland), August 23-September 3, 1995
50. Le Coz Y., Astier A., Ducroux L., Duffait R., Meyer M., Redon N., et al.
Emergence d'états "aplatis" dans la région de masse $A=190$
 Congrès Général de Physique, SFP 95, Marseille, 4-8 septembre 1995
51. Schuurmans P., Berkes I., De Jésus M., et al., NICOLE and ISOLDE Collaborations
Alpha anisotropy measurements on on-line separated At and Rn isotopes
 International Conference on Nuclear Shapes and Nuclear Structure at Low Excitation Energies, Antibes, June 20-25, 1994
 Ed. Frontières, 1994, p. 323

Astro-particules

52. Yvon D., Chambon B., Chazal V., De Jésus M., Drain D., Pastor C., et al.
Status of the EDELWEISS experiment
 Rencontres de Moriond, Les Arcs, March 1995
53. Chapellier M., Chambon B., Chazal V., De Jésus M., Drain D., Pastor C., et al.
Dark matter search in the Fréjus underground laboratory - EDELWEISS experiment
 LTD6, Interlaken (CH), August 1995
54. Yvon D., Chambon B., Chazal V., De Jésus M., Drain D., Pastor C., et al.
First results of the EDELWEISS experiment
 TAUP95, Tolède (Spain)

55. De Bellefon A., Chambon B., Chazal V., De Jésus M., Drain D., Pastor C., et al.
Dark matter search with thermal detectors
 International Europhysics Conference on High Energy Physics, Brussels, July 27-August 2, 1995
56. Pinard L., Ganau P., Mackowski J.M., Michel C., Napolitano M., Vireton E., et al.
Low loss DIBS mirrors at 1064 nm for the Virgo interferometer
 95' Optical Interference Coating, Technical Digest, Vol. 17 (1995) 200
57. Loriette V., Pinard L., Mackowski J.M., et al.
Multilayers coating characterization for interferometric gravitation waves detection
 SPIE Proceedings, Vol. 2253 (1994) 1031
58. Loriette V., Mackowski J.M., et al.
Absolute surface figure testing for local coating correction
 International Meeting on Optical Metrology and Nanotechnology
 European Optical Society : Topical Meeting Series Vol. 4 (1994) 14
59. Loriette V., Mackowski J.M., et al.
Probing of low loss materials at 1.064 μm for interferometric gravitational waves detection
 8th International Topical Meeting on Photoacoustic and Photothermal Phenomena
 Journal de Physique IV, Colloque C7 (1994) 631

Physique théorique

60. Desgrolard P., Giffon M., Predazzi E.
Possible new phenomena in high energy elastic scattering
 Hadrons 94, International Workshop on Soft Physics, Uzhgorod (Ukraine), September 1994
 "Strong interactions at long distances", eds. L. Jenkovszky, Hadronic Press, 1995
 Proceedings, eds. G. Bugrij, L. Jenkovszky, E. Martynov, 1995
61. Desgrolard P., Jenkovszky L., Lengyel A.
Non-linear pomeron trajectory and glueball spectroscopy
 Hadrons 94, International Workshop on Soft Physics, Uzhgorod (Ukraine), September 1994
 "Strong interactions at long distances", eds. L. Jenkovszky, Hadronic Press, 1995
62. Desgrolard P., Jenkovszky L., Lengyel A.
Where are the glueballs ?
 Hadrons 94, International Workshop on Soft Physics, Uzhgorod (Ukraine), September 1994
 Proceedings, eds. G. Bugrij, L. Jenkovszky, E. Martynov, 1995
63. Bertini M., Desgrolard P., Giffon M., Jenkovszky L., Paccanoni F.
Phenomenological analysis of the small- x proton structure function
 Hadrons 94, International Workshop on Soft Physics, Uzhgorod (Ukraine), September 1994
 "Strong interactions at long distances", eds. L. Jenkovszky, Hadronic Press, 1995

- 64. Bertini M.**
Structure functions from photoproduction process to deep inelastic scattering
 Hadrons 94, International Workshop on Soft Physics, Uzhgorod (Ukraine), September 1994
 "Strong interactions at long distances", L. Jenkovszky, Hadronic Press, 1995
 Proceedings, ed. G. Bugrij, L. Jenkovszky, E. Martynov, 1995
- 65. Bertini M., Giffon M.**
Small x analysis of the proton structure function
 Rencontres de Blois, The Heart of the Matter, Blois, June 1994
- 66. Bertini M., Giffon M., Predazzi E.**
A phenomenological approach to polarized deep inelastic scattering
 Rencontres de Moriond, QCD and High Energy Interactions, Les Arcs, March 1995
- 67. Bertini M., Giffon M., Predazzi E.**
Polarized structure functions from deep inelastic scattering
 VIth Blois Workshop, Frontiers in Strong Interactions, Blois, June 1995
- 68. Bertini M., Giffon M., Predazzi E.**
Do we really need two pomerons
 VIth Blois Workshop, Frontiers in Strong Interactions, Blois, June 1995
- 69. David J.C., Fayard C., Lamot G.H., Sanghai B.**
Kaon photoproduction : effect of spin-3/2 resonances
 14th International IUPAP Conference on Few Body Problems in Physics, Williamsburg, May 26-31, 1994
- 70. David J.C., Fayard C., Lamot G.H., Piron F., Sanghai B.**
Photoproduction of $K^0 + \Sigma^0$ on the proton
 SPIN 94 International Conference, Bloomington, September 1994
- 71. Charles Ch., David J.C., Fayard C., Guidal M., Lamot G.H., Sanghai B.**
Electromagnetic associated strangeness production and hadrons form factors
 15th European Conference in Physics FB XV, Peniscola (Spain), June 5-9, 1995
 Few Body System Suppl., 8 (1995) 452
- 72. David J.C., Fayard C., Lamot G.H., Sanghai B.**
Electromagnetic production of $K\Sigma$ on the proton
 15th European Conference in Physics FB XV, Peniscola (Spain), June 5-9, 1995
- 73. David J.C., Fayard C., Lamot G.H., Sanghai B.**
Form factors of the hadrons through strangeness electroproduction processes
 Baryons 95, Santa Fe, October 3-7, 1995
- 74. David J.C., Fayard C., Lamot G.H., Sanghai B.**
Kaon form factor and strangeness electroproduction
 Baryons 95, Santa Fe, October 3-7, 1995

75. Ericson M.

The S-wave πN interaction and the (p, n) puzzle

Spin-Isospin Responses and Weak Processes in Hadrons and Nuclei, Osaka, March 8-10, 1994
Nucl. Phys., A577 (1994) 147c

76. Ericson M.

S-wave interactions of pions with the nucleus and some nuclear physics problems

Mesons and Nuclei at Intermediate Energies, Dubna, May 3-7, 1994
Eds. N.K. Khankhasayev and Z.E. Kurmanov, World Scientific, Singapour, 1995

77. Meyer J., Montag B., Reinhard P.G., Hirschmann Th., Brack M.

Quadrupole, octupole and hexadecapole deformations in sodium clusters within the jellium model

International Cluster Workshop ICW-94 on Structure and Dynamics of Metallic Clusters, Col de Porte, Grenoble, July 11-13, 1994

78. Meyer J., Montag B., Reinhard P.G., Hirschmann Th., Brack M.

Width of plasmon resonances in sodium clusters

International Cluster Workshop ICW-94 on Structure and Dynamics of Metallic Clusters, Col de Porte, Grenoble, July 11-13, 1994

79. Quentin P., Samsoen D., Bencheikh K., Chabanat E., Meyer J., Bartel J.

Equilibrium shapes of rotating nuclei in a semiclassical approach

International Conference on Nuclear Shapes and Nuclear Structure at Low Excitation Energies, Antibes, June 20-25, 1994

80. Chabanat E., Bonche P., Haensel P., Meyer J., Schaeffer R.

New Skyrme effective forces for supernovae and neutron rich nuclei

International Symposium on New Nuclear Structure Phenomena in the Vicinity of Closed Shells, Stockholm, August 30-September 3, 1994

81. Montag B., Reinhard P.G., Meyer J., Hirschmann Th., Brack M.

Shape isomerism of sodium clusters in the jellium model : quadrupole, octupole and hexadecapole deformations

International Symposium ISSPIC7 on Small Particles and Inorganic Clusters, Kobe, September 12-16, 1994

82. Chabanat E., Bonche P., Haensel P., Meyer J., Schaeffer R.

New Skyrme effective forces : from supernovae to neutron rich nuclei

International Symposium on Physics of Unstable Nuclei, Niigata (Japan), October 31-November 3, 1994

83. Charmont P., Chabanat E., Bonche P., Haensel P., Meyer J., Schaeffer R.

Finite temperature properties of new Skyrme effective forces

International Symposium on Physics of Unstable Nuclei, Niigata (Japan), October 31-November 3, 1994

84. Kibler M., Campigotto C., Smirnov Yu.F.

Recursion relations for Clebsch-Gordan coefficients of $U_q(su_2)$ and $U_q(su_{1,1})$

Congrès Symmetry Methods in Physics, JINR Dubna, 1995

85. Barbier R., Kibler M.

On the use of quantum algebras in rotation-vibration spectroscopy
Colloque en l'honneur de G. Rideau, Paris, Ed. Kluwer, 1995
Modern Group Theoretical Methods in Physics (1995) 27

86. Kibler M., Asherova R.M., Smirnov Yu.F.

Some aspects of q - and qp -boson calculus
Congrès Symmetries in Science VIII, 1995
Plenum Press, New York, 1995

Ions/agrégats-matière

87. Farizon B., Farizon M., Gaillard M.J., Gerlic E.

Fragmentation of multiple charged H-clusters
Large International Workshop on the Statistical Properties of Closed Systems under Long-Range Forces, Fragmentation and Critical Behaviour, European Center of Theoretical Physics, Trento, 1994

88. Farizon B., Farizon M., Gaillard M.J., Genre R., Gerlic E., Louc S.

Coincidence technique in cluster fragmentation experiments
Workshop on Coincidence Experiments for the Investigation of Ionic Reactions (and related topics), seconde réunion du Network SRMI (Structure and Reactivity of Molecular Ions), Berlin, 1995

89. Farizon B., Farizon M., Gaillard M.J., Genre R., Louc S., Ouaskit S., Gerlic E.

Fragmentation des agrégats d'hydrogène multi-ionisés
Réunion Annuelle du Groupement de Recherches "Agréats" du CNRS, 1995

90. Billebaud A., Chevallier M., et al.

Thickness dependence of electron emission from heavy ion impact on thin solid targets
European Research Conference on Particle-Solid Interactions : Electronic Excitations in Bulk and Surfaces, San Sebastian, October 1-6, 1994

91. Billebaud A., Chevallier M., et al.

Carbon foil thickness dependent electron yields induced by swift highly charged ions
7th International Conference on the Physics of Highly Charged Ions (HCI), Vienne, September 19-23, 1994
Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., B98 (1995) 492

92. Rothard H., Billebaud A., et al.

Fluence dependent electron emission as a measure of surface modification induced by swift heavy ions
International Conference on Swift Heavy Ions in Matter (SHIM), Caen, May 15-19, 1995

93. Andriamonje S., Chevallier M., Dauvergne D., Kirsch R., Poizat J.C., Remillieux J., Rothard H., et al.

Influence of intrashell excitation ($n=2$) on the population of metastable states of H- and He-like krypton ions in channeling conditions
International Conference on Swift Heavy Ions in Matter (SHIM), Caen, May 15-19, 1995

94. **Rothard H., Billebaud A., Chevallier M.** et al.
Transport of swift heavy ion induced electrons in solids
 16th International Conference on Atomic Collisions in Solids (ICAS), Linz (Austria), July 17-21, 1995
95. **Billebaud A., Fallavier M., Kirsch R., Poizat J.C., Remillieux J., Vidovic Z.**
Experimental study of emission yields and statistics of secondary electrons from thin carbon foils bombarded by atomic and molecular projectiles
 16th International Conference on Atomic Collisions in Solids (ICAS), Linz (Austria), July 17-21, 1995
96. **Kandler T., Dauvergne D.**, et al.
Resonant transfer and excitation investigated via X-ray emission in $U^{90+} \rightarrow C$ collisions
 International Conference on the Physics of Highly Charged Ions (HCI), Vienne, September 19-23, 1994
 Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., B-98 (1995) 320
97. **Mouffron J.P., Fallavier M., Poizat J.C., Remillieux J., Thomas J.P.**, et al.
First cluster beam accelerated with the ORION project : interaction solids-high energy clusters recent results
 International Conference on Mass Spectrometry of Large Organic Ions by Particle and Photon Induced Desorption, Sunriver, OR (US), March 1994
98. **Billebaud A., Dauvergne D., Fallavier M., Kirsch R., Poizat J.C., Remillieux J., Rothard H., Thomas J.P.**, et al.
Secondary electron emission from thin carbon foils under hydrogen cluster impact
 European Materials Research Society 1995 - Symposium on Correlated Effects in Atomic and Cluster Ion Bombardment and Implantation, Strasbourg, May 22-26, 1995

Physico-chimie de l'interaction ion-solide

99. **McHargue C.J., Marest G.**, et al.
Nanometer size dispersions of iron in sapphire produced by ion implantation
 NANO 94 Conference, Stuttgart (Allemagne), September 1994
100. **McHargue C.J., Marest G.**, et al.
Ion implantation damage in sapphire
 124th TMS, The Minerals, Metals and Materials Society, Las Vegas, February 12-16, 1995
101. **Faussemagne A., Marest G., Benyagoub A., Moncoffre N.**
Mössbauer study of boron and nitrogen dual implantation in a 100Cr6 steel
 International Conference on Applications of the Mössbauer Effect, Rimini, September 11-15, 1995
102. **Faussemagne A., Delichere P., Moncoffre N., Benyagoub A., Marest G.**
Study of BN formation by dual implantation of boron and nitrogen in a 100Cr6 bearing steel
 International Conference on Surface Modifications of Metals by Ion Beams, San Sebastian, September 4-8, 1995

103. **Benyagoub A., et al.**
Severe creep of a crystalline layer induced by GeV heavy ion irradiation
 9th International Conference on Ion Beam Modification of Materials, Camberra, February 5-10, 1995
 Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res., B106 (1995) 500
104. **Chevarier A., Chevarier N., Roux B.**
High resolution hydrogen profiling in superconducting materials by ion beam analysis (ERD EXB)
 4th European Vacuum Conference, Uppsala, May 1994
105. **Somatri R., Chevarier A., Chevarier N., et al.**
Détermination du profil de concentration de carbone dans une interfeference SiC_x élaborée sur du silicium (100)
 Congrès de la Société Française de Chimie, Lyon, septembre 1994
106. **Millard-Pinard N., et al.**
In-situ Raman study of C₆₀ thin films under shear conditions
 Fall Meeting Materials Research Society, Boston, November 28-December 2, 1994
107. **Martin Ph., Chevarier A., Chevarier N., Barbier G.**
Use of HIRBS to study distortion of implanted lanthanides distribution in apatite during ion bombardment
 International Conference on Ion Beam Analysis, Tempe, AZ (US), June 1995
108. **Martin Ph., Chevarier A., Chevarier N.**
Migration of lanthanides in apatite layers during alpha irradiation
 Migration'95 Conference, Saint-Malo, September 1995
109. **Martin J.M., Donnet C., Millard-Pinard N., et al.**
Towards the in-situ analysis of tribological surface
 6th Conference on Application of Surface and Interface Analysis, Montreux, October 9-13, 1995
110. **Mackowski J.M., Cimma B., et al.**
Optical and mechanical behaviour of GeC and BP antireflection coatings under rain erosion tests
 SPIE Proceedings, Vol. 2286 (1994) 552
111. **Allali H., Nsouli B., Thomas J.P.**
Evidence of different electronic sputtering processes in cesium salts from the secondary emission of negative ions and electrons induced by high energy Ar ions
 7th Europhysical Conference on Defects in Insulating Materials, Lyon, July 5-8, 1994
112. **Allali H., Nsouli B., Thomas J.P., et al**
Méthodes de détermination du phosphore dans des couches SiO₂. Place des techniques utilisant l'émission ionique secondaire
 4^{èmes} Journées Maghrébines des Sciences des Matériaux, Casablanca, 23-24 novembre 1994
113. **Allali H., Nsouli B., Lagrange B., Thomas J.P.**
Désorption "Spontanée" : mécanismes et applications à la caractérisation des matériaux
 4^{èmes} Journées Maghrébines des Sciences des Matériaux, Casablanca, 23-24 novembre 1994
114. **Nsouli B., Allali H., Thomas J.P., et al.**
A PDMS study of gamma-ray induced modifications in poly(4-vinylpyridine) resin
 Mass Spectrometry of Large Organic Ions by Particle and Photon Induced Desorption, Sunriver, Sunriver, OR (US), March 27-31, 1994

115. **Nsouli B., Allali H., Thomas J.P., et al.**

Etude de la thermo-oxydation d'un caoutchouc industriel (Vamac G) par DMS

11^{èmes} Journées Françaises de Spectrométrie de Masse, Rouen, 21-23 septembre 1994

116. **Nsouli B., Allali H., Debré O., Thomas J.P., et al.**

Contribution de la technique TOF-PDMS à l'étude des mécanismes d'adhésion entre un composite PEEK/carbonate et un adhésif époxy-amine

12^{èmes} Journées Françaises de Spectrométrie de Masse, Bordeaux, 12-14 septembre 1995

117. **Nsouli B., Allali H., Debré O., Oladipo A.A., Thomas J.P., et al.**

Plasma desorption time-of-flight mass spectrometric elucidation of the mechanisms of adhesion enhancement between plasma-treated PEEK-carbon composite and an epoxyamine adhesive

12^{èmes} Journées Françaises de Spectrométrie de Masse, Bordeaux, 12-14 septembre 1995

Divers

118. **Razafinjanahary H., Rogemond F., Lembarki A., Chermette H., et al.**

DFT investigations of structural and energetical features of $[H_2O_2]^n$ ($n = -1, 0, 1$) potential energy surfaces

1st European Conference on Computational Chemistry (ECC1), Nancy, May 23-27, 1994

Eds, F. Bernardi, J.L. Rivail, AIP Conference Proceedings 330 (1995) 197 (1995)

119. **Chermette H., Gardet G., Lembarki A., Rogemond F.**

On the calculation of optical spectra. Structure and characterization of small Li_n clusters

Workshop CECAM on Recent Developments in Density Functional Theory, Lyon, March 1-5, 1994

120. **Gardet G., Rogemond F., Chermette H.**

Calcul de forces d'oscillateurs en théorie de la fonctionnelle de la densité. Application à la prédiction des spectres d'absorption. Exemples des agrégats de lithium

Journée de la Société Française de Chimie, Lyon, 26 mai 1994

121. **Chermette H.**

Use of gradient-corrected density functionals in chemistry : which one to choose ?

International Congress on Thirty Years of Density Functional Theory : Concepts and Applications, Cracow, July 13-16, 1994

122. **Chermette H., Gardet G., Lembarki A., Rogemond F.**

DFT calculations of the electronic structure and the absorption spectra of small Li_n clusters

8th International Congress of Quantum Chemistry, Prague, July 19-23, 1994

123. **Razafinjanahary H., Chermette H., Rogemond F., Lembarki A., et al.**

Modélisation de la dissociation de $[H_2O_2]^-$

Congrès SFC 94, Lyon, 26-30 septembre 1994

124. Boulet P., Chermette H., et al.

DFT and MC-SCF study of the protonation of hydroxylamine

6th International Conference on the Applications of the Density Functional Theory in Chemistry and Physics, Paris, August 29-September 1, 1995

125. Deghoul F., Chermette H., et al.

Electronic spectrum of $\text{LiNbGeO}_5 : \text{Cr}^{4+}$

6th International Conference on the Applications of the Density Functional Theory in Chemistry and Physics, Paris, August 29-September 1, 1995

126. Gardet G., Rogemond F., Chermette H.

Structural, electronic and energetic properties of small Li_n lithium clusters

6th International Conference on the Applications of the Density Functional Theory in Chemistry and Physics, Paris, August 29-September 1, 1995

127. Grigorov M., Chermette H., et al.

Recent progresses in the evaluation of DFT reactivity indices. Application to small organic systems

6th International Conference on the Applications of the Density Functional Theory in Chemistry and Physics, Paris, August 29-September 1, 1995

RAPPORTS

1. Smadja G.

Décrire et observer, Lycen 9530

2. Gieres F.

Supersymmetrie et Mathématiques, Annales du Séminaire d'Analyse de l'Université Blaise Pascal (1994)

3. Gieres F.

Vectors, wave functions, bras and kets in quantum mechanics, Lycen 9536a

4. Kodolova O., Bedjidian M.

Pattern recognition and track reconstruction in heavy ion collisions, CMS TN/95-124, Lycen RI9540

5. Bedjidian M.

Heavy ion beams in CMS and dimuons detection, CMS TN/95-188, Lycen RI9539

6. Benlliure J., Demeyer A., Donnet C., Guinet D., Lautesse P., Lebreton L., et al.

First results from INDRA

Nouvelles de Ganil, 49 (1994) 3

7. Benlliure J., Demeyer A., Guinet D., Lautesse P., Lebreton L., et al.

Fragment-fragment azimuthal angular correlations in 32 A.MeV $^{36}\text{Ar} + ^{58}\text{Ni}$ dissipative collisions

Nouvelles de Ganil, 54 (1995) 22

8. Chanut Y., Poizat J.C.

Thermodynamique : description microscopique des transferts énergétiques dans les transformations adiabatiques

Bull. Union des Phys., 767 (1994) 1329

9. Elbaz E., Novello M., Salin M., Motta M.C., Klippert R.

Hamiltonian formulation of FRW equations of cosmology

Lycen 9531, soumis à Inter. Review of Modern Physics Letters

10. Vidal L., Bensalah D.

Préparation de cibles de Ruthénium enrichi sur support de cuivre

Lycen 9508

11. Hadinger G.

Insertion d'un déflecteur électrostatique dans une structure focalisante périodique dans le contexte du projet PIAFE I

Lycen 9509

12. Ricci F.

The search of gravitational waves

Lycen 9517

13. Barone V., Genovese M.

Heavy quarks in charged-current deep inelastic scattering : a systematic phenomenological study

Lycen 9544

LIVRES

1. DUFFAIT R.

- *Expériences d'Optique*

Editions Bréal, août 1994

2. ELBAZ E.

- *Quantiques*

Ellipses, Paris 1995

PUBLICATIONS DE COMPTES-RENDUS DE CONFERENCES

1. Second European Biennial Conference on Nuclear Physics, Megève, March 29-April 2, 1993

Eds. Guinet D., World Scientific, 1995

2. International Workshop on Microstrip Gas Chambers

Eds. Contardo D., Sauli F., Lyon, November 30-December 2, 1995, Proceedings to be published

**NEXT PAGE(S)
left BLANK**

CONFERENCES/(sur invitation)

ANTILOGUS P.

- *Studies of time dependent B_d^0 / \bar{B}_d^0 mixing*
94-DPF Meeting, Albuquerque, August 2-6, 1994
- *Measurement of the forward-backward asymmetry of $e^+e^- \rightarrow Z \rightarrow b\bar{b}$ and $e^+e^- \rightarrow Z \rightarrow c\bar{c}$*
94-DPF Meeting, Albuquerque, August 2-6, 1994

ARTRU X.

- *Quark transversity and its probes*
International Workshop on Physics with Polarized Beams and Targets, Prague, July 1994
- *Transverse spin review*
ELFE Summer School and Workshop on Confinement Physics, Cambridge, July 22-28, 1995

BARBIER R.

- *Application of a two-parameter quantum algebra to rotational spectroscopy*
Symposium on Quantum Groups and Their Applications in Physics, Poznan (Pologne), October 17-20, 1994

BERAUD R.

- *Alpha- and beta-decay properties of very n-deficient Tl isotopes*
IVth International Conference on Selected Topics in Nuclear Structure, Dubna, July 5-9, 1994
- *Nuclear spectroscopy of exotic nuclei with SARA/IGISOL facility*
IN2P3-RIKEN Symposium on Heavy Ion Collisions, Osato-Gun, Saitama (Japan), October 24-28, 1994
- *Development of the IGISOL technique for the study of products from H.I.-induced fusion-evaporation reactions*
5th International IGISOL Workshop, Hakone-Gora, Kanagawa (Japan), November 5-7, 1994
- *An on-line isotope separator selective in Z for SPIRAL*
Working Session on Spectrometers for SPIRAL, Paris, June 30, 1995
- *Recent developments of the IGISOL technique*
2nd SPIRAL Workshop on Structure far from Stability and Astrophysics with SPIRAL, Caen, September 11-12, 1995

BERTINI M.

- *Structure functions from photoproduction process to deep inelastic scattering*
Hadrons 94, Uzhgorod (Ukraine), September 1994
- *A phenomenological approach to polarized deep inelastic scattering*
Rencontres de Moriond, Les Arcs, March 1995
- *Polarized structure functions from deep inelastic scattering*
VIth Blois Workshop on Frontiers in Strong Interactions, Blois, June 1995
- *A phenomenological approach for the gluonic contribution to g_1^p*
XVIIIth International Workshop on High Energy Physics and Field Theory, Protvino, June 1995

BILLEBAUD A.

- *Secondary electron emission from thin carbon foils under hydrogen cluster impact*
European Materials Research Society 1995 - Spring Meeting : Correlated Effects in Atomic and Cluster Ion Bombardment and Implantation, Strasbourg, May 1995

BOULET P.

- *DFT and MC-SCF study of the protonation of hydroxylamine*
6th International Conference on the Applications of the Density Functional Theory in Chemistry and Physics, Paris, August 29-September 1, 1995

CHABANAT E.

- *Forces de Skyrme et résonances géantes*
Journées sur la Compressibilité Nucléaire, Saclay, 1995

CHANFRAY G.

- *Mesons in nuclear and hadronic matter*
International Workshop on Mesons and Baryons in Hadronic Matter, ECT, Trento, February 14-25, 1994
- *Pion-pion correlations at various densities and temperatures*
11th Nordic Meeting on Intermediate and High Energy Nuclear Physics, Graftavallen (Suède), January 4-8, 1995

CHERMETTE H.

- *On the calculation of optical spectra. Structure and characterization of small Li_n clusters*
Workshop CECAM on Recent Developments in Density Functional Theory, Lyon, March 1-5, 1994
- *Use of gradient-corrected density functionals in chemistry : which one to choose ?*
International Congress on Thirty Years of Density Functional Theory : Concepts and Applications, Cracow, July 13-16, 1994
- *DFT calculations of the electronic structure and the absorption spectra of small Li_n clusters*
8th International Congress of Quantum Chemistry, Prague, July 19-23, 1994

CONTARDO D.

- *Programme de physique avec des ions lourds au LHC : expériences ATLAS et CMS*
Journées de Prospectives IN2P3, Giens, 5-7 avril, 1995
- *Heavy ion physics at LHC with the Compact Muon Solenoid*
Workshop on Physics with RHIC and LHC Collider Detectors, Monterey, January 5-13, 1995

DRAPIER O.

- *Latest results on dilepton production in 200 GeV.A ion ion collisions*
Hot Hadronic Matter, Theory and Experiment, Divonne-les-Bains, June 1994
- *Study of v, v' and v'' production in heavy ion collisions at LHC with the Compact Muon Solenoid*
Physics of High Energy Heavy Ion Collisions, Vuosaari (Finlande), June 1994
- *Ultrarelativistic heavy ion collisions*
XV International Conference on Physics in Collision, Cracovie, June 1995
- *Les collisions d'ions lourds ultrarelativistes*
Congrès Général de Physique de la S.F.P., Marseille, septembre 1995

DUFFAIT R.

- *Mise en évidence expérimentale des propriétés de cohérence spatiale et temporelle des lasers HeNe.*
Conférence et Atelier aux Journées Nationales de l'Union des Physiciens, Dijon, 21 octobre 1995
- *Réalisation pratique de diverses expériences d'optique géométrique et ondulatoire*
Conférence et Atelier aux Journées Nationales de l'Union des Physiciens, Dijon, 21 octobre 1995

EMSALLEM A.

- *The IGISOL system at ISN Grenoble*
Workshop on Nuclear Fission and Fission Product Spectroscopy, Seyssin, May 2-4, 1994
- *The PIAFE project*
LEND-95, St Petersburg, April 18-22, 1995

ERICSON M.

- *The S-wave πN interaction and the (p, n) puzzle*
Spin-Isospin Responses and Weak Processes in Hadrons and Nuclei, Osaka, March 8-10, 1994
- *S-wave interactions of pions with the nucleus and some nuclear physics problems*
Mesons and Nuclei at Intermediate Energies, Dubna, May 3-7, 1994

FALLAVIER M.

- *Secondary electron emission of solids by impact of molecular ions and clusters*
European Materials Research Society 1995 - Spring Meeting : Correlated Effects in Atomic and Cluster Ion Bombardment and Implantation, Strasbourg, May 1995

FARIZON B.

- *Fragmentation des agrégats d'hydrogène multi-ionisés*
Réunion Annuelle 1995 du Groupement de Recherches "Agrégats" du CNRS

FARIZON M.

- *Fragmentation of multiple charged H-clusters*
Large International Workshop on the Statistical Properties of Closed Systems under Long-Range Forces, Fragmentation and Critical Behaviour, European Center of Theoretical Physics, Turin, 1994
- *Coincidence technique in cluster fragmentation experiments*
Workshop on Coincidence Experiments for the Investigation of Ionic Reactions (and related topics), seconde réunion du Network SRMI (Structure and Reactivity of Molecular Ions), Berlin, 1995

FAUSSEMAGNE A.

- *Study of BN formation by dual implantation of boron and nitrogen in a 100 Cr 6 bearing steel*
International Conference on Surface Modification of Metals by Ion Beams, San Sebastian, September 1995

GARDET G.

- *Calcul de forces d'oscillateurs en théorie de la fonctionnelle de la densité - Application à la prédiction des spectres d'absorption - Exemples des agrégats de lithium*
Journée de la Société Française de Chimie, Lyon, 26 mai 1994
- *Structural, electronic and energetic properties of small Li_n lithium clusters*
6th International Conference on the Applications of the Density Functional Theory in Chemistry and Physics, Paris, August 29- September 1, 1995

GIFFON M.

- *Possible new phenomena in high energy elastic scattering*
HADRON 94, International Workshop on Soft Physics, Uzhgorod (Ukraine), September 1994
- *Small x analysis of the proton structure function*
Rencontres de Blois, The Heart of the Matter, Blois, June 1994

KIBLER M.

- *Application of $U_{qp}(u_2)$ to rotational bands of superdeformed nuclei*
International Workshop on Finite Dimensional Integrable Systems, Dubna, July 18-21, 1994
- *$U_{qp}(u_2)$ symmetry and rotational bands of superdeformed nuclei*
Symmetries in Science VIII, Bregenz (Autriche), August 7-12, 1994
- *On the use of quantum algebras in rotation-vibration spectroscopy*
Colloque en l'honneur de Guy Rideau, Université Paris VII, 9-10 janvier 1995
- *Statistical mechanics of a system of qp-bosons*
VI^{ème} Colloque Université Lyon-1 - Université de Lodz, 19-20 mai 1995
- *Quantum algebras in nuclear spectroscopy*
Barut Memorial Conference on Group Theory in Physics, Edirne (Turquie), December 21-27, 1995

LE COZ Y.

- *Emergence d'états "aplatis" dans la région de masse $A = 190$*
Congrès Générale de Physique, SFP 95, Marseille, 4-8 septembre 1995

MACKOWSKI J.M.

- *Miroirs "faibles pertes", contribution de la diffusion*
LETI/CMO Journée Scientifique, Grenoble, 7 novembre 1994
- *Mirror strategy for VIRGO*
Gravitational Astronomy Workshop 6th APPC/ 11th AIP Congress, Brisbane, July 4-6, 1994
- *The corrective coating approach*
LIGO-VIRGO Meeting, Boulder, February 6-8, 1995

MALEK F.

- *J/ψ and ψ' production in the NA38 experiment*
29^{èmes} Rencontres de Moriond on QCD and High Energy Hadronic Interactions, Meribel, 1994
- *A di-muon spectrometer to study charmonium production*
ELFE Summer School and Workshop on Confinement Physics, Cambridge, July 22-18, 1995

MAREST G.

- *Materials science studies at Lyon*
International Workshop on Non Equilibrium Phase Formation and Surface Engineering by Implantation and Ion Beam Assisted Techniques, Lisbonne, February 8-10, 1994
- *Excimer laser treatment of cast iron : effect of the energy density and of the frequency*
IVth Seeheim Workshop on Mössbauer Spectroscopy, Seeheim (Allemagne), May 1994
- *Surface treatments by ion implantation*
International French-Japanese Workshop, Orsay, April 1995

MARTIN J.P.

- *SM Higgs boson search at LEP*
Les Rencontres de Physique de la Vallée d'Aoste, "Results and perspectives in particle physics", La Thuile, March 6-12, 1994, LYCEN 9425

MEYER J.

- *Forces de Skyrme et résonances géantes*
Workshop Théorie Physique autour du Vivitron, Strasbourg, 1994
- *Forces effectives et exotisme d'isospin*
Journée sur la Compressibilité Nucléaire, Saclay, 1995
- *Méthodes microscopiques en structure nucléaire : progrès récents*
Colloque GANIL, les Avancées en Physique Nucléaire, Le Pradet, 1995

PINARD L.

- *Miroir de recyclage, polarisation du faisceau*
Workshop sur l'Optique dans VIRGO, Pise, 19-21 novembre 1994
- *Low loss DIBS mirrors at 1064 nm for the Virgo interferometer*
Optical Interference Coating Conference, Tucson, June 5-9, 1995

RAZAFINJANAHARY H.

- *DFT investigations of structural and energetical features of $[H_2O_2]^n$ ($n = -1, 0, 1$) potential energy surfaces*
1st European Conference on Computational Chemistry (ECC1), Nancy, May 23-27, 1994
- *Modélisation de la dissociation de $[H_2O_2]^-$*
Congrès SFC 94, Lyon, 26-30 septembre 1994

REDON N.

- *EUROGAM, a new gamma multidetector array : results and perspectives*
XXXIIIth International Winter Meeting on Nuclear Physics, Bormio, January 23-27, 1995

REMILLIEUX J.

- *Channeling of high energy particles in crystals*
Congrès de la Société Belge de Physique, Mons, mai 1994
- *Atomic and nuclear processes for GeV heavy ions channeled in crystals*
Séminaire ISOLDE-CERN, Genève, juillet 1994
- *La matière sous bombardement d'agrégats, ou... quand la pluie se transforme en grêle*
Rencontres Scientifiques de Caen, ISMRA, décembre 1994
- *Channeling of GeV heavy ions*
Colloque commun aux Divisions de Chimie Nucléaire et Physique Nucléaire, Berkeley LBL, 21 juin 1995

THOMAS J.P.

- *Méthodes de détermination du phosphore dans des couches SiO_2 . Place des techniques utilisant l'émission ionique secondaire*
4^{èmes} Journées Maghrébines des Sciences des Matériaux, Casablanca, novembre 1994
- *Contribution de la technique TOF-PDMS à l'étude des mécanismes d'adhésion entre un composite PEEK/carbonate et un adhésif époxy-amine*
XII^{èmes} Journées Françaises de Spectrométrie de Masse, Bordeaux, septembre 1995

COURS

ARTRU X.

- *Quark transversity*
ECT Summer Institute on Hadron Structure and QCD in Hard Processes, Trento, July 1994
- *Polarisations longitudinale et transverse des quarks dans les réactions inélastiques profondes*
3ème cycle de Physique en Suisse Romande, avril-juin 1995

BERKES I.

- *Nuclear orientation*
Ecole ERASMUS : "Materials Research by Nuclear Methods", St Germain au Mont d'Or, mai 1995

DRAPIER O.

- *Le plasma de quarks et de gluons : signatures expérimentales*
Ecole Joliot Curie de Physique Nucléaire, Maubuisson, 1995, sur le thème "noyaux en collision"

GIERES F., KIBLER M.

- *Introduction aux modèles supersymétriques de la physique des particules*
IPNL, juin 1994 et juin 1995

MAREST G.

- *Ion implantation in insulators*
Ecole ERASMUS : "Materials Research by Nuclear Methods", Bad Honnef, avril 1994
- *Ion implantation in metals*
Ecole ERASMUS : "Materials Research with Nuclear Methods", St Germain au Mont d'Or, mai 1995

VINCENT P.

- *L'utilisation d'Anastasia*
Paris 6-7, décembre 1994

SEMINAIRES DONNES à L'EXTERIEUR

ARTRU X.

- *Transverse polarization of the quarks in deep inelastic reactions*
I.T.E.P., Moscou, septembre 1995

BILLEBAUD A.

- *Mesure de l'émission électronique secondaire induite par des ions lourds*
Ecole Joliot-Curie de Physique Nucléaire, Maubuisson, 12-17 septembre 1994

CHABANAT E.

- *Nouvelles interactions effectives pour les noyaux riches en neutrons*
GANIL, Caen, 1995

CHANFRAY G.

- *Mesons in dense and hot matter*
LAPP Annecy, juin 1994

CHAZAL V.

- *Etude du bruit de fond neutron au Laboratoire Souterrain de Modane*
2^{ème} Séminaire Rhodanien de Physique, Dolomieu, 14-18 mai 1994
- *Etude du bruit de fond neutron au Laboratoire Souterrain de Modane*
Ecole Joliot-Curie de Physique Nucléaire, Maubuisson, 12-17 septembre 1994
- *Etude du bruit de fond neutron au Laboratoire Souterrain de Modane*
Journées des Jeunes Chercheurs, Carry-le-Rouet, 12-15 décembre 1994

CHEVARIER A.

- *Méthodes nucléaires d'analyse de surface par faisceaux d'ions*
CEA Marcoule, décembre 1994
- *Caractérisation physico-chimique des surfaces de cavités supraconductrices par méthodes nucléaires d'analyse*
Journées Accélérateurs CEA-IN2P3, Roscoff, mai 1995
- *Intérêt des faisceaux radioactifs dans l'étude de la migration des produits de fission dans les barrières de diffusion*
Comité PIAFE, ISN Grenoble, octobre 1995

CHEVARIER N.

- *Projet d'une station d'irradiation en sortie du spectromètre de PIAFE - Intérêt dans le cadre du GDR PRACTIS*
Journées d'Etudes GDR Practis, Marcoule, décembre 1995

DAUVERGNE D.

- *Expériences de canalisation au GANIL et au GSI*
GANIL Caen, 1994

DRAPIER O.

- *Les expériences au SPS avec les faisceaux de plomb*
Journées Thématiques de l'Institut de Physique Nucléaire d'Orsay, Orsay, 30 mars 1994

DUCROUX L.

- *Etudes des bandes superdéformées dans $^{192,193}\text{Pb}$ avec EUROGAM 2*
3^{ème} Séminaire Rhodanien de Physique, Dolomieu, 13-17 mars 1995

ERICSON M.

- *Condensat de quarks dans les milieux denses ou chauds*
IPN Orsay, 21 janvier 1994
- *Chiral properties of nuclei*
Caltech, Pasadena (US), février 1994
- *A new mode of desintegration of the Λ in nuclei*
Uppsala, juin 1994
- *On the quark condensate in nuclei*
Uppsala, juin 1995

FARIZON B.

- *Fragmentation d'agrégats d'hydrogène de grande vitesse par collision unique avec un atome*
Université de Paris VI, mars 1994

GIERES F.

- *Gravitational anomalies*
Université de Vienne, 1994
- *(Super) conformal models*
Université Technique de Vienne, 1994
- *Über den mathematischen formalismus der Quanten-mechanik*
Max-Planck Institut für Physik, Munich, 28 juin 1995
- *Supersymétrie, théorèmes d'indice et théorie de Morse*
Laboratoire de Géométrie et d'Analyse de Lyon, 19 novembre 1995

KIBLER M.

- *Quelques aspects de la physique des ions dans les cristaux*
Séminaire à l'Université de Genève à l'occasion du départ à la retraite de R. Lacroix, octobre 1994
- *Sur le rôle de la théorie des groupes en physique et chimie*
Département de Physique, Université de Lodz, 20 mai 1995

LE COZ Y.

- *Bandes dipolaires dans la région de masse 190*
CEA Saclay, 2 mars 1995
- *Bandes dipolaires rotationnelles dans la région de masse $A = 190$*
GANIL Caen, 25 avril 1995

MAREST G.

- *Tribological improvements of steels by ion implantation*
Université de Varsovie, mars 1994
- *Etude Mössbauer d'une fonte traitée par faisceau laser excimère*
Université de Rouen, avril 1995

MEYER J.

- *Forces effectives pour des isospins extrêmes*
ISN Grenoble, 1995

REDON N.

- *Phénomène de superdéformation dans la région de masse $A = 190$*
CRN Strasbourg, 10 mars 1994

SMADJA G.

- *Du LEP au LHC*
Séminaire au SPT du CEN Saclay, 6 juin 1995
- *Décrire et observer*
Séminaire du CREA (Création et Anthropologie), Université de Nice, 21-22 juin 1995

VINCENT P.

- *Les rapports de branchement semileptoniques du quark b et le Λ_c*
LPNHE Paris 6-7, 17 mars 1994
- *Measurement of the semileptonic branching ratio and the Λ_c production in b quark decays*
DESY, Hamburg, 22 octobre 1994

SEMINAIRES du LABORATOIRE

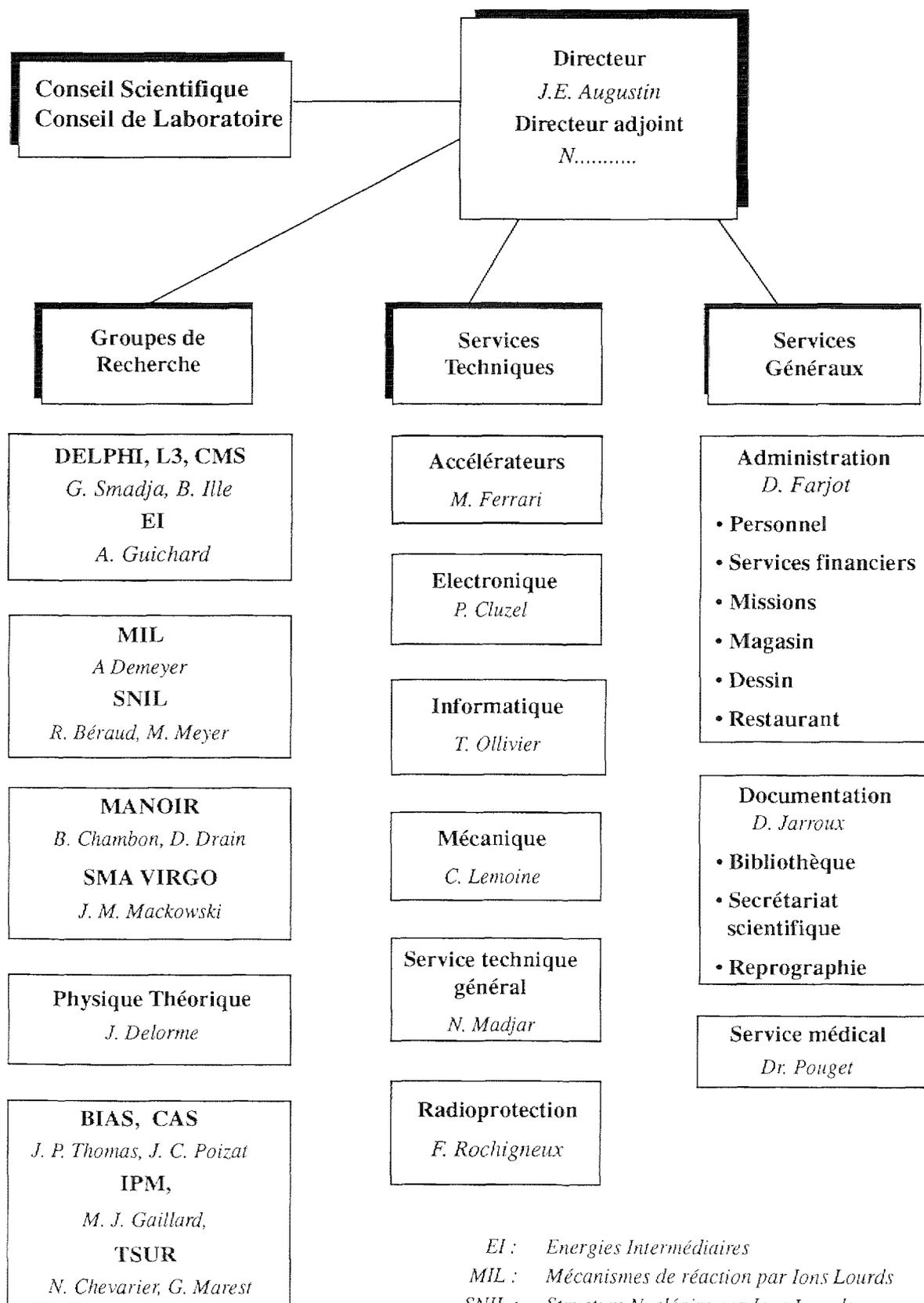
1. **DEPASSE P.** - IPN Lyon
A propos des coups de foudre...
14 janvier 1994
2. **MARTIN T.P.** - Max Planck Institut für Festkörperforschung, Stuttgart
Metal clusters as giant atomic nuclei.
9 février 1994
3. **HAYDAR R.J.** - INFN Frascati
Violation measurements with KLOE at DAΦNE.
4 mars 1994
4. **TRIAIY R.** - Centre de Physique Théorique, Université de Provence
Modélisation des biais dans la détermination de H_0 .
10 mars 1994
5. **MAIRE M.** - LAPP Annecy
Interface Euclid Geant.
11 mars 1994
6. **MOFFEIT K.** - CERN
Polarization at SLC/SLD : precision electroweak physics results on the left-right polarization asymmetry.
18 mars 1994
7. **SHUL'GA N.** - Kharkov Institute of Physics and Technology, Ukraine
Coherent processes at high energies in crystals.
25 mars 1994
8. **GOSSIAUX P.B.** - Université de Nantes
Quark gluon plasma and J/ψ suppression.
1 avril 1994
9. **JACQUOT J.L.** - CRN Strasbourg
Anomalies : leurs utilités dans le secteur non-perturbatif.
8 avril 1994
10. **ALTHERR T.** - CERN
QCD chaude perturbative : théorie et pratique.
13 avril 1994

11. **ANTILOGUS P., CHARTOIRE M.Y.** - IPN Lyon
WWW/Mosaic : une fenêtre sur le monde.
19 avril 1994
12. **DAUVERGNE D.** - IPN Lyon
Expériences de canalisation d'ions lourds dans des cristaux au GANIL et au GSI.
22 avril 1994
13. **DELLA-NEGRA S.** - IPN Orsay
Accélération d'agrégats de grandes masses (1000 u) à hautes énergies de 3 à 50 MeV. Interaction agrégats-solide. Résultats récents.
17 mai 1994
14. **COMTET A.** - Université Pierre et Marie Curie et Physique Théorique, IPN Orsay
Introduction au modèle des anyons.
18 mai 1994
15. **DIAS de DEUS J.** - CERN
The search of asymptopia in soft physics at high energy.
20 mai 1994
16. **MACKOWSKI J.M.** - IPN Lyon
Quels miroirs pour VIRGO.
3 juin 1994
17. **MÄRK T.D.** - Institut für Ionenphysik, Innsbruck
Ionization and fragmentation of Van der Waals clusters and fullerenes.
8 juin 1994
18. **FLECK S.** - IPN Lyon
Stabilité d'un système à petit nombre de corps.
10 juin 1994
19. **BORATAV M.** - LPNHE Paris
Détection de particules cosmiques d'énergies extrêmes : projet Cyclope/P5000.
17 juin 1994
20. **BAUGE E.** - State University of New York at Stony Brook (USA) and ISN Grenoble
Collisions d'ions lourds aux énergies intermédiaires : étude de la dynamique d'émission des particules légères.
17 juin 1994
21. **CHARTOIRE M.Y.** - IPN Lyon
L_AT_EX_{2 ϵ} , un nouveau L_AT_EX
24 juin 1994
22. **MOLINARI A.** - Université de Turin
Parity-violating electron scattering.
29 juin 1994

- 23. MONTANET L.** - CERN
Mesure de la vie moyenne du pionium. Un test de QCD à basse énergie.
5 juillet 1994
- 24. FOMIN S.** - Kharkov Institute of Physics and Technology, Ukraine
Landau-Pomeranchuk effect and related phenomena at high energy particle interaction with matter.
7 juillet 1994
- 25. JAIN A.K.** - Bhabha Atomic Research Centre, Bombay, India
On anomalous large clustering from cluster knockout reactions.
15 septembre 1994
- 26. HOFFMANN M.** - Institut für Kernphysik, KFA Jülich
The correlated 2π exchange in the KN scattering.
16 septembre 1994
- 27. CAPELLA A.** - IPN Orsay
Fonction de structure et diffraction.
14 octobre 1994
- 28. CHEVALIER L.** - DAPNIA, CEN Saclay
Recherche du top à D0.
28 octobre 1994
- 29. SAVIN I.** - JINR Dubna and IPN Lyon
Nuclear spin structure functions. Status of the SMC experiment.
14 novembre 1994
- 30. VAUGLIN I.** - Observatoire de Lyon
Touchée, coulée. Une collision cosmique en direct.
25 novembre 1994
- 31. CUDELL J.R.** - McGill University
Le poméron mou : ébauche d'une théorie des collisions diffractives.
1er décembre 1994
- 32. VAN ISACKER P.** - GANIL Caen
Symétries dynamiques en structure nucléaire
2 décembre 1994
- 33. GOUSSET T.** - Ecole Polytechnique
Violation d'hélicité dans les processus exclusifs à grand transfert.
27 janvier 1995
- 34. DONZAUD C.** - GSI Darmstadt
Découverte de 50 nouveaux isotopes par fission d'un faisceau d' ^{238}U de 750 MeV/u.
17 février 1995

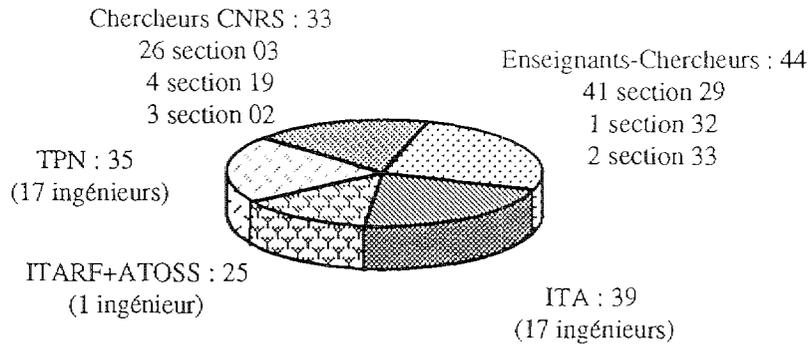
- 35. CERRUTI C.** - ULP Strasbourg
Processus d'agrégation, application à la multifragmentation nucléaire.
3 mars 1995
- 36. RAFELSKI J.** - University of Arizona and LPTHE, Université Paris 7
The strange quark-gluon plasma.
17 mars 1995
- 37. GERLICH D.** - Technische Universität Chemnitz-Zwickau-Institut für Physik
Dynamics of the growth of hydrogen clusters measured in a low temperature ion trap.
24 mars 1995
- 38. RICCI F.** - Università di Roma "La Sapienza"
La recherche des ondes gravitationnelles - 1er séminaire
27 mars 1995
- 39. LACHIEZE-REY M.** - DAPNIA, Service d'Astrophysique, Saclay
Les paramètres cosmologiques.
31 mars 1995
- 40. DE MARCILLAC P.** - CEA/DAPNIA/SPP, Saclay
De la matière noire aux anisotropies du 3K : le bolomètre au secours de la cosmologie observationnelle...
11 avril 1995
- 41. RICCI F.** - Università di Roma "La Sapienza"
La recherche des ondes gravitationnelles - 2ème séminaire
27 avril 1995
- 42. YPSILANTIS T.** - Collège de France
L'expérience HELLAZ.
28 avril 1995
- 43. CHEMARIN M.** - IPN Lyon
L3 et l'astrophysique.
2 mai 1995
- 44. RICCI F.** - Università di Roma "La Sapienza"
La recherche des ondes gravitationnelles - 3ème séminaire
4 mai 1995
- 45. BARRING O.** - Lund/CERN
Identification of gluon jets with a neural network technique.
5 mai 1995
- 46. RICCI F.** - Università di Roma "La Sapienza"
La recherche des ondes gravitationnelles - 4ème séminaire
11 mai 1995
- 47. GONDOLO P.** - LPTHE, Universités Paris VI et VII
Les neutralinos du halo sombre galactique.
12 mai 1995

- 48. BENLLIURE J.** - GANIL Caen
 Recherche d'un comportement critique dans la fragmentation du quasi-projectile dans la réaction Xe + Sn à 50 MeV/A.
 19 mai 1995
- 49. LUKIERSKI J.** - University of Wroclaw and University of Geneva
 Quantum deformations without and with supersymmetries.
 1er juin 1995
- 50. GIERES F.** - IPN Lyon
 Au sujet de l'enseignement et des prédictions de la mécanique quantique.
 9 juin 1995
- 51. RAPP R.** - Jülich
 Equation of state of an interacting hot pion gas.
 15 juin 1995
- 52. BOUQUET A.** - LPTHE, Université Paris VII
 AGAPE : recherche de matière noire en direction d'Andromède par effet de lentille gravitationnelle.
 16 juin 1995
- 53. LIPATOV L.** - Institut de Physique Théorique, St Petersburg
 Effective action for high energy processes in QCD.
 26 juin 1995
- 54. BUCURESCU D.** - Institute of Atomic Physics, Bucharest
 Universal correlations of nuclear observables in odd-A nuclei.
 7 juillet 1995
- 55. MÄRK T.D.** - Institut für Ionenphysik Innsbruck
 Fission of multiply-charged carbon cluster ions C_n^{Z+} ($2 < Z \leq 7$; $36 \leq n \leq 70$).
 11 septembre 1995
- 56. PEIGNE S.** - LPTHE Orsay
 Effet Landau-Pomeranchuk-Migdal en QCD
 8 décembre 1995

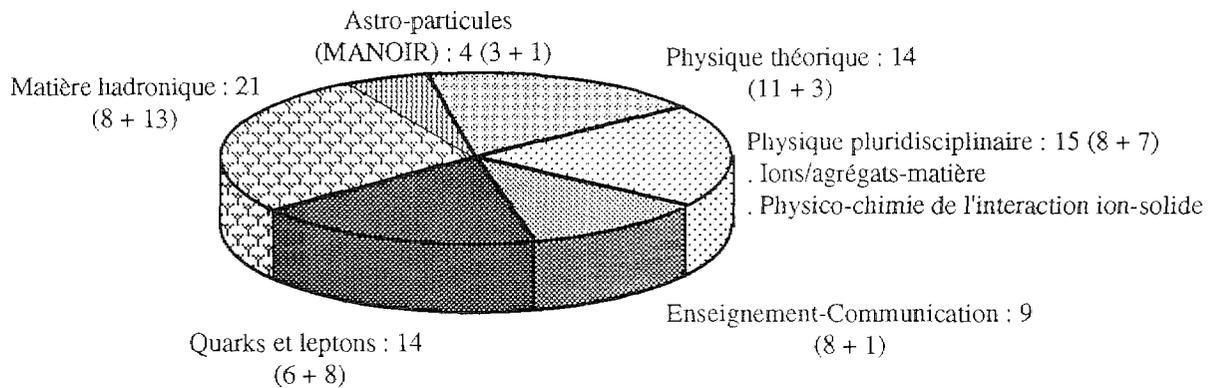


- EI : Energies Intermédiaires
- MIL : Mécanismes de réaction par Ions Lourds
- SNIL : Structure Nucléaire par Ions Lourds
- MANOIR : MATière NOIRe
- SMA : Service des Matériaux Avancés
- BIAS : Bombardement Ionique et Analyse de Surface
- CAS : Collisions Atomiques dans les Solides
- IPM : Interactions Particules Matière
- TSUR : Traitement de SURfaces

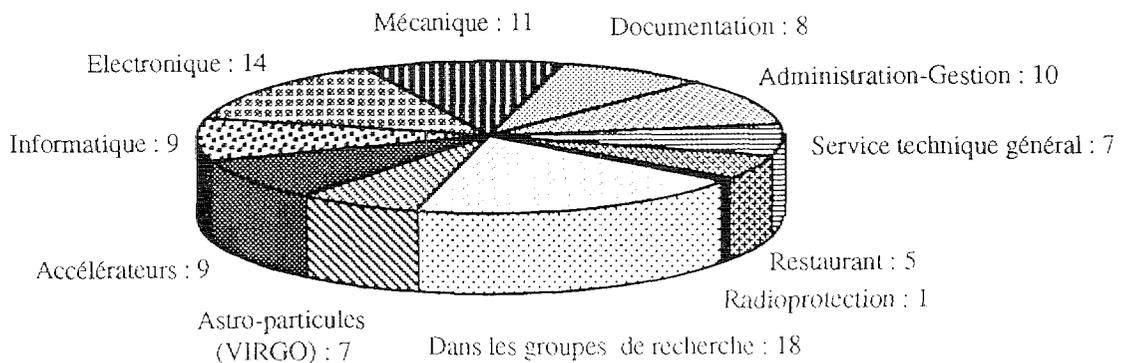
Personnel permanent : 176 personnes
(janvier 1996)



Enseignants-Chercheurs et Chercheurs permanents par thèmes
77 personnes (44 ES + 33 CNRS) (janvier 1996)



Répartition des personnels techniques et administratifs permanents :
99 personnes (janvier 1996)



ENSEIGNANTS-CHERCHEURS ET CHERCHEURS

* * * * *

ANTOLOGUS Pierre	CR	CNRS - 03	FAYARD Claude	PR	CNU - 29
ARTRU Xavier	DR	CNRS - 02	FIGUREAU Alain	CR	CNRS - 02
ASTIER Alain	CR	CNRS - 03	FLECK Sonia	MCF	CNU - 29
AUGUSTIN Jean-Eudes	DR	CNRS - 03	GAILLARD Michel-Jean	PR	CNU - 29
BASTARD Claude	MCF	CNU - 29	GERLIC Evelyne	CR	CNRS - 03
BEDJIDIAN Marc	CR	CNRS - 03	GIERES François	MCF	CNU - 29
BENYAGOUB Abdenacer	CR	CNRS - 19	GIFFON Maurice	PR	CNU - 29
BERAUD Robert	PR	CNU - 29	GROSSIORD Jean-Yves	DR	CNRS - 03
BERKES Istvan	PR	CNU - 29	GUICHARD Alain	DR	CNRS - 03
BILLEREY Roland	MCF	CNU - 29	GUINET Daniel	CR	CNRS - 03
BURQ Jean-Pierre	PR	CNU - 29	HAROUTUNIAN Roger	DR	CNRS - 03
CHAMBON Bernard	PR	CNU - 29	ILLE Bernard	DR	CNRS - 03
CHANFRAY Guy	PR	CNU - 29	KIBLER Maurice	PR	CNU - 29
CHANUT Yves	MCF	CNU - 29	LAKTINEH Imad	MCF	CNU - 29
CHAUSSARD Lionel	MCF	CNU - 29	LAMBERT Michel	PR	CNU - 29
CHEMARIN Michel	DR	CNRS - 03	LAMOT Georges	PR	CNU - 29
CHEVALLIER Michel	DR	CNRS - 03	LAUTESSE Philippe	MCF	CNU - 29
CHEVARIER Alain	PR	CNU - 32	LAVERRIERE Roger	MCF	CNU - 29
CHEVARIER Noelle	PR	CNU - 33	LEBRUN Patrice	CR	CNRS - 03
CHEYNIS Brigitte	CR	CNRS - 03	MALEK-OHLSSON Fairouz	CR	CNRS - 03
CONTARDO Didier	CR	CNRS - 03	MAREST Gilbert	PR	CNU - 29
DAUVERGNE Denis	CR	CNRS - 03	MARGUIER Georges	MCF	CNU - 29
DE JESUS Maryvonne	CR	CNRS - 03	MARTIN Jean-Paul	CR	CNRS - 03
DELORME Jean	DR	CNRS - 03	MEYER Jacques	PR	CNU - 29
DEMEYER Albert	PR	CNU - 29	MEYER Michèle	PR	CNU - 29
DENEGRIS Adèle	MCF	CNU - 29	MILLARD-PINARD Nathalie	MCF	CNU - 33
DEPASSE Pierre	MCF	CNU - 29	MIRABITO Laurent	CR	CNRS - 03
DESGROLARD Pierre	MCF	CNU - 29	MONCOFFRE Nathalie	CR	CNRS - 19
DRAIN Daniel	PR	CNU - 29	NAHABETIAN Robert	MCF	CNU - 29
DRAPIER Olivier	CR	CNRS - 03	PARTENSKY Alain	CR	CNRS - 02
DUFFAIT Roger	PR	CNU - 29	PIZZI Jean-René	DR	CNRS - 03
EL MAMOUNI Houmani	MCF	CNU - 29	POIZAT Jean-Claude	PR	CNU - 29
ELBAZ Edgard	PR	CNU - 29	REDON Nadine	CR	CNRS - 03
EMSALLEM André	MCF	CNU - 29	REMILLIEUX Joseph	PR	CNU - 29
ERICSON Magda	PR	CNU - 29	SMADJA Gérard	PR	CNU - 29
FALLAVIER Mireille	CR	CNRS - 19	STERN Martine	MCF	CNU - 29
FARIZON Bernadette	CR	CNRS - 03	THEVENET Christiane	MCF	CNU - 29
FARIZON Michel	MCF	CNU - 29	THOMAS Jean-Paul	DR	CNRS - 19
FAY Jean	CR	CNRS - 03			

INGENIEURS, TECHNICIENS ET ADMINISTRATIFS

* * * * *

ALLIAUME Thierry	T	ITA CNRS	JACQUIN Michel	T	ITARF UCBL
BASQUIN Josiane	AS	ITARF UCBL	JAFFREZIC Henri	IR	ITA CNRS
BEAU Gérard	AGT	ITARF UCBL	JARROUX Dominique	IE	ITA CNRS
BENOIT Alain	AJT	ITA CNRS	KIRSCH Robert	IR	ITA CNRS
BENSALAH Farid	AGT	ITARF UCBL	K-ISMAIL Nordin-Ali	CES	CNRS
BERGER Christiane	AI	ITA CNRS	LAGRANGE Bernard	IE	ITA CNRS
BERLIOZ Paul	AJT	ITARF UCBL	LAMBERT Michel	TP	TPN IN2P3
BON Didier	T	ITA CNRS	LEMOINE Christian	IP	TPN IN2P3
BONIN Henry	TP	TPN IN2P3	LOPEZ Jean-Pierre	T	ITA CNRS
BONINCHI Vincent	I	TPN IN2P3	MABO Jean-Claude	TE	TPN IN2P3
BOUVIER Robert	TP	TPN IN2P3	MACKOWSKI Jean-Marie	IP	TPN IN2P3
BULLIARD Philippe	AJT	ITARF UCBL	MADJAR Nico	I	TPN IN2P3
CALDERO Jean-Claude	IP	TPN IN2P3	MALLERET Serge	T	ITARF UCBL
CAMPOS Jennifer	AUX	ITARF UCBL	MARTIN Christophe	IE	ITA CNRS
CARLIER Nicole	AJA-P	ITA CNRS	MARTIN Jean	IR	ITA CNRS
CHAMPELOVIER Yves	T	TPN IN2P3	MATHEZ Hervé	AI	ITA CNRS
CHARNAY Jocelyne	AJT	ITARF UCBL	MAURELLI Georges	TP	TPN IN2P3
CHARTOIRE Martial	I	TPN IN2P3	MICHEL Christophe	IE	ITA CNRS
CHIODELLI Serge	TP	TPN IN2P3	MIGUET Michel	T	ITA CNRS
CHOSSON Lucile	AJA-P	ITARF UCBL	MORGUE Michel	IR	ITA CNRS
CIMMA Bernard	T	ITARF UCBL	MORGUE Danièle	AJT	ITARF UCBL
CLUZEL Pierre	IP	TPN IN2P3	MORIER Serge	TP	TPN IN2P3
COMBE Maurice	T	ITA CNRS	MOUNIER Franck	AJT	ITA CNRS
COMBROUX Alain	TP	TPN IN2P3	NAPOLITANO Michel	IR	ITA CNRS
CONTIS Roland	TP	TPN IN2P3	OLLIVIER Françoise	T	ITA CNRS
CROIZE Monique	AJT	ITA CNRS	OLLIVIER Thierry	IR	ITA CNRS
de MARINIS Marie France	AJA-P	ITARF UCBL	PANGAUD Patrick	AI	ITA CNRS
de PEINDRAY Bernadette	AGT	ITARF UCBL	PASTOR Christophe	I	TPN IN2P3
DUCIMETIERE David	AC	ITARF UCBL	PEREZ Ascension	CES	CNRS
DUCLLOT Jean Claude	IE	ITARF UCBL	PEREZ Michèle	AC 6D	ITARF UCBL
DUCLoux Andrée	T	ITA CNRS	PIERRE Marie Claire	AGT	ITARF UCBL
ESSERTAIZE Daniel	AI	ITA CNRS	PIGNARD Renée	IE	ITA CNRS
FARJOT Dominique	IE	ITA CNRS	PINARD Laurent	IR	ITA CNRS
FERRARI Mario	IP	TPN IN2P3	PLANTIER André	I	TPN IN2P3
FILLOL Raphael	T	ITA CNRS	REBOUILLAT Marc	I	TPN IN2P3
FLORES Sylvie	AGT	ITARF UCBL	REYNAUD Michel	TP	TPN IN2P3
GANAU Patrick	IE	ITA CNRS	RICO Pierre	AGT	ITARF UCBL
GARDIEN Serge	AI	ITA CNRS	ROCHIGNEUX François	TP	TPN IN2P3
GARDON Alain	AI	ITARF UCBL	SAES André	TP	TPN IN2P3
GELIN Georges	T	ITA CNRS	SAHUC Pierre	I	TPN IN2P3
GENRE Roger	I	TPN IN2P3	SAMY Bernard	TP	TPN IN2P3
GIROUX Jacques	IR	ITA CNRS	SAVARY Gilbert	AJT	ITARF UCBL
GOYOT Michel	IR	ITA CNRS	TAUTH Théodore	IP	TPN IN2P3
GUILLOT Gérard	Prép.	TPN IN2P3	UHLEN Daniel	T	ITARF UCBL
GUYON Jean	I	TPN IN2P3	VAGNERON Lionel	AI	ITA CNRS
HADINGER Gérold	IP	TPN IN2P3	VANSTEENKISTE Alain	AJT	ITA CNRS
HADJOUT Jean-Pierre	TP	TPN IN2P3	VANZETTO Sylvain	T	TPN IN2P3
HALOUANI Aïcha	AST	ITARF UCBL	VAXELAIRE Geneviève	AST	ITARF UCBL
HELLAL Djamel	CES	CNRS	VERDIER Georges	AJT	ITA CNRS
HERNAUS Zlatko	TE	TPN IN2P3	VERDIER Marie-France	CES	CNRS
JACMART Florence	AJA	ITA CNRS	WALDER Jean-Pierre	IE	ITA CNRS
JACQUET Guy	I	TPN IN2P3			

A T E R

* * *

BARBIER Rémi
BERTINI MarcBILLEBAUD Annick
CHAZAL VéréneLEBRETON Léna
NSOULI Bilal**DOCTORANTS**

* * * * *

BARBIER Gauzelin
BELLAICHE Frédéric
BENHAMMOU Yan
BERTINI Denis
BISQUER Eric
CHAZAL Véréne
CLERGEAU Jean-François
DEBRE Olivier
DOGNIN Lionel
DUCROUX LaurentDURAND Jean-Damien
ERNENWEIN Jean-Pierre
FAUSSEMAGNE Arielle
GALICHET Emmanuelle
GOURMELEN Stéphane
KRIKEB Ali
LEBLOND Edith
LOUC Sandrine
MARTIN Franck
MARTIN PhilippeMORGADO Nazario
PECOURT Sophie
PERRIES Stéphane
ROUVIER Frédéric
SANUY Frédéric
SOMATRI Rabia
VIDOVIC Zvonimir
VITERITTI Sylvia
ZACH François**VISITEURS ETRANGERS**

* * * * *

* MAGDA Tatiana	SUNY Stony Brook	USA	01.01.94 au 14.02.94
" "	" "	"	09.05.94 au 19.06.94
" "	" "	"	04.10.94 au 03.11.94
* KRUGLOV Nikolaï	Univ. de Moscou	Russie	01.02.94 au 30.04.94
* TCHIKILEV Oleg	IHEP Protvino	Russie	01.03.94 au 30.06.94
* LENGYEL Alexander	IEP Uzhgorod	Ukraine	
# TIRIRA Jorge	Univ. de Namur	Belgique	01.04.94 au 30.06.94
# OUASKIT Saïd	Univ. Casablanca	Maroc	01.05.94 au 30.06.94
# MOLINARI Alfredo	Univ. de Turin	Italie	01.06.94 au 30.06.94
* NIKOLAENKO Vladimir	IHEP Protvino	Russie	15.06.94 au 14.10.94
* KODOLOVA Olga	Inst. Phys. Nucl. Moscou	Russie	01.09.94 au 30.11.94
* OLADIPO Adewale	Université d' Ile-Ife	Nigéria	
# SAVIN Igor	JINR Dubna	Russie	18.10.94 au 18.11.94
** SCHIETTEKATTE François	INRS Québec	Canada	28.11.94 au 24.12.94
* KERBIKOV Boris	ITEP Moscou	Russie	15.02.95 au 14.05.95
* RICCI Fulvio	Univ. de Rome	Italie	06.03.95 au 05.06.95
* OLADIPO Adewale	Univ. Ile-Ife	Nigéria	01.04.95 au 30.06.95
* AOUISSAT Zoheir	IKP Jülich	Allemagne	15.04.95 au 14.07.95
* TCHIKILEV Oleg	IHEP Protvino	Russie	01.05.95 au 31.07.95
* MOUSIENKO Yuri	INR Moscou	Russie	08.05.95 au 07.09.95
** BOURGOIN Daniel	INRS Québec	Canada	15.06.95 au 15.07.95
* SHARPEY-SCHAFFER John	Univ. de Liverpool	Angleterre	20.06.95 au 19.07.95
* QIAN Sijin	CERN Genève	Suisse	01.07.95 au 30.09.95
* MANDUCI Loredana	Inst. Prof. Bergame	Italie	01.10.95 au 31.12.95
* SI MOHAND Djamel	Alger	Algérie	01.11.95 au 31.12.95

* Visiteur Etranger IN2P3
** Boursier Ministère Aff. Etrangères
Enseignant Invité U.C.B. LYON I

Réalisation

Composition : Jocelyne Charnay
Andrée Ducloux
Sylvie Florès
Michèle Perez
Dessin : Zlatko Hernaus
Informatique : Martial Chartoire

Edition

Imprimerie Label-Läys
153, rue Cuvier - 69006 Lyon



UMR 6422

43, BOULEVARD du 11 NOVEMBRE 1918
69622 VILLEURBANNE Cedex, FRANCE

Téléphone : (33) 74 44 80 00
Télécopie : (33) 72 44 80 04
SERVEUR WWW : <http://lyoinfo.in2p3.fr/>