TABLE DES MATIERES

PARTIE A - EXPLOITATION ET AMELIORATIONS DES MOYENS EXPERIMENTAUX.....1

A.I. - Bilan d'exploitation et évolution des accélérateurs Tandem et 4 MeV.....2

A.I.1. - Exploitation et évolution des accélérateurs.....2

A.I.2. - Informatisation du Tandem.....5

A.II. - Banc source.....6

A.II.1. - Description générale.....6

A.II.2. - Etude de l'optique.....14

A.II.3. - Informatisation.....14

A.II.4. - Développement de sources d'ions.....16

A.II.5. - Sûreté de l'installation.....16

A.III. - Expérience d'interaction ions lourds-plasmas.....16

A.III.1. - Expérience faisceau-feuille.....20

A.III.2. - Etat actuel de l'installation.....21

A.III.3. - Mise au point des diagnostics et de l'acquisition des données.....23

A.III.4. Code de simulation.....27

A.IV. - Microsonde nucléaire.....28

A.V. - Développement d'appareillage et technologie.....31

A.VI. - Informatique.....33

A.VII. - Calcul scientifique.....37

Note CEA-N-2500

DESCRIPTION-MATIERE *(mots clefs extraits du thesaurus SIDON/INIS)*

en français	*en anglais*
PROGRAMMES DE RECHERCHE	RESEARCH PROGRAMS
C E A	C E A
PHYSIQUE NUCLEAIRE	NUCLEAR PHYSICS
FISSION	FISSION
REACTIONS PAR NEUTRONS	NEUTRON REACTIONS
DIFFUSION	SCATTERING
CAPTURE	CAPTURE
REACTIONS PAR IONS LOURDS	HEAVY ION REACTIONS
CHAMP AUTO-CONSISTANT	SELF CONSISTENT FIELD
MODELES NUCLEAIRES	NUCLEAR MODELS
RENORMALISATION	RENORMALIZATION
ASTROPHYSIQUE	ASTROPHYSICS
NEUTRINOS	NEUTRINOS
NUCLEOSYNTHESE	NUCLEOSYNTHESIS

NOTE CEA-N-2500 - NEANDC(E) 239 "L" - INDC(FR) 68/L - Collectif

COMPTE RENDU D'ACTIVITE DU SERVICE DE PHYSIQUE ET TECHNIQUES NUCLEAIRES POUR L'ANNEE 1985.

Sommaire *- Ce compte rendu présente les travaux de Physique Nucléaire effectués au sein du Service de Physique et Techniques Nucléaires du Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel pendant l'année 1985.*

Il comprend : une partie sur les activités techniques et les équipements, puis une partie sur les données nucléaires traitant des aspects mesure, interprétation et évaluation. La troisième partie concerne les modèles nucléaires : modèles de diffusion, application des théories self-consistantes, et la dernière partie la théorie des champs et l'astrophysique.

1986 *133 p.*

Commissariat à l'Energie Atomique - France

NOTE CEA-N-2500 - NEANDC(E) 239 "L" - INDC(FR) 68/L - Collectif

PROGRESS REPORT OF THE NUCLEAR PHYSICS AND TECHNOLOGY DIVISION FOR THE YEAR 1985.

Summary *- This progress report gives a presentation of the nuclear physics work carried out in the Nuclear Physics and Technology Division (C.E. Bruyères-le-Châtel) during the year 1985.*

It includes a part concerning technical activities and equipments, then a part on measurement, interpretation and evaluation of nuclear data. The third part is devoted to nuclear models : scattering models and application of self-consistent theories, and the last part field theory and astrophysics.

1986 *133 p.*

Commissariat à l'Energie Atomique - France

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel
Service de Physique et Techniques Nucléaires
Section Expérience et Evaluation
B.P. n° 91680 BRUYERES-LE-CHATEL (France)

TELEPHONE : (1) 64-90-40-37

A TOUS LES DESTINATAIRES DE :

- CEA-N-2500, NEANDC(E) 239 "L" - INDC(FR) 68/L (1986)
et NSE 93 (1986)43

Chaque spectre gamma présenté dans le rapport CEA-N-2500 p. 43 et dans N.S.E p. 49-52, doit être multiplié par le facteur correspondant donné dans le tableau joint pour obtenir la valeur absolue de la section efficace en mb/sr.MeV.

Nous remercions Mr et Mme D. GARDNER (LLNL) d'avoir révélé cette erreur.

Référence

1) J. VOIGNIER, S. JOLY and G. GRENIER, Nucl. Sci. Eng., 93, 43 (1986).

TO ALL RECIPIENTS OF :

- CEA-N-2500, NEANDC(E) 239 "L" - INDC(FR) 68/L (1986)
and NSE 93 (1986)43

Each gamma spectrum presented in CEA-N-2500 p. 43 and N.S.E 93 (1986) p.49-52 has to be multiplied by the corresponding factor given in the enclosed table in order to get the absolute cross section in mb/sr.MeV.

We are very grateful to Donald and Maureen GARDNER (LLNL) for pointing out this error.

Reference

1) J. VOIGNIER, S. JOLY and G. GRENIER, Nucl. Sci. Eng., 93, 43 (1986).

TABLE

Multiplicative factor for the energy distributions of capture gamma rays

ELEMENT	FACTOR	ELEMENT	FACTOR	ELEMENT	FACTOR
^{nat}Cu	3.19	^{156}Gd	3.94	^{184}W	3.85
^{63}Cu	3.46	^{157}Gd	4.45	^{186}W	3.88
^{65}Cu	3.40	^{158}Gd	3.82	^{139}La	3.50
^{89}Y	3.58	^{160}Gd	3.60	^{159}Tb	3.80
^{nat}Zr	3.59	^{181}Ta	3.84	^{nat}Re	3.60
^{93}Nb	3.93	^{nat}W	3.69	^{nat}Pt	4.02
^{nat}Gd	4.10	^{182}W	3.86	$^{nat}T\ell$	3.15
^{155}Gd	4.69	^{183}W	4.29	^{209}Bi	3.58

- Note CEA-N-2500 -

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

COMPTE RENDU D'ACTIVITE
DU SERVICE DE PHYSIQUE NEUTRONIQUE ET NUCLEAIRE
POUR L'ANNÉE 1985

PREFACE

En juin 1985, la partie du Service de Physique Neutronique et Nucléaire (PNN) implantée dans le Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel s'est elle-même érigée en Service : le Service de Physique et Techniques Nucléaires (PTN). Quelques points marquants des activités effectuées en 1985 et touchant à la fois aux aspects techniques, expérimentaux et théoriques, sont brièvement indiqués ci-après.

Sur le plan technique , le bilan d'utilisation des deux accélérateurs Van de Graaff du Service fait apparaître un taux de 30 % pour les expériences de Physique Nucléaire proprement dite, d'où une baisse très sensible, au profit des autres utilisations : étalonnages de détecteurs et irradiations diverses pour d'autres Unités du C.E.A., et surtout exploitation accrue par le Service SEA de Saclay de la microsonde nucléaire installée sur l'accélérateur 4 MV.

L'informatisation des principaux équipements du Van de Graaff Tandem est en voie d'achèvement de sorte que l'exploitation du système informatisé deviendra possible courant 1986. Ce même accélérateur a été équipé de façon à permettre l'injection d'ions négatifs allant jusqu'à la masse 200, d'où de nouvelles possibilités expérimentales.

L'installation du banc source en vue de mesures de sections efficaces de réactions entre noyaux légers s'est poursuivie activement, ainsi que les études associées, et notamment dans la mise au point de l'optique, de l'informatisation, et des diverses sources d'ions envisagées.

Dans le cadre des équipements prévus pour étudier le comportement d'ions lourds traversant un plasma créé par laser, l'effort a plus particulièrement porté cette année sur la mise au point des diagnostics et l'acquisition des données. En attendant la phase d'exploitation, des expériences d'interaction faisceau-feuille ont été effectuées et interprétées et un code de simulation de l'interaction ions lourds-plasma a été mis au point en prenant en compte les processus atomiques prépondérants.

Signalons enfin la possibilité d'utiliser, grâce au regroupeur HF du Service, des faisceaux pulsés de protons d'impulsions très courtes, de l'ordre de 150 ps de largeur à mi-hauteur.

Dans le cadre des mesures et de leurs interprétations, signalons la publication des résultats d'une expérience particulièrement délicate à réaliser : la mesure de la section efficace de la réaction ^{239}Pu (n,2n) du seuil à 13 MeV, dont une interprétation théorique cohérente a été également donnée.

Des sections efficaces absolues de capture radiative neutronique ont été mesurées dans la région du MeV sur les éléments Sc, Ti, et Cs. Une synthèse a été

faite des mesures de capture effectuées jusqu'ici à Bruyères-le-Châtel sur 26 éléments. Signalons également la thèse de Serge JOLY centrée sur l'étude des divers processus de capture dans le domaine d'énergie élargi 0,5-20 MeV et sur une large gamme de masses nucléaires. Une mesure de diffusion de neutrons sur ^{238}U a été réalisée à 21,4 MeV. Dans le cadre des études récemment développées sur les réactions entre noyaux légers, des mesures de spectres de neutrons émis dans le cas de plus de deux particules en voie de sortie ont été faites et interprétées théoriquement.

Les études de réactions entre ions lourds se sont poursuivies à partir d'expériences sur GANIL et SARA dans le cadre de diverses collaborations (DPhN-MF/Saclay, IPN/Lyon, GANIL/Caen). La tendance est à présent de préparer des mesures de multiplicités des neutrons produits.

Sur le plan théorique plusieurs faits marquants sont à signaler. En ce qui concerne l'étude et le développement des modèles de réactions, un Meeting recommandé par le NEANDC et organisé par l'OCDE a eu lieu à PARIS en novembre 1985 sur l'utilisation du modèle optique pour le calcul des sections efficaces neutroniques au-dessous de 20 MeV. Le Service PTN y a largement contribué, notamment par 5 exposés invités sur différents aspects liés à ce même thème. Certains d'entre eux concernent en particulier les progrès réalisés grâce à l'inclusion dans le modèle d'ingrédients provenant de calculs microscopiques.

L'application des méthodes type Hartree-Fock développées dans le Service s'est poursuivie dans divers domaines. La crédibilité des résultats obtenus a pu être testée favorablement dans l'interprétation de propriétés spectroscopiques de noyaux instables, tels que ^{68}Ni, qui commencent à être connus expérimentalement. Un grand nombre des applications originales qui ont été faites dans le cadre de la fission nucléaire et des réactions entre ions lourds a fait l'objet d'une thèse remarquée présentée par Jean-François BERGER. Les méthodes matricielles avec contraintes utilisées à PTN ont été étendues en Physique Atomique grâce à la mise au point de bases multi-oscillateurs adaptées.

Enfin, toujours dans le domaine des études théoriques, des progrès intéressants ont été réalisés dans la compréhension et la simulation numérique de phénomènes physiques associés à l'explosion des supernovae.

J. SALVY
Chef du Service PTN

Je tiens particulièrement à remercier Mme MICHEL et Mme BONNEAU qui ont assuré la présentation matérielle de ce document, ainsi que les Chefs de Section sans lesquels son édition aurait été compromise.

TABLE DES MATIERES

PARTIE A - EXPLOITATION ET AMELIORATIONS DES MOYENS EXPERIMENTAUX.....1

A.I. - Bilan d'exploitation et évolution des accélérateurs Tandem et 4 MeV.....2

A.I.1. - Exploitation et évolution des accélérateurs.....2

A.I.2. - Informatisation du Tandem.....5

A.II. - Banc source.....6

A.II.1. - Description générale.....6

A.II.2. - Etude de l'optique.....14

A.II.3. - Informatisation.....14

A.II.4. - Développement de sources d'ions.....16

A.II.5. - Sûreté de l'installation.....16

A.III. - Expérience d'interaction ions lourds-plasmas.....16

A.III.1. - Expérience faisceau-feuille.....20

A.III.2. - Etat actuel de l'installation.....21

A.III.3. - Mise au point des diagnostics et de l'acquisition des données.....23

A.III.4. Code de simulation.....27

A.IV. - Microsonde nucléaire.....28

A.V. - Développement d'appareillage et technologie.....31

A.VI. - Informatique.....33

A.VII. - Calcul scientifique.....37

CONTENTS

PART A - UTILIZATION AND IMPROVEMENTS OF THE EXPERIMENTAL FACILITIES.....1

A.I. - Tandem and 4 MeV accelerator status report.....2

A.I.1. - Operating conditions of the accelerators.....2

A.I.2. - Computer control.....5

A.II. - Ion source test stand.....6

A.II.1. - General description.....6

A.II.2. - Beam envelope.....14

A.II.3. - Computer control.....14

A.II.4. - Ion source development.....16

A.II.5. - Safety study.....16

A.III. - Heavy ions - plasma interaction studies.....16

A.III.1. - Beam-foil experiment.....20

A.III.2. - Status of the facility.....21

A.III.3. - Diagnostics and data acquisition system.....23

A.III.4. - Numerical simulation code.....27

A.IV. - Nuclear microprobe.....28

A.V. - Apparatus development and technology.....31

A.VI. - Informatics.....33

A.VII. - Scientific programming.....37

PARTIE B - DONNEES NUCLEAIRES : MESURES, INTERPRETATIONS, EVALUATIONS.....38

B.I. - Mesures de données neutroniques.....39

B.I.1. - Amélioration des moyens expérimentaux.....39

B.I.2. - Faisceaux de neutrons monoénergétiques étalonnés.....40

B.I.3. - Mesure de la section efficace de capture du scandium, du titane et du césium.....41

B.I.4. - Sections efficaces et spectres de rayonnements gamma de capture pour des neutrons d'énergie comprise entre 0,5 et 3.0 MeV et des noyaux de masse comprise entre 63 et 209 (étude de synthèse).....42

B.I.5. - Mesure de la section efficace ^{239}Pu(n,2n) du seuil à 13 MeV.....44

B.I.6. - Diffusion de neutrons de 8 MeV sur ^{190}Os, ^{192}Os et ^{194}Pt.....46

B.I.7. - Mesure de sections efficaces élastique et inélastique de neutrons de 21,4 MeV sur ^{238}U.....47

B.II. - Evaluations de Données.....49

B.II.1. - Evaluation de $\bar{\nu}$p pour ^{235}U, ^{238}U et ^{239}Pu.....49

B.II.2. - Section efficace ^{239}Pu (n,2n) du seuil à 20 MeV.....51

B.II.3. - Transformation cinématique des sections efficaces doublement différentielles.....51

B.II.4. - Spectres de particules émises dans une réaction à 3 corps : réactions ^{6}Li, ^{7}Li (d,n).....53

B.III. - Etude du processus de fission.....56

B.III-1. - Etude des configurations froides de fission.....56

PARTIE B - NUCLEAR DATA : MEASUREMENTS, INTERPRETATIONS, EVALUATIONS.....38

B.I. - Measurements of neutron data.....39

B.I.1. - Improvements of experimental resources.....39

B.I.2. - Standardized monoenergetic neutron beams.....40

B.I.3. - Fast neutron capture cross sections of scandium titatium and cesium 41

B.I.4. - Capture cross sections and gamma-ray spectra from the interaction of 0.5 to 3. 0 MeV neutrons with nuclei in the mass range A = 63 - 209 42

B.I.5. - Measurement of the ^{239}Pu(n,2n) cross section between threshold and 13 MeV.....44

B.I.6. - Neutron scattering on ^{190}Os, ^{192}Os and ^{194}Pt at 8 MeV.....46

B.I.7. - Neutron scattering cross sections for ^{238}U at 21.4 MeV.....47

B.II. - Evaluations of nuclear data.....49

B.II.1. - Evaluation of $\bar{\nu}_p$ for ^{235}U, ^{238}U and ^{239}Pu.....49

B.II.2. - ^{239}Pu(n,2n) cross section from threshold to 20 MeV.....51

B.II.3. - Kinematic transformation of double differential cross sections 51

B.II.4. - Secondary particle spectra in the 3-body ^{6}Li, ^{7}Li(d,n) réactions 53

B.III. - Study of fission process.....56

B.III.1 - Cold fission configuration studies.....56

B.IV. - ETUDE DES REACTIONS ENTRE IONS LOURDS.....61

B.IV.1 - Détecteur à plaques parallèles de grande surface.....61

B.IV.2 - Automatisation des plateaux de la chambre à réaction du système CASIMIR 62

B.IV.3 - Etude des fragments de faible énergie cinétique : système ^{20}Ne + ^{93}Nb à 30 MeV/u.....63

B.IV.4 - Etude semi-exclusive de la réaction ^{84}Kr + ^{93}Nb à 34,5 MeV/u.....67

B.IV.5 - Etude du moment de transfert linéaire par la mesure des coincidences fragments de fission-particules légères.....70

PARTIE C - MODELES NUCLEAIRES : ETUDES ET APPLICATIONS.....77

C.I. - Modèles de diffusion et calculs de sections efficaces.....78

C.I.1. - Application d'un modèle optique semi-microscopique au calcul de données nucléaires 78

C.I.2. - Diffusion de neutrons par ^{190}Os, ^{192}Os, ^{194}Pt à E_n = 8 MeV.82

C.I.3. - Diffusion de nucléons par ^{40}Ca aux énergies E_n < 80 MeV...82

C.I.4. - Analyse de la diffusion de nucléons par ^{16}O aux énergies E_n < 50 MeV.....83

C.I.5. - Diffusion de nucléons par les bandes β et γ du ^{184}W.....84

C.I.6. - Effet du couplage des multiphonons sur la diffusion des protons par ^{40}Ca.....85

C.I.7. - Revues sur différents aspects de l'utilisation du modèle optique 86

C.II - Applications des théories self-consistantes 89

C.II.I. - Interprétation microscopique du 2° état 0^+ du ^{68}Ni. Calcul de la période 89

B.IV. - STUDY OF HEAVY ION-INDUCED REACTIONS.....61

B.IV.1 - A large area parallel plate avalanche counter.....61

B.IV.2 - Automatization of the reaction chamber plates in the experimental CASIMIR system.....62

B.IV.3 - Investigation of the low kinetic energy fragments : ^{20}Ne + ^{93}Nb system at 30 MeV/u.....63

B.IV.4 - Semi-exclusive study of ^{84}Kr (34,5 MeV/u) + ^{93}Nb 67

B.IV.5 - Fission fragment light particle coincidences and linear momentum transfer 70

PARTIE C - NUCLEAR MODELS : STUDIES AND APPLICATIONS.....77

C.I. - Scattering models and cross section calculations.....78

C.I.1. - Use of results from microscopic methods in optical model calculations 78

C.I.2. - Neutron scattering from ^{190}Os, ^{192}Os, ^{194}Pt at E_n= 8 MeV.82

C.I.3. - Nucleon scattering from ^{40}Ca at E_n < 80 MeV.....82

C.I.4. - Analysis of nucleon scattering from ^{16}O at En < 50 MeV....83

C.I.5. - Nucleon scattering from β- and γ- bands of ^{184}W.....84

C.I.6. - Feedback of multiphonons on proton scattering from ^{40}Ca...85

C.I.7. - Review on different aspects of the use of optical model..86

C.II - Applications of self-consistent theories.....89

C.II.I. - Microscopic interpretation of the 0_2^+ level of ^{68}Ni. calculation of the period.....89

C.II.2 - Calculs microscopiques des densités de transition des états 2^+, 4^+, 6^+ du ^{152}Sm 93

C.II.3 - Mise au point d'un code Hartree-Fock atomique à température non nulle 94

PARTIE D - THEORIE DES CHAMPS ET ASTROPHYSIQUE. 98

D.I. - Structure à 2 particules et renormalisation 99

D.II - Transitions de phases et réactions entre ions lourds 100

D.III - Astrophysique 101

D.III.1 - Evolution dynamique d'une étale polytropique : aspect numérique 101

D.III.2 - Equation d'état par simulations à N corps 106

D.III.3 - Transport des neutrinos en milieu stellaire dense 109

D.III.4 - Nucléosynthèse et évolution chimique des éléments légers : ^{2}H, ^{3}He, ^{4}He, ^{6}Li, ^{7}Li, ^{9}Be ^{10}B, ^{11}B.....115

PARTIE E : BIBLIOGRAPHIE 117

PARTIE F : SEMINAIRES 129

C.II.2 - Microscopic calculations of the transition densities for the 2^+, 4^+, 6^+ states of ^{152}Sm 93

C.II.3 - Hartree-Fock statistical code in Atomic Physics 94

PART D : - FIELD THEORY AND ASTROPHYSICS 98

D.I. - Two particle structure and renormalisation.....99

D.II - Heavy ion reactions and (or) phase transitions.....100

D.III - Astrophysics.....101

D.III.1 - Dynamic evolution of a polytropic star : numerical aspect.....101

D.III.2 - Equation of state : Many-Body simulation.....106

D.III.3 - Neutrino transport in dense stellar matter.....109

D.III.4 - Nucléosynthesis and chemical evolution of the light elements : ^{2}H, ^{3}He, ^{6}Li ^{7}Li, ^{9}Be, ^{10}B, ^{11}B.....115

PART E : BIBLIOGRAPHY.....117

PART F : SEMINARS 129

PARTIE A :

EXPLOITATION ET AMÉLIORATIONS DES MOYENS EXPERIMENTAUX

A.I. - BILAN D'EXPLOITATION ET EVOLUTION DES ACCELERATEURS

Tandem and 4 MeV accelerator status report.

A.I.1. - Exploitation et évolution des accélérateurs

(A. DANDINE, J. BARDY, A. COURTAIN et les techniciens du groupe accélérateurs)

The total running time was of 1323 hours for the Tandem and 1502 hours for the 4 MeV facility. We intend to control the Tandem parameters by a mini computer via a camac network and for this purpose two months have been devoted to power supply modifications and this will be pursued during the next year to be able to read and to control almost all the parameters. A large part of the running time of the Tandem and 4 MeV facilities has been devoted to non nuclear physics.

A.I.1.1. - Van de Graaff Tandem 7 MV

En 1985, le temps total d'utilisation du Tandem a été de 1323 heures, soit environ la moitié du temps total de travail [cf. tableau A.1. Temps d'exploitation des accélérateurs].

L'autre moitié a été consacrée pour l'essentiel :

a) à l'entretien et aux réparations [631 heures]. Trois ouvertures du tank ont été effectuées au cours desquelles il a été notamment procédé :

- au changement de la courroie, qui avait plus de 5200 heures de fonctionnement ;
- au changement du moteur d'entrainement de la courroie ;
- au remplacement des feuilles de carbone du "stripper";
- au contrôle des résistances de colonne et au remplacement de celles qui étaient défectueuses ;
- au contrôle et au remplacement des peignes de charge et de décharge et des pointes Corona.

Accélérateurs	Van de Graaff Tandem 7 MV	Van de Graaff 4 MV
Temps total	2668	2830
Entretien et réparations	631	856
Etudes et améliorations	550	155
Réglages	164	317
Temps total de fontionnement	1323	1502
Protons-deuterons Ions lourds	1043 280	1502 -
Utilisation PTN	335	353
Microsonde Nucléaire		636
Prestations internes Prestations externes	828 160	- 513

Tableau A.1.

Temps d'exploitation des accélérateurs [en heures] 1985.

b) aux études et améliorations [550 heures].

- La plus grande partie du temps imparti aux études et améliorations a été consacrée à la mise en place des commandes et contrôles informatisées des principaux équipements du Tandem : sources d'ions, aimants, lentilles de focalisation, déviateurs, pompes à vide, vannes [cf. A.I.2.].
  La mise en exploitation du système informatisé devrait être effectuée au cours de l'année 1986.

- D'autre part, la ligne d'injection d'ions lourds a été équipée d'un aimant de produit $\frac{ME}{Z^2} = 25$ et d'un triplet plus puissant, l'ensemble permettant de dévier et de focaliser des ions négatifs de masse $M < 200$, à $E = 100$ keV.
  Parallèlement une nouvelle source à fort débit d'ions lourds négatifs a été étudiée et réalisée [cf. A.II.4.].

- Enfin le programme de remplacement progressif des pompes turbomoléculaires par des pompes à diffusion d'huile à très faible tension de vapeur a été poursuivi. Le vide obtenu sur la ligne de faisceau ions-lourds est passé de 10^{-6} mbar à 10^{-7} mbar, améliorant ainsi la transmission du faisceau sur cette ligne.

A.I.1.2. - Van de Graaff 4 MV

L'accélérateur Van de Graaff 4 MeV a été utilisé pendant 1502 heures essentiellement consacrées à l'accélération de protons et deutons. Des particules d'hélium 3 et 4 ont été produites pour l'utilisation de la microsonde. 353 heures ont été mises à la disposition des physiciens du Service P.T.N., 636 heures ont été consacrées à l'exploitation de la microsonde nucléaire, tandis que 513 heures étaient réservées à des prestations diverses (Université d'ORSAY, ETCA, CTHIR de Fontenay-aux-roses...).

Le tank a été ouvert 16 fois dont 9 fois pour un changement de source. Le tube accélérateur a été changé en raison de son mauvais fonctionnement à la suite d'une présence de SF_6 due à une fuite au niveau de la source.

Nous avons également changé la boite de pulsation. Les autres ouvertures ont été provoquées par des pannes sur des alimentations placées dans l'électrode haute tension, sur une fuite thermo-mécanique défectueuse et sur un système de télécommande.

A.I.2. - Informatisation du Tandem

(A. COURTAIN, R. DEI-CAS, Y. de PENQUER, J.P. LAGET, R. FAUJOUR, T. LAURENS*, D. MASSERON, P. MICHAUD, P. PONCELET* et les techniciens du groupe accélérateur).

Les travaux d'informatisation du Tandem ont été entrepris en 1984 (cf. Rapport d'activité 1984 - CEA-N-2448) et plusieurs actions ont été poursuivies cette année :

- transformation et cablage des différentes alimentations ;
- installation d'un miniordinateur MACAC (cf. Rapport d'activité 1984) consacré uniquement aux tâches de commande-contrôle.
- développement, installation et essais d'interfaces électroniques en standard CAMAC.

L'utilisation du MITRA 225 pour la commande-contrôle, simultanément aux travaux d'acquisition de données et de dépouillement, présentait un certain nombre de difficultés (manque de rapidité et de fiabilité) et donc un miniordinateur spécifique MACAC, construit autour d'un circuit MOTOROLA 68000, a été installé. La gestion des images de la console "TOUCH PANEL" et les fonctions CAMAC ont été réécrites en bénéficiant des possibilités du logiciel développé pour le 68000 (RMS 68 K : Real time Multitasking Software) qui est un noyau temps réel multi-tâches autour duquel a été bâti le système de gestion des fichiers. Par ailleurs, des améliorations ont été introduites en particulier sur le réglage fin des paramètres. Le logiciel développé sera utilisable aussi pour le contrôle du banc source (cf. A.II).

Des essais de commande et de lecture de tensions et de courants de plusieurs alimentations ont été effectués. Ces essais ont été positifs mais limités par le nombre de baies de mesure équipées (transducteurs, shunts etc...). Pour optimiser certains réglages ceux-ci devront être réalisés manuellement et ensuite pris en compte par l'ordinateur. A cet effet nous avons réalisé un tiroir électronique en standard CAMAC assurant la mise en forme de commandes sensitives, consistant en un bouton de réglage couplé à un générateur de signaux incrémentaux (composant de chez MICRO CONTROLE). Le tiroir gère deux commandes, ceci pour permettre le réglage d'un couple de paramètres. L'opérateur peut prendre en main un réglage et observer les effets produits sur des paramètres situés en aval du point de réglage. Lorsque ce dernier est optimal, l'ordinateur le mémorise et ce nouveau réglage servira pour une future expérience du même type. Des tiroirs identiques seront utilisés pour le banc source.

---

* Stagiaire universitaire.

Une amélioration a été apportée sur le système d'asservissement en phase de la puissance HF du regroupeur. La phase relative entre le signal HF (162 MHz) détecté dans la cavité (un diviseur ramène la fréquence à 2,5 MHz) et l'instant de passage de la bouffée, détectée à l'aide d'une boucle capacitive et d'un détecteur de passage par zéro, est utilisée comme signal d'erreur. On observe assez fréquemment des décrochages du circuit d'asservissement lorsque la division s'effectue mal, soit parce que la puissance injectée dans la cavité est trop faible, soit par manque de quelques bouffées (claquages). Un circuit spécifique a été étudié qui détecte ces décrochages, en détermine l'origine, et replace automatiquement les circuits d'asservissement dans leur plage de fonctionnement ; les essais sont en cours.

A.II. - BANC SOURCE

(J. BARDY, R. BODIN, A. COURTAIN, A. DANDINE, G. DALBERA, R. DEI-CAS, G. GOMES, L. MATHIEU, R. FAUJOUR, Y. de PENQUER, P. MICHAUD).

Ion source test stand

The assembling of the ion source test stand described in the previous annual report has been started and should be achieved in the first part of the next year. This facility will be controlled by a mini computer. Three different ion sources are assembled and are in a test phase.

A.II.1. - Description générale

La figure A.II.1. représente le schéma d'installation du banc source 150 kV et du VdG - 500 kV. Le banc source comprend trois parties principales :

- une plate-forme isolée à 150 kV ;
- une ligne de faisceau ;
- un pupitre de commande.

La plate-forme isolée à 150 kV est enfermée dans une cage grillagée de 4 m x 4 m, mise à la masse. Elle a pour dimensions : 2,50 m x 0,80 m. Elle supporte l'extrémité haute tension du tube accélérateur, la source d'ions, les alimentations électriques HT et BT, une pompe à vide, les interfaces de commande et de contrôle informatisés. Elle comporte en outre :

- le tube accélérateur qui a été décrit dans le précédent rapport

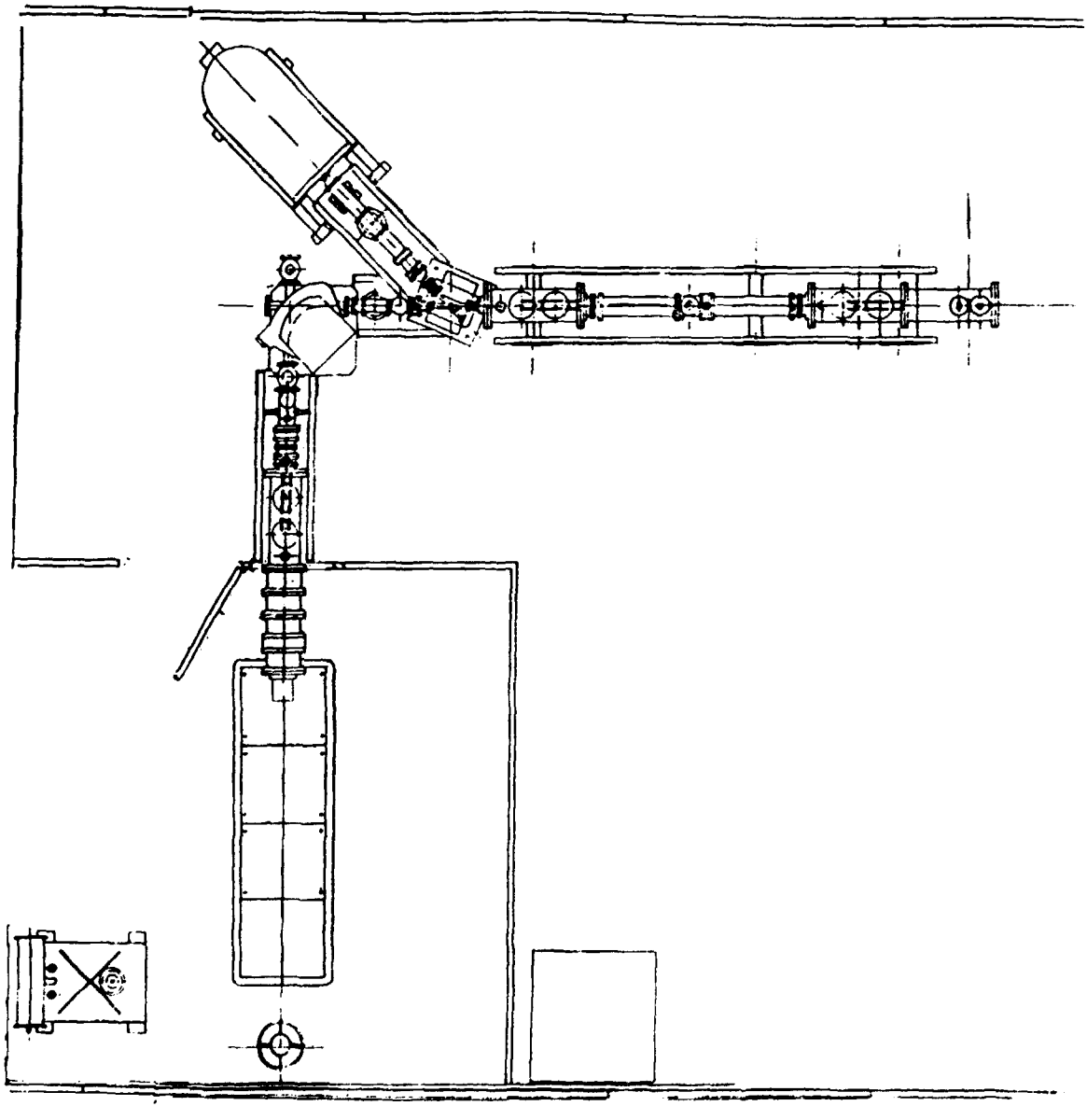


FIGURE A.II.1. : Schéma d'ensemble du banc source et du 550 keV.

d'activité (CEA-N- 2448/1984) ;

- les sources d'ions qui seront de 3 types :

  - source d'ions légers [p,d], à fort débit, I ≈ 5 mA [type duoplasmatron développé par l'Institut d'Electronique Fondamentale d'ORSAY] cf. figure A.II.2.
  - source d'ions lourds positifs du type duoplasmatron avec cuvette d'expansion longue dans laquelle on peut disposer des échantillons métalliques, cf. figure A.II.3.
  - source d'ions lourds négatifs [du type Middleton à pulvérisation par faisceau de Cs, [cf. figure A.II.4.].

- Les alimentations électriques HT et BT, (au total 11), sont interchangeables ; elles sont destinées aux 3 types de sources.

- La pompe à vide de faible débit [~ 80 ℓ/s] sera utilisée pour la formation des filaments des sources et l'optimisation de la pression de fonctionnement.

- Les interfaces de commandes et contrôles sont réalisées par fibres optiques.

- L'alimentation HT 150 kV, 5 mA régulée à ± 2,4 10^{-4} et le transformateur d'isolement 150 kV/220 V sont également installés à l'intérieur de la zone grillagée.

- La porte d'accès à la zone grillagée ne peut être ouverte que lorsque l'alimentation HT 150 kV, et les autres alimentations HT de la source sont coupées [cf. figure A.II.1.].

- Le groupe de refroidissement de la source est situé à l'extérieur de la zone grillagée.

L'isolement électrique par rapport à la plate-forme est réalisé par des tubes en plastique dans lesquels circule du coolanol. Le groupe assure également le refroidissement des cages de Faraday et des diaphragmes de la ligne de faisceau.

<u>La ligne de faisceau</u> comprend l'appareillage nécessaire :

a) <u>à l'analyse du faisceau par l'intermédiaire de</u> :

. l'aimant de déviation à 90° (produit $\frac{ME}{Z^2} = 6,4$).

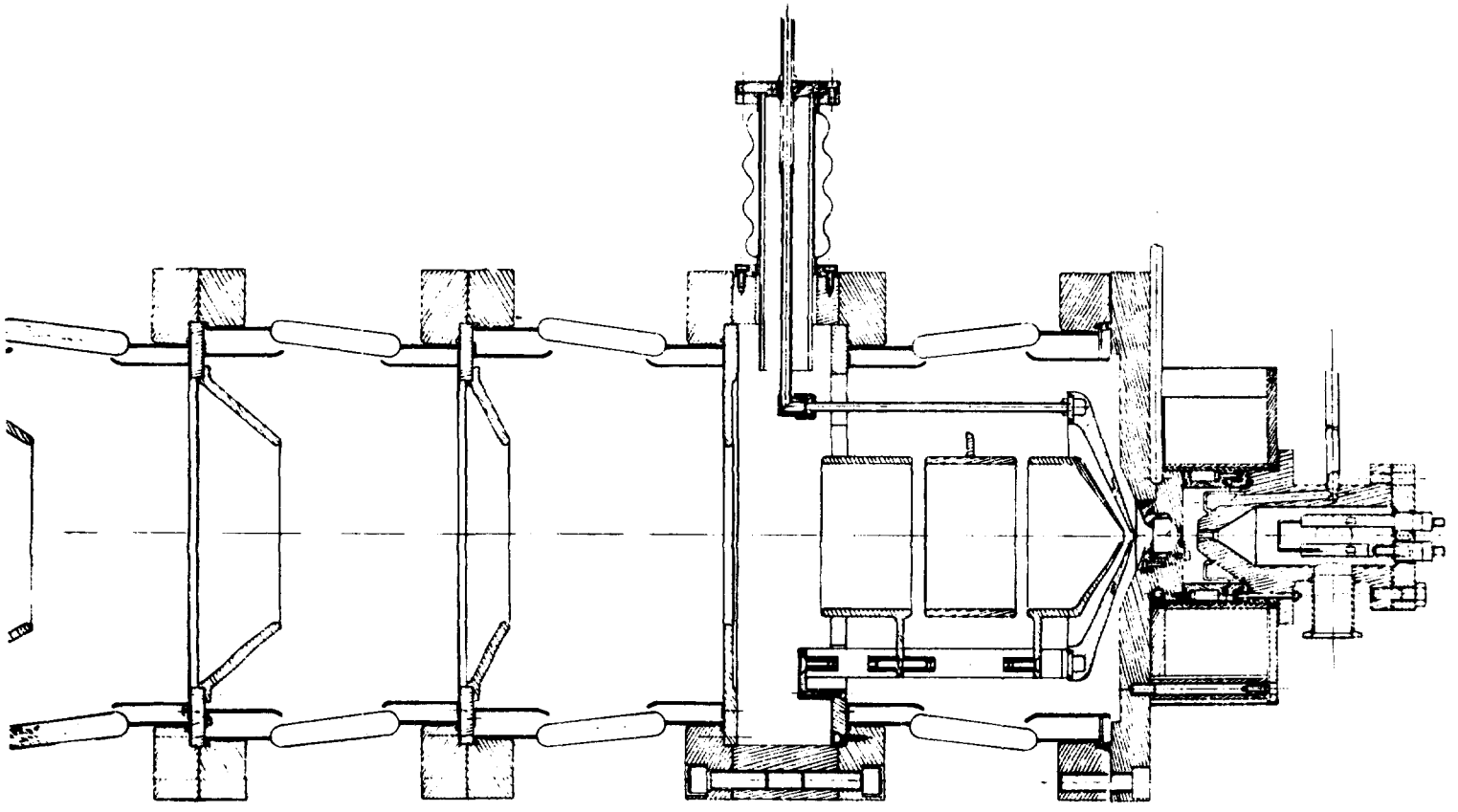


FIGURE A II.2. : Injecteur avec une source duoplasmatron

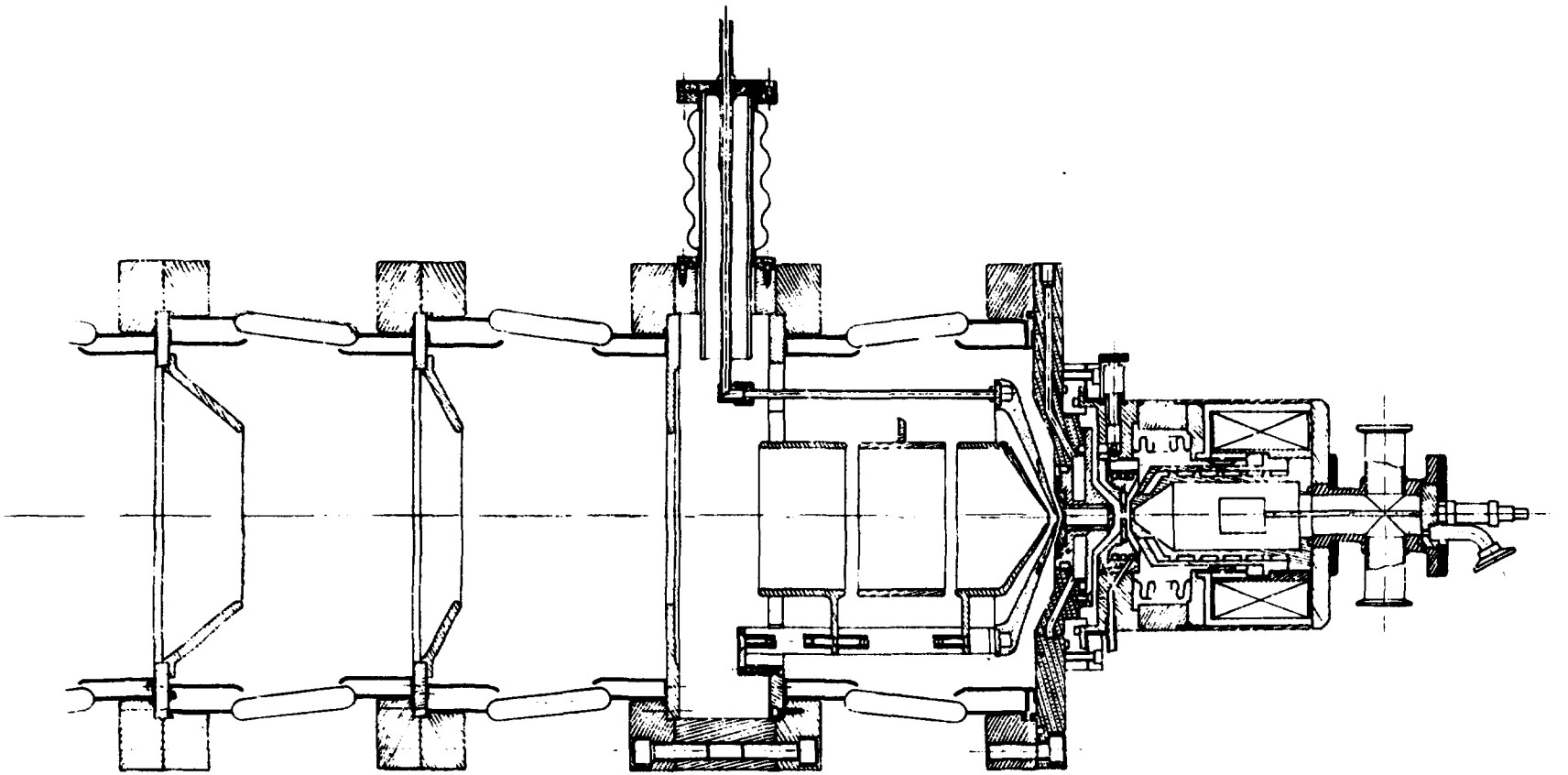


FIGURE A.II.3. : Injecteur avec source duoplasmatron et cuvette d'expansion pour ions métalliques

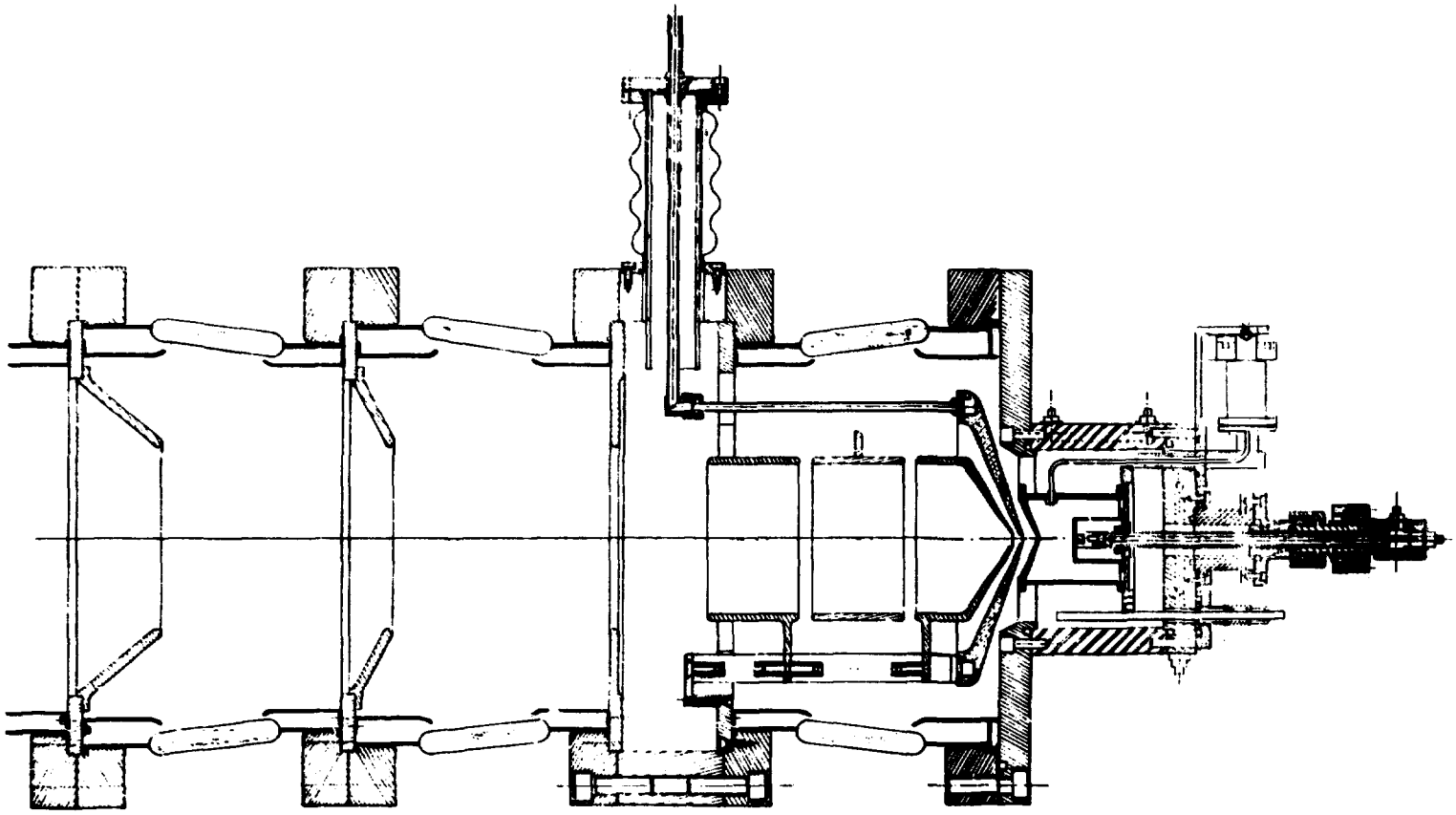


FIGURE A.II.4. : Injecteur avec source d'ions lourds négatifs.

. les fentes de définition du faisceau à l'entrée et à la sortie de l'aimant. Elles sont en tantale et refroidies par du coolanol.

b) à la focalisation et au transport du faisceau, à savoir :

. trois triplets électrostatiques,

. trois paires de plaques de déviation électrostatique, ou "steerers". Les "steerers" sont installés en amont des triplets. Ils centrent le faisceau à l'intérieur des triplets qui peuvent ainsi focaliser ce dernier avec un minimum d'aberrations.

c) aux mesures d'énergie, d'intensité, et au diagnostic du faisceau :

. La tension de l'accélérateur sera mesurée à l'aide d'un pont de résistances de précision installé entre la HT de l'accélérateur et la terre.

. Un 2ème système de mesure de l'énergie des ions utilisera une sonde de Hall placée à l'intérieur des pôles de l'aimant à 90°.

. L'intensité du faisceau sera mesurée avec des cages de Faraday isolées et refroidies pour dissiper la puissance maximale déposée par le faisceau [≈ 750 W].

. Un émittancemètre sera utilisé pour caractériser le faisceau.

d) au vide

La ligne de transport du faisceau est constituée par des tubes en acier inoxydable de diamètre 15,2 cm. L'étanchéité est réalisée par des joints d'indium. Les pompes secondaires sont du type à diffusion d'huile à très faible tension de vapeur et dimensionnées pour obtenir un vide propre de l'ordre de ≈ 10^{-7} torr. Des vannes à tiroir à commande pneumatique effectuent la segmentation de la ligne de faisceau, et l'isolation automatique des groupes de pompage en cas de fuite de vide accidentelle.

Le pupitre de commande regroupe l'ensemble des commandes et contrôles du banc source. Trois baies électroniques sont associées au pupitre :

- l'une pour la commande et le contrôle de l'émittancemètre et du futur hâcheur-regroupeur, pour lequel une pré-étude a été réalisée

- l'autre pour la commande et le contrôle du Van de Graaff 550 keV

- et la troisième pour les contrôles et l'acquisition des données de l'aire expérimentale

- Les éléments essentiels du pupitre sont :

  . le "Touch panel", qui est un sélecteur de programmes.

  . deux potentiomètres de réglage sur lesquels pourront être aiguillés deux quelconques des paramètres de fonctionnement du banc source. Une fois les réglages effectués à une énergie E, ceux-ci deviennent des points de consigne et peuvent être stockés dans la mémoire de l'ordinateur. Le catalogue des points de consigne de l'ensemble des points de fonctionnement du banc source sera donc mis progressivement en mémoire sur un fichier accessible au clavier et consulté lors des prochains réglages. Au cours du fonctionnement, les paramètres seront surveillés en séquence et on vérifiera qu'ils restent dans une fourchette préétablie et modifiable sur demande. De même, les sécurités seront assurées par le logiciel avec scrutation périodique.

- Un clavier pour entrer les points de consigne du fonctionnement et dialoguer avec l'ordinateur sous forme de questions-réponses.

- Deux consoles de visualisation, dont une en couleur, pour la présentation de courbes et la surveillance de l'installation.

- Deux oscilloscopes pour la visualisation de la largeur d'impulsion en régime pulsé et la visualisation des résultats délivrés par l'émittancemètre.

- Deux micro-ampéremètres pour la lecture des courants des cages de Faraday et des diaphragmes disposés sur la ligne de faisceau.

- Une imprimante pour l'impression du cahier de bord.

A.II.2. - Etude de l'optique

L'étude de l'optique du banc source a été effectuée à l'aide d'un code de calcul interactif dérivé du code TRANSPORT sans charge d'espace.

Nous avons tenu compte des éléments d'optique à notre disposition (aimant d'analyse), des contraintes imposées sur la dimension de la cible gazeuse prévue, et des conditions initiales à la sortie du tube accélérateur (cf. résultats du calcul des trajectoires à l'intérieur du tube accélérateur à l'aide du code SLAC, Rapport d'activité 1984, CEA-N-2448).

Nous avons essayé de standardiser les éléments d'optique à mettre en place et nous nous sommes orientés vers une solution comportant des triplets électrostatiques.

Les calculs sont limités au premier ordre et les conditions initiales utilisées étaient les suivantes :

- particules : protons
- énergies : 150 keV
- émittance : 30 π mm.mrad

La figure A.II.5. représente l'enveloppe du faisceau dans les deux plans vertical et horizontal. La focalisation est obtenue à l'aide de trois triplets électrostatiques.

A.II.3. - Informatisation

Les différentes alimentations de la source ont été essayées en laboratoire, notamment les commandes et les lectures à distance destinées à être couplées aux émetteurs-récepteurs optiques. Les fibres optiques ont été passées entre la source et les pupitres de commande. Le standard VME a été adopté pour les cartes d'acquisition logique et analogique. Pour les commandes logiques, nous avons conservé les cartes de type CELDUC déjà utilisées pour l'informatisation du regroupeur HF et du Tandem. Les borniers de raccordement entre ces cartes et les points de mesure et de commande sont en cours de fabrication.

Le pupitre de commande est équipé de son miniordinateur MACAC et de ses différents périphériques ; les diverses tâches à effectuer ont été répertoriées et l'écriture des logiciels est en cours.

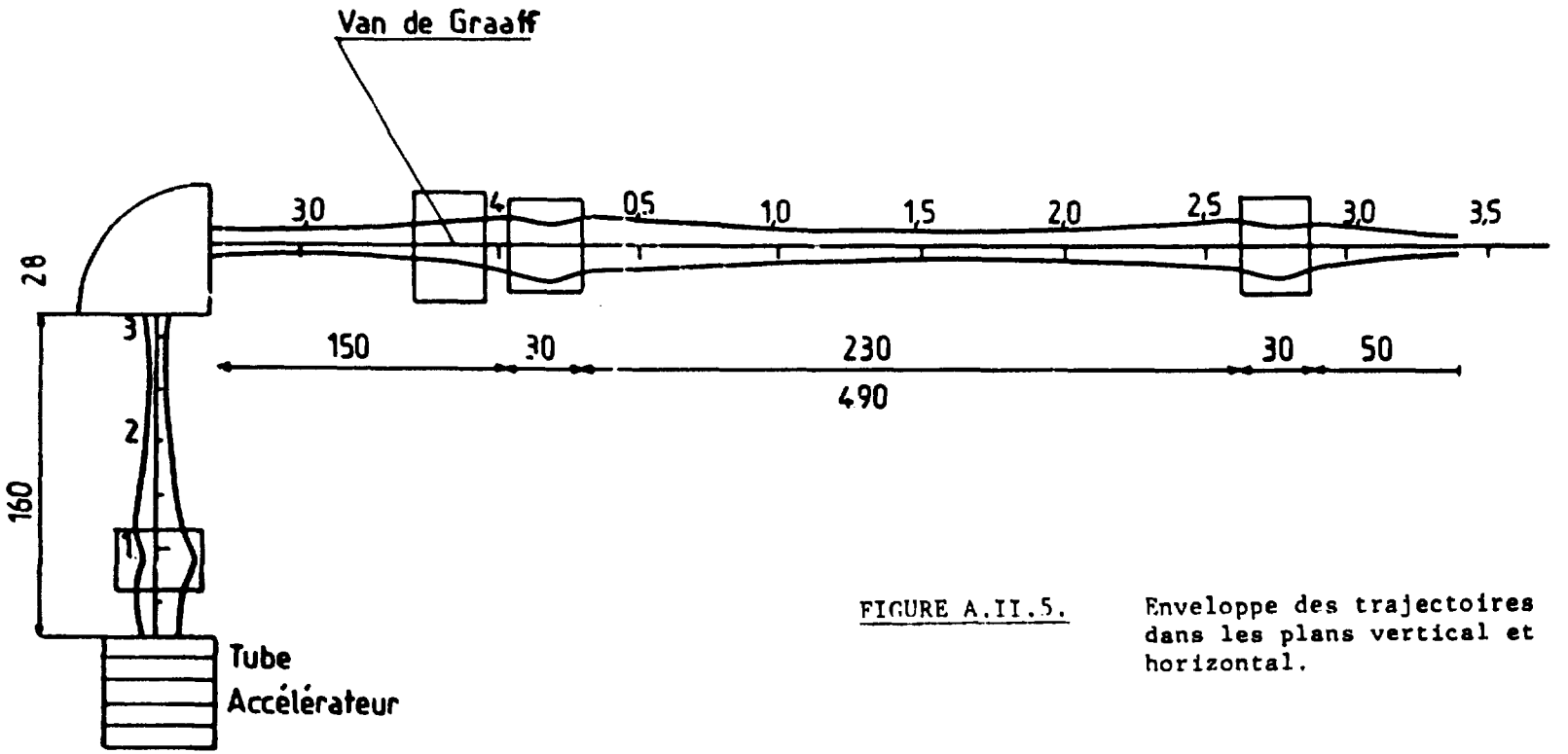


FIGURE A.II.5. Enveloppe des trajectoires dans les plans vertical et horizontal.

A.II.4. - Développement de sources d'ions

Il est prévu de mettre au point plusieurs types de sources d'ions sur le banc source (cf. A.II.1.) et en particulier des sources d'ions lourds permettant d'accroître de plus d'un ordre de grandeur les courants qu'il sera possible de transporter dans le Tandem pour l'expérience d'interaction d'ions lourds avec un plasma créé par laser (cf. A.III). Une étude numérique a été entreprise sur différentes géométries de l'ensemble cathode-ioniseur-extracteur. La figure A.II.6. représente par exemple les trajectoires d'ions Cs tombant sur la cathode cible, et les figures A.II.7. a,b les trajectoires des ions lourds (C^-) extraits en direct pour 2 configurations d'ioniseur : l'une hémisphérique et l'autre cylindrique. Dans un premier temps, on envisage de monter un ioniseur cylindrique.

A.II.5. - Etude de sécurité de l'installation

L'analyse globale de la sécurité de l'installation, comprenant les risques classiques et les risques radiologiques, a fait l'objet du rapport de sécurité N° PTN/ST-614/85. L'organigramme des fonctions de sécurité est présenté sur la figure A.II.8.

A.III. - EXPERIENCE D'INTERACTION IONS LOURDS - PLASMA

(R. DEI-CAS, M. RENAUD, J.P. LAGET, J.P. MOSNIER(1), J.M. GUIHAUME(1), M. BEAU, C. MOREAU(2), M. GLICENSTEIN(2), Y. de PENQUER, P. MICHAUD, M. DARRIGOL, M.A. BEUVE, et la participation de l'équipe accélérateur).

Heavy ions-plasma interaction experiment.

We describe the present status of the experiment and the diagnostic developments. The first results with the simulation code have been obtained and the work on the beam-foil spectroscopy with Si ions has been completed.

---

(1) boursier DGRST
(2) stagiaire militaire

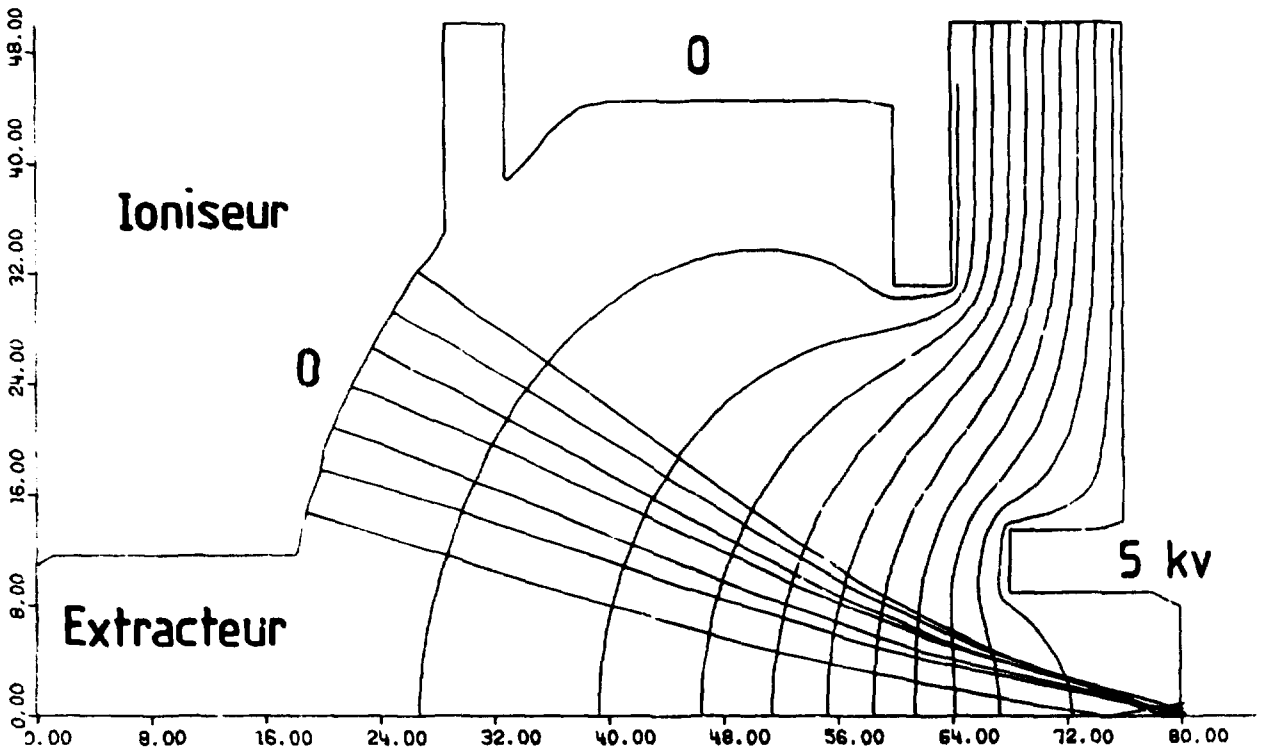


Figure A.II.6. : Trajectoires d'ions Cs
dans la source d'ions lourds

coordonnées en nombre de mailles ; 15 mailles = 1 cm

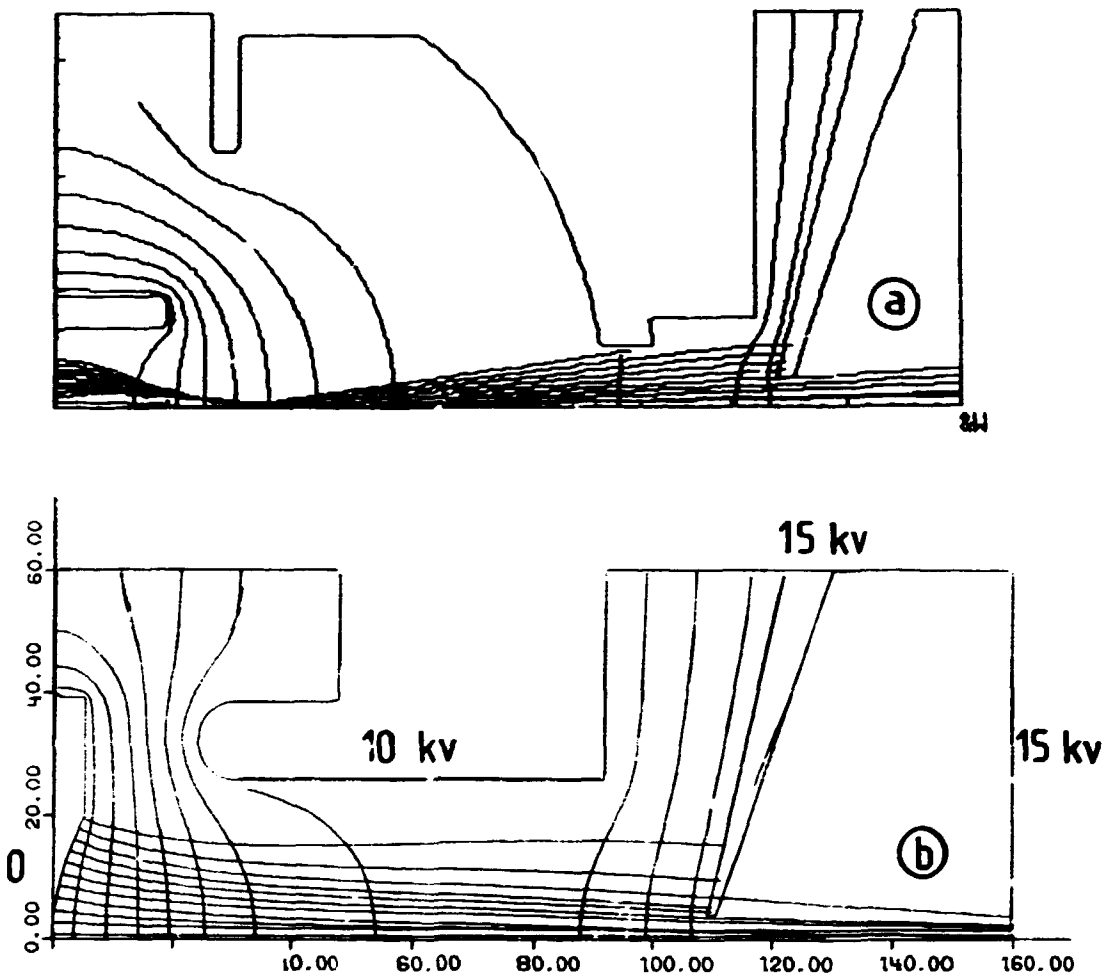
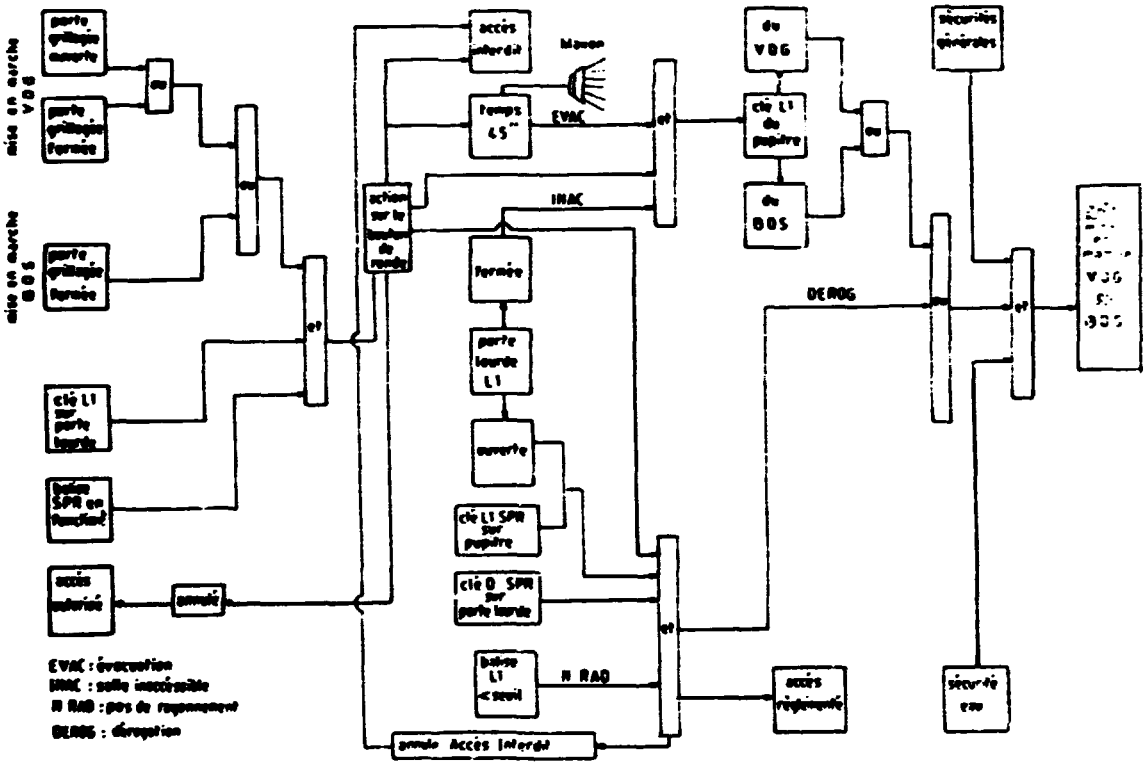


FIGURE A.II.7. : trajectoire des ions négatifs extraits dans le cas d'un ioniseur hémisphérique (a) et cylindrique (b).

Coordonnées en nombre de mailles ; 15 mailles = 1 cm.



BANC SOURCES - ORGANIGRAMME DES FONCTIONS DE SECURITE

FIGURE A.II.8.

A.III.1. - Expérience "faisceau-feuille"

La spectroscopie "faisceau-feuille" consiste en l'analyse des rayonnements photoniques et électroniques émis par un faisceau d'ions lourds après excitation dans une cible mince.

Nous avons étudié le spectre "faisceau-feuille" émis par un faisceau d'ions silicium d'énergie 44 MeV après traversée d'une feuille de carbone mince (5µgr/cm^2) [1]. Ces expériences ont été réalisées à l'aide du dispositif expérimental destiné à l'étude de l'interaction d'un faisceau d'ions lourds avec un plasma. Un spectromètre à cristal courbe (R = 0,25 m) analyse sous un angle d'observation (angle Doppler) de 54° les transitions de type Kα (2p → 1s) des ions Si^{10+} à Si^{13+} dans le domaine d'énergie 1800 - 2020 eV.

Toutes les énergies de transition mesurées peuvent s'interpréter à l'aide des valeurs d'énergie des niveaux atomiques calculées par un code Multi-Configuration Dirac-Fock (MCDF) [3]. L'étude détaillée des spectres met en évidence la présence de configurations initiales possédant un électron localisé en couche M, ainsi que des raies bien résolues dont les états initiaux et finaux sont des états de structure fine. La comparaison d'un spectre théorique simulé à l'aide de valeurs calculées des probabilités de transition radiatives et non-radiatives avec le spectre expérimental, confirme l'hypothèse d'une population statistique des états initiaux de même configuration électrostatique, due au grand nombre de collisions que subissent les ions lors de leur passage à travers la feuille.

La réponse du gaz d'électrons libres d'une feuille métallique à la perturbation créée par le passage d'un faisceau d'ions lourds est une modification du potentiel coulombien agissant sur les électrons liés projectiles (écrantage dynamique) ; si une transition a lieu à l'intérieur du solide son énergie est donc modifiée.

La source de lumière "faisceau-feuille" est résolue temporellement ; la durée de vie radiative d'un état excité peut être inférieure au temps de vol des projectiles à l'intérieur de la cible si les conditions expérimentales sont convenables (vitesse des ions, épaisseur des cibles). La mesure de l'énergie de la transition correspondante permet ainsi d'évaluer la contribution de l'écrantage dynamique.

Nous avons étudié l'effet de l'écrantage dynamique sur la transition de résonance de l'ion Si XIII ($1s\,2p\,^1P_1 - 1s^2\,1S_0$) dans des cibles d'aluminium d'épaisseur comprise entre 23 et 500 µgr/cm^2 à une énergie de 44 MeV. La mesure de la contribution propre de l'écrantage dynamique est rendue diffici-

le du fait de la contribution d'effets supplémentaires (perte d'énergie, effet Doppler) au déplacement total observé. Les résultats obtenus montrent un désaccord avec les prédictions données par le modèle le plus simple [2] qui consiste à supposer un écrantage différent dans l'état initial et dans l'état final de la transition. Les figures A.III.1. et A.III.2. montrent les variations d'énergie de la raie de résonance et de la raie d'intercombinaison en fonction de l'épaisseur de la cible. Cette variation est essentiellement due à la perte d'énergie dans la cible et l'effet d'écrantage dynamique reste inférieur aux incertitudes expérimentales.

Références

[1] J.P. MOSNIER, R. BARCHEWITZ, M. CUKIER, R. DEI-CAS, C. SENEMAUD and J. BRUNEAU 1986, J. Phys. B. 19 (1986).

[2] Bell et all. 1976 , J. Phys. B. 15, L443.

[3] J. BRUNEAU/CEL.V

A.III.2. - Etat actuel de l'installation (cf. Rapport d'activité 1984, CEA-N-2448)

Laser CO_2

A ce jour, on peut considérer la chaine du laser CO_2 comme opérationnelle jusqu'au filtrage spatial.

Le découpage d'une implusion de 50 ns dans l'impulsion pilote fonctionne. La conception de la chaine à ce niveau a été légèrement modifiée, le double passage dans le premier préampli ayant été supprimé par crainte de détérioration des barreaux d'AsGa.

La chaine fonctionne actuellement en auto découpage. Le laser Nd de découpage est sur le site, prêt à fonctionner, et un miroir de renvoi pour l'éclateur a été fourni par la CILAS.

Les dispositifs d'anti-retour sont, ou installés dans le cas du parallélépipède de Fresnel, ou en voie d'installation pour le dispositif afocal.

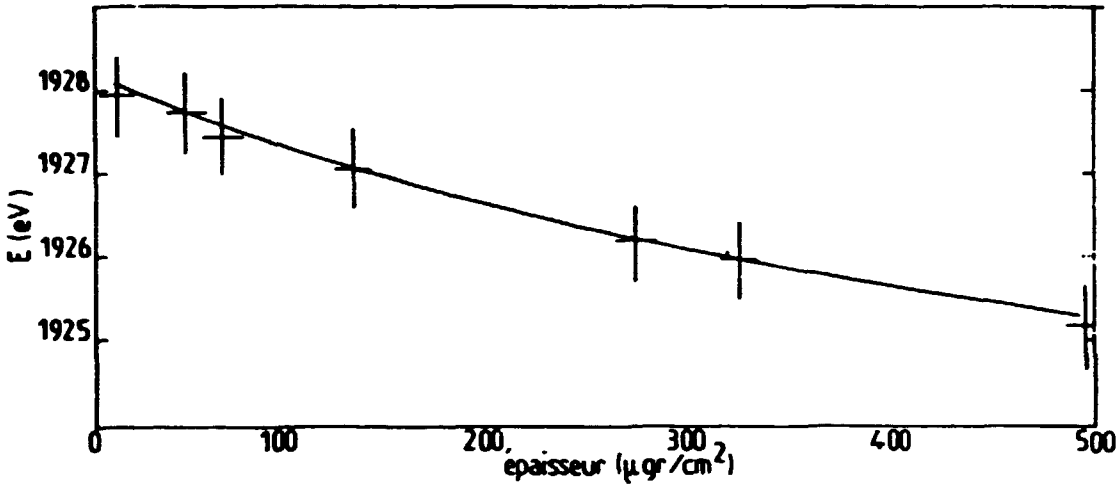


FIGURE A.III.1. : variation de l'énergie d'une raie de résonance en fonction de l'épaisseur de la cible

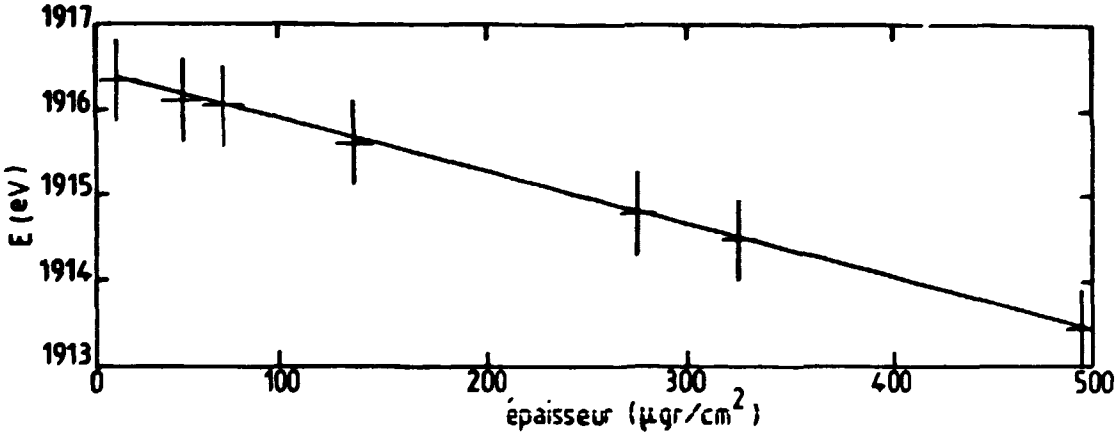


FIGURE A.III.2. : variation de l'énergie d'une raie d'intercombinaison en fonction de l'épaisseur de la cible

Déviateur :

Le déviateur ne donnant pas entière satisfaction, certaines modifications ont été envisagées, dont l'étude d'une commande HT plus performante et la pose d'un diaphragme réglable juste avant le déviateur de façon à éliminer le halo autour du faisceau d'ions lourds.

Ligne du faisceau

La ligne d'injection d'ions lourds du Tandem a été modifiée pour l'accélération d'ions lourds jusqu'à M = 200. L'aimant de produit $\frac{ME}{Z^2} = 6,4$ a été remplacé par un aimant de $\frac{ME}{Z^2} = 25$, et un triplet plus puissant a été installé sur la ligne basse énergie.

Une nouvelle source d'ions lourds à pulvérisation a été réalisée (cf. paragraphe A.II.4.). Les premiers essais de la source seront effectués au début de 1986.

Un faisceau d'or a été transporté sur la ligne laser jusqu'à la cible. Les conditions de focalisation de ce faisceau nécessitent encore des améliorations, en particulier sur les triplets de focalisation.

A.III.3. - Mise au point des diagnostics et de l'acquisition des données

L'effort a plus particulièrement porté cette année sur la mise au point du tube ionographique, la préparation d'un système d'acquisition électronique pour la spectrométrie X, et l'acquisition des données.

Tube ionographique

Le schéma de principe du tube ionographique ainsi que sa finalité sont décrits dans le rapport annuel de 1984.

Depuis les premiers essais concluants effectués sur le prototype de 36 mm de diamètre, diverses expériences ont été réalisées à l'aide de ce détecteur, prouvant ainsi son bon fonctionnement.

En effet, ce tube (Φ 36 mm) couplé à un système de reprise et d'enregistrement d'images (fibres optiques, caméra, microordinateur...) a permis d'enregistrer et de visualiser des bouffées de Ni^{17+} et de C^{4+}, contenant de 10^2 à 10^4 particules de 30 MeV d'énergie.

La figure A.III.3. représente l'image de 1 à 15 bouffées de particules.

L'expérience acquise sur ce prototype nous a permis de réaliser le tube de 70 mm de diamètre en y apportant un certain nombre d'améliorations :

- isolant en Alumine
- conducteurs en CRYSOCAL
- réducteur de fibres optiques pour la transmission de l'image entre le phosphore et la matrice CCD
- système de déplacement sous vide du tube dans le plan de détection du spectromètre à parabole de Thomson

L'installation est terminée et les essais ont commencé. Le vide dans le tube est de l'ordre de $1,5.10^{-7}$ torr et la tenue en tension ne pose pas de problèmes particuliers.

Système d'acquisition de données

L'ensemble d'acquisition, de numérisation et de mise en mémoire des informations nécessaires au diagnostic est en place. Il est en liaison avec le calculateur MACAC qui le pilote à distance. Différents programmes sont disponibles :

- acquisition : réglage à distance du nombre de voies, des gains, remise à zéro des mémoires, armement etc...

- transfert mémoire CAMAC → mémoire MACAC

- sauvegarde sur disquette et/ou disque dur des paramètres des tirs et des résultats

- visualisation des images brutes et/ou découpées

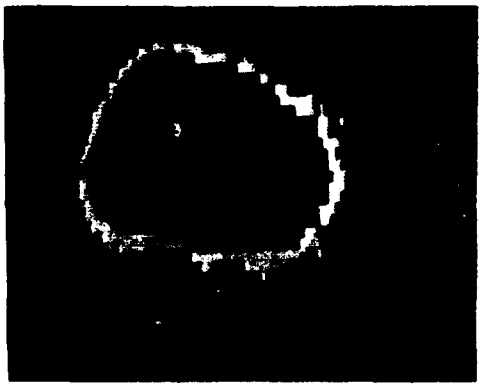
- traitements des images en fausses couleurs

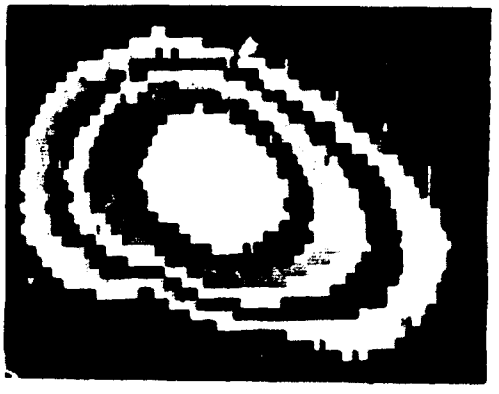
- affichage des contenus, recherches automatique des maxima, etc...

- sorties sur moniteur ou imprimante

Interférométrie

La maintenance a été assurée sur le laser Nb d'interférométrie, et une reprise d'image du même type que celle du tube ionographique doit être mise en service.





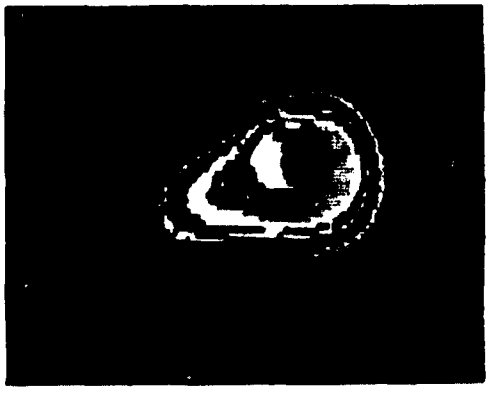


FIGURE A.III.3. : Exemple de traces réalisées avec le tube ionographique prototype

Le réglage de l'interféromètre lui-même ne peut se faire que dans la phase finale de réglage de l'expérience.

Chronométrie

Des essais de déclenchement télécommandé des différents lasers ont été effectués.

Le test du tube ionographique a été fait en utilisant les pulsateurs. Un chronogramme des différents lasers, diagnostics et du faisceau d'ions est établi, et une maquette de séquencement est à l'étude.

Obturateur X

Le laser CO_2 doit créer le plasma cible de l'expérience d'interaction ions lourds-plasma. Si la cible est un élément léger, aluminium par exemple, l'énergie de chauffage est suffisante pour que le degré d'ionisation soit important (Al^{11+}, Al^{12+}). Pour de tels ions, et dans les conditions expérimentales indiquées, le mécanisme de recombinaison diélectronique est dominant pour la formation des états excités. Le spectre d'émission discret d'un tel plasma, situé dans le domaine X mou, est décrit par un modèle simple reliant la température électronique au rapport d'intensité de certaines raies.

Les paramètres (densité et température électronique) d'une zone de plasma ne sont pas constants au cours du temps ; les processus de perte, d'échange de charge et de ralentissement des ions du faisceau sonde dépendent fortement de ces paramètres ; il est donc important de pouvoir suivre leur évolution temporelle ou, au moins, de connaître leur grandeur à un instant donné (instant de passage de la bouffée de particules du faisceau sonde).

Le spectromètre à cristal courbe (domaine de mesure des X : 0,5 à 4 keV) sera prochainement équipé d'un nouveau système de détection ; celui-ci sera équivalent à un obturateur qui ne s'ouvrira que pendant la durée de l'interaction ions lourds-plasma (~ 5 ns). Ce système est un tube d'imagerie basé sur le principe d'une conversion photons X - photons visibles par l'intermédiaire d'un assemblage de deux galettes de microcanaux et d'un écran luminophore couplé par focalisation de proximité. La première galette (face d'entrée du tube) sert à la fois de détecteur en transformant le flux X incident en flux d'électrons et d'intensificateur de ce flux d'électrons. La seconde galette est un amplificateur, et l'écran luminophore assure la conversion électrons-photons visibles. Le montage est polarisé sous un régime de tension permanent tel que le seuil des réponses d'une des galettes ne soit pas atteint ou qu'un électron émis par la 1ère galette ne puisse arriver sur

la seconde, l'obturateur étant fermé dans ce cas. On ouvre l'obturateur en additionnant par couplage capacitif une tension pulsée (260 V, 6 ns) soit entre les bornes d'une des galettes, soit entre les deux galettes.

A.III.4. - Code de simulation de l'interaction ions lourds-plasma

Le code en cours de développement doit permettre de simuler numériquement l'interaction ions lourds-plasma. Il s'agit de déterminer la distribution en charge et en énergie d'un faisceau d'ions lourds, initialement monoénergétique (0,1 à 1,5 MeV/A) et de charge connue, après traversée d'un plasma supposé en équilibre coronal, créé par un laser à CO_2, de densité électronique linéique comprise entre 10^{18} et 10^{19} cm^{-2}, et de température électronique moyenne de l'ordre de 200 eV.

L'état de charge des ions traversant le plasma résulte de deux types de processus atomiques : la perte d'électrons, et la recombinaison c'est-à-dire la perte ou le gain d'un ou plusieurs électrons. Chacun de ces processus peut avoir lieu suivant diverses réactions mais nous ne considérons pour l'instant que celles prépondérantes, directes et dont la section efficace σ et le taux de réaction $\langle \sigma V \rangle$ sont fournis par une expression analytique, théorique ou expérimentale, valable pour les gammes d'énergie et de température considérées.

Les réactions prises en compte sont :

- ionisation simple par les électrons
- ionisation simple par les ions
- recombinaison radiative
- recombinaison diélectronique
- recombinaison lié-lié (ou échange de charge)

La perte d'énergie de l'ion incident dépend fortement de son état de charge ($dE \sim Z^2$) mais n'est importante que sur les électrons libres et liés du plasma ; celle sur les ions est négligeable pour des énergies supérieures à 50 keV/A. La contribution des électrons libres est calculée à l'aide d'un modèle considérant le plasma comme un milieu diélectrique, celle des électrons liés à partir de la formule de Bethe.

En plus du calcul de l'état de charge et de la perte d'énergie, nous déterminons le cône de diffusion ($\Theta \sim (n\ell)^{\frac{1}{2}}$) dû à l'interaction coulombienne.

D'autres aspects comme l'ionisation multiple, l'excitation, l'autoionisation... seront pris en compte ultérieurement.

Le code est basé sur une méthode Monte Carlo permettant de suivre par exemple 100 à 1000 particules au cours de la traversée du plasma. Ces particules évoluent en Z et E et subissent une diffusion angulaire ; elles peuvent par ailleurs être soumises à des champs électriques ou magnétiques. Les résultats présentés par la suite sont relatifs à une bouffée de 100 particules de Cu^{7+} de 50 à 64 MeV traversant un plasma d'aluminium de 200 eV de température électronique et ayant un profil de densité du type $n_e(x) = K\exp(-\alpha x^2)$ avec $\overline{n_e \ell} = 6{,}5.10^{18}$ cm^{-2}.

Les figures A.III.4. a,b, représentent l'évolution de la charge d'un ion cuivre particulier Cu^{7+} de 50 MeV (a) ou 64 MeV (b) et les figures A.III.5. a,b, donnent la distribution, à la sortie du plasma, des états de charge pour 100 particules de cuivre de 50 MeV (a) ou 64 MeV (b).

Comme on l'a indiqué, de nombreux processus de physique atomique interviennent dans la simulation de l'interaction ions lourds-plasma. Une étude critique est entreprise pour évaluer les différentes formulations proposées dans la littérature, et pour tenir compte au mieux des processus d'ionisation indirecte par excitation-autoionisation qui peuvent jouer un rôle important pour des ions très ionisés.

A.IV. - MICROSONDE NUCLEAIRE

(J. BARDY, Ch. ENGELMANN*, P. TROCELLIER*, B. NENS*, R. DUCROUX**)

Nuclear Microprobe

Le temps d'utilisation de la microsonde nucléaire a représenté 42 % du temps machine en 1985 sur l'accélérateur 4 MeV.

Nous avons remplacé le collimateur objet par un jeu de deux paires de plaques en Tantale d'ouverture réglable entre 0 et 1 mm. Ces lèvres de définition ont un profil étudié par NOBILING [1] et leur écartement est commandé à distance au moyen de moteurs pas à pas avec une précision de l'ordre du micromètre.

Les études effectuées cette année ont porté principalement sur les points suivants :

- Caractérisation de cibles minces Ti, D,T et étude de contamination superficielle en Tritium de pastilles d'Al.

---

* IRDI/SEA/SEAIN Saclay
** DETN/Bruyères-le-Châtel

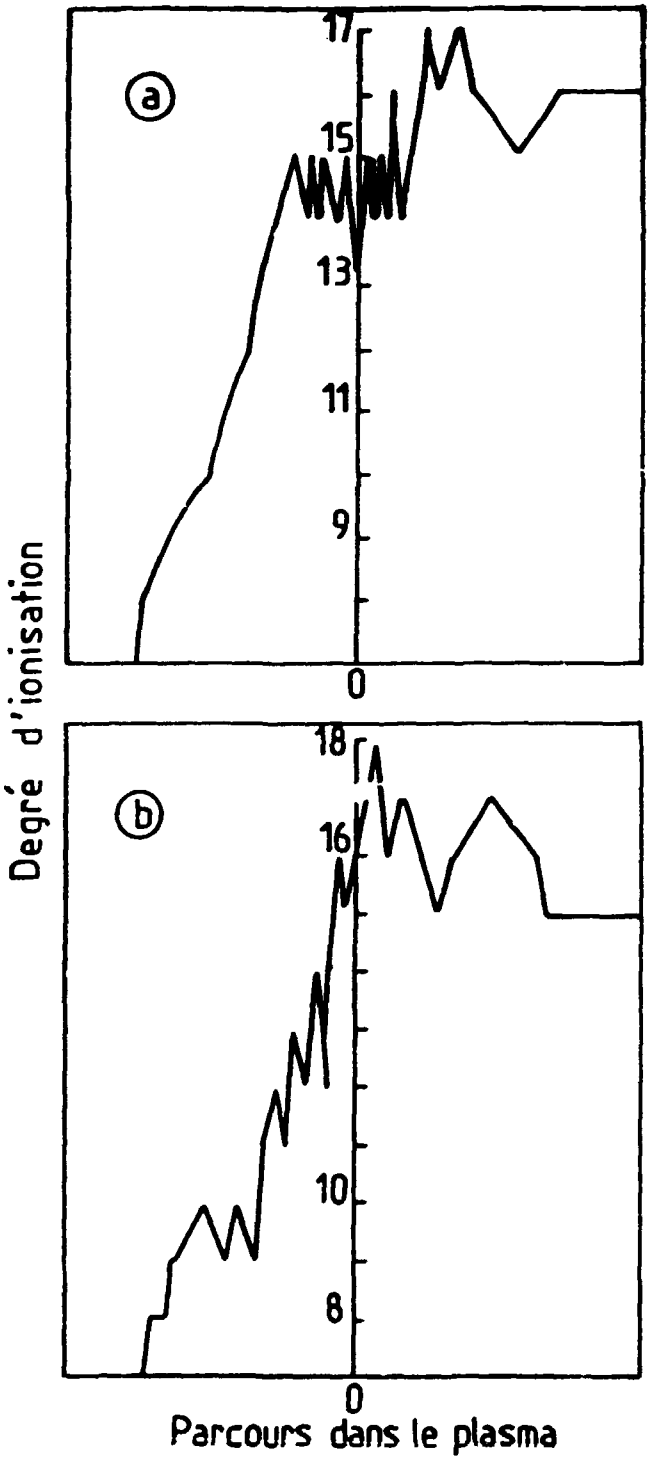


FIGURE A.III.4. a,b : exemples de variation de la charge le long du parcours dans le plasma : cas d'ions Cu^{7+} de 50 MeV (a) et de 64 MeV (b)

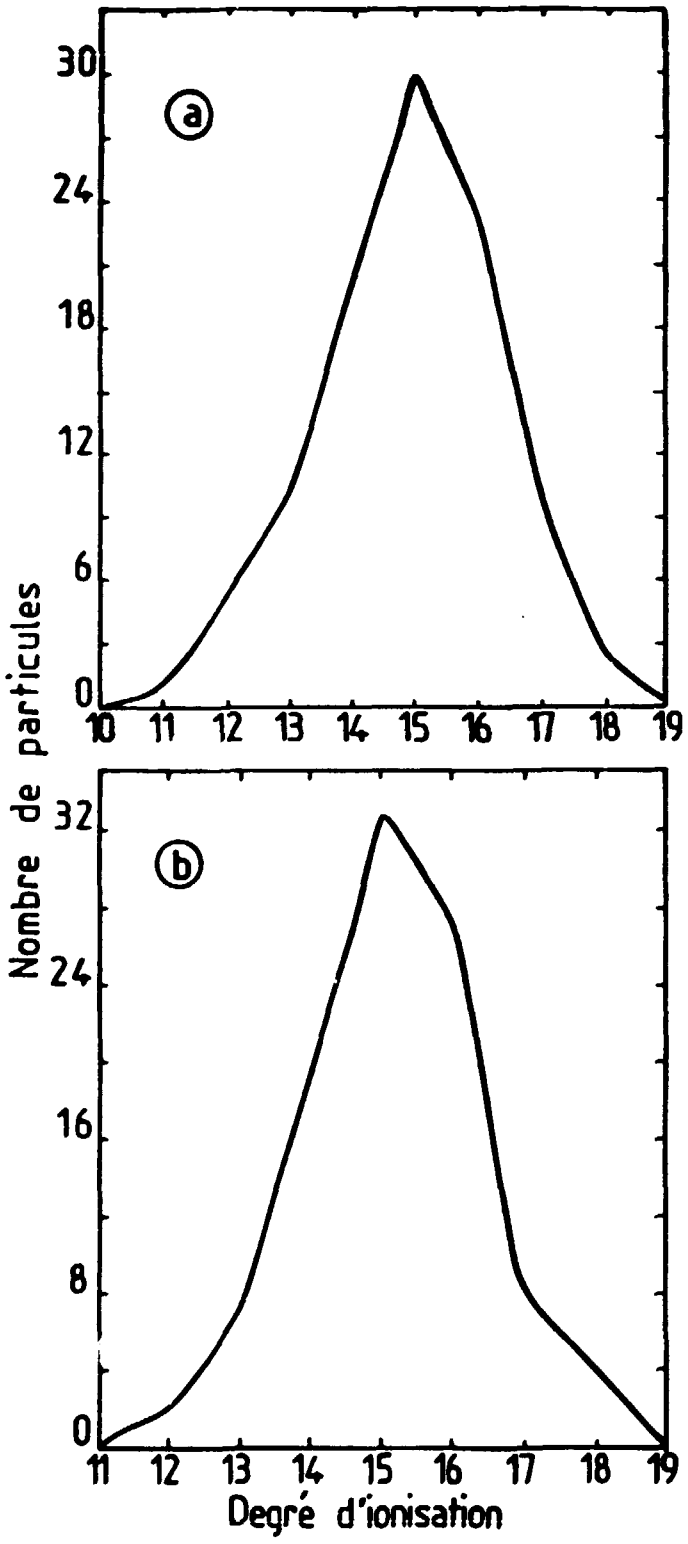


FIGURE A.III.5. a,b : distribution des états d'ionisation à la sortie du plasma (Te = 200 eV, nl = 5.10^{18} cm^{-2}) pour 100 ions Cu de 50 MeV (a) et 64 MeV (b)

- Etudes des impuretés métalliques présentes à la surface d'un limiteur de plasma en graphite utilisé dans un TOKOMAK.

- En géologie, analyse de C et N dans des inclusions vitreuses.

- Et en métallurgie, mesure des profils de C et O dans des tronçons de gaines en Zircalloy (de réacteurs nucléaires).

Nous avons, d'autre part, poursuivi les analyses des verres nucléaires et effectué des études sur des échantillons biologiques.

Référence

[1] NOBILING and CHU, "Collimation of Ion Beams to Micrometer Dimensions", NIM 130 (1975), p.325 - 334.

A.V. - DEVELOPPEMENT D'APPAREILLAGE ET TECHNOLOGIE

(R. DEI-CAS, C. BONETTI, G. GOMES, G. RIEUX* et les techniciens de la Section Technologie).

Apparatus development and technology

Spectrométrie à aimants permanents

La caractérisation du spectromètre à aimants permanents à structure modulaire a été achevée et un rapport de synthèse a été rédigé [1]. Des essais sont effectués sur la tenue à long terme en température et au rayonnement des structures à aimants permanents. Un système d'acquisition automatique du champ dans l'entrefer a été réalisé et un programme de reconstitution des trajectoires 3D à partir du champ stocké est en cours de développement.

Dépôt et couches minces

Le laboratoire cible a fourni des cibles auto-supportées ou sur supports pour les expériences effectuées auprès des accélérateurs du Service ou du GANIL et de SARA.

Les activités du laboratoire dans les domaines couches minces et dépôts sous vide ont essentiellement porté sur la réalisation de détecteurs d'énergie ou de puissance de flux neutroniques ou de rayonnements X.

---

* Stagiaire universitaire

Des dépôts de 0,1 à 100 µm et des dépôts de faible densité en iodure de césium ont été réalisés pour être utilisés comme cathode photoélectrique pour l'amélioration de l'émission électronique dans des détecteurs X, dans la bande 2 à 20 keV.

Du sélénium de forte épaisseur, jusqu'à 100 µm, a été déposé, par évaporation thermique sous vide, sur des cathodes en aluminium ou en béryllium pour être utilisé comme cible en fluorescence X.

Des bi-couches de polyéthylène deutéré sur aluminium ont été fabriquées pour être utilisées sur le générateur SIDONIX en vue de caractériser l'énergie moyenne des deutérons à partir du flux neutronique de la réaction D-D.

Des filtres multi-zones associés à des photocathodes ont été réalisés par dépôt d'or sur des disques en béryllium avec couronne en titane pour obtenir des sensibilités constantes, entre 2 et 30 keV. Ces techniques peuvent avoir des possibilités de développements en calorimétrie.

Par évaporation sous vide et par la technique d'ombrographie, nous avons réalisé des mires à fentes utilisées pour l'étalonnage de diodes CCD. La largeur des fentes varie de 20 à 100 µm. Ces mires sont constituées d'une couche d'or pour étendre le spectre de réflexion vers le proche infrarouge, ceci afin d'en améliorer le contraste en transmission.

En vue d'applications particulières, pour des études réalisées auprès de l'anneau de stockage du LURE (ACO), nous avons réalisé des dépôts de différents corps et composés sur du MAKROFOL, pour être utilisés comme filtres en rayonnement X-UV. Des couches de carbone, de bore, de vanadium et de titane ont été déposées pour réaliser des miroirs dans ces expériences.

Nous avons également réalisé des dépôts d'or sur les pièces constituant un tube ionographique et sur la feuille émissive d'électrons secondaires.

Cibles utilisées auprès des accélérateurs

La fourniture de cibles pour les expérimentateurs du Service PTN a consisté presque exclusivement en cibles neutronigènes de titane tritié ou de lithium. Quelques dépôts et cibles auto-portées ont été fournis.

Cible gazeuse

La cible gazeuse, de conception nouvelle étudiée en 1985, a été opérationnelle pour la production de neutrons de 14 MeV avec l'accélérateur 4 MV. Son fonctionnement a donné entière satisfaction. D'autre part, une

cible identique a été utilisée sur le Tandem Van de Graaff pour la production de neutrons par réaction D + D → n + ^{3}He. La pression du deuterium dans la cible était de 3,4 bar, le courant cible de 15 µA, et le flux neutronique de 10^{10} $n.s^{-1}.Sr^{-1}$.

Ecran luminescent

Pour les études menées au sein du Service PTN, un tube ionographique a été étudié et mis au point (cf. paragraphe A.III.3.). Pour ce détecteur, il est nécessaire de disposer d'un écran luminescent sur pavé de fibre optique de grand diamètre (Φ 70 mm). Les difficultés d'approvisionnement de ce genre de matériel nous ont conduit à étudier et mettre au point la technique de dépôts des produits électroluminescents. Différents composés ont été expérimentés et leurs propriétés optiques analysées et comparées aux écrans de plus petite dimension de chez RTC. Les résultats obtenus sont tout à fait satisfaisants.

Référence

[1] R. DEI-CAS, J. BARDY, M.A. BEUVE, "Etude paramétrique d'un spectromètre à protons de recul à aimants permanents", Rapport CEA R 5332 (1986)

A.VI. - INFORMATIQUE

(Y. de PENQUER, M. GUILLOUD, D. MASSERON, P. MICHAUD, J. TRARIEUX)

Data acquisition and computing systems.

The data acquisition and computing systems and their evolution are discribed.

A.VI.1. - Situation actuelle des ordinateurs du Service

Au 1er janvier 1986, la situation du parc ordinateurs se présente de la façon suivante :

- 1 Modcomp 32/85, un Mitra 225, un Mitra 125, un Mitra 15, un SFENA DSI coordinateur 500 et 5 systèmes "MACAC".

Le Mitra 125, qui a été remplacé par le Modcomp, sera mis à la réforme dès le début de l'année 1986. Le Modcomp et le SFENA DSI forment le

centre de calcul du Service permettant le traitement de dépouillements et de calculs scientifiques soit en mode local (MODCOMP) soit à distance (IBM et CRAY de la CISI par l'intermédiaire du coordinateur 500).

Les autres machines (MITRA 225, MITRA 15, les systèmes "MACAC") sont des postes d'acquisition de données et de contrôle-commande utilisés pour les expériences de physique réalisées sur les accélérateurs Van de Graaff Tandem ou 4 MeV, le laser et le banc source.

A.VI.2. - Centre de calcul (Modcomp, coordinateur 500)

Le Modcomp 32/85 a été livré le 1er juillet 1985 avec un certain retard dû à la non existence du logiciel 32 bits. De juillet à octobre, le calculateur a fonctionné avec une version non officielle qui ne permettait aux utilisateurs que de se familiariser avec cette nouvelle machine. Le logiciel 32 bits a été livré début octobre et donne relativement satisfaction.

La configuration actuelle se présente ainsi :

- mémoires : 4 Mega octets
- axes magnétiques : 3 de 300 Mega octets
- dérouleur de bandes magnétiques : 1 dérouleur 75 ips 800 - 1600 bpi, en commande un système CIPHER 1600 bpi
- imprimantes : 2 imprimantes 600 lignes minute.

Un câblage a été réalisé dans le Service de façon à avoir la possibilité d'être relié au Modcomp par l'intermédiaire de boitiers de distribution.

Il est envisagé de disposer des imprimantes sérielles et des disques souples à différents endroits.

Les premiers efforts ont porté sur l'implantation du système graphique, en particulier TA-TB (comptatible CISI) orienté sortie Benson et interactif. Ce logiciel est actuellement opérationnel. Un utilitaire de consultation de fichiers éditables a également été développé. Un travail important de mise au courant du fonctionnement de ce nouvel ordinateur a du être fait tout au long de l'année 1985.

Des utilitaires devront être développés en langage assembleur, par exemple : couplage d'un système sur lignes d'entrée sortie parallèles.

Le Sfena coordinateur 500 a assuré comme par le passé les liaisons "Remote-Batch" et les liaisons interactives (3270) avec les frontales de la CISI Saclay.

Dans un premier temps, l'émulateur 3270 en 32 bits n'existant pas encore chez Modcomp, des essais de basculement de la liaison "Remote Batch" du Sfena sur Modcomp seront effectués au premier semestre 1986.

A.VI.3. - Système d'acquisition de données et de contrôle commande

a) Mitra 225

L'affectation de cet ordinateur a évolué durant l'année écoulée. Son rôle principal sera de gérer la documentation du Service (cf. A.VI.5.).

Il garde cependant son rôle d'acquisition de données par l'intermédiaire d'un "CAB", et de traitement interactif.

Le rôle de contrôle commande qui lui avait été affecté pour le regroupeur HF est en partie reporté sur un "MACAC".

b) MACAC (cf. compte rendu du service PTN 1984)

Cinq de ces "gros miniordinateurs" sont maintenant en service : une machine d'acquisition, une machine de pilotage et d'acquisition sur le laser, une machine de pilotage sur le Tandem, une machine de pilotage et acquisition sur le banc source.

Nous avons en plus en cours de réalisation une machine d'acquisition, et une machine d'acquisition pilotage pour le Van de Graaff 4 MeV.

Caractéristiques des configurations : carte VC VME 110 avec carte de 2 Mega octets de mémoire, disques Winchester de 15 à 80 Mega octets suivant les besoins, disquettes 8" 5"1/4 ou 5"1/4 (les nouvelles configurations seront toute équipées de 5"1/4), coupleur CAMAC, une ou deux consoles couleur, dérouleurs de bande magnétique 800 ou 1600 et 6250 bpi suivant les besoins, imprimante sérielle, et imprimante 8 couleurs Cannon en "Hardcopy".

Langages utilisés : Fortran 77, Pascal et Assembleur.

Tous ces systèmes sont équipés de 3 postes de travail.

Le logiciel graphique a été réécrit pour les cartes chromat (Datasud) en Fortran depuis l'arrivée du Fortran 77AB50FT, et nous avons implanté en Fortran le même logiciel mais pour des cartes graphiques ELTEC plus performantes.

A.VI.4. - Oscilloscope 7912 AD (sur MACAC)

La programmation a porté principalement sur les essais de commande à distance de l'oscilloscope. Compte tenu de l'expérience acquise pour le même travail sur MITRA 225, aucun problème particulier n'a été rencontré quant à la récupération du signal. Il reste à décoder le signal et à afficher les principales fonctions de commande sur le "Touch Panel".

Il faut noter que les programmes sont réécrits en PASCAL ; leur mise au point n'en est que plus rapide.

A.VI.5. - Logiciel TRIBU

La nouvelle version TRIBU 2-V3 implantée sur le MITRA 225 a permis d'inclure dans la base de données déjà existante la gestion des livres de la documentation du Service.

Une série de programmes exécuteurs de transactions ont été écrits et permettent :

- l'entrée des nouveaux documents dans la base (il est rappelé que chacun d'entre eux est connu par un numéro qui constitue sa clé d'accès) ;

- une recherche des documents :

  - par auteur pour les livres
  - par sigle pour les rapports
  - par lieu pour les comptes rendus de conférences

- la prise en compte des articles scientifiques issus de ces documents,

- la mise à jour des "prêts" et des "rendus".

- la sortie sur écran et listing des caractéristiques des documents recherchés.

et enfin,

- l'édition mensuelle des documents nouveaux reçus.

L'ensemble de ces programmes est à présent suffisant pour permettre une gestion complète sur ordinateur de la documentation du Service.

Depuis six mois, tous les documents (microfiches, rapports, livres, thèse...) nouvellement arrivés sont inclus dans la base gérée par le logiciel TRIBU, ce qui suppose que ce dernier soit en permanence en exploitation.

A.VII. - CALCUL SCIENTIFIQUE

(Mme BEUVE, Melle MATHIEU)

Scientific programming

L'installation du nouveau calculateur MODCOMP-32 bits et d'une console de visualisation couleur Radiance 320 a nécessité un gros travail de reconversion des programmes existants sur le MITRA 125 (NAVY et ses utilitaires d'entrée-sortie), a permis d'implanter sur place des codes qui tournaient sur le CRAY-XMP de la CISI (SLAC, NEWHIF, AUTOMESH, LATTICE, PANDIRA, TEKPLOT) et a permis également l'implantation d'un nouveau code interactif (TRACE).

- NAVY est un programme interactif de dépouillement de spectres expérimentaux. Il comprend des modules d'entrée (lecture de données à partir de bandes magnétiques, à partir du clavier de la console et lecture de données déjà stockées sur un fichier disque à accès direct), des modules de sortie (imprimante, bande magnétique de stockage, tracés sur traceur BENSON, visualisation graphique sur console couleur), des modules de manipulation de données (initialisation, addition de spectres, soustraction, multiplication par une constante, décalage, compression, etc...) des modules de calcul (fit linéaire, fit non linéaire avec gaussiennes et gaussiennes dissymétriques, calcul de fonctions et développement en polynômes), des modules de traitement de données expérimentales (lissage, calcul de bruit de fond, calcul de surface sous pics). Parmi les utilitaires accompagnant ce programme, on peut citer BANF (gestion de bandes magnétiques directement issues des manipulations) et BANB (écriture de bandes magnétiques en binaire en vue d'archivage et création de fichiers disques à accès direct pour traitement avec NAVY).

- Le code SLAC est utilisé pour le calcul des trajectoires des électrons ou des ions dans les systèmes électrostatiques et magnétostatiques.

- NEWHIF : code de simulation de l'interaction ions lourds-plasma (cf.paragraphe A.III.4.)

- Les programmes AUTOMESH, LATTICE, PANDIRA et TEKPLOT permettent le calcul des structures. Nous disposons actuellement d'une nouvelle version datant de septembre 1985.

- TRACE est un programme interactif de transport de faisceau. Ce programme prend en compte un grand nombre d'éléments tels que les quadrupoles à aimants permanents (PMQ) les quadrupoles à fréquence HF (RFQ). Il possède également de grandes possibilités permettant de déterminer les éléments d'optique tout au long du transport en tenant compte de la charge d'espace. Ce code trace directement sur la console de visualisation l'enveloppe du faisceau et les ellipses de fonctionnement dans l'espace des phases .

PARTIE B :

DONNEES NUCLEAIRES :

MESURES, INTERPRETATIONS, EVALUATIONS.

B.I. - MESURES DE DONNEES NEUTRONIQUES

B.I.1. - Amélioration des moyens expérimentaux

Improvements of experimental resources

(G. HAOUAT, Y. PATIN, C. HUMEAU, G. DALBERA, S. SEGUIN, J.P. LOCHARD, P. DELBOURGO)

The experimental study of fusion reactions between light ions at low energies requires new equipments which are presented here. A new method for measuring proton beam pulses below 200 ps is also presented.

- Systèmes expérimentaux pour l'étude des réactions de fusion de basse énergie

Nous avons poursuivi la conception et la réalisation de systèmes expérimentaux destinés à l'étude des réactions de fusion entre ions légers à basse énergie (10 - 150 keV) cf. C.R. CEA-N-2448 (1985) p. 49).

• Cible gazeuse de deutérium

Une cible gazeuse de deutérium à pompage différentiel cryogénique est en cours de fabrication. Cette cible, sans fenêtre, est prévue pour travailler avec un nombre d'atomes de 10^{16} à 10^{17} at/cm^3. Son autonomie de fonctionnement sera supérieure à 24 h.

• Chambre à réaction

Une chambre à réaction associée à la cible gazeuse est à l'étude. Elle est prévue pour la détection des particules chargées aussi bien que des neutrons. Pour la mesure des particules chargées elle comporte six compteurs télescopes E-ΔE, le détecteur E étant une diode semiconductrice, et le détecteur ΔE une chambre à ionisation. Ces compteurs permettent la mesure de l'énergie et d'identification des particules chargées émises. Pour la détection des neutrons, une partie des compteurs est remplacée par une fine fenêtre de titane devant laquelle est placé un détecteur de neutrons étalonné fonctionnant par la méthode du temps de vol.

. Calorimètre

Etant donné que l'état de charge des projectiles est modifié après la traversée de la cible, la mesure de l'intensité du faisceau est assurée par un calorimètre à double compensation en température qui enregistre l'énergie apportée par le faisceau. Les parties mécanique et électronique du calorimètre sont réalisées. Nous procédons actuellement à l'étalonnage de l'appareil. La précision de la mesure du faisceau est estimée à 0,1 %.

. Mesure de la perte d'énergie du faisceau dans la cible

La détermination de l'intensité du faisceau incident dépend de la perte d'énergie des projectiles dans la cible. Il faut donc mesurer cette perte d'énergie. Nous étudions un ensemble de déflection électrostatique qui permettra de mesurer cette perte d'énergie avec une précision de 0,5 %.

- Faisceaux de protons pulsés. Mesure de la largeur de l'impulsion.

Le regroupeur HF du Service, installé sur la ligne à 11° du Tandem, permet de produire des faisceaux pulsés de protons d'impulsions très courtes (< 200 ps). Pour mesurer la durée de ces impulsions, nous avons mis au point un détecteur constitué de deux photomultiplicateurs XP2020 couplés à un même scintillateur rapide Pilot U (Φ = 25 mm, H=5 mm). La résolution intrinsèque de ce détecteur a été mesurée en utilisant une source de photons d'énergie variant entre 0,5 et 2,0 MeV ; nous avons obtenu une résolution de ≃ 120 ps. Nous avons pu ensuite mesurer des impulsions de protons de ≃ 150 ps de largeur à mi-hauteur avec un faisceau de protons de 10 MeV et de 20 à 50 nA de courant moyen, en observant les rayons γ produits par l'impact des protons sur une cible de tantale.

B.I.2. - Faisceaux de neutrons monoénergétiques étalonnés

(S. CRESPIN, J. DUIGOU, D. GIMAT, G. GRENIER, D. PARISOT)

Standardized monoenergetic neutron beams

Monoenergetic neutron beams can be produced in the 0,05 - 20 MeV energy range. Standardized monoenergetic neutron beams are essentialy used between 0,05 - 3 MeV and at 14 MeV. The uncertainty in the neutron flux is estimated to be 2 - 3 % below 3 MeV and on the order of 5 % above 3 MeV.

Compte tenu des moyens dont dispose le Service, des faisceaux de neutrons monoénergétiques peuvent être produits sur une large gamme d'énergie comprise entre 0,05 et 20 MeV.

Ce potentiel est utilisé pour les études réalisées dans le Service, mais il l'est aussi largement par des physiciens extérieurs. C'est le cas notamment pour les laboratoires qui étudient et développent de nouveaux appareils de radioprotection ainsi que pour le Centre Technique d'Homologation des Instruments de Radioprotection.

Ces faisceaux de neutrons monoénergétiques sont surtout largement utilisés dans la gamme d'énergie comprise entre 0,05 et 7 MeV, ainsi qu'à 14 MeV. Le flux de neutron est donné avec une précision de l'ordre de 2 - 3 % jusqu'à 3 MeV et d'environ 5 % au-dessus.

B.I.3. - Mesure de la section efficace de capture du scandium, du titane et du césium

(J. VOIGNIER, S. JOLY, G. GRENIER)

Fast neutron capture cross sections of scandium, titanium and cesium

Absolute neutron capture cross sections of scandium at E_n = 1 - 2 - 2.5 MeV, titanium at E_n = 2 MeV and cesium at E_n = 3 MeV have been measured by the spectrum fitting method .
The capture gamma-ray spectra and the multiplicity of the cascades were deduced from the pulse height distributions.

La section efficace de capture radiative du scandium [1] a fait l'objet de nouvelles mesures aux énergies E_n = 1 - 2 et 2,5 MeV ; de même, la section efficace de capture du césium a été mesurée à E_n = 3 MeV. Pour ces deux éléments, il existe très peu de données expérimentales et aucune dans le domaine d'énergie 0,5 - 3 MeV.

D'autre part, une série de mesures de sections efficaces de capture a commencé avec le titane naturel (E_n = 2 MeV). La section efficace de capture du titane est très faible ($\sigma_{n,\gamma} < 10$ mb à E_n = 2 MeV) et il n'existe aucune mesure au dessus de E_n = 65 keV.

Référence

[1] J. VOIGNIER, S. JOLY, G. GRENIER : "Proceedings of the fourth International Symposium on Neutron Capture Gamma-Ray Spectroscopy" Grenoble, 7-11 septembre 1981, p. 516, conf. Ser. n° 62.

B.I.4. - Sections efficaces et spectres de rayonnements gamma de capture pour des neutrons d'énergie comprise entre 0,5 et 3,0 MeV et des noyaux de masse comprise entre 63 et 209 (étude de synthèse).

(J. VOIGNIER, S. JOLY, G. GRENIER)

Capture cross sections and gamma-ray spectra from the interaction of 0.5 to 3.0 MeV neutrons with nuclei in the mass range A = 63 - 209.

A review of the capture investigation program developed at Bruyères-le-Châtel has been given [1].
The absolute neutron capture cross sections as well as the capture gamma-ray spectra of Cu, ^{63}Cu, ^{65}Cu, ^{89}Y, Zr, ^{93}Nb, ^{139}La, Gd, ^{155}Gd, ^{156}Gd, ^{157}Gd, ^{158}Gd, ^{160}Gd, ^{159}Tb, ^{181}Ta, W, ^{182}W, ^{183}W, ^{184}W, ^{186}W, Re, Pt, Tl, ^{203}Tl, ^{205}Tl, ^{209}Bi have been measured with the spectrum fitting method.

Une synthèse de différentes mesures de sections efficaces de capture obtenues à Bruyères-le-Châtel a été faite pour 26 éléments [1].

La section efficace absolue de capture a été mesurée dans l'intervalle d'énergie 0,5 - 3,0 MeV. Les spectres et la multiplicité des rayonnements gamma de capture ont été obtenus pour des neutrons d'énergie de 0,5 MeV.

La figure B.I.4.1 montre un exemple de la distribution en énergie des rayonnements gamma de capture obtenue pour Gd, ^{155}Gd, ^{156}Gd, ^{157}Gd, ^{158}Gd, ^{160}Gd.

Référence

[1] J. VOIGNIER, S. JOLY, G. GRENIER, "Capture cross sections and gamma-ray spectra from the interaction of 0.5 to 3.0 MeV neutrons with nuclei in the mass range A = 63 - 209", à paraître dans Nuclear Science and Engineering.

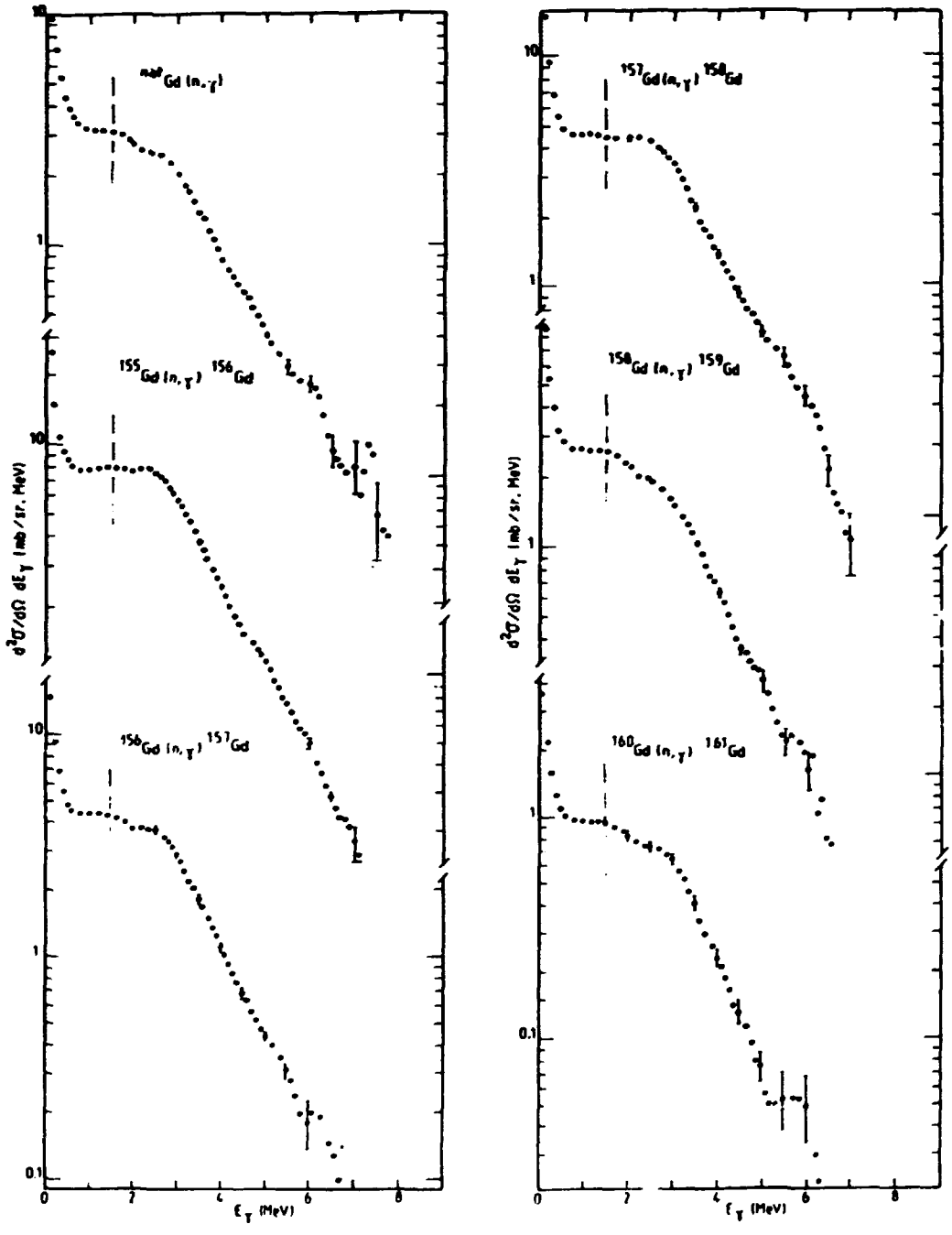


FIGURE B.I.4.1.

Distribution en énergie des rayons γ de capture émis par ^{nat}Gd et divers isotopes du Gd à l'énergie de neutrons de 0,5 MeV.

B.I.5. - Mesure de la section efficace ^{239}Pu (n,2n) du seuil à 13 MeV

(J. FREHAUT, R. BOIS, A. BERTIN)

Measurement of the ^{239}Pu (n,2n) cross section between threshold and 13 MeV

The ^{239}Pu (n,2n) cross section has been measured in the energy range from threshold to 13 MeV using the large Gd-loaded liquid scintillator method. The statistical accuracy of the measurements is of the order of 10 to 20 %.

La section efficace de réaction (n,2n) du ^{239}Pu a été mesurée par la méthode du gros scintillateur liquide chargé au gadolinium, qui repose sur le dénombrement des neutrons émis à chaque événement. Au niveau élémentaire, on ne peut distinguer une réaction (n,2n) d'une fission où 2 neutrons ont été émis. Cependant, les événements où plus de 2 neutrons ont été émis sont des fissions. En utilisant la loi P(ν) de distribution des neutrons de fission mesurée par ailleurs, on peut alors calculer le nombre de fissions enregistrées au cours de l'expérience, puis en déduire le nombre de fissions où 2 neutrons ont été émis. On obtient de cette façon le rapport de la section efficace (n,2n) à la section de fission du noyau considéré [1,2]. Le ^{239}Pu pose un certain nombre de problèmes particuliers :

- Bruit de fond propre important, lié en partie à la fission spontanée du ^{240}Pu qui contamine l'échantillon.

- Nécessité d'un gainage sérieux, ce qui entraine un bruit de fond supplémentaire par diffusion de neutrons et réactions (n,2n) parasites.

- Multiplication interne dans l'échantillon, ce qui entraine des fissions doubles et déforme la distribution observée pour les neutrons.

- Section efficace de fission nettement plus élevée que la section efficace (n,2n).

Tous ces problèmes limitent sérieusement la précision de la mesure et ont nécessité un affinement extrême de la technique expérimentale. Pour la première fois, la section efficace de réaction (n,2n) du ^{239}Pu a été mesurée du seuil à 13 MeV avec une précision relative comprise entre 10 et 20 %.

Les résultats sont présentés sur la figure B.I.5.1. Les points portés autour de 14 MeV sont tirés de la réf. [3]. La courbe continue, qui corres-

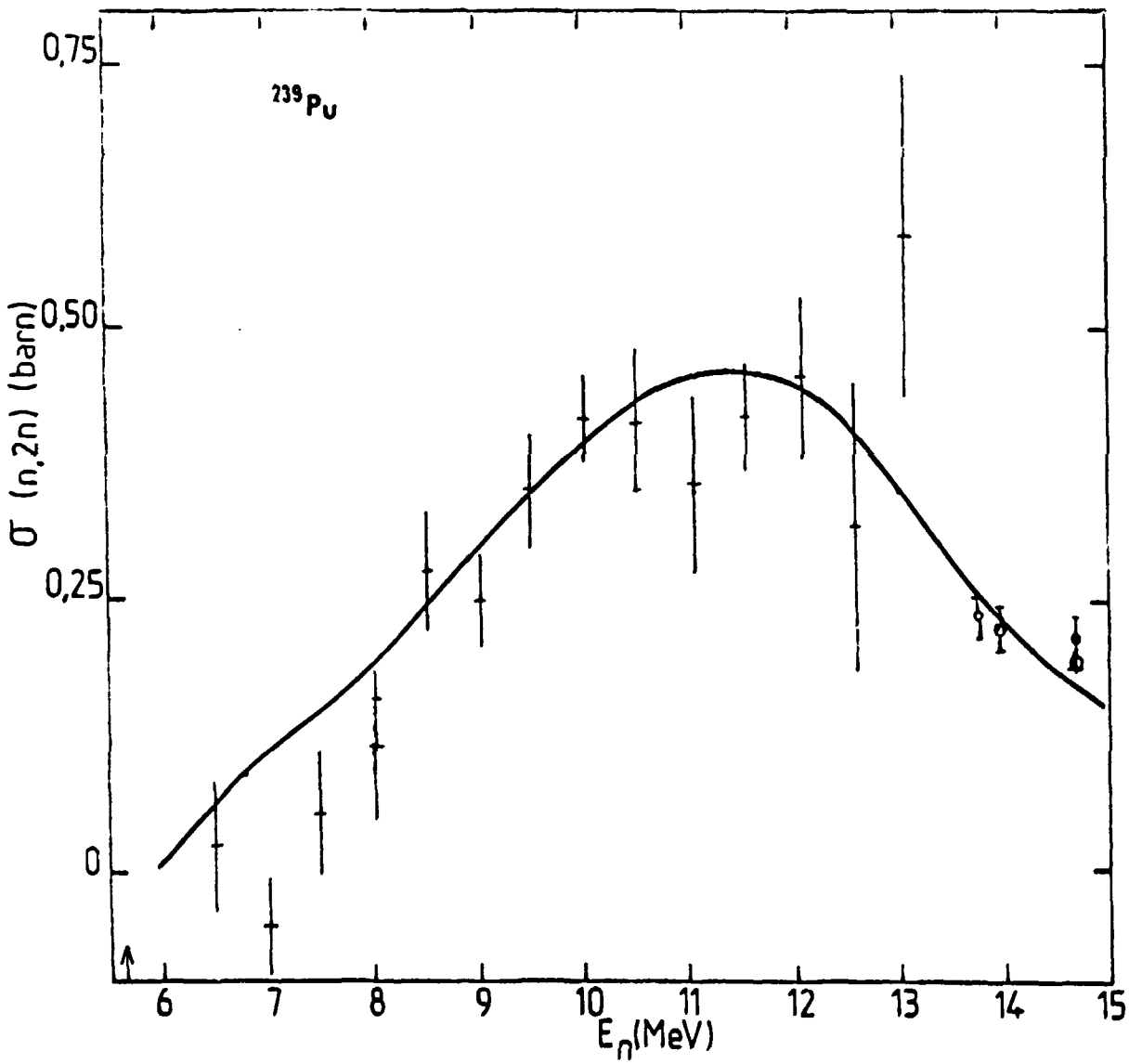


FIGURE B.I.5.1.

Section efficace (n,2n) de ^{239}Pu en fonction de l'énergie des neutrons incidents

+ : notre mesure
o : Réf {3}

pond à une évaluation théorique récemment effectuée dans le Service [4], reproduit de façon satisfaisante l'ensemble des résultats expérimentaux.

Références

[1] J. FREHAUT, Nucl. Inst. Math. 135 (1976) 511.

[2] J. FREHAUT, A. BERTIN, R. BOIS, Nucl. Sci. Eng. 74 (1980) 29.

[3] Progress report LA - 9841-PR (1983).

[4] Voir ce rapport, chap. B.II.2.

B.I.6. - Diffusion de neutrons de 8 MeV sur ^{190}Os, ^{192}Os et ^{194}Pt

(G. HAOUAT, Y. PATIN, T. CLEGG*, M. Mc. ELLISTREM**, Ch. LAGRANGE, J.P. DELAROCHE)

Neutron scattering on ^{190}Os, ^{192}Os and ^{94}Pt at 8 MeV

Cross section measurements for neutron elastic and inelastic scattering on ^{190}Os, ^{192}Os and ^{194}Pt at 8 MeV have been performed in order to investigate the deformation effects on neutron scattering for these nuclei characterized by a prolate to oblate shape transition.

Ces mesures de diffusion élastique et inélastique de neutrons de 8 MeV sur les isotopes séparés de ^{190}Os, ^{192}Os et ^{194}Pt, qui ont été présentées dans la référence [1], permettent de déterminer les déformations nucléaires dans cette région des terres rares caractérisée par une rapide transition de forme entre les configurations cigare (prolate) et soucoupe (oblate).

Le traitement de ces données a été complété pour obtenir les sections efficaces différentielles de diffusion élastique et inélastique sur les niveaux les plus bas des noyaux étudiés.

L'analyse des données a été effectuée dans le cadre du modèle du rotateur asymétrique en considérant des déformations quadrupolaires et hexadecapolaires. Une autre analyse s'appuyant sur l'approximation des bosons en interaction (modèle IBA) est en cours.

---

* Collaborateur Temporaire Etranger, University of North Carolina - Chapel Hill - USA

** Collaborateur Temporaire Etranger, University of Kentucky - Lexington USA

L'ensemble de ce travail fera l'objet d'une publication.

Référence

[1] G. HAOUAT, Y. PATIN, T. CLEGG, M. Mc ELLISTREM, Ch. LAGRANGE, J.P. DELAROCHE - Note CEA-N-2448 - p. 54 (1985)

B.I.7 - Mesure de sections efficaces élastique et inélastique de neutrons de 21,4 MeV sur ^{238}U.

(G. HAOUAT, J. RAPAPORT* , C. HUMEAU, J.P. LOCHARD, S. SEGUIN, G. DALBERA, P. DELBOURGO, Y. PATIN)

Neutron scattering cross sections for ^{238}U at 21.4 MeV

Neutron elastic and inelastic scattering cross sections for ^{238}U were measured at 21.4 MeV incident energy in order to determine the optical model parameters for precise evaluation of ^{238}U neutron cross sections in the energy range 14 - 30 MeV.

Il s'avère nécessaire d'avoir une bonne connaissance des paramètres du potentiel optique de diffusion des neutrons sur le noyau ^{238}U, dans la gamme d'énergie 14 - 30 MeV, pour pouvoir estimer avec précision les sections efficaces d'interaction neutron -^{238}U [1]. Dans ce but nous avons mesuré les sections efficaces de diffusion élastique de neutrons de 21,4 MeV sur ^{238}U.

Les mesures ont été effectuées auprès du Tandem 7 MV en utilisant le spectromètre de neutrons par temps de vol du Service. Les neutrons de 21.4 MeV étaient produits à l'aide de la réaction ^{3}H (d,n) ^{4}He en utilisant une cible gazeuse de tritium. L'échantillon de ^{238}U était un barreau cylindrique de 21 mm de hauteur, 15 mm de diamètre et d'une masse de 71 gr ; il était placé à 13 cm de la cible gazeuse. Les mesures aux angles avant entre 15 et 50 degrés ont été effectuées à l'aide d'un seul détecteur ; pour les mesures entre 50 et 160 degrés, le spectromètre était composé de trois détecteurs espacés l'un de l'autre de 40 degrés. La longueur des bases de vol était de 6,3 m. La résolution en énergie était de 700 à 850 keV pour des neutrons de 21,4 MeV.

Les sections efficaces différentielles ont été obtenues à 38 angles entre 15 et 160 degrés. La résolution en énergie ne permettait pas de séparer

---

* Collaborateur temporaire étranger, Ohio University (U.S.A)

les groupes de diffusion élastique (0+) et de diffusion inélastique sur les états 2+ (45 keV) et 4+ (148 keV).

Le traitement des mesures est en cours, de même que l'interprétation théorique des données dans le cadre du modèle optique déformé.

Référence

[1] Ch. LAGRANGE, D.G. MADLAND et M. GIROD, Physical Review C (sous presse) (1986), et L.F HANSEN et al. Bull Am. Phys. Soc 527 (1984)

B.II - EVALUATIONS DE DONNEES

B.II.1. Evaluation de $\bar{\nu}p$ pour ^{235}U, ^{238}U et ^{239}Pu

(J. FREHAUT)

Evaluation of $\bar{\nu}p$ for ^{235}U, ^{238}U and ^{239}Pu.

The average number of prompt neutrons emitted per fission, $\bar{\nu}p$, has been evaluated for the neutron induced fission of ^{235}U, ^{238}U, and ^{239}Pu in the energy range 10^{-5} eV to 30 MeV.

Le nombre moyen de neutrons prompts de fission, $\bar{\nu}p$, a été évalué de façon cohérente pour la fission de ^{235}U, ^{238}U et ^{239}Pu induite par des neutrons d'énergie comprise entre 10^{-5} eV et 30 MeV.

L'évaluation de Axton [1] dans le domaine thermique a été retenue comme point de départ de notre évaluation. Les désaccords entre les différents résultats publiés reflètent surtout l'état actuel des techniques expérimentales et ont été discutés dans une publication antérieure [2]. Pour assurer un maximum de cohérence, notre évaluation est principalement basée sur les résultats obtenus dans notre laboratoire, qui couvrent la gamme d'énergie comprise entre 1 eV et 30 MeV, et qui ont été obtenus avec le même dispositif expérimental.

Une attention particulière a été apportée à la zone des résonances de ^{239}Pu, où des fluctuations de $\bar{\nu}p$ dûes à la réaction (n,γf) ont été observées [4]. A titre d'exemple, la figure B.II.1.1. compare notre évaluation à l'évaluation ENDF B/V.

Références

[1] E.J. AXTON, Nuclear Standard Reference Data, IAEA - TECDOC - 335 (1985) 214.

[2] J. FREHAUT, Transactinium Isotope Nuclear Data, IAEA - TECDOC - 336 (1985) 105.

[3] R. GWIN, R.R. SPENCER, R.W. INGLE, Nucl. Sci. Eng. 87 (1984) 381.

[4] J. FREHAUT, D. SHACKLETON, Proc. Symp. on "Physics and Chemistry of Fission", Rochester, 1973 Vol II, p. 201.

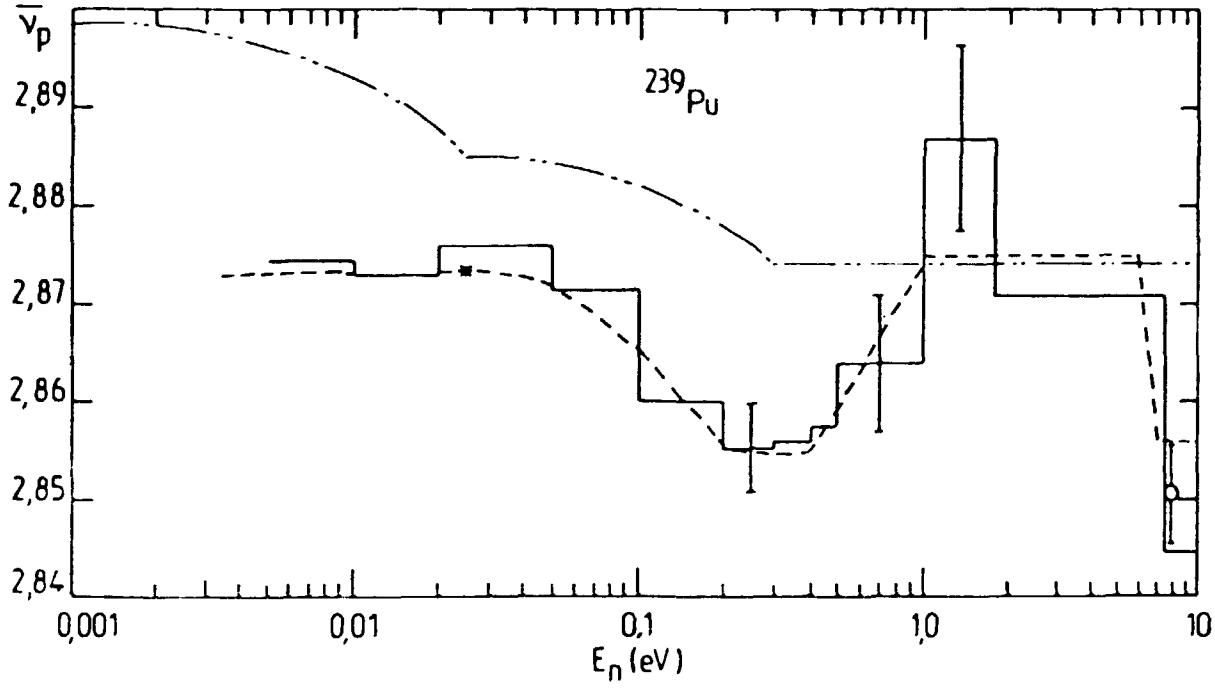


FIGURE B.II.1.1.

$\bar{\nu}_p$ pour ^{239}Pu en dessous de 10 eV, Histogramme : Réf {3}, o : Réf {4}, * ..—..: ENDFB/V, ----- : cette évaluation.

B.II.2. - Section efficace ^{239}Pu (n,2n) du seuil à 20 MeV.

(C.A. PHILIS, E. GRYNTAKIS*)

^{239}Pu (n,2n) cross section from threshold to 20 MeV

A new evaluation of ^{239}Pu (n,2n) cross section has been performed in the energy range from threshold to 20 MeV.

Dans le but d'améliorer l'évaluation des sections efficaces d'interaction des neutrons rapides sur ^{239}Pu, une analyse des sections efficaces totales et de fission a été faite sur la base d'un jeu de paramètres optiques [1] réajustés. Les pénétrabilités de neutrons déduites de ces calculs ont ensuite été utilisées dans un modèle statistique avec correction de préequilibre. La figure B.II.2.1 montre que la section efficace n,2n évaluée est en bon accord avec les récents résultats expérimentaux de J. FREHAUT [2] alors que les autres évaluations sont relativement dispersées. Le résultat de ce travail, en même temps que les données expérimentales, a été présenté à la Conférence de Santa Fe [3].

Références

[1] Voir rapport NEANDC (E) 196 "L" - INDC (FR) 29/L (1978)

[2] Voir ce rapport, chap. B.I.5.

[3] J. FREHAUT, A. BERTIN, R. BOIS, E. GRYNTAKIS, C.A. PHILIS, "(n,2n) cross section of ^{2}H and ^{239}Pu", Conf. Int. "Nuclear Data for Basic and Applied Science", Santa Fe (U.S.A.) , 13-17 mai 1985.

B.II.3. - Transformation cinématique des sections efficaces doublement différentielles

(O. BERSILLON)

Kinematic transformation of double differential cross sections

The kinematical transformation of double differential cross-sections is analyzed with the appropriate jacobian.

---

* Collaborateur Temporaire Etranger I.A.E.A., VIENNE.

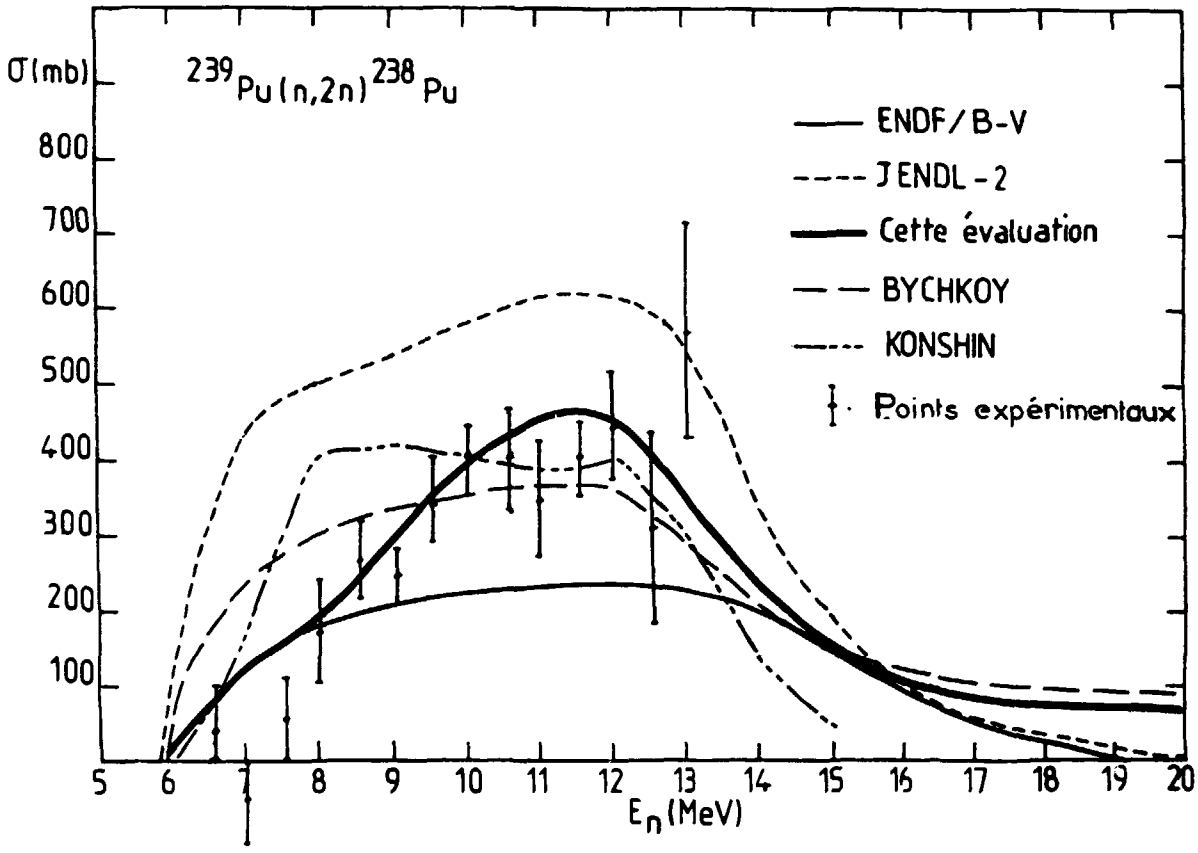


FIGURE B.II.2.1.

Section efficace ^{239}Pu (n,2n). Comparaison évaluation BRC - données expérimentales et autres évaluations.

Les sections efficaces doublement différentielles (en angle et en énergie) sont utilisées pour décrire la partie continue des spectres de particules d'une réaction à deux corps ou bien les spectres de particules d'une réaction à trois corps en voie de sortie. Cette description est de plus en plus usi´- dans les fichiers de données évaluées ("file 6"du fichier ENDF/B). La présence de deux variables cinématiques indépendantes implique, pour la transformation des sections efficaces du centre de masse vers le laboratoire, un jacobien de la forme :

$$J_{cm \rightarrow lab} = (\ell_E/c_E)^{\frac{1}{2}}$$

où ℓ_E et c_E représentent l'énergie de la particule émise dans les deux référentiels. La description détaillée des implications dans le choix des tabulations en angle et en énergie de la "file 6" fait l'objet d'une note en préparation [1].

Référence

[1] O. BERSILLON, "Transformation cinématique et intégration des sections efficaces doublement différentielles", à paraître.

B.II.4. - Spectres de particules émises dans une réaction à 3 corps : réactions ^{6}Li, ^{7}Li (d,n).

(O. BERSILLON, T. DELBOURGO, G. HAOUAT, Y. PATIN, C. HUMEAU, S. SEGUIN, J.P. LOCHARD).

Secondary particle spectra in the 3-body ^{6}Li, ^{7}Li (d,n) reactions

Double differential neutron spectra from the reactions ^{6}Li, ^{7}Li (d,n) are measured by using a time-of-flight technique and analyzed by means of a simple model.

Dans le cadre de l'étude des réactions de fusion entre ions légers, nous avons mesuré les sections efficaces de production de neutrons des réactions ^{6}Li, ^{7}Li (d,n). Le dispositif expérimental consistait en deux détecteurs permettant la détection de neutrons d'énergie comprise entre 100 keV et 30 MeV par la technique du temps de vol avec une résolution satisfaisante (700 keV à 20 MeV).

Les mesures, effectuées pour différentes énergies incidentes des deutérons, conduisent à des sections efficaces doublement différentielles en valeur absolue qui, après intégration, fournissent spectre, distributions angulaires et section efficace totale absolue. Un rapport faisant état de ces mesures est en préparation

L'interprétation de ces spectres repose sur l'hypothèse de l'émission séquentielle des particules en voie de sortie, par exemple :

$$^{7}Li + d \rightarrow n + {}^{8}Be^{*} \rightarrow \alpha + \alpha$$

$$\rightarrow \alpha + {}^{5}He \rightarrow n + \alpha,$$

les structures observées correspondant aux différents états excités du noyau intermédiaire (^{8}Be ou ^{5}He). L'amplitude de chacune des voies ouvertes est considérée ici comme un paramètre ajustable mais, dans une analyse plus fine, peut être reliée à des éléments de la matrice de réaction R. La figure B.II.4.1. montre une comparaison des spectres expérimentaux et calculés. Les pics observés à basse énergie ($E_n < 3$ MeV) correspondent à des états excités du ^{8}Be ($E_x > 17$ MeV) non encore pris en compte dans l'interprétation théorique.

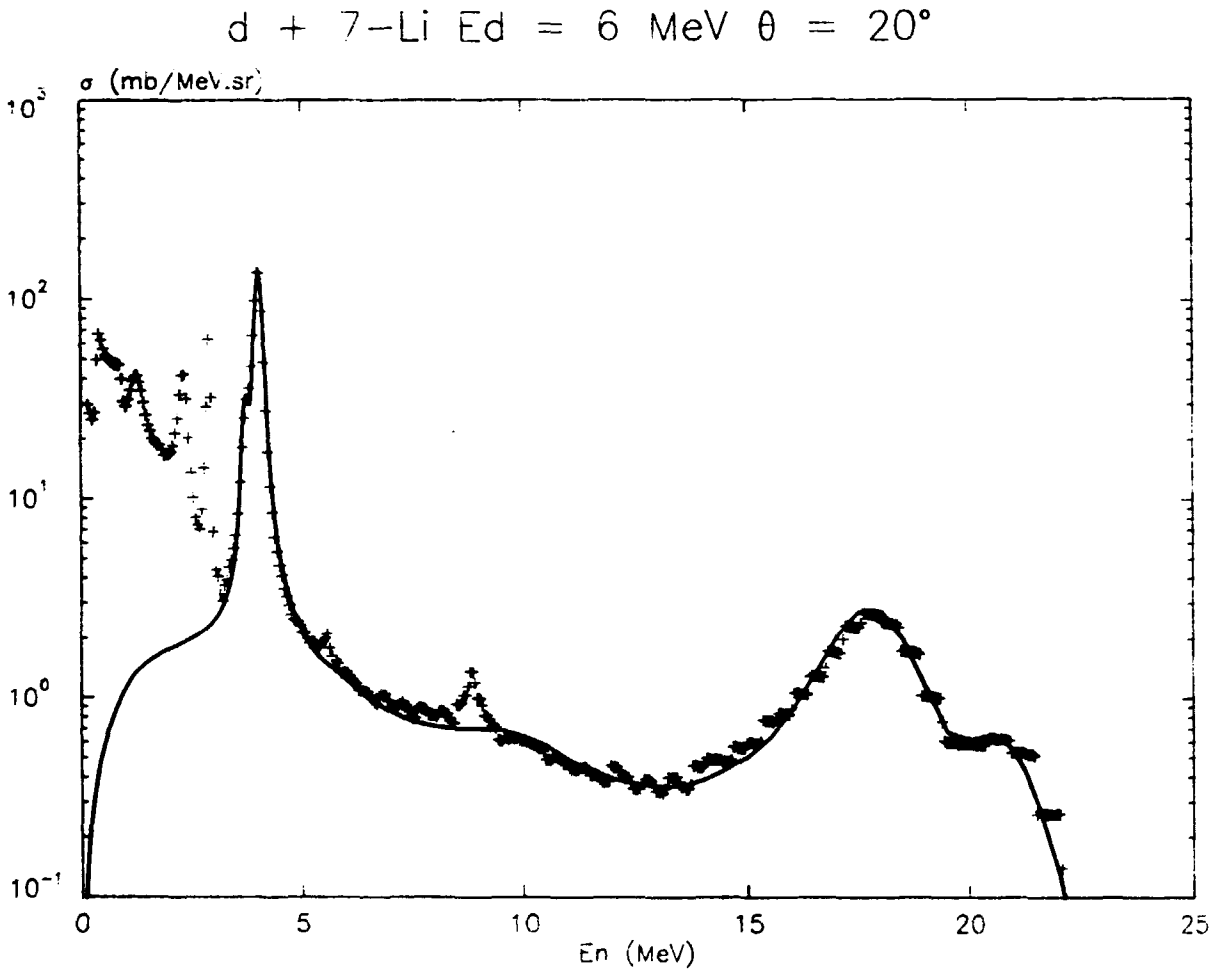


FIGURE B.II.4.1.

Spectre des neutrons issus de la réaction ^{7}Li + d à 6 MeV et sous l'angle θ = 20° : comparaison théorie-mesures (voir texte).

B.III - ETUDE DU PROCESSUS DE FISSION

B.III.1. - Etude des configurations froides de fission

(F. BRISARD, G. SIMON, J. TROCHON et C. SIGNARBIEUX (DPhN/BE, SACLAY))

Cold fission configuration studies

A high resolution ionization chamber has been used for cold fission configuration studies. Performances are developed : energy resolution better than 300 keV, almost perfect mass separation, good charge distribution measurement. A discussion on the very few excited fragmentations is presented.

Les configurations froides dans la fission à basse énergie correspondent à des configurations à la scission qui laissent chacun des deux fragments dans un état proche de son état fondamental. Il n'y a alors aucune émission de neutron. L'investigation de ces événements rares permet donc d'accéder à la connaissance des états du noyau à la scission.

L'expérience a été réalisée auprès du réacteur ORPHEE à Saclay. Le dispositif expérimental est similaire à celui utilisé pour l'expérience préminaire [1] mais les performances ont été considérablement améliorées [2]. Rappelons qu'il s'agit d'une double chambre à ionisation remplie de gaz méthane. L'énergie cinétique est mesurée simultanément pour les deux fragments, ainsi que le temps de transit des électrons vers chacune des deux anodes.

Le dépôt fissile, placé au centre de la chambre, était constitué de 3µg/cm^2 de fluorure évaporé sur une feuille de carbone de 5µg/cm^2 d'épaisseur pour ^{235}U et de respectivement 1 µg/cm^2 et 0,3 µg/cm^2 d'oxyde pour ^{233}U et ^{239}Pu, déposés par la technique du "sputtering" sur des feuilles de carbone identiques.

Le quotient E_H/E_L des énergies cinétiques mesurées est égal au rapport inverse des masses des fragments lorsqu'il n'y a pas émission de neutrons : $E_H/E_L = m_L/m_H$. Comme les masses des fragments sont des entiers, les valeurs de ce rapport sont discrètes et permettent une parfaite détermination de la fragmentation en masse du noyau. Ceci est observé dans la figure B.III.1.1. qui révèle une résolution en énergie meilleure que 300 keV. La calibration en énergie a été obtenue en supposant que les centres de gravité des pics des fragments légers et

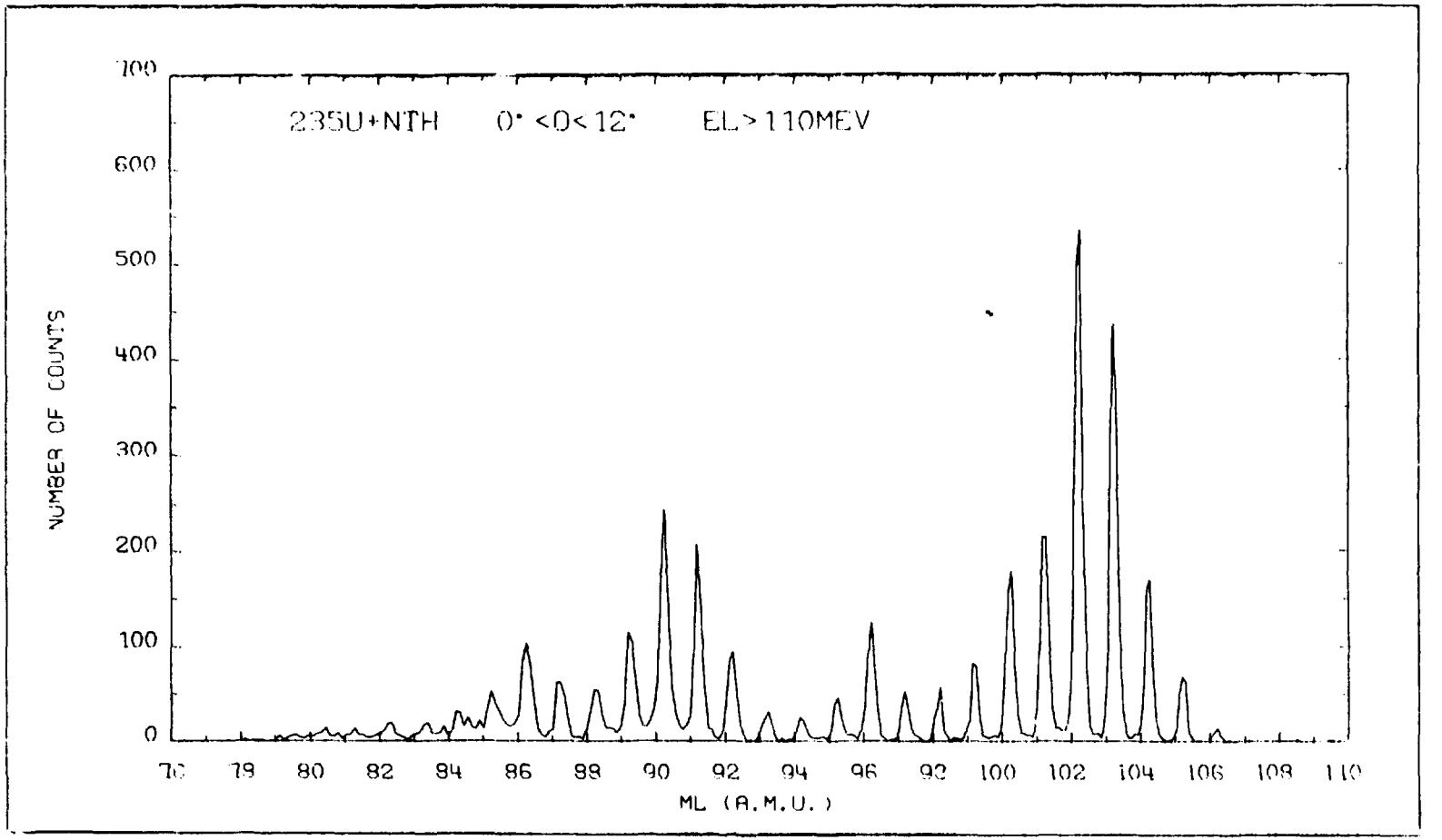


FIGURE B.III.1.1.

Rendement en masse des évènements ayant $E_L \geq 110$ MeV.

lourds correspondaient à l'énergie moyenne de ces fragments après émission de neutrons et que le défaut de hauteur d'impulsion était négligeable pour le méthane.

Le temps de transit des électrons créés juste avant l'arrêt du fragment dans le gaz a été mesuré en utilisant le signal induit sur la cathode comme temps "départ" et l'arrivée des premiers électrons sur l'anode comme temps "arrivée". Cette grandeur peut s'écrire :
$T = \frac{d - R \cos \theta}{v}$ où d est la profondeur de la chambre, R le parcours du fragment dans le gaz, v la vitesse des électrons dans ce gaz et l'angle d'émission du fragment. Le quotient des parcours R_L et R_H des deux fragments est indépendant de cos θ d'après l'expression :

$$R_L/R_H = (T_L - d/v) / (T_H - d/v)$$

Or ces parcours sont caractéristiques de la charge des fragments, et comme la charge totale est conservée : $z_L + z_H = Z$ (92 pour les uraniums), ce rapport permet de déterminer la fragmentation en charge. Ceci est illustré figure B.III.1.2. où l'on observe une séparation avec une résolution $Z/\Delta Z \sim 40$ pour $Z_L = 42$.

Les figures B.III.1.1. et B.III.1.2. montrent qu'il n'y a aucune évidence pour un effet pair-impair, tant sur les masses que sur les charges pour les configurations froides. Toutefois le rendement en charge a été calculé pour un ensemble de masses. Alors apparait un effet pair- impair similaire à celui observé par ailleurs [3]. Il est dû au nombre de masses impliquées dans une charge donnée : 3 ou 4 masses contribuent aux charges paires, tandis qu'une seule masse en général contribue aux charges impaires.

Par ailleurs, les maximums des énergies cinétiques totales TKE max ont été déterminés. Ils sont tracés avec les valeurs Q de la chaleur de réaction calculées à l'aide des tables de Moller et Nix sur la figure B.III.1.3.. La comparaison montre que le Q de la réaction n'est jamais atteint (les fragments ont toujours une légère déformation supérieure à leur état fondamental) et que l'effet pair-impair en énergie observé sur les valeurs Q ne se retrouve que de façon atténuée (~ 20 %) sur TKE max.

En première conclusion, nous dirons que la division du noyau pour les configurations froides est principalement gouvernée par la séparation qui rend maximale l'énergie libérée.

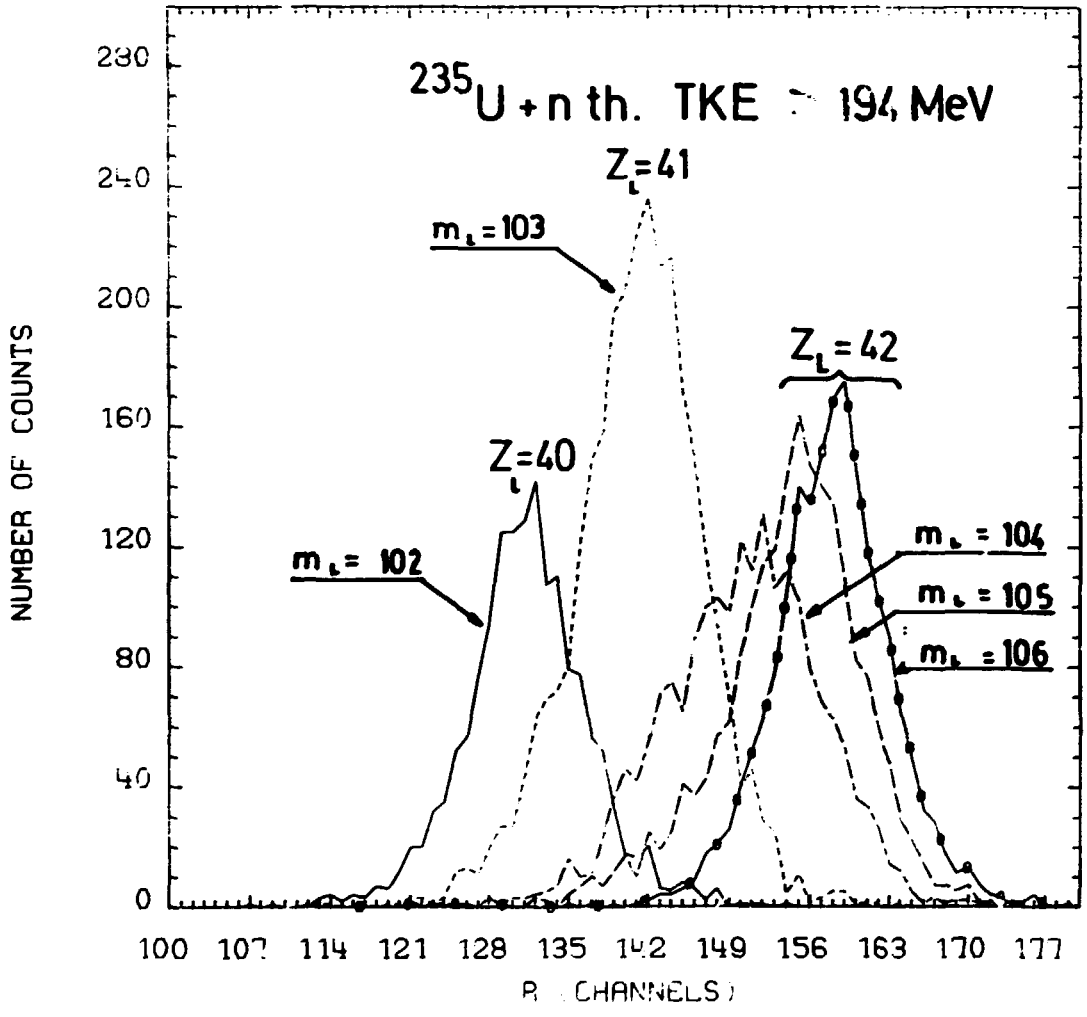


FIGURE B.III.1.2.

Rendement en charge de différentes fragmentations en masse.

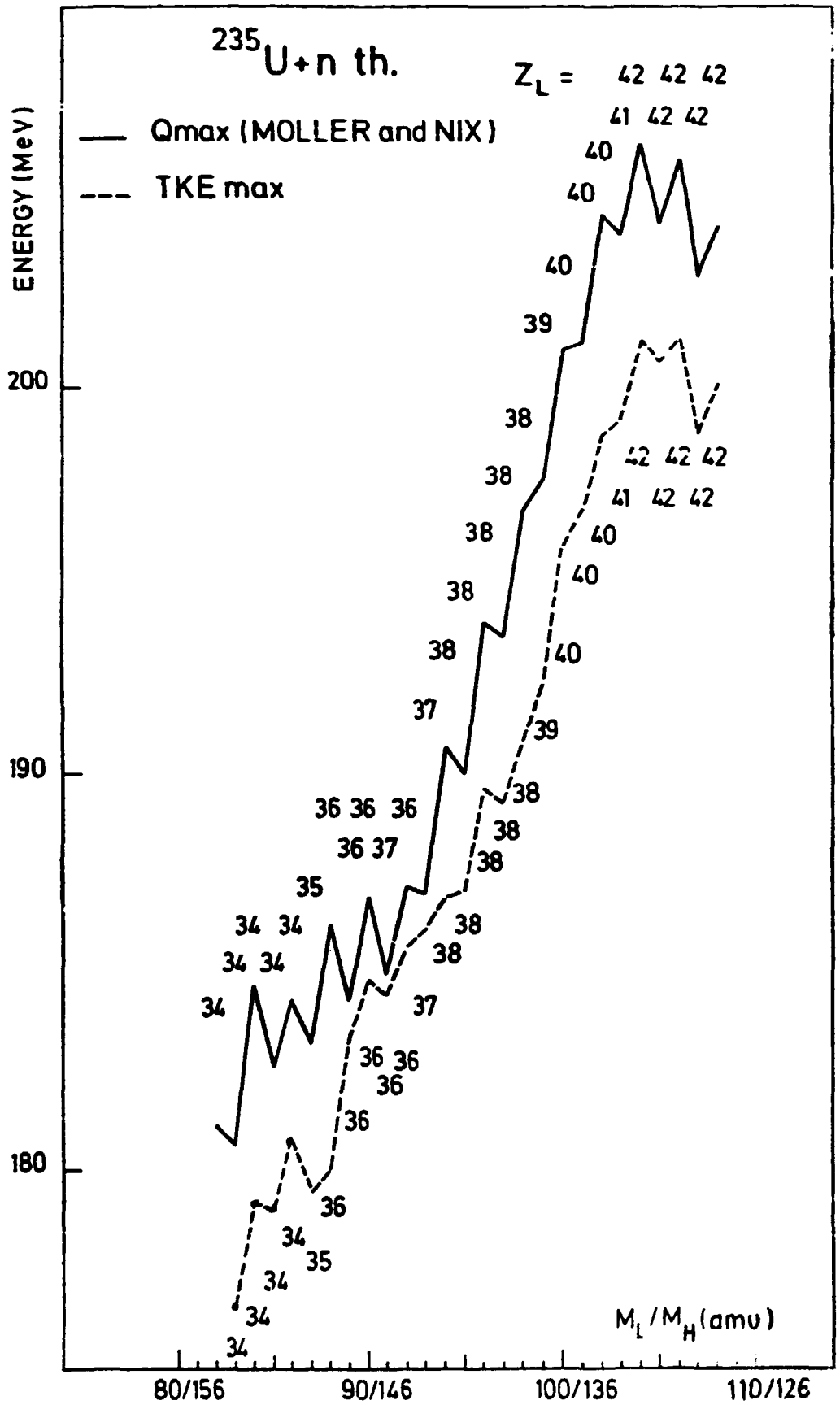


FIGURE B.III.1.3.

Comparaison de l'énergie cinétique totale maximale TKE max et du Q en fonction de la masse du fragment léger.

Références

[1] J. TROCHON, G. SIMON, J.W. BEHRENS, F. BRISARD
Compte rendu annuel 1984, Note CEA-N-2448 (Oct. 1985)

[2] J. TROCHON, G. SIMON, J.W. BEHRENS, F. BRISARD et C. SIGNARBIEUX
Proceedings the Int. Conf. on "Nuclear Data for Basic and Applied Science", Santa Fe, 1985
et C. SIGNARBIEUX, G. SIMON, J. TROCHON, F. BRISARD, même référence

[3] A.C. WAHL et al. "Physics and Chemistry of Fission" IAEA Vienne 813 (1969)

B.IV. - ETUDE DES REACTIONS ENTRE IONS LOURDS

B.IV.1. - Détecteur à plaques parallèles de grande surface

(M. MORJEAN, Y. PRANAL, L. SINOPOLI)

A large area parallel plate avalanche counter.

A parallel plate avalanche counter has been built up for the CASIMIR system

Afin de compléter le jeu des paramètres détectés par la chambre à ionisation de l'ensemble CASIMIR, nous avons décidé de placer à l'entrée de celle-ci un compteur à plaques parallèles permettant la séparation en masse des ions détectés. Une mesure simultanée de la position des fragments sur l'axe horizontal de la chambre sera également effectuée. Le faible taux d'empilement de ce type de détecteur pour des grands taux de comptage et la bonne efficacité permettront de piloter le cycle d'acquisition des paramètres de la chambre.

Les dimensions du détecteur à plaques parallèles sont de 400 mm de long et de 80 mm de haut, ce qui permet de conserver l'angle solide utile de la chambre.

La cathode est constituée d'une feuille de MYLAR de 1,5 µm d'épaisseur recouverte de 30 $\mu gr/cm^2$ d'or. L'anode comprend un plein de fils supportant des lignes à retard afin de détecter la position de l'impact des ions. L'écart entre anode et cathode est de 3 mm.

A ce jour, les systèmes de tension des feuilles d'évaporation et d'essais sous vide sont opérationnels ; le détecteur est dans sa phase de montage.

Nous remercions C. MAZUR, M. RIBRAG du Service DPhNMF à Saclay et C. BONETTI de PTN pour l'aide apportée au cours de la réalisation du détecteur.

B.IV.2. - Automatisation des plateaux de la chambre à réaction du système CASIMIR

(Y. PRANAL, J.L. CHARVET, L. SINOPOLI)

Automatization of the reaction chamber plates in the experimental CASIMIR system

Improvements in the experimental CASIMIR system have been performed by automatizing the reaction chamber plates

La nécessité d'utiliser les faisceaux du GANIL ou de SARA avec un maximum d'efficacité nous a conduit à automatiser les mouvements des différents détecteurs pouvant être disposés sur les plateaux de la chambre à réaction du système CASIMIR.

Pour ce faire, nous avons modifié un système de double télécommande de moteur pas à pas du type ITG DCA de MICROCONTROLE.

La première modification a consisté à rendre aisée la télécommande en affichant directement la rotation des plateaux support des détecteurs en degrés.

Dans un deuxième temps nous avons connecté à la télécommande un microordinateur type APPLE II. Ceci nous permet, grâce à un programme (CASTEL) que nous avons mis au point, de gérer à distance la rotation des plateaux.

Ce système a été testé lors d'une expérience sur SARA et a donné toute satisfaction.

B.IV.3. - Etude des fragments de faible énergie cinétique : système $^{20}Ne + ^{93}Nb$ à 30 MeV/u.

(M. MORJEAN, R. BILLEREY*, B. CHAMBON*, J.L. CHARVET, A. CHEVARIER*, N. CHEVARIER*, B. CHEYNIS*, A. DAUCHY**, D. DRAIN*, A. GIORNI**, S. JOLY, C. MORAND**, R. PASTEL***, C. PASTOR*, Y. PATIN, Y. PRANAL, L. SINOPOLI, M. STERN*, J.L. UZUREAU

Investigation of the low kinetic energy fragments : $^{20}Ne + ^{93}Nb$ system at 30 MeV/u

In order to determine the origin of the low energy fragments produced in heavy ion reactions, we have performed a fragment-fragment coincidence experiment.

Afin de mieux comprendre les mécanismes des réactions conduisant a la production de fragments très amortis en énergie cinétique [1], nous avons bombardé, à l'aide de l'accélérateur SARA de Grenoble, une cible de 865 $\mu g/cm^2$ de ^{93}Nb avec un faisceau de ^{20}Ne à 30 MeV/u.

Les fragments amortis en énergie ont été détectés entre 125° et 90° par une chambre à ionisation de 1,12 m de profondeur et de 14,2° d'ouverture angulaire dans le plan de réaction [2]. Cette chambre travaillait à une pression de 60 Torr de CF_4.

Des coincidences ont été effectuées entre les fragments détectés par la chambre à ionisation entre 12,5° et 26,7°, et des fragments de plus grandes énergies détectés par un télescope constitué de 3 détecteurs solides à barrière de surface (50, 500, 5000 µm d'épaisseur). Le télescope était placé dans le plan de réaction à 8,5° du côté opposé à la chambre d'ionisation par rapport au faisceau.

Une courbe typique d'iso-sections efficaces invariantes dans le plan ($V_{//}$, $V_{\perp}$) est présentée figure B.IV.3.1. pour l'oxygène détecté par la chambre d'ionisation sans condition de coincidence. Leur forme indique l'existence d'une source de vitesse inférieure au tiers de la vitesse du projectile et la présence d'un résidu de la cible, quasiment immobile dans le laboratoire, et dont la répulsion coulombienne repousse les fragments vers l'avant.

Ainsi que l'on s'y attend [3,4], la loi de production des fragments légers de basse énergie est une loi en $Z^{-\tau}$ (figure B.IV.3.2.).

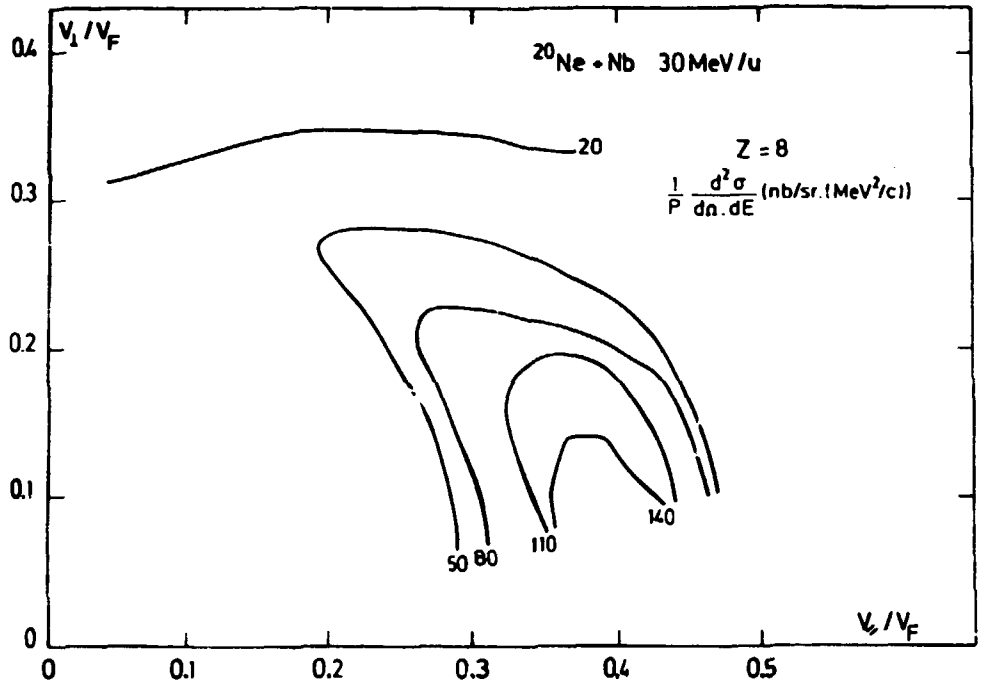


FIGURE B.IV.3.1. : Iso-sections efficaces invariantes des événements de Z = 8 détectés par la chambre d'ionisation en inclusif.

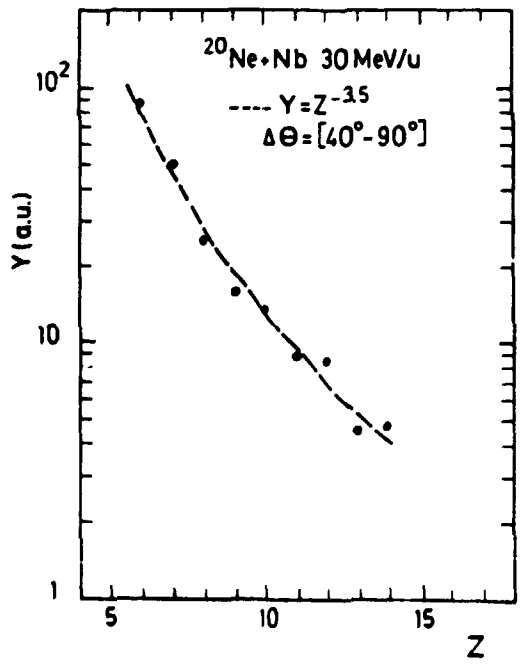


FIGURE B.IV.3.2. : Production relative des éléments légers.

Les spectres en énergie des fragments de charge Z = 6 détectés par la chambre d'ionisation en coincidence avec différents isotopes dans le télescope sont présentés figure B.IV.3.3., ainsi que le spectre obtenu en inclusif. Il apparait clairement que le fait d'imposer une coïncidence avec le télescope modifie l'énergie des fragments.

A titre d'exemple, le spectre en énergie des fragments de charge Z = 8 correspondant dans le télescope est présenté figure B.IV.3.4.. Les spectres présentent des pics aux vitesses voisines de celle du projectile avec une traîne vers les basses énergies.

Une interprétation possible pour l'origine des fragments détectés en coincidence serait la suivante : une réaction de "break-up" du projectile se produirait. Une partie du projectile continuerait à une vitesse voisine de la vitesse initiale et serait détectée par le télescope, tandis que l'autre partie du projectile serait absorbée par la cible qui deviendrait ainsi très excitée. La quasi-cible se désexciterait par la suite en émettant particules et fragments légers [5,6], lesquels seraient détectés par la chambre d'ionisation.

---

* I.P.N. Lyon
** I.S.N. Grenoble
*** Stagiaire militaire

Références

[1] M. MORJEAN et al, Nucl Phys. A. 438 (1985) 547; R. LEGRAIN, Compte rendu 8° Session d'Etude Biennale de Physique Nucléaire, Aussois (1985)

[2] H. SANN et al., Nucl. Inst. 124 (1975) 509

[3] J. AICHELIN et al., Phys. Lett. 136B (1984) 15

[4] J.P. BONDORF et al., Nucl. Phys. A 443 (1985) 321

[5] L.G. SOBOTKA et al., Phys. Rev. Lett. 51 (1983) 2187

[6] L.G. MORETTO, Nucl. Phys. A 247 (1975) 211

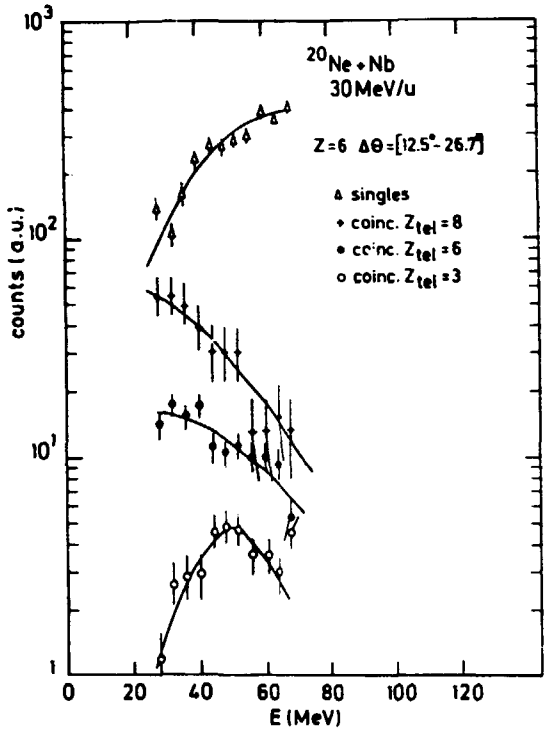


FIGURE B.IV.3.3. : Spectres en énergie des fragments de Z = 6 détectés par la chambre d'ionisation en coincidence avec le télescope et en inclusif. Les courbes en trait plein ne servent qu'à guider l'oeil.

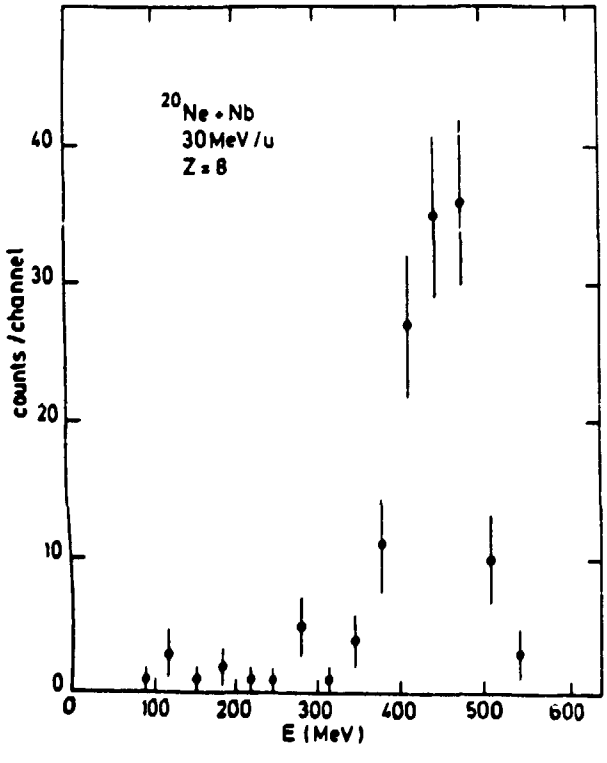


FIGURE B.IV.3.4.

Spectre en énergie des fragments de Z = 8 détectés par le télescope en coincidence avec Z = 6 détectés par la chambre d'ionisation.

B.IV.4. - Etude semi-exclusive de la reaction ^{84}Kr + ^{93}Nb à 34,5 MeV/u

J.L. CHARVET*, R. BILLEREY**, B. CHAMBON**, A. CHBIHI**, A. CHEVARIER**, N. CHEVARIER**, D. DRAIN**, G. DUCHENE*, S. JOLY*, M. MORJEAN*, C. PASTOR**, Y. PATIN*, A. PEGHAIRE***, Y. PRANAL*, L. SINOPOLI*, M. STERN**, J.L. UZUREAU*

Semi-exclusive study of ^{84}Kr (34.5 MeV/u) + ^{93}Nb

Fragment-fragment and fragment-light particle correlations in the forward direction have been measured in the ^{84}Kr + ^{93}Nb reaction at 34.5 MeV/u. Evidence of a partial fusion between the projectile and part of the target is presented.

L'étude de la production de fragments dans les collisions périphériques entre ions lourds aux énergies intermédiaires a été depuis quelques années l'objet de nombreuses expériences [1]. En bombardant une cible de ^{93}Nb par un faisceau de krypton à 34,5 MeV/u, délivré par l'accélérateur GANIL, nous avons mesuré les corrélations fragment-fragment et fragment-particules chargées dans un domaine angulaire limité vers l'avant.

La charge et l'énergie des fragments ont été mesurées par l'intermédiaire d'une grande chambre à ionisation [2], travaillant à une pression de 500 torr de CF4 et couvrant un domaine angulaire de 4° à 16°. Les résultats obtenus en inclusif ont été publiés [3] et peuvent être résumés comme suit : i) les distributions en énergie des fragments présentent un pic centré à une énergie correspondant à une vitesse de l'ordre de 80-90 % de celle du projectile et ii) la distribution en charge de la figure B.IV.4.1. montre une chute brutale de la production des fragments jusqu'à la charge Z = 32 suivie d'une constante augmentation vers la charge minimum mesurée Z = 10. Cette forme de distribution ne peut pas s'interpréter par un modèle géométrique du type abrasion-ablation.

De façon à mieux cerner le mécanisme responsable de cette forte production de fragments légers nous avons mesuré les coïncidences fragment-fragment à l'aide d'un télescope à trois étages (50 + 500 + 5000 μ de Si), placé à - 7° de l'autre côté de la chambre à gaz par rapport à la direction du faisceau. La figure B.IV.4.2. représente la distribution de coïncidences entre deux fragments en fonction de la somme de leurs charges Z1 et Z2 et de la somme de leurs énergies E1 et E2 dans le laboratoire. Nous pouvons noter un maximum centré autour de Z1 + Z2 = 29 légèrement en dessous de la charge du projectile (Zp = 36), et E1 + E2 = 1700 MeV. De plus, nous avons déterminé qu'une grande par-

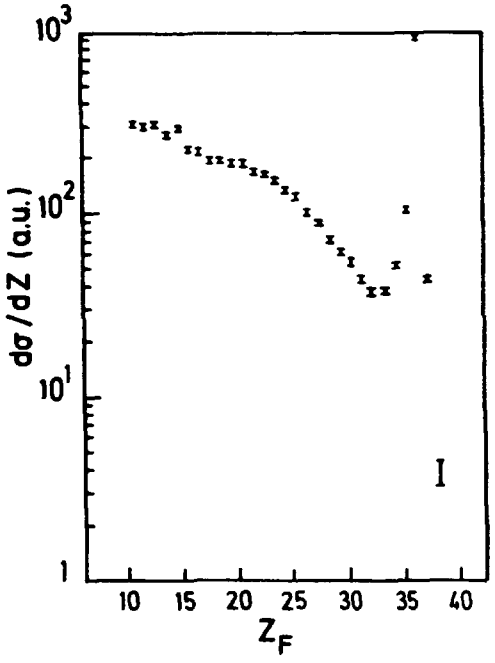


FIGURE B.IV.4.1.

Distribution en charge des fragments pour la réaction :

$^{84}Kr + ^{93}Nb$ à 34,5 MeV/u

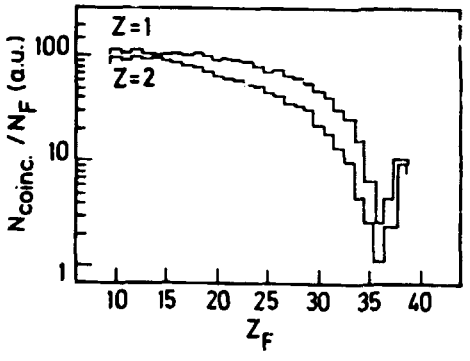


FIGURE B.IV.4.3.

Taux de coincidences entre les fragments de charge Z_F et les particules chargées légères (Z = 1 ou Z = 2) détectés entre 4° et 16° en fonction de la charge du fragment, normalisé au taux de production de ce dernier.

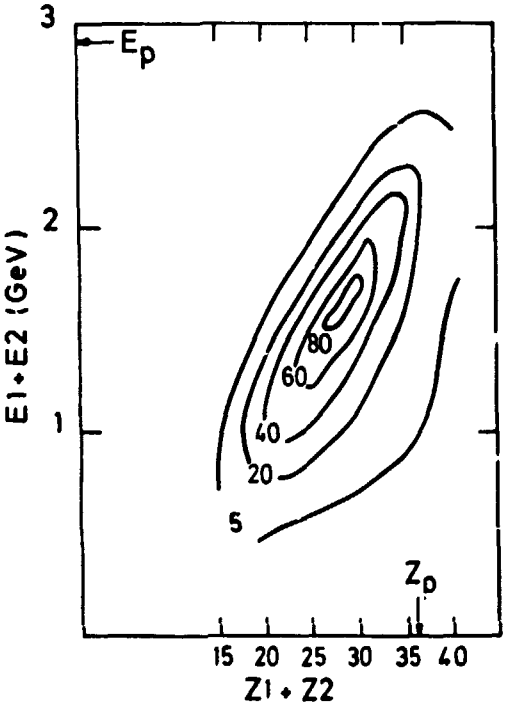


FIGURE B.IV.4.2.

Distribution des coincidences entre deux fragments détectés de part et d'autre de l'axe faisceau en fonction de la somme de leur charge $Z_1 + Z_2$ et de la somme de leur énergie dans le laboratoire $E_1 + E_2$.

tie (60 %) de ces événements possède une vitesse relative V1 - V2 compatible avec la cassure d'un système reculant à une vitesse d'environ 85 - 90 %, de celle du projectile. Nous pouvons ainsi supposer un mécanisme de réaction à deux étapes : dans l'image du modèle participant-spectateur, le résidu du projectile peut fusionner avec la zone participante pour former un noyau très excité qui peut ensuite se refroidir par émission de particules suivie d'une cassure du noyau résiduel. Néanmoins, un mécanisme tel qu'une cassure du projectile en plusieurs fragments légers dans le champ de la cible peut également être présent.

Les particules chargées légères étaient détectées dans un premier groupe de 7 détecteurs, chacun constitué d'un mince plastique (1 mm de NE 102) couplé optiquement à un photomultiplicateur, et placé derrière la chambre à gaz couvrant ainsi le domaine angulaire : 4° à 16°. Le seuil en énergie était de 25 MeV/u. Quatre autres détecteurs de particules de type Phoswich [4], chacun composé de deux scintillateurs (CaF 2 + NE 110) connectés à un seul photomultiplicateur, étaient répartis à différents angles : 40° du même côté de la chambre à gaz et -16°, -31°, -42° du côté du télescope. Dans la figure B.IV.4.3. nous avons reporté le taux de coincidences entre les fragments et les particules légères (Z = 1,2) détectés dans le même domaine angulaire, 4° et 16°, en fonction de la charge du fragment, normalisé au taux de production de ce dernier. La rapide décroissance du taux de coincidences près de la charge du projectile indique que des processus directs, comme l'émission de particules associée à une fragmentation du projectile, ont une faible probabilité de se produire par rapport à ceux provenant d'une plus profonde interaction avec la cible comme celui décrit précédemment. Des calculs statistiques sont en cours pour évaluer la partie évaporation présente dans les spectres en énergie des particules chargées.

---

* CEA-Bruyères-le-Châtel, Service PTN
** IPN, Université Claude Bernard (LYON)
*** GANIL (Caen)

Références

[1] D. GUERREAU et al. ; Nucl. Phys. A447 (1986) 37c

[2] H. SANN et al. Nucl. Inst. Meth. 124 (1975) 509

[3] J.L. CHARVET et al. Z. Phys. A 321 (1985) 701

[4] C. PASTOR et al. Nucl. Inst. Meth. 212 (1983) 209

B.IV.5. - Etude du moment de transfert linéaire par la mesure des coincidences fragments de fission-particules légères.

Y. PATIN[1], S. LERAY[2], E. TOMASI[2], O. GRANIER[2], C. CERRUTI[3], J.L. CHARVET[1], S. CHIODELLI[3], A. DEMEYER[3], D. GUINET[3], C. HUMEAU[1], P. LHENORET[2], J.P. LOCHARD[1], R. LUCAS[2], C. MAZUR[2], M. MORJEAN[1], C. NGO[2], A. PEGHAIRE[4], M. RIBRAG[2], L. SINOPOLI[1], T. SUOMIJARVI[2], J. UZUREAU[1] et L. VAGNERON[3].

Fission fragment-light particle coincidences and linear momentum transfer

Linear momentum transfer in ^{40}Ar + ^{197}Au at 19.6 MeV/u and ^{40}Ar + ^{238}U at 19.6 and 35 MeV/u has been investigated by measuring the correlation angle between two fission fragments. Fast light charged particles were measured in coincidence with fission events. Results show that the main part of the missing linear momentum is likely removed by a piece of the projectile after it has broken up. A change in the reaction mechanism seems to occur around 35 MeV/u. An interpretation in terms of the highest possible energy content in a nuclear system is suggested.

Les études sur le transfert incomplet d'impulsion entreprises depuis quelque temps dans le Service [1] ont été poursuivies cette année. Un des buts de ces études est de trouver les limites du processus de fusion incomplète, limites qui peuvent être reliées au maximum d'énergie que peut supporter un noyau avant sa désintégration en petits composants.

Dans le cadre de ce programme nous avons mesuré la multiplicité et l'énergie des particules chargées légères émises vers l'avant en coincidence avec les fragments de fission obtenus après désexcitation du noyau résiduel. Les mesures ont été effectuées auprès de l'accélérateur SARA pour les systèmes Ar + Au et Ar + U à 19,6 MeV/u et de l'accélérateur GANIL pour le système Ar + U à 35 MeV/u.

Le dispositif expérimental a déjà été décrit par ailleurs [1,2]. Il se compose d'un ensemble de détection des fragments de fission (galettes de microcanaux, chambre d'ionisation et compteur à plaques parallèles) associé à un multidétecteur composé de 24 cellules de scintillateur de 3 mm d'épaisseur et de 80 x 80 mm de surface.

Les fonctions de corrélation angulaire dans le plan de réaction des deux fragments de fission ont déjà été publiées par ailleurs [1,2,3]. A 19,6 MeV/u il apparait deux composantes. L'une à faible transfert d'impulsion (grand angle de corrélation) correspond à la fission séquentielle de la quasi cible lors de collisions périphériques. L'autre composante centrée à 85 % du moment initial est associée aux collisions centrales où projectile et cible fusionnent presque totalement. A 35 MeV/u la première composante qui correspond aux collisions périphériques reste très marquée ; par contre la deuxième ne présente plus de maximum et la section efficace diminue notablement.

Les particules légères ont été mesurées en coincidence avec les fragments de fission. Pour chaque position du détecteur à plaques parallèles, nous avons analysé les spectres en énergies de ces particules. Ces spectres présentent une décroissance exponentielle pour des vitesses supérieures à la vitesse du faisceau. Les figures B.IV.5.1 et B.IV.5.2 présentent respectivement les résultats obtenus pour les particules Z = 1 et Z = 2 dans lesquels les lignes continues sont le résultat d'un ajustement par moindres carrés suivant une loi en exp (-E/T). Le paramètre T qui est en MeV/u donne une représentation simplifiée de l'énergie des particules.

Les distributions angulaires des particules légères nous ont permis de calculer une multiplicité moyenne M d'émission dans tout l'espace pour un événement fission. La figure B.IV.5.3 montre les multiplicités moyennes M et les valeurs du paramètre T en fonction de l'angle de corrélation Θ_f des fragments de fission pour la charge Z = 1. A 19,6 MeV, M et T ne présentent pas de grandes variations en fonction de Θf. Par contre à 35 MeV/u M présente un maximum pour Θ_f = 110°, et T décroît fortement avec θ_f. Ceci signifie que les grands transferts sont associés avec des particules Z = 1 de plus hautes énergies. Pour Z = 2 et 19,6 MeV/u (figure B.IV.5.4), M varie notablement avec θ_f avec un maximum pour la fission séquentielle. D'autre part à 35 MeV/u le maximum apparait pour les moments transférés moyens. Les coefficients de pente T restent presque constants quel que soit l'angle de corrélation θ_f.

Il a été suggéré [3] que le changement de mécanisme de réaction entre 19,6 et 35 MeV/u est dû au fait que le maximum d'énergie d'excitation ε^*max que peut contenir un noyau est atteint. Ainsi à 35 MeV/u pour les plus grands transferts pour lesquels on peut parvenir à ε^*max, la fusion incomplète est possible seulement si des particules très rapides emmènent assez d'énergie. Par exemple le départ d'un nucléon avec deux fois la vitesse faisceau peut empêcher le système d'atteindre ε^*max, alors que le moment transféré reste important. Ce phénomène peut retarder la disparition de grands transferts quand l'énergie disponible augmente.

Cette étude a déjà fait l'objet d'une publication [2].

[1] Service PTN, Bruyères-le-Châtel.

[2] Service de Physique Nucléaire-Mesures Fondamentales, CEN SACLAY.

[3] IPN Lyon, Université Claude Bernard.

[4] GANIL, CAEN.

Références

[1] Y. PATIN et al., Compte Rendu d'Activité 1984, Note CEA n° 2448 (1984) p. 99

[2] Y. PATIN et al., à paraitre dans Nucl. Phys.

[3] S. LERAY et al., Z. Phys. A 320 (1985) 533.

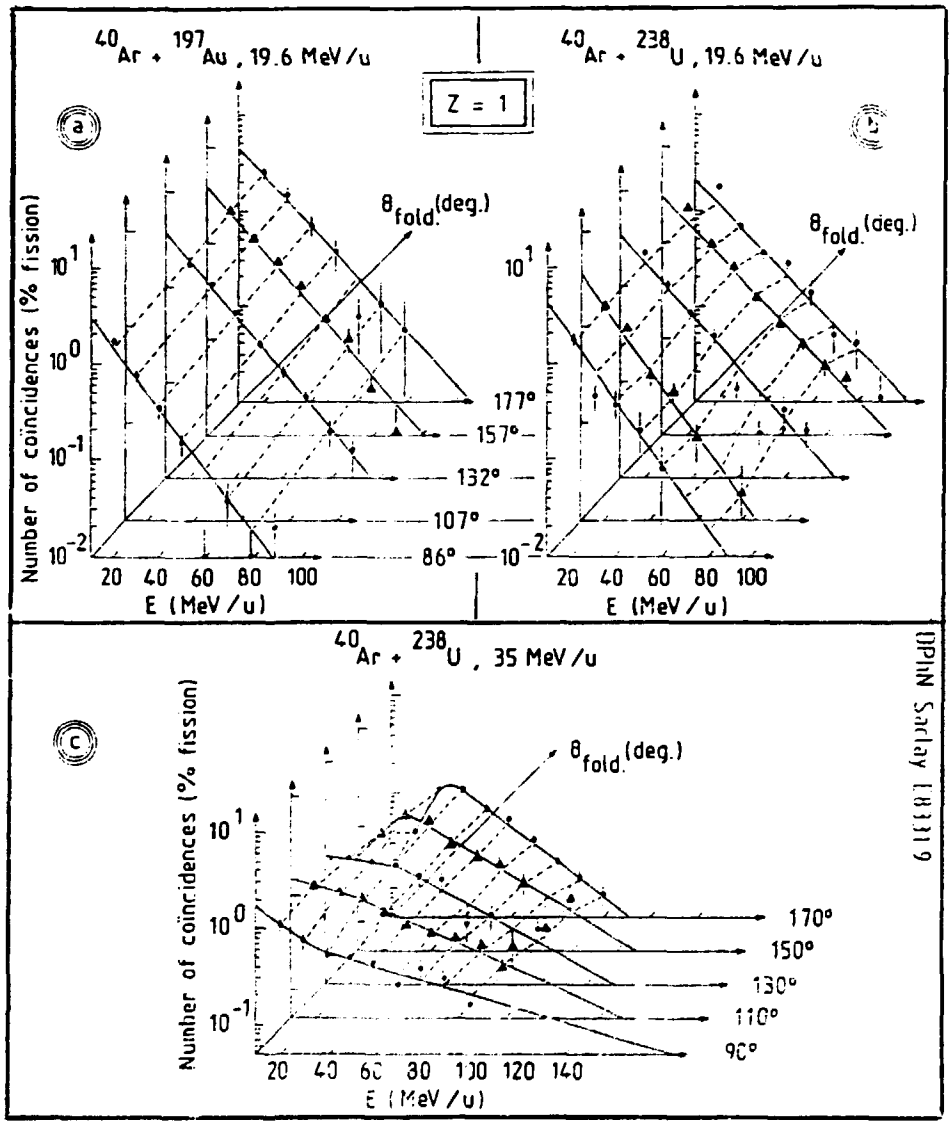


FIGURE B.IV.5.1.

Spectre en énergie pour les particules légères Z = 1 en coincidence avec les deux fragments de fission s lignes continues sont les résultats d'ajustement par moindre ré des données au-dessus de l'énergie du faisceau. Les pointillés joignent les points de même énergie.

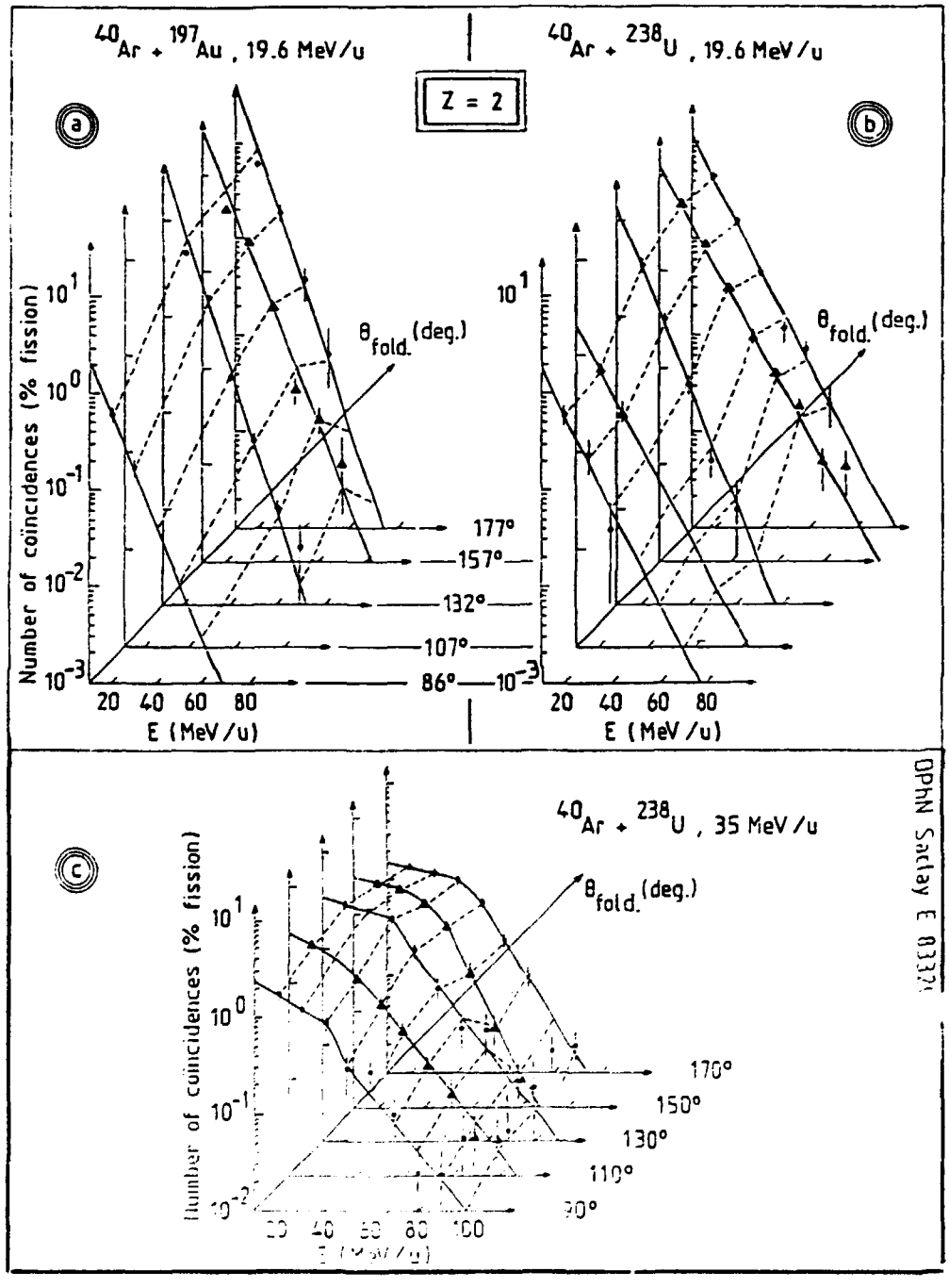


FIGURE B.IV.5.2.

Même commentaire que la figure B.IV-5-1 pour Z = 2.

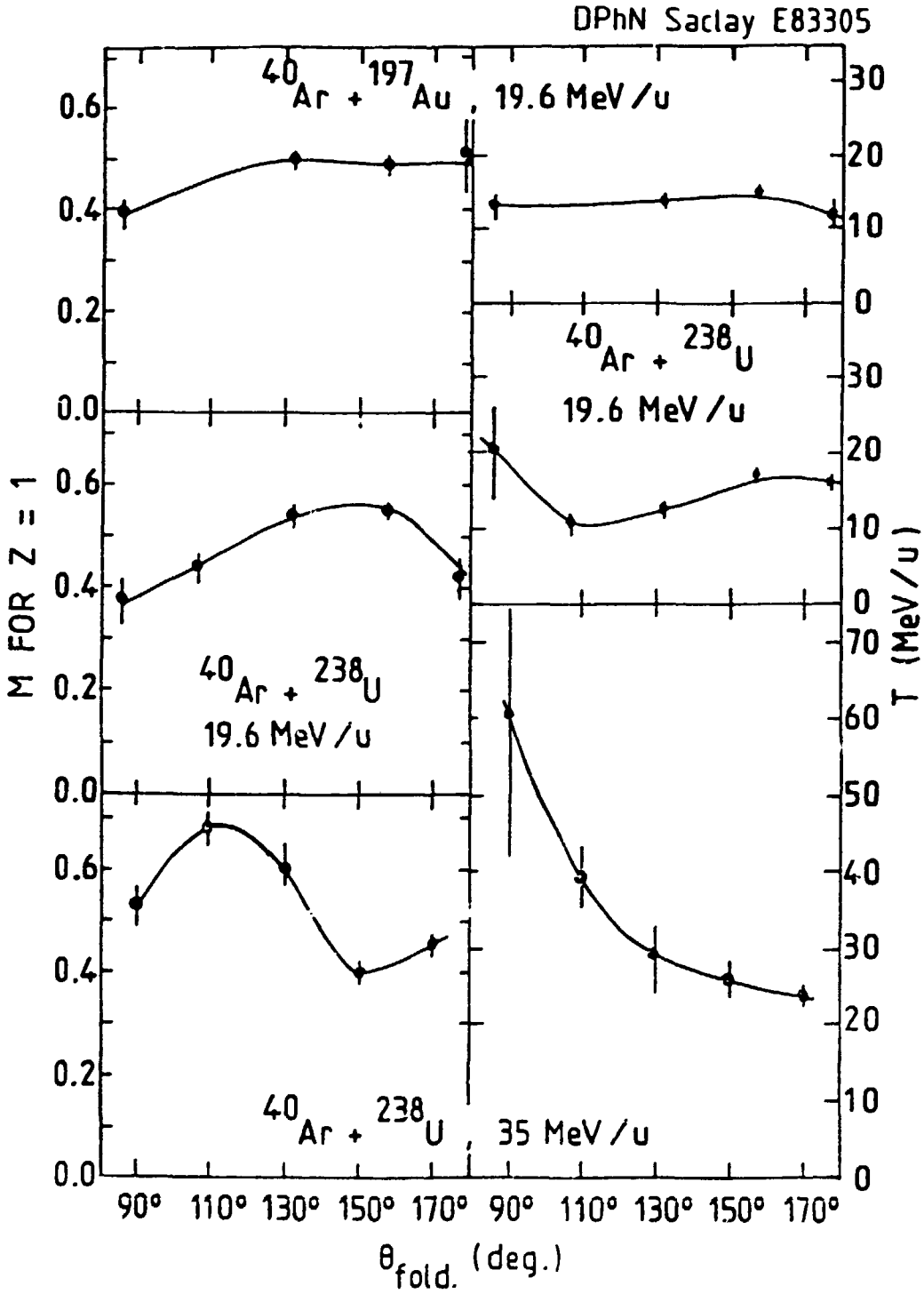


FIGURE B.IV.5.3.

Multiplicité normalisée, M, (côté gauche) et coefficient de pente, T, (côté droit) en fonction de θ_f pour Z = 1.

Les barres d'erreur sont statistiques. Les traits continus ne sont qu'un guide pour l'oeil.

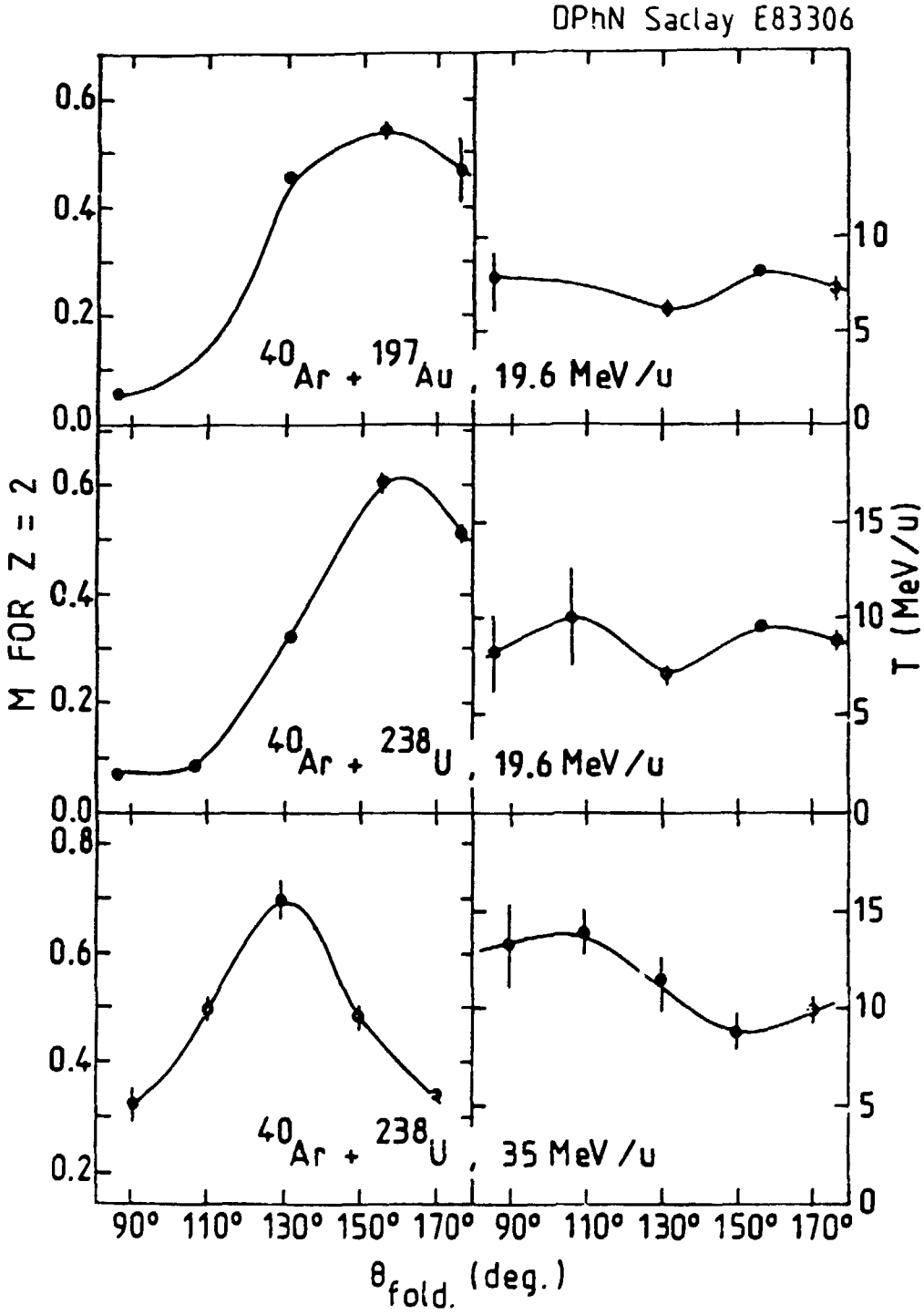


FIGURE B.IV.5.4.

Même commentaire que la figure B-IV-5-3 pour Z = 2.

PARTIE C :

MODELES NUCLEAIRES :

ETUDES ET APPLICATIONS

C.I. - MODELES DE DIFFUSION ET CALCULS DE SECTIONS EFFICACES

C.I.1 - Application d'un modèle optique semi-microscopique au calcul de données nucléaires.

Use of results from microscopic methods in optical model calculations.

(Ch. LAGRANGE).

Capabilities of a semi-microscopic optical model involving fewer adjustable parameters than phenomenological ones have been investigated. The two main ingredients of our calculations concerning spherical as well as deformed nuclei are : the microscopic optical- model calculations of Jeukenne, Lejeune and Mahaux, and the nuclear densities calculated from Hartree-Fock-Bogolyubov methods using the density-dependent force D1.

- Le modèle optique semi-microscopique que nous utilisons est basé d'une part sur les calculs du modèle optique pour la matière nucléaire développés par Jeukenne, Lejeune et Mahaux [1,2] et, d'autre part, sur des calculs microscopiques de structure nucléaire (densités nucléaires ou fonctions d'ondes) obtenus par J. Dechargé et M. Girod dans le cadre des méthodes Hartree-Fock-Bogolyubov utilisant l'interaction effective nucléon-nucléon D1 [3].

Ce modèle possède moins de paramètres ajustables que le modèle phénoménologique, et l'on peut raisonnablement espérer que la valeur de ces paramètres ajustables dépendra très peu du nombre de masse du novau cible. Nous présentons ci-dessous, pour des noyaux sphériques aussi bien que déformés, deux exemples d'application récente de ce modèle.

Pour les noyaux sphériques le potentiel diagonal s'obtient en utilisant les densités de nucléons calculées pour l'état fondamental, et le potentiel non diagonal s'obtient en utilisant les densités de transitions calculées à l'approximation des phases au hasard (R.P.A.). Un exemple d'ajustement des paramètres sur les valeurs expérimentales de diffusion élastique de neutrons par ^{208}Pb, (obtenues à Bruyères-Le-Châtel par G. HAOUAT) est présenté fig. C.I.1.1. Notons que parmi les 5 paramètres ajustables seulement 2 d'entre eux varient avec l'énergie

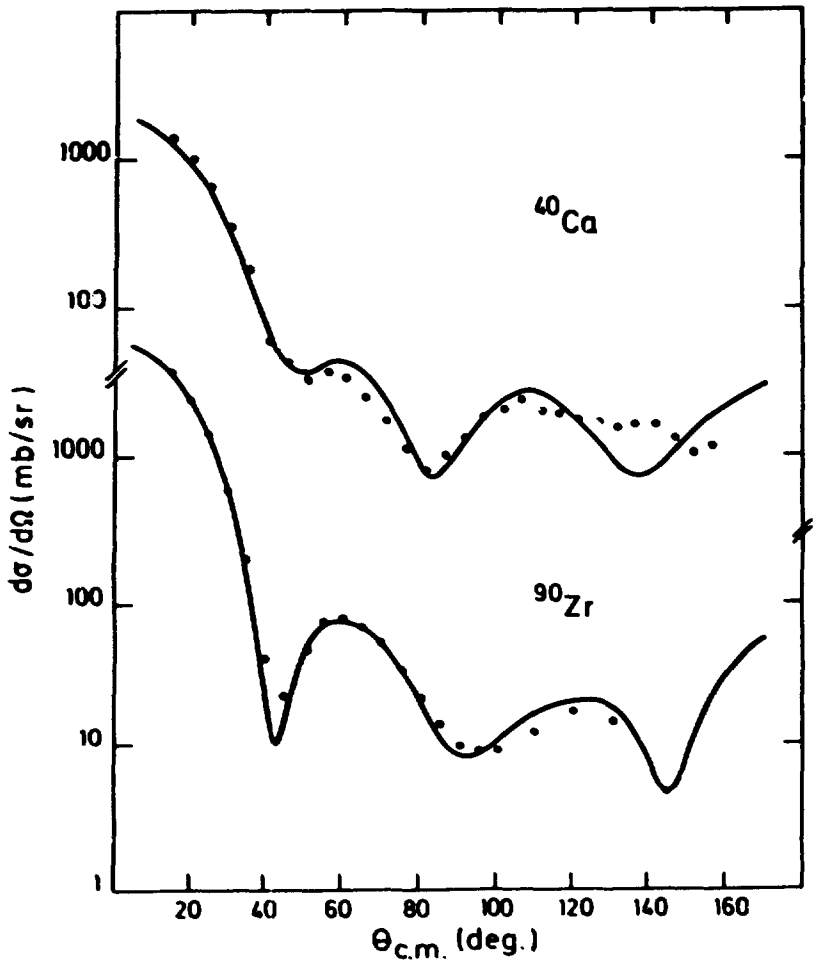


FIGURE C.I.1.2

Diffusion élastique de neutrons de 11 MeV par ^{40}Ca et ^{90}Zr.

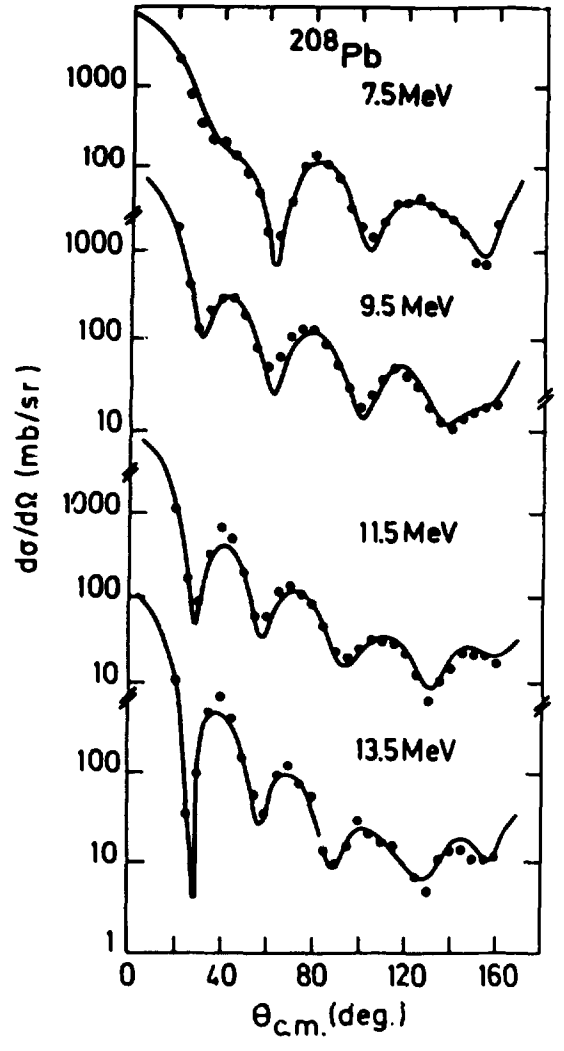


FIGURE C.I.1.1

Diffusion élastique de neutrons (plusieurs énergies) par ^{208}Pb.

cinétique du projectile. La validité de la paramétrisation ainsi obtenue a été ensuite testée par comparaison des prédictions du modèle à des résultats expérimentaux obtenus dans d'autres régions de masse. Les calculs reportés (fig. C.I.1.2) et concernant la diffusion de neutrons de 11 MeV par ^{40}Ca et ^{90}Zr, ont été obtenus avec la paramétrisation déduite pour ^{208}Pb en changeant seulement les densités nucléaires.

Pour les noyaux très déformés le potentiel d'interaction nucléon-noyau s'obtient en utilisant la densité déformée de nucléons obtenue pour le fondamental du noyau cible. La paramétrisation du modèle déterminée pour les actinides (et qui est très proche de celle obtenue pour les noyaux sphériques) a été testée pour le ^{154}Sm. L'ajustement du calcul sur les données expérimentales [4] de diffusion élastique de neutrons de 4,1 MeV pour ce noyau a nécessité seulement l'ajustement du paramètre servant à normaliser la partie imaginaire du potentiel (cf. fig. C.I.1.3). Nous avons, sans de nouvelles modifications de paramètres, appliqué ce modèle au ^{152}Sm (cf. fig. C.I.1.4) en utilisant soit la densité statique (courbes en trait plein), soit la densité dynamique (courbes en pointillés) résultant de calculs par M. GIROD.

Références

[1] JEUKENNE J.P., LEJEUNE A., MAHAUX C., Phys. ReV. C16,80 (1977)

[2] LEJEUNE A., Phys. ReV. C21,1107 (1980)

[3] GOGNY D., "Self-Consistent pairing calculations", dans "Nuclear Self-Consistent fields", Ed. G.RIPKA et M. PORNEUF (Amsterdam, North-Holland).

[4] G. HAOUAT, Communication privée.

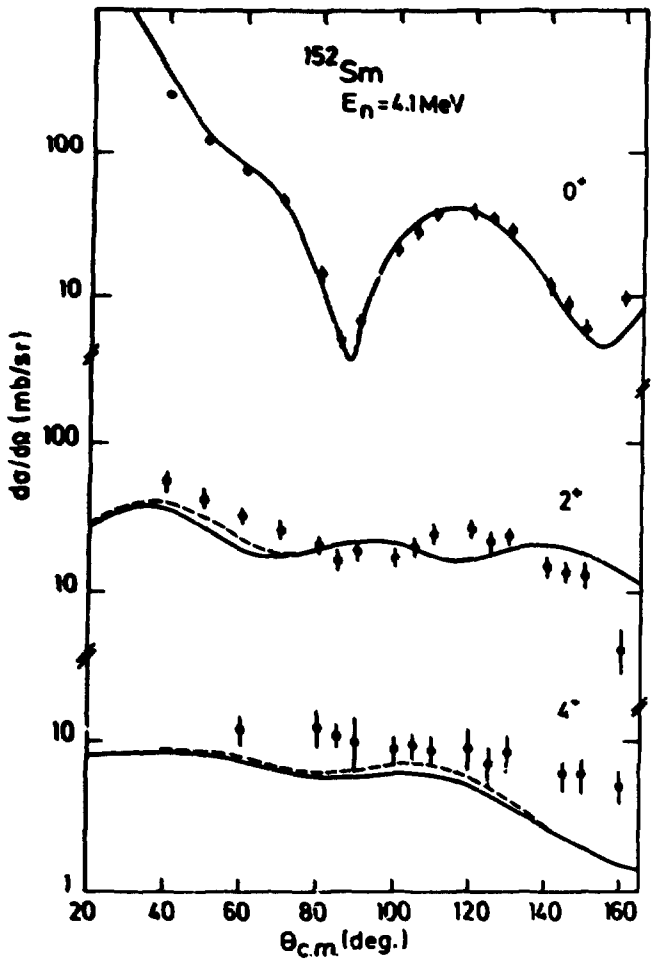


FIGURE C.I.1.4

Diffusion élastique et inélastique de neutrons par ^{152}Sm.

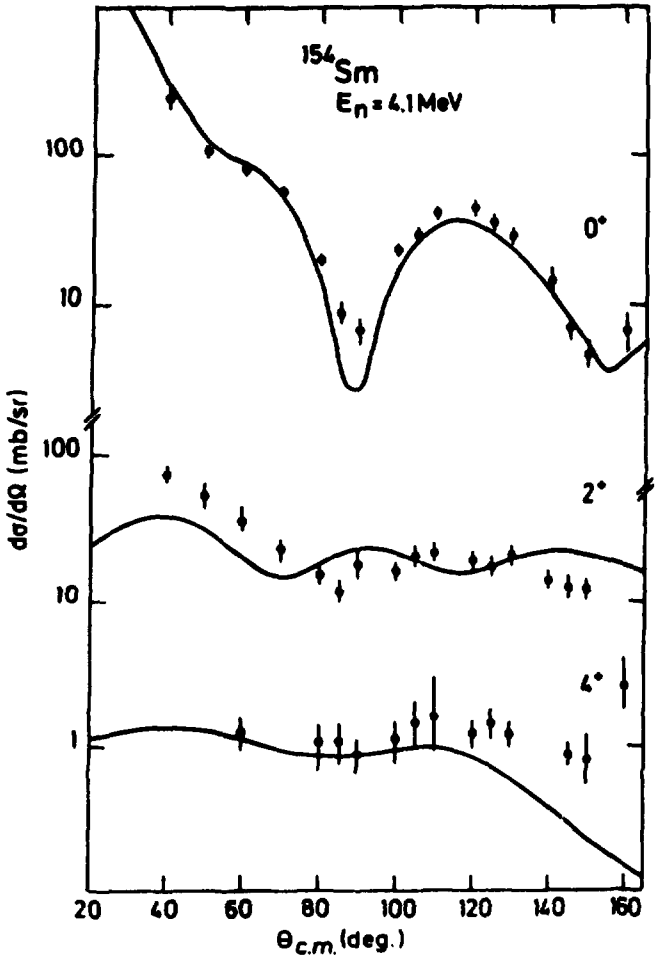


FIGURE C.I.1.3

Diffusion élastique et inélastique de neutrons par ^{154}Sm.

C.I.2 - Diffusion de neutrons par ^{190}Os, ^{192}Os, ^{194}Pt à E = 8 MeV.

Neutron scattering from ^{190}Os, ^{192}Os and ^{194}Pt at E = 8 MeV.

(J.P DELAROCHE, G. HAOUAT)

The neutron scattering measurements performed recently in the laboratory at 8 MeV for ^{190}Os, ^{192}Os and ^{194}Pt have been analyzed in the context of the coupled-channel optical model formalism. In this extension of the analysis, rotational model form factors as well as reduced matrix elements deduced from Coulomb excitation measurements have been used. Good agreement between calculations and measurements is obtained. Moreover, the deformation β_4 obtained presently ($\beta_4 < -0.07$) for ^{190}Os and ^{192}Os is much larger than that deduced earlier from (α,α') scattering measurements.

Les mesures de diffusion élastique et inélastique de neutrons faites dans le Laboratoire par l'un des auteurs (G.H) ont été interprétées en utilisant le formalisme du modèle optique en voies couplées. Dans cette analyse, les facteurs de forme du modèle rotationnel, ainsi que les éléments de matrice réduits mesurés par excitation Coulombienne ont été utilisés. Un bon accord entre les mesures et les calculs a été obtenu. De plus, le paramètre de déformation β_4 déduit pour les Osmium ($\beta_4 < -0.07$) est plus grand en valeur absolue que dans les analyses de données de diffusion de particules α.

C.I.3. - Diffusion de nucléons par ^{40}Ca aux énergies $E_n < 80$ MeV.*

Nucleon scattering from ^{40}Ca at $E_n < 80$ MeV.

(J.P DELAROCHE)

A systematic analysis of all existing data available for polarized nucleons

---

* Travail effectué en collaboration avec les laboratoires TUNL (USA).

scattered from ^{40}Ca has been performed. The aim of this work was to explore the possible energy - dependance of deformed potentiel parameters, attempt to explain the backward anomaly in the angular distribution for elastic scattering, and compare the deformation parameters $\beta_{nn'}$, $\beta_{pp'}$. This work is to be appeared in Phys. Rev. C (April 1986).

Une analyse systématique de toutes les mesures existantes sur la diffusion de nucléons polarisés par ^{40}Ca a été entreprise. Le but de l'étude a été d'examiner la possibilité d'observer une variation lente avec l'énergie des potentiels optiques déformés, d'expliquer l'anomalie dans la diffusion élastique aux angles arrières, et de comparer les paramètres de déformation $\beta_{nn'}$ $\beta_{pp'}$ entre eux. Cette étude détaillée doit être publiée dans la revue Phys. Rev. (Avril 1986).

C.I.4 - Analyse de la diffusion de nucléons par ^{16}O aux énergies $E_n < 50$ MeV.*

Analysis of nucleon scattering from ^{16}O at $E_n < 50$ MeV.

(J.P DELAROCHE)

The backward anomaly observed in the elastic scattering of nucleons from light nuclei is a long standing question. To fix this anomaly, extensive coupled-channel calculations have been performed. These include the coupling to low-lying as well as high-lying levels (i.e. $T_\lambda = 0$ giant resonances), and incorporate features suggested by the dispersion relations for the optical potential. Improvements are obtained in describing the backward angles, but these are not fully satisfactory.

---

* Travail effectué en collaboration avec Ohio University (USA).

This work is to be published in Phys. Rev. C (April 1986).

L'interprétation de la diffusion élastique de nucléons aux angles arrières par les noyaux légers a toujours posé problème. En vue d'expliquer cette anomalie, des calculs en voies couplées ont été entrepris. Ils reposent sur le couplage de l'état fondamental aux états collectifs à basse énergie et à haute énergie (c'est à dire les résonances géantes, T = 0), ainsi que sur les propriétés du potentiel optique induites par les relations de dispersion. Les calculs présents permettent d'améliorer les prédictions aux angles arrières, mais ils ne conduisent pas encore à des résultats pleinement satisfaisants.
Ce travail doit être publié dans Phys. Rev. C (Avril 1986).

C.I.5 - Diffusion de nucléons par les bandes β et γ du ^{184}W.*

Nucleon scattering from β- and γ- bands of ^{184}W.

(J.P DELAROCHE)

The interpretation of nucleon scattering from vibrational levels of deformed nuclei has been re-examined for ^{184}W. Spectroscopic properties of this nucleus are reasonably well explained by the Rotation-Vibration Model (RVM). Coupled-Channel calculations using directly the RVM wawe functions have been performed. The predictions compare well in shape and magnitude (at E < 20 MeV) with those obtained from using RVM reduced matrix elements. This comparison brings a posteriori the justification of using reduced matrix elements for the prediction of nuclear data.

L'interprétation de la diffusion de nucléons sur les états de vibration des noyaux déformés a été réexaminée dans le cas du ^{184}W. Les

---

* Travail effectué en collaboration avec FS DIETRICH, LLNL (USA).

propriétés spectroscopiques de ces noyaux sont raisonnablement bien expliquées à l'aide du modèle de Rotation-Vibration (RVM). Nous avons effectué des calculs en voies couplées qui utilisent directement les fonctions d'onde RVM, et comparé les résultats à ceux obtenus à partir des éléments de matrices réduits issus de ce modèle. A basse énergie ($E < 20$ MeV), les deux calculs produisent des distributions angulaires assez semblables en forme et en intensité. Cette comparaison justifie a posteriori l'utilisation d'éléments de matrices réduits pour prédire des données nucléaires inexistantes.

C.I.6 - Effet du couplage des multiphonons sur la diffusion des protons par ^{40}Ca.

Feedback of multiphonons on proton scattering from ^{40}Ca.

(J.P DELAROCHE)

Collective states built upon giant resonances of spherical nuclei have been identified recently in heavy ion collisions. We have built a simple model for the description of these states which have been inserted in coupled-channel optical model calculations. Coupling to these levels improves the description of the backward angle scattering of protons from ^{40}Ca.

Des états collectifs construits sur les résonances géantes de noyaux sphériques ont été identifiés récemment par diffusion d'ions lourds. Ces états que nous avons construits à partir d'un modèle très simple, ont été ensuite introduits dans des calculs de modèle optique en voies couplées. Le couplage à ces états permet d'améliorer aux angles arrières la diffusion élastique de protons par le noyau ^{40}Ca.

C.I.7 - Revues sur différents aspects de l'utilisation du modèle optique.

Reviews on dirferent aspects of the use of optical model.

(O. BERSILLON, J.P. DELAROCHE, M. GIROD, Ch. LAGRANGE, J. SALVY)

Invited talks describing the status of different aspects associated to the use of the optical model for the calculation of neutron cross sections below 20 MeV (sensitivity to parameters calculations of nuclear matter distributions, use of results from microscopic methods, applications in the actinide region, scattering from soft nuclei) have been given at a NEANDC Specialists' Meeting organised by OECD Nuclear Energy Agency (Paris, 13-15 Nov. 1985).

Plusieurs synthèses ont été présentées à une Réunion de Spécialistes [1] sur l'utilisation du modèle optique pour le calcul des sections efficaces neutroniques au-dessous de 20 MeV.

1/ L'étude des sensibilités des grandeurs physiques issues du modèle optique aux différents paramètres du potentiel utilisé a été détaillée dans l'exemple illustratif de l'interaction n+ ^{209}Bi [2]. Cette étude a été étendue au modèle statistique dans ses applications à basse énergie. Les conséquences sur l'ajustement des paramètres ont été décrites.

2/ Des résultats récents concernant les mesures et les calculs de distributions de matière nucléaire dans les noyaux ont été présentés [3]. Du point de vue théorique, l'apport des modèles microscopiques a été exposé, et en particulier les résultats obtenus à Bruyères-le-Châtel à partir des méthodes Hartree-Fock (HF) et Hartree-Fock-Bogolyubov (HFB) utilisant l'interaction nucléon-nucléon effective D1.

L'accord avec les données expérimentales est assez remarquable compte-tenu de l'absence de paramètres, et les densités de proton et de neutron théoriques ont été utilisées avec succès dans les calculs de modèle optique. Les limitations de calculs statiques ont été montrées rendant souvent nécessaire la prise en compte des effets dynamiques, en particulier dans les régions de transitions de forme. Diverses densités obtenues à partir des théories HF + RPA et HFB + Hamiltonien de Bohr ont été présentées et comparées à l'expérience ;

3/ Après l'exposé d'un algorithme de calcul permettant l'accès des techniques de vectorisation disponibles sur l'ordinateur Cray au modèle optique en voies couplées, l'utilisation d'un modèle optique semi-microscopique a été décrite et illustrée [4]. Ce modèle a été construit, pour des noyaux aussi bien déformés que sphériques, à partir d'une part du potentiel optique construit pour la matière nucléaire par Jeukenne, Lejeune et Mahaux [5], et d'autre part des densités nucléaires calculées à Bruyères-le-Châtel avec les méthodes HFB utilisant la force effective D1 (voir 2). Dans le cas de noyaux dits de transition, des fonctions d'ondes microscopiques dépendantes des paramètres de déformation ont été employées pour construire le potentiel d'interaction ;

4/ Une revue a été donnée [6] des méthodes courantes ainsi que des développements récents associés à l'utilisation du modèle optique pour calculer les données nucléaires des actinides dans le domaine d'énergie incidente 10 keV - 20 MeV. L'accent à été mis sur le rôle général du modèle, les procédures de paramétrisation tenant compte des déformations nucléaires, les ensembles de paramètres à recommander, et quelques problèmes d'utilisation (problèmes à basse énergie, section efficace de formation de noyau composé, usage du potentiel optique sphérique, diffusion inélastique vers les états vibrationnels) ;

5/ L'utilisation du modèle optique dans le cas des noyaux dits "mous" a également été revue [7] à la lumière de développements récents. L'amélioration des analyses des sections efficaces de diffusion et de réaction pour ces noyaux impose que soient utilisés des modèles collectifs adaptés autres que purement vibrationnels ou purement rotationnels. Une sélection de tels modèles a été décrite. Quelques méthodes ont été suggérées pour les incorporer dans le formalisme des voies couplées, de façon à pouvoir décrire la diffusion pour des états des bandes de vibration β,γ et octupolaires. Des illustrations ont été données concernant la diffusion de neutrons et de protons sur une variété de noyaux.

Références

[1] Proceedings de la Réunion de Spécialistes sur "L'utilisation du Modèle Optique pour le calcul des sections efficaces neutroniques au-dessous de 20 MeV", Paris 13-15 Novembre 1985, rapport NEANDC - 222 U (OCDE, 1986).

[2] O. BERSILLON, "Sensibilité des Sections efficaces déduites du Modèle Optique aux paramètres du potentiel optique", réf. [1], p. 105 ; voir aussi CEA - CONF 8316.

[3] M. GIROD, "Aspects statiques et dynamiques des distributions de matière nucléaire : calculs microscopiques et données expérimentales", réf. [1], p. 195 ; voir aussi CEA - CONF 8318.

[4] Ch. LAGRANGE, "Utilisation de résultats de méthodes microscopiques dans les calculs de modèle optique", réf. [1], p. 209 ; voir aussi CEA - CONF 8319.

[5] JEUKENNE J.P., LEJEUNE A., MAHAUX C., Phys. Rev. C16,80 (1977).

[6] J. SALVY, "Utilisation du modèle optique dans la région des actinides", réf. [1], p. 233.

[7] J.P. DELAROCHE, "Diffusion des neutrons rapides par des noyaux mous : formalisme en voies couplées et illustrations", réf. [1], p. 249 ; voir aussi CEA - CONF 8317.

C.II. - APPLICATIONS DES THEORIES SELF-CONSISTANTES

C.II.1 - Interprétation microscopique du second état 0^+ du ^{68}Ni. Calcul de la période.

Microscopic interpretation of the 0_2^+ level of ^{68}Ni. Calculation of the period.

(M. GIROD)

A microscopic interpretation of ^{68}Ni spectra is proposed in the framework of the Hartree-Fock-Bogolyubov method and Bohr hamiltonian resolution. The first exited 0^+ level corresponds to a second minimum in the potential energy surface. The 0_2^+ period has been calculated using the collective wave functions in the $\beta\ \gamma$ plane and compared to the experimental result. A good agreement is obtained.

La spectroscopie des noyaux loin de la vallée de stabilité commence à être connue expérimentalement et constitue un test pour les théories microscopiques du noyau. Particulièrement intéressant est le cas du ^{68}Ni, noyau doublement magique qui a été étudié à Orsay. Les expériences ont permis de déterminer le spectre des niveaux de ce noyau. Le premier niveau excité a été identifié comme un 0^+, ce qui est assez rare dans la nature. La transition $0_2^+ \rightarrow 0_1^+$ étant interdite par désexcitation γ, on a pu aussi mesurer la durée de vie de ce niveau 0_2^+. Du point de vue théorique, nous avons entrepris de décrire le ^{68}Ni dans le cadre de la théorie Hartree-Fock-Bogolyubov (HFB).

La première étape a consisté à calculer la surface d'énergie potentielle de ce noyau dans les variables de déformation quadrupolaire $\langle r^2 Y_{2\mu} \rangle$ ou (β,γ) par la méthode HFB avec contraintes. La force effective utilisée est la force D1S. La surface $V(\beta,\gamma)$ ainsi obtenue (fig.C.II.1.1) présente un minimum profond et très rigide autour du point sphérique et aussi un second minimum très net au voisinage de $\beta = 0.3$. On peut voir dans ce second puits l'origine du deuxième niveau 0^+ qui serait alors un état isomérique de forme. Pour confirmer cette interprétation, il faut résoudre le hamiltonien collectif avec la partie potentielle donnée par $V(\beta,\gamma)$ corrigée de l'énergie point zéro, et la partie cinétique comportant les paramètres d'inertie (masses collectives et moments d'inertie). La résolution de ce hamiltonien de Bohr permet d'obtenir le spectre des états excités et les fonctions

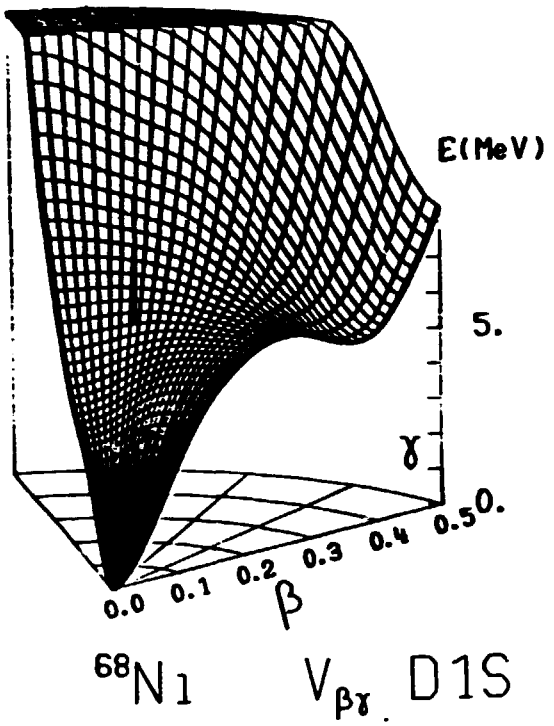


FIGURE C.II.1.1.

Surface d'énergie potentielle $V(\beta\gamma)$ du ^{68}Ni.

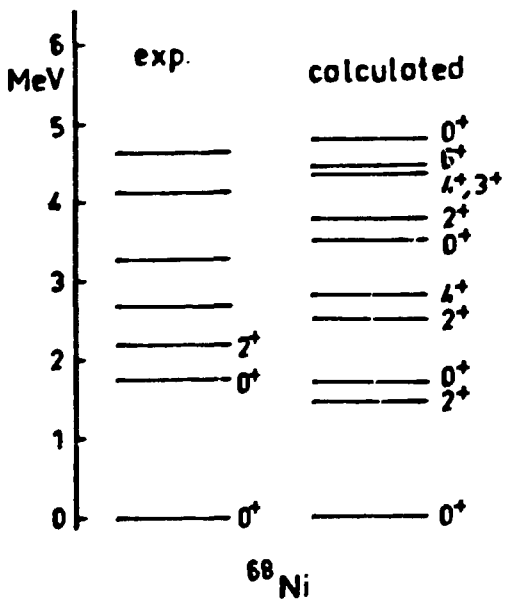


FIGURE C.II.1.2.

Spectre expérimental et calculé du ^{68}Ni.

d'ondes collectives correspondantes. La fig. C.II.1.2 montre le spectre théorique obtenu, comparé au spectre expérimental. L'accord est assez satisfaisant et les fonctions d'ondes des niveaux 0_1^+ et 0_2^+ (fig.C.II.1.3) indiquent que le niveau 0_1^+ est bien sphérique comme on l'attendait mais que le niveau 0_2^+ a une petite composante sphérique et une forte composante au voisinage de $\beta = 0.3$ qui correspond au second minimum de $V(\beta,\gamma)$. Ce résultat confirme donc l'hypothèse que le niveau 0_2^+ est un isomètre de forme.

La transition $0_2^+ - 0_1^+$ ne peut se faire que par le processus de conversion interne ou par création de paires d'électrons. L'expression de la période correspondante fait apparaître un terme atomique qui tient compte des électrons des couches internes et de la création de paires, et un terme nucléaire qui est :

$$\rho = \frac{\langle 0_1^+ | \sum r_p^2 | 0_2^+ \rangle}{\langle r^2 \rangle}$$

La fonction d'aide collective s'écrit pour un état I :

$$|IM\rangle = \sum_K \int A_{IK}(q_o q_2)\, \alpha_{IK}\, \mathcal{D}^I_{MK}(\Omega)\, R(\Omega)\, \varphi_{HFB}(q_o q_2)\, dq_o\, dq_2\, d\Omega$$

où q_0, q_2 sont les variables de déformation quadrupolaire. Le calcul de ρ nécessite d'évaluer l'intégrale :

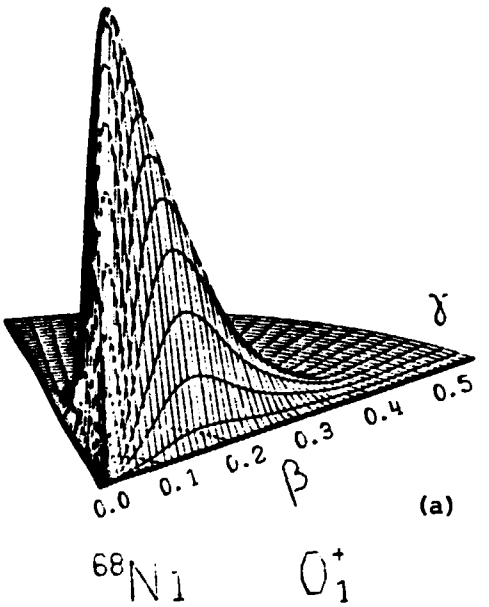
$$\int A_{100}(q_0 q_2) \langle q_0 q_2 | r^2 | q_0' q_2' \rangle A_{200}(q_0' q_2')\, dq_0\, dq_2\, dq_0'\, dq_2'$$

Cette intégrale est assez difficile à évaluer puisqu'elle nécessite de calculer le terme non local $\langle q_0 q_2 | r^2 | q_0' q_2' \rangle$ pas seulement à l'intérieur du sextant (β,γ = 0°à 60°) mais aussi entre ce sextant et les cinq autres. En utilisant un maillage sur tout le plan $\beta\gamma$, nous avons calculé environ 4 000 recouvrements et pu ainsi évaluer l'intrégrale multiple. L'expression de la période 2 est donnée par :

$$\frac{1}{\tau} = \Omega\, \rho^2 \quad \text{avec} \quad \Omega = 5.7\ 10^8\ s^{-1}$$

Le calcul donne $\rho = 0.073$ et la période théorique est donc de :

$\tau = \dfrac{1}{\Omega\rho^2} = 330$ ns. L'accord avec la valeur expérimentale, qui est de



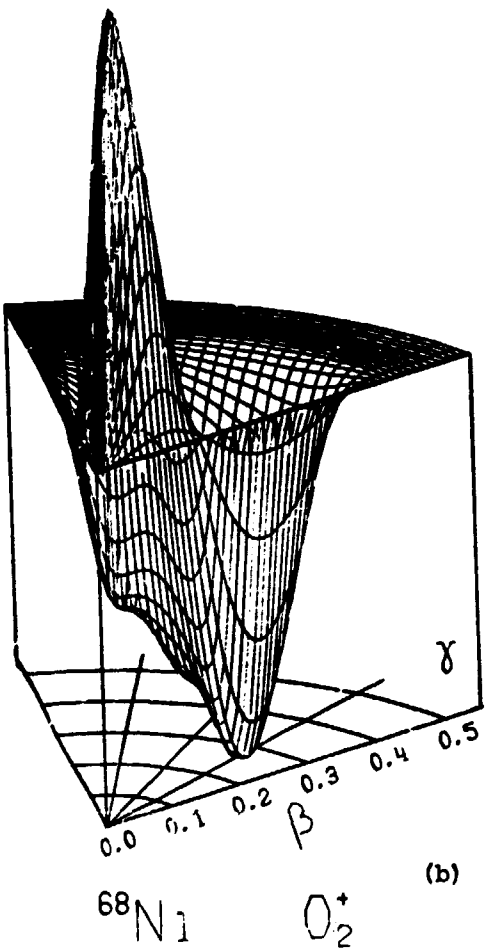


FIGURE C. II.1.3.

Fonctions d'ondes collectives

a) de l'état fondamental
b) du premier niveau 0^+ ex ité

211 ± 50 ns, est tout à fait remarquable compte tenu de l'extrême sensibilité des calculs de période.

C.II.2. - Calculs microscopiques des densités de transition de états 2^+, 4^+, 6^+, du ^{152}Sm

Microscopic calculation of the transition densities for the 2^+, 4^+, 6^+ states of ^{152}Sm.

(M. GIROD)

The transition densities of ^{152}Sm have been calculated in the framework of Hartree-Fock-Bogolyubov method and Bohr hamiltonian resolution. The D1 and D1A effective forces are compared. These forces differ only by their pairing properties. Results show that inertia parameters are strongly dependent of pairing correlations. The D1A force, which have smaller pairing correlations, permits to obtain better agreement concerning the level spectrum and the charge transition densities.

Les densités de transition expérimentales du ^{152}Sm ont été obtenues avec une grande précision pour les premiers niveaux 2^+, 4^+, 6^+, à l'Accélérateur Linéaire de Saclay. Nous avons calculé ces densités de transition de façon entièrement microscopique dans le cadre de la méthode Hartree-Fock-Bogolyubov. Des effets dynamiques sont pris en compte en résolvant le hamiltonien de Bohr dont les ingrédients sont l'énergie potentielle $V(\beta\gamma)$ et les paramètres d'inertie calculés.

Nous présentons ici le résultat de calculs effectués avec deux interactions effectives. A partir de l'interaction effective D1 de Gogny, nous avons généré une interaction très proche, D1A, qui a les mêmes propriétés que D1 dans la matière nucléaire. Le seul changement portant sur les propriétés d'appariement de la force. La force D1A conduit à des corrélations d'appariement d'environ 20 % plus faibles. Cette modification a toutefois une grande influence sur les paramètres d'inertie à toutes les déformations.

Cette augmentation va dans le sens d'un meilleur accord avec l'expérience tant pour le spectre d'énergie des niveaux (fig.C.II.2.1), que pour les densités de transition des niveaux 2^+, 4^+, 6^+, (fig. C.II.2.2). L'amélioration des résultats obtenus avec D1A est particulièrement nette pour les premiers niveaux, où l'accord avec l'expérience est remarquable, ainsi que pour la densité de transition du niveau 2^+_1.

La grande influence des paramètres d'inertie sur les propriétés d'appariement, révélée par ces calculs, est en soi un résultat important. Cela montre que l'on ne peut pas espérer décrire les états collectifs de basse énergie dans les noyaux si les effets d'appariement ne sont traités que de façon approximative. La force D1 a été construite en vue de traiter ces effets de façon entièrement auto-consistante dans le cadre de la théorie HFB. Les calculs de spectroscopie nous ont permis, par l'intermédiaire des paramètres d'inertie, d'ajuster au mieux l'amplitude des effets d'appariement obtenue avec la force D1. La force D1A ainsi déterminée laisse inchangés les résultats obtenus avec la force D1 dans les noyaux à couches fermées où l'appariement ne joue aucun rôle, mais améliore sensiblement les résultats dans les noyaux à couches ouvertes dont le ^{152}Sm présenté ici n'est qu'un exemple.

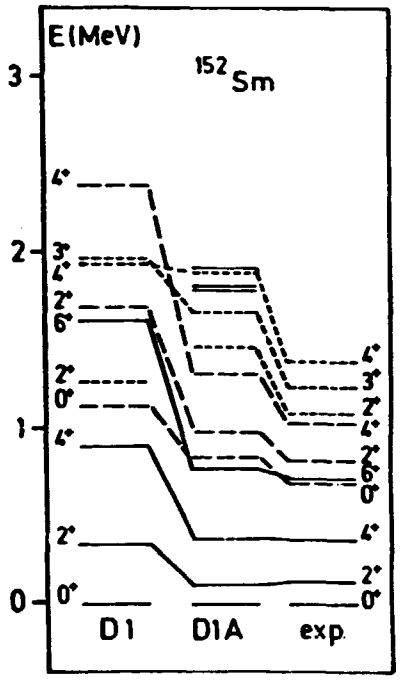
C.II.3 - Mise au point d'un code Hartree-Fock (HF) atomique à température non nulle.

Hartree-Fock statistical code in Atomic Physics.

J. DECHARGE, D. IRACANE

A computer code has been written to solve the HF equations at finite temperature. We have used a multi-oscillator basis to develop HF wave functions. As an example, we give results concerning the ionisation rate of Iron at different densities and temperatures.

Un code HF en Physique Atomique, utilisant des techniques développées en Physique Nucléaire, a été récemment mis au point (1). La méthode adoptée pour résoudre les équations HF consiste à développer les fonctions d'onde HF sur une base d'oscillateurs harmoniques comprenant différents paramètres d'oscillateur. Cette base, appelée "base multi-oscillateur harmoniques" (MOH) est orthonormalisée numériquement.



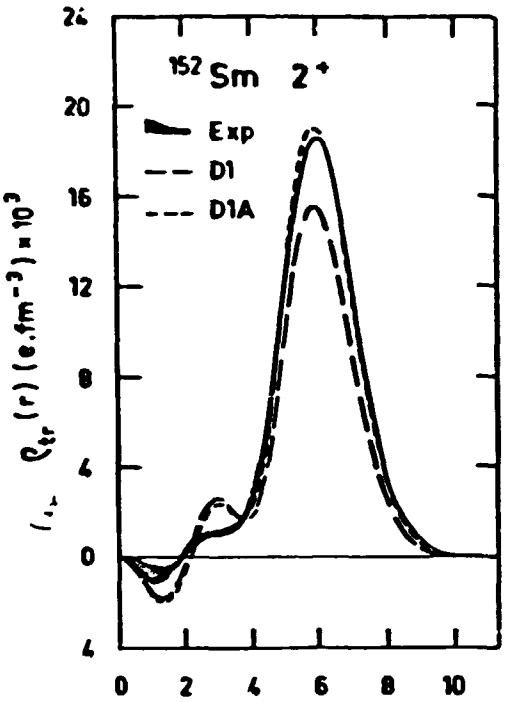
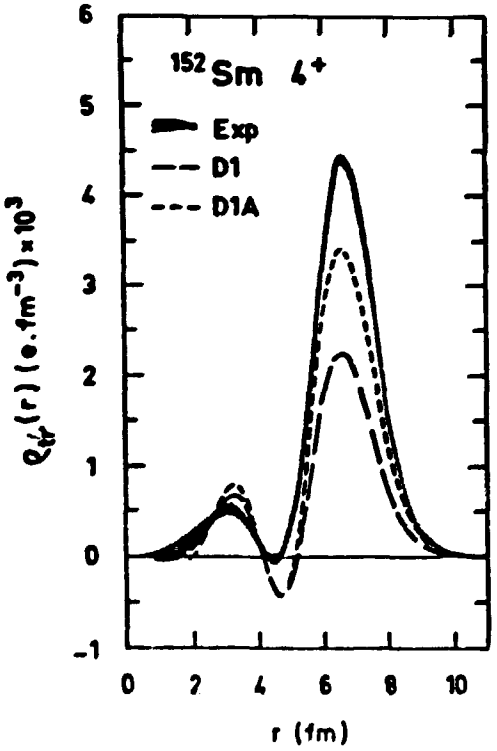


FIGURE C.II.2.1.: Spectre des états excités calculés avec les forces D1 et D1A comparé au spectre expérimental.

FIGURE C.II.2.2. (a)



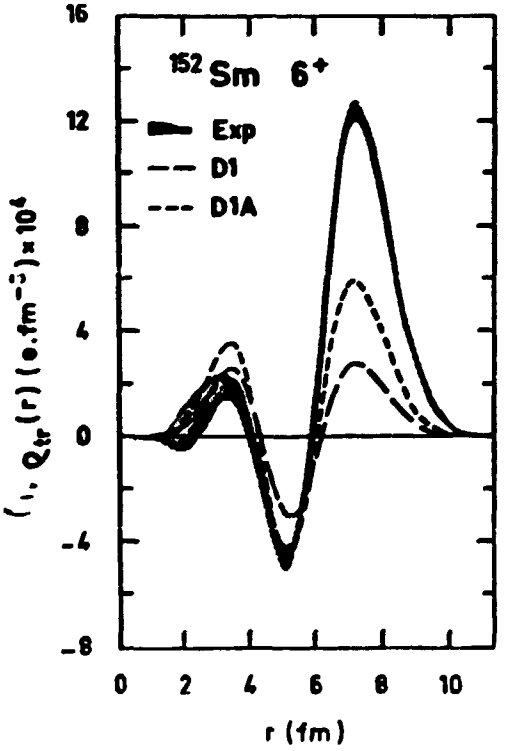


FIGURE C.II.2.2. (b)

FIGURE C.II.2.2. (c)

FIGURE C.II.2.2. (a,b,c) : Comparaison des densités de transitions des états 2_1^+ , 4_1^+ et 6_1^+ calculées avec lesforces D1 et D1A avec les résultats expérimentaux (ALS, SACLAY).

Les caractéristiques des atomes dans leur état fondamental (telles que l'énergie de liaison, la densité, l'énergie et les rayons des différentes orbitales) sont en très bon accord avec les résultats HF obtenus par d'autres modèles. Nous comparons dans la références (1) les résultats obtenus pour plusieurs atomes avec ceux tirés de la référence (2). Nous pouvons également obtenir par différences d'énergies HF totales, l'énergie d'ionisation de divers éléments. Les résultats obtenus pour l'Argon sont en bon accord avec l'expérience.

A partir du code HF à température nulle présenté ci-dessus, nous avons développé un formalisme de méthode HF statistique. La difficulté réside dans la modélisation du milieu d'atomes à température finie. En effet, nous voulons ramener l'étude de ce milieu au calcul d'un seul atome moyen.

Pour cela nous considérons un réseau de noyaux de charge +Z. Les électrons qui entourent ces noyaux se séparent en deux familles : celle des électrons délocalisés et celle des électrons localisés autour d'un noyau. La première est décrite approximativement par une densité de Fermi-Dirac alors que la seconde est déterminée de manière consistante par un formalisme HF statistique. Ces deux sortes de densités sont développées sur des bases distinctes (base d'ondes planes, et base MOH) que nous orthonormalisons pour éviter un double comptage. La base MOH décrit donc les états liés et les états bas du continu, c'est à dire des états localisés d'énergie positive que l'on peut associer aux résonances. Les deux familles sont supposées en équilibres chimique et thermique. La neutralité du milieu et la minimisation de l'énergie libre conduisent au calcul de la densité totale du milieu.

Comme exemple d'application, nous pouvons obtenir en particulier le taux d'ionisation d'un corps donné en fonction de la densité, pour différentes isothermes (cf Fig. C.II.3.1 relative au fer). Nos résultats sont en bon accord à basse densité avec ceux déterminés par exemple à Los Alamos. Au delà de la densité normale, des effets de couches très marqués apparaissent.

Références

(1) J. DECHARGE : rapport DO 83101 PTN 804/83

(2) J.P. DESCLAUX, "Atomic Data and Nuclear Data Table" 12 (1973) 311

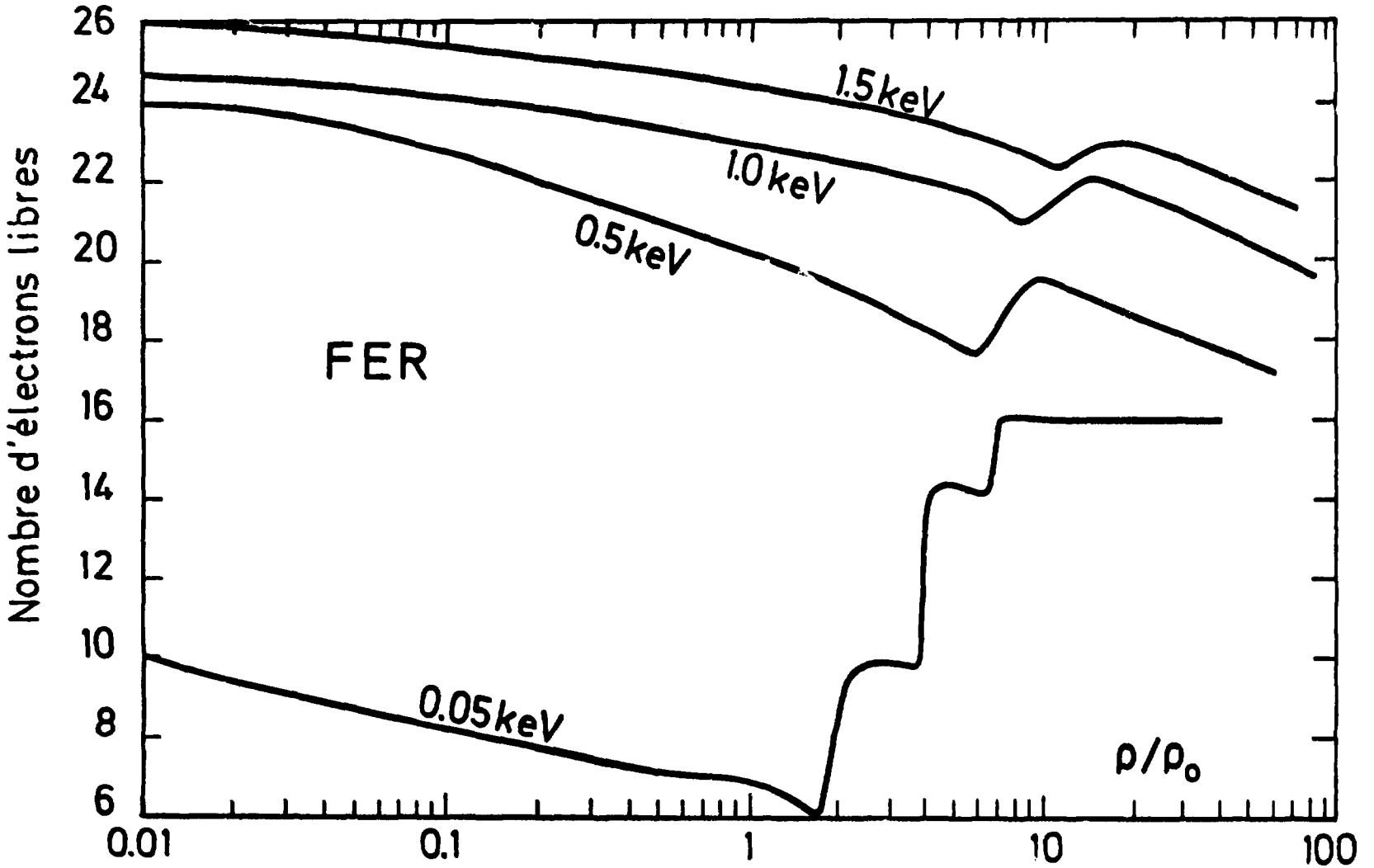


FIGURE C.II.3.1. : Nombre d'électrons libres du fer en fonction de la densité du milieu ρ rapportée à la densité normale ρ_0 pour différentes isothermes.

PARTIE D :

THEORIE DES CHAMPS ET ASTROPHYSIQUE

D.I. - STRUCTURE A DEUX PARTICULES ET RENORMALISATION.

Two particle structure and renormalization.

(B. DUCOMET)

The influence of ultra-violet divergences on the two particle structure for a scalar massive field is investigated.

L'étude de l'influence des divergences U.V. sur la structure à 2 particules dans la région de basse énergie a été poursuivie (voir [1] pour un résumé détaillé), en collaboration avec J. BROS*.

Ce travail [2], analysant les effets de la renormalisation sur la structure des équations de Bethe Salpeter, généralise partiellement au cas renormalisable des travaux de J. BROS (cf. [3] et références citées) sur les noyaux irréductibles et la complétude asymptotique.

Cette étude a été complétée [4] par une analyse qui précise de façon substantielle des résultats précédents sur la G - convolution renormalisée [5].

Signalons enfin qu'une approche de ces problèmes dans le même esprit, a été effectuée par D. IAGOLNITZER* [6].

Références.

[1] Compte rendu d'activité du Service de Physique Neutronique et Nucléaire pour l'année 1984. Note CEA - N - 2448 (Octobre 1985).

[2] J. BROS - B. DUCOMET. Preprint Saclay SPh-T 85/146.

[3] J. BROS Physica 124 A (1984), 145. (VIIth Int. Conf. on Math. Phys., Boulder (USA) 1983).

[4] J. BROS - B. DUCOMET. A paraitre.

---

* Service de Physique Théorique, CEN/SACLAY.

[5] B. DUCOMET. M. MANOLESSOU. Ann. Inst. H. Poincaré 40 (1984), 385.

[6] D. IAGOLNITZER. Commun in Math. Phys. 99 (1985), 451. FIZIKA 17 (1985), 411.

D.II - TRANSITIONS DE PHASES ET REACTIONS ENTRE IONS LOURDS.

Heavy ion reactions and (or) phase transitions.

(B. DUCOMET)

A review of the tools of statistical mechanics is given, in view of an hypothetical interaction with heavy ion physics at "GANIL - Energies".

L'apparition du langage des transitions de phases en physique nucléaire, dans le contexte des collisions d'ions lourds aux énergies intermédiaires (dites "GANIL", typiquement 10 - 100 MeV/u), nous a conduit à préciser certaines définitions courantes de la mécanique statistique qui sont utilisées dans un environnement beaucoup moins clair en physique nucléaire.

Une note interne [1] rassemble ces réflexions et sera utilisée comme support de travaux dirigés lors d'un cours [2] à l'université Paris - Sud dans le cadre du DEA de "Physique nucléaire et des particules".

Références.

[1] B. DUCOMET "Ion lourd cherche transition de phases"; Note interne à paraître.

[2] Cours "Transitions de Phases", N. BOCCARA (CEN. SACLAY), B. REMAUD (Univ. Nantes), B. DUCOMET (CE. Bruyères-Le-Châtel).

D.III. - ASTROPHYSIQUE

D.III.1- Evolution dynamique d'une étoile polytropique : aspect numérique.

Dynamic evolution of a polytropic star : numerical aspect

(P. BLOTTIAU*, S. BOUQUET**, J.P. CHIEZE).

We investigate the numerical aspect of self-similar evolutions for gas spheres with polytropic equations of state ($1 < \gamma < 4/3$). Our hydrodynamical code is used to test the stability of these solutions and to take into consideration characteristics which are not directly obtained analytically.

Nous avons particularisé les simulations numériques d'effondement gravitationnel, réalisées à l'aide du code que nous avons développé, à des cas analytiques pour des équations d'état polytropiques.

S. BOUQUET [2], en utilisant des fonctions d'échelle qui lui permettent d'absorber analytiquement, complètement ou en majeure partie, l'évolution temporelle de l'étoile, a décrit des solutions autosemblables.

Par conséquent, la structure initiale de l'étoile se répète identiquement à elle-même au cours de l'évolution, et celle-ci ne dépend que de deux paramètres : la constante polytropique γ, et a : une fréquence qui indique le taux de variation de rayon (fig. D.III.1.1).

Afin de tester les performances du code, et d'étudier la stabilité de ces solutions, nous avons exploré ces dernières pour le polytrope $\gamma = 4/3$ et constaté le parfait accord entre traitements analytique et numérique (fig. D.III.1.2); une perturbation introduite, par exemple, sur le champ de vitesse initial d'une configuration fermée finit par s'atténuer dans le cas d'une expansion, précédée d'une légère contraction (fig. D.III.1.3).

En se fixant, le second degré de liberté a, tel que $a^2 = 3/2$, il existe des structures initiales qui admettent une partie homogène centrale et une bifurcation correspondant à la présence du point sonique dans le nouvel espace, et qui évoluent de façon homologue pour $\gamma < 4/3$ (fig. D.III.1.4).

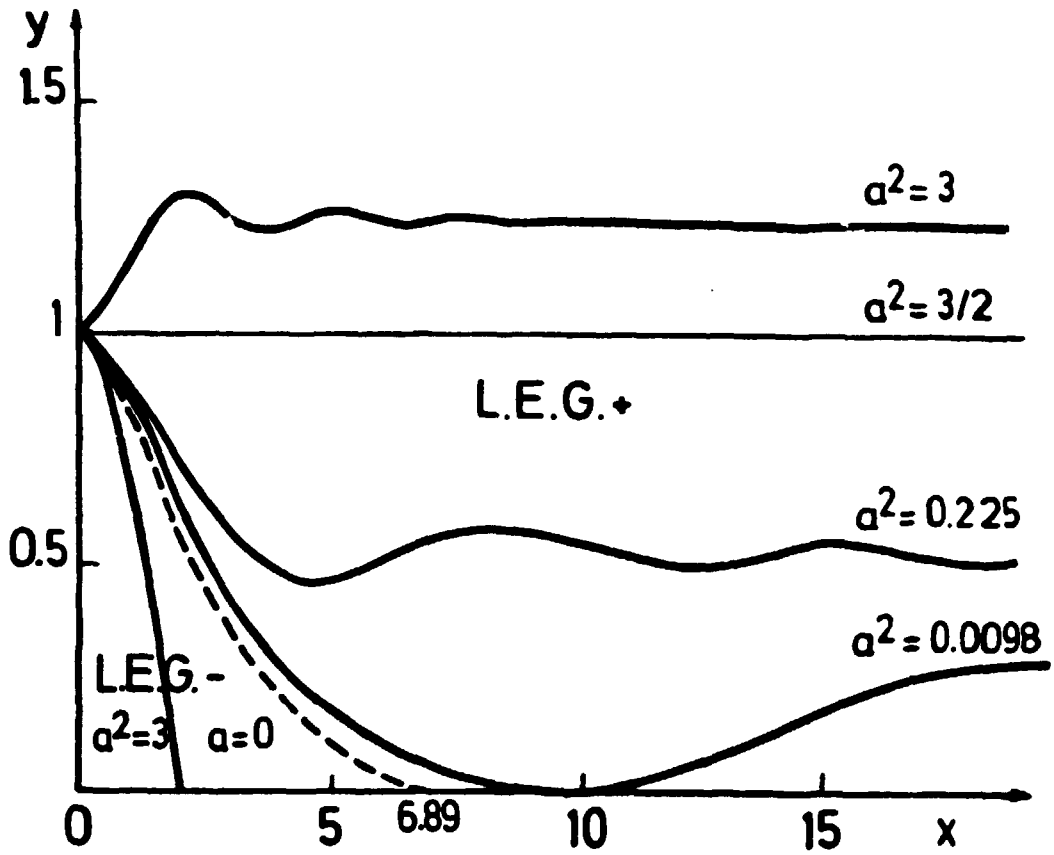


FIGURE D.III.1.1.

Equations de LANE - EMDEN généralisées (L.E.G.), pour le polytrope $\gamma = 4/3$:

$$\frac{1}{x^2} \frac{d}{dx} \left(x^2 \frac{dy}{dx} \right) = \pm \; 2/3 \; a^2 - y^3$$

+ : "L.E.G.+"

- : "L.E.G.-"

Avec la normalisation de CHANDRASEKHAR :

$y = \rho/\rho_c$ (o) ρ_c (o) étant la densité centrale initiale.

$x = r \; (\pi G \rho_c \; (o)^{2/3} / K)^{1/2}$, le rayon sans dimension

$K = P \rho^{-4/3}$

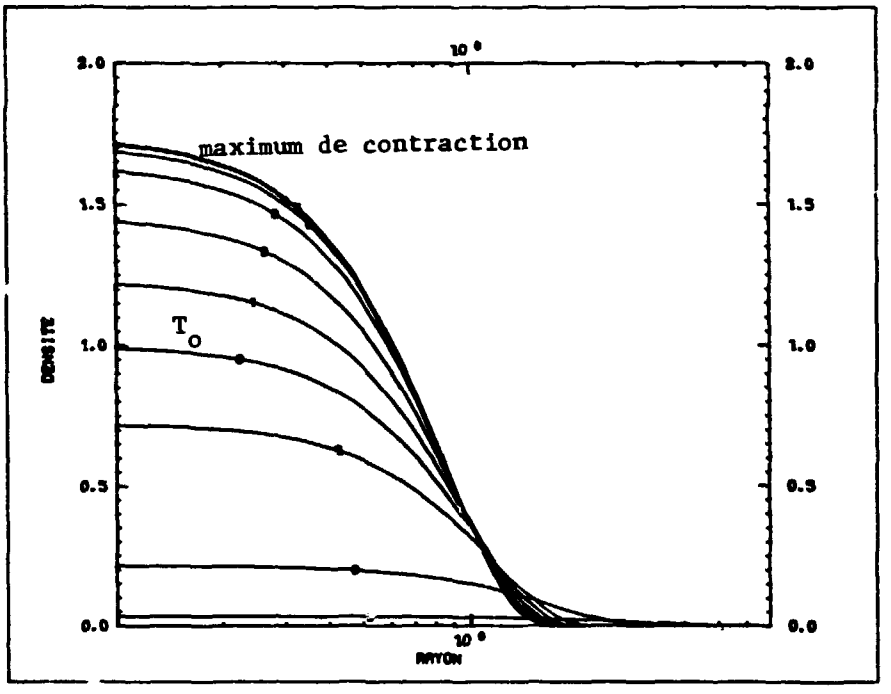


FIGURE D.III.1.2.

Profils auto-semblables à différents instants pour une solution L.E.G.- :

$a^2 = 1.5$ et un champ de vitesse initial $v = -0.3\ a\ x$

On assiste initialement à une légère contraction , puis à une expansion.

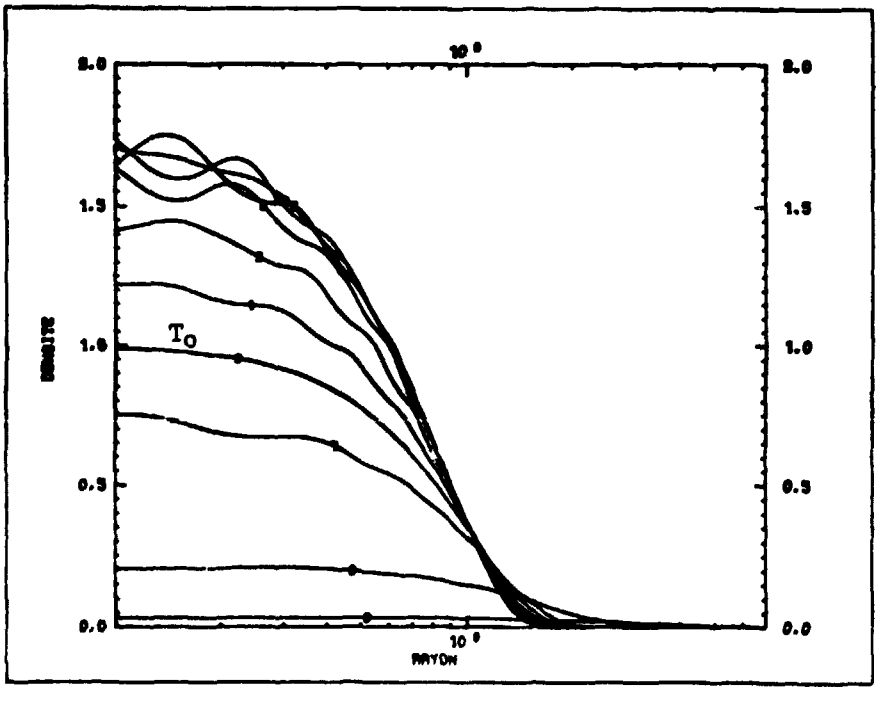


FIGURE D.III.1.3.

La perturbation introduite sur le champ de vitesse initial s'atténue au cours du temps.

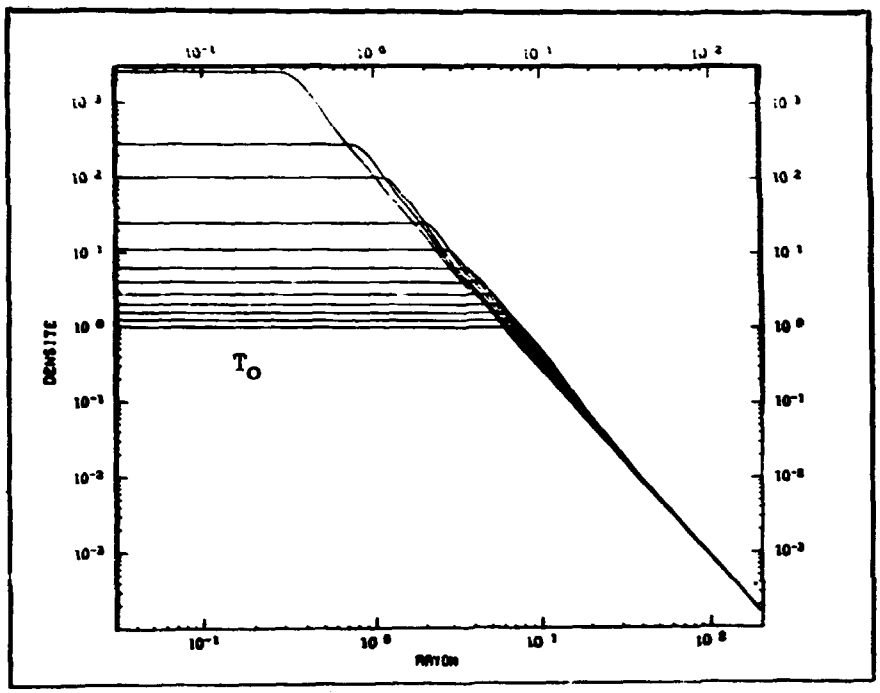


FIGURE D.III.1.4.

Evolution auto-semblable d'une configuration avec bifurcation (γ = 1.20) : évolution du profil de densité à partir de l'instant initial T_o.

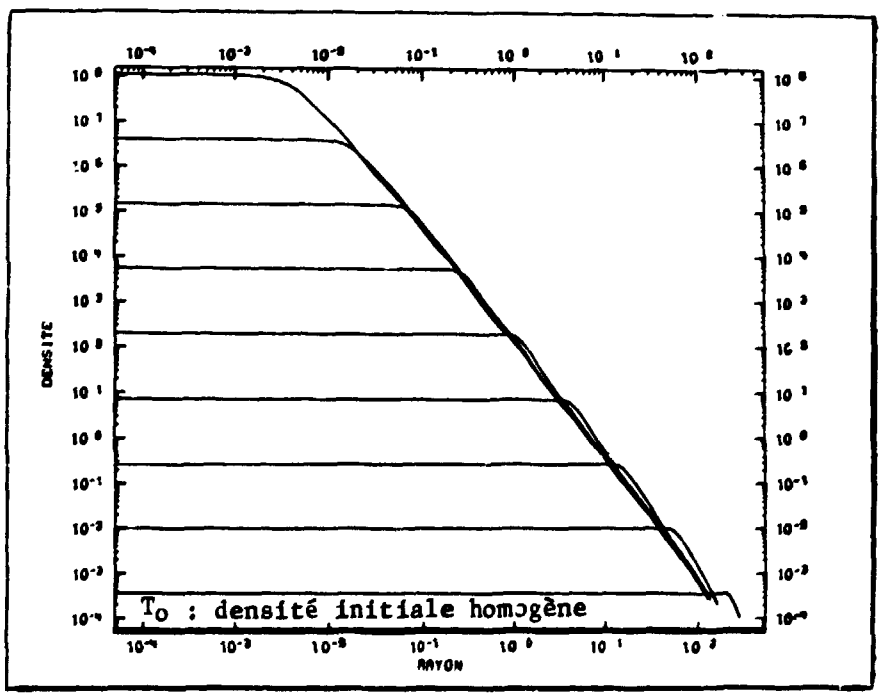


FIGURE D.III.1.5.

Partant d'un modèle homogène (γ = 1.20) à pression extérieure constante, nous nous raccordons à la solution présentée sur la figure D.III.1.4.

Ce profil aurait alors l'origine suivante : partant d'une configuration uniforme , il se développerait un champ de vitesse proportionnel au rayon, créant ainsi une augmentation de densité. Une onde de compression se propagerait vers le centre, conduisant à un profil de la forme $\rho \sim r^{-2/(2-\gamma)}$ pour les régions externes. Ce scénario a pu être vérifié numériquement ; laissant au bord du modèle homogène initial une pression extérieure constante, nous nous raccordons à la solution autosemblable, correspondant au γ de cette configuration.

Cette propriété met ainsi en évidence le rôle attractif de ces solutions (fig. D.III.1.5).

Nous débutons également une étude numérique de la stabilité de celles-ci, en linéarisant les équations de l'hydrodynamique pour chaque zone du maillage. Nous obtenons alors un système d'équations différentielles vérifié par les petites perturbations sur les rayons et les vitesses, dont la recherche des valeurs propres de la matrice associée nous donne les modes d'instabilité.

Cette collaboration nous permet de mettre en évidence le très bon comportement numérique des solutions auto-semblables pour le polytrope gravitationnel, mais également de déterminer des propriétés testables seulement au moyen du code.

D'une façon plus générale, nous continuerons à bénéficier de l'interaction entre les aspects numérique et analytique pour progresser dans chacun des deux domaines.

* En Contrat de Formation par la Recherche (C.E.A. Bruyères-Le-Châtel).

**CNRS (Orléans).

Références.

[1] - S. BOUQUET, Thèse de troisième cycle de l'Université d'Orléans (1984).

[2] - S. BOUQUET, M.R. FEIX, E. FIJALKOW, A. MUNIER, ApJ, 293,494-503 (1985).

D.III.2 - Equation d'état par simulation à N corps.

Equation of state : Many-Body simulation.

(P. BLOTTIAU*, J.P. CHIEZE)

By solving the equations of motion for a system of N particles in interaction, we determined an adiabatic equation of state using a Lennard-Jones potential. We have started to apply the same approach in order to obtain a simplified equation of state of nuclear matter and to simulate heavy-ion collisions.

L'équation d'état de la matière dense est habituellement déterminée par des calculs utilisant les modèles de goutte liquide, l'approximation Thomas-Fermi ou le champ moyen Hartree-Fock. Nous tentons d'aborder ici ce problème par une approche "semi-classique" ; la matière étant simulée par N particules en interaction contenues dans une boîte sphérique.

L'Hamiltonien du système est donné par :

$$H = \sum_{i=1}^{N} \frac{p_i^2}{2m_i} + \sum_{i<j} V(r_{ij}, p_{ij}),$$

V étant le potentiel d'interaction entre particules. Chaque particule possède 6 composantes dans l'espace des phases, nous résolvons ainsi un système de 6N équations différentielles, donnant l'évolution du système [1,2].

La pression est alors déterminée, lors d'une compression adiabatique, par $P = -\left(\frac{dH}{dV}\right)_s$, V étant le volume de la boîte. (La vitesse de la paroi étant faible devant la vitesse quadratique moyenne des particules pour assurer une évolution quasi-statique.)
La variation d'énergie cinétique est assurée par le transfert d'impulsion lors des chocs élastiques sur la paroi en mouvement.

Dans le but de tester, tout d'abord, les performances de ce traitement N-corps avec seulement 64 particules, nous avons calculé une isentropique pour le cas d'un gaz d'argon, avec un potentiel de Lennard-Jones : (fig. : D.III.2.1)

$$V(r_{ij}) = 4\varepsilon\left(\left(\frac{\sigma}{r_{ij}}\right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r_{ij}}\right)^{6}\right),$$

Avec $\sigma = 3.405$ Å, $\varepsilon = 119.8$ K.

A faible densité, nous retrouvons avec bonne précision, l'indice adiabatique du gaz parfait $\gamma = 5/3$, et pour les fortes densités γ tend naturellement vers 5.

En effet, lorsque la distance moyenne entre particules devient inférieure à σ, la partie répulsive du potentiel domine, et :

$$H \sim \langle r_{ij}\rangle^{-12} \sim \rho^4 \text{ . Par conséquent } P = \rho^2\left(\frac{dH}{d\rho}\right)_S \sim \rho^5.$$

L'aptitude de ce traitement N corps à reproduire les transformations adiabatiques, nous permet d'envisager de l'appliquer à une assemblée de nucléons, munie des potentiels d'interaction nucléaire de GOGNY [3], et du potentiel Coulombien.

Les résultats mettent déjà, en évidence une diminution de pression importante, au voisinage de la densité nucléaire (0.17 nucléon /fm^3), due à la partie attractive du potentiel, et un durcissement de l'équation d'état au delà, donnant un indice adiabatique voisin de 2.

Nous envisageons également d'utiliser ce type de simulations pour étudier les collisions d'ions lourds.

Références

[1] A. VICENTINI, G. JACUCCI, V.R. PANDHARIPANDE, Phys. Rev. C31, 1783 (1985).

[2] J.J. MOLITORIS, J.B. HOFFER, H. KRUSE, H. STÖCKER, Phys. Rev. Lett. 53, 899 (1984).

[3] J. DECHARGE, D. GOGNY, Phys. Rev. C21 1568 (1980).

---

* En Contrat de Formation par la Recherche (C.E. Bruyères-le-Châtel).

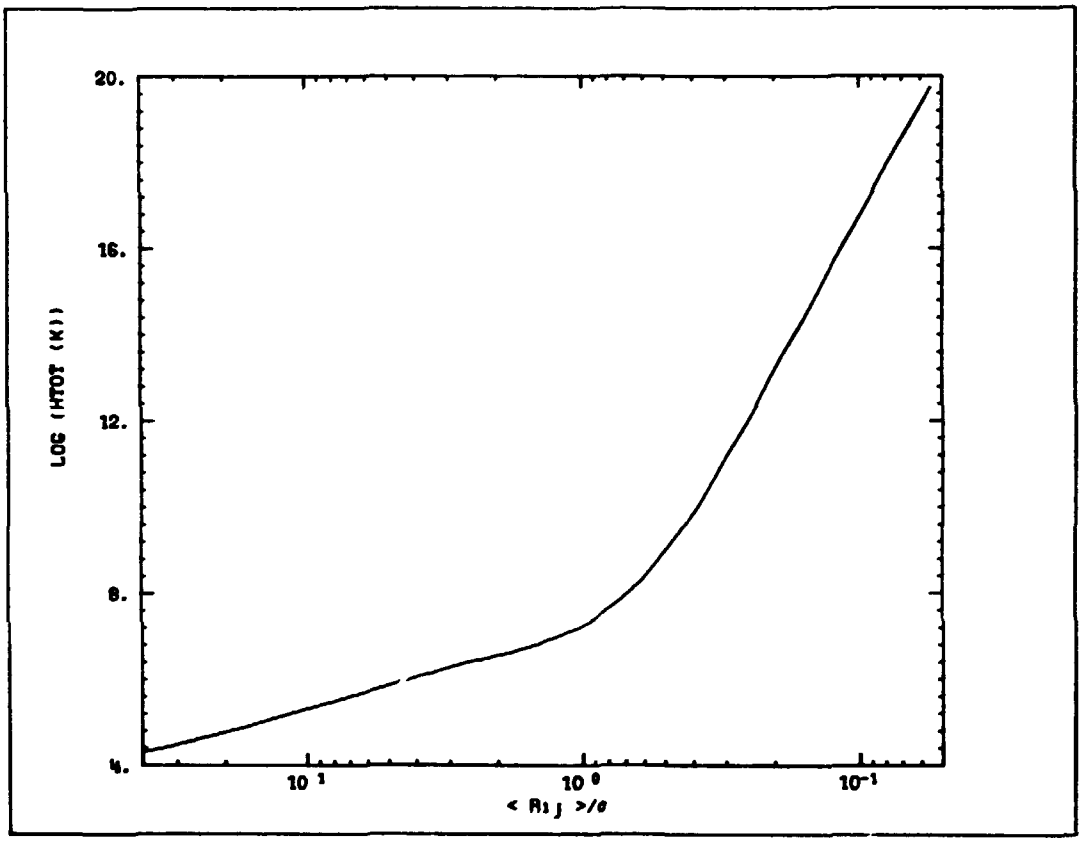


FIGURE D.III.2.1.

Energie totale HTOT (K) du système en fonction de la distance moyenne R_{ij} entre particules (/σ).

La pente pour les grandes distances (faibles densités) correspond à l'indice adiabatique du gaz parfait : $\gamma = 5/3$, pour les fortes densités : $\gamma \to 5$

D.III.3 - Transport des neutrinos en milieu stellaire dense.

Neutrino transport in dense stellar matter.

(Ph. MELLOR, J.P. CHIEZE)

We have reconsidered the neutrino transport problem in dense matter which has crucial importance for the dynamics of type II supernova explosions. We propose a method able to treat simultaneously the optically thin, thick, and all intermediate regimes. This method consists of a simulation of the transport process and can be considered as exact within numerical accuracy.

Il est maintenant bien admis que les neutrinos jouent un rôle de grande importance au cours de l'explosion d'une supernova de Type II [1,2]. Aussi est-il nécessaire de disposer d'un modèle de transport des neutrinos dont la validité s'étende du régime diffusif (confinement dans le coeur dense de l'étoile) à celui de l'écoulement libre (franchissement de la neutrinosphère).

Les méthodes numériques traditionnelles [3] d'intégration de l'équation de transport :

$$\frac{1}{c}\frac{df}{dt} + \omega\frac{df}{dr} + \frac{1-\omega^2}{r}\frac{df}{d\omega} = -\sigma(r,E,t) + \int_{-1}^{+1} f(r,\omega',t,E)\sigma(r,E,t)\frac{1+\omega\omega'}{2}d\omega'$$

(σ : section efficace macroscopique) ne permettent guère de traiter aisément et simultanément l'écoulement libre et le régime diffusif. Aussi proposons nous une méthode de simulation du transport des neutrinos qui permet d'étudier l'évolution d'un gaz de neutrinos diffusant au sein d'une matière composée de noyaux de masse atomique comprise entre ~ 60 (^{56}Fe)et ~ 1000 (lors de l'effondrement). L'énergie des neutrinos étant faible (~ 10 MeV) devant celle des noyaux diffuseurs l'approximation dite du "gaz de Lorentz" de collisions élastiques des neutrinos sur des noyaux de grande inertie peut-être utilisée.

La section efficace de diffusion adoptée est celle du modèle d'interaction faible de Weinberg et Salam [4,5] :

$$\frac{d\sigma}{d\cos\theta} = \frac{G^2}{8\pi}\left[N + Z(4\sin^2\theta_\omega - 1)\right]^2 E^2 (1 + \cos\theta)$$

où θ est l'angle de diffusion, l'angle de Weinberg $\sin^2\theta_\omega \simeq 0{,}23$, E est l'énergie des neutrinos, N et Z le nombre de neutrons et de protons des noyaux diffuseurs.

Expansion libre d'un gaz de neutrinos :

La figure D.III.3.1 présente l'évolution d'un gaz de neutrinos dont la distribution en densité est initialement isotrope et répartie de façon homogène dans une sphère de rayon R = 0,5 (unité de longueur arbitraire). Nous avons représenté sur ce graphique la densité locale normalisée des neutrinos $f(r,t) = \int_{-1}^{+1} f(r,t,\omega)\, d\omega$. En un point r donné ces courbes d'évolution correspondent à divers temps $t_n = n \times dt$ partant du sommet vers le bas de la figure. Un maillage de 300 coquilles sphèriques est utilisé ainsi que 31 directions pour discrétiser l'espace, dt = 1/20 unité de temps (c = 1).

Les figures D.III.3.2a, 2b décrivent l'évolution d'un gaz de neutrinos contenu intialement dans une sphère de rayon $R_\nu = 0{,}33$ diffusant dans un milieu dont la densité matérielle est telle que le libre parcours moyen vaut d = 0,1 pour $0 < r < R_s = 0{,}6$ et devient infini au delà de R_s. Le maillage et le pas de temps sont identiques aux valeurs adoptées précédemment.

La figure D.III.3.2b représente l'évolution en un point r = 0,567 de la distribution de $f(r,t,\omega)$ en représentation polaire. La distribution initiale, isotrope, est donc représentée par un cercle qui se déforme et se contracte au cours du temps à cause de l'anisotropie locale et la diminution du nomore de neutrinos.

La figure D.III.3.3a représente la simulation de l'écoulement des neutrinos dans une distribution de matière représentée par la ligne pointillée. Les gradients de densité de ce profil sont volontairement exagérés afin de mettre en évidence l'efficacité de cette méthode dans de telles circonstances. Les libres parcours moyens sont : d = 0,25 pour $0 < r < 0{,}4$ et d = 0,0625 pour $0{,}4 < r < 0{,}6$; $d = \infty$ pour $r > 0{,}6$.

La figure D.III.3.3b représente l'impulsion transférée par les neutrinos à la matière, cette dernière étant cependant d'inertie infinie. On peut alors constater un transfert d'impulsion dans la région

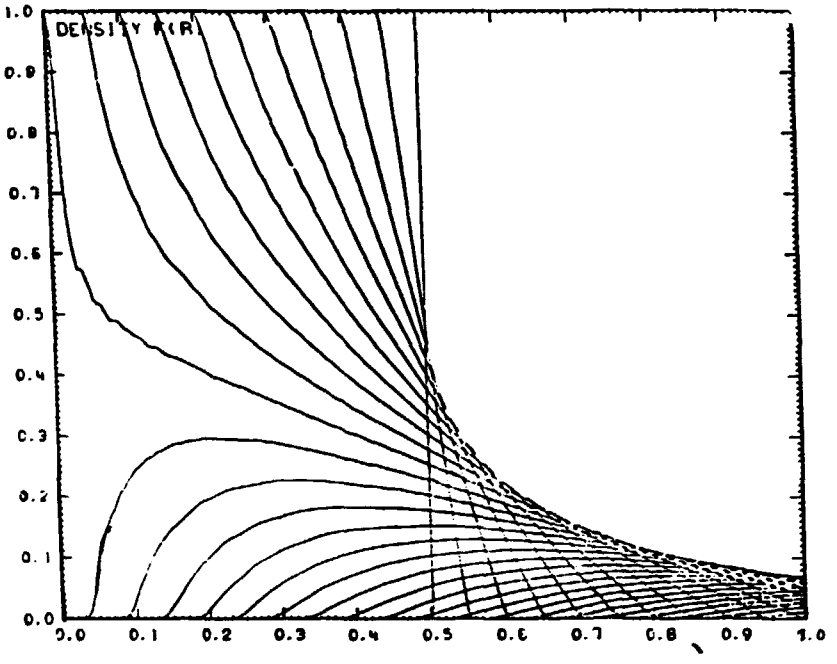


FIGURE D.III.3.1. a)

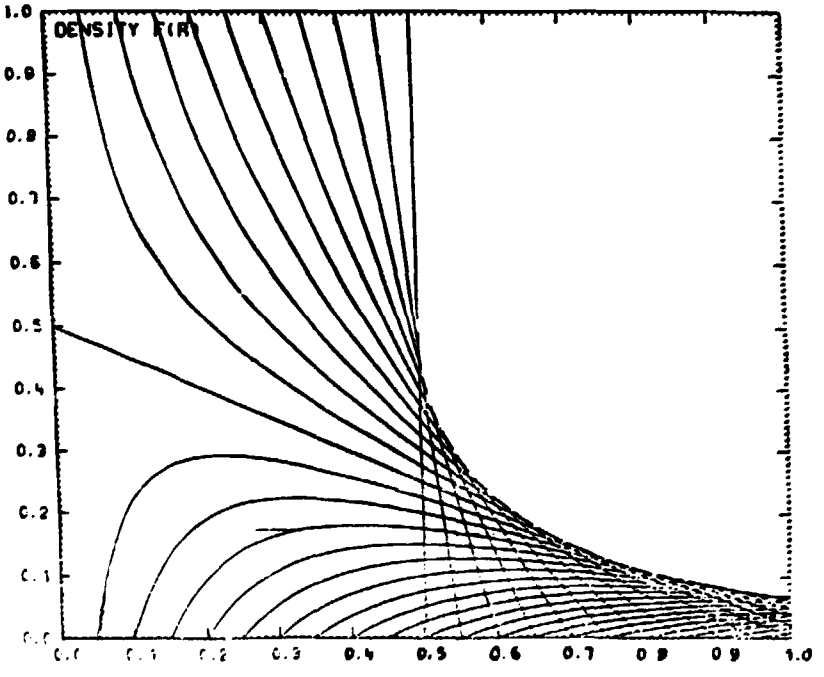


FIGURE D.III.3.1. b)

FIGURES D.III.3.1.a : écoulement libre ($\sigma = o$, $\lambda = \infty$), simulation du processus
b : " " " " , solution analytique

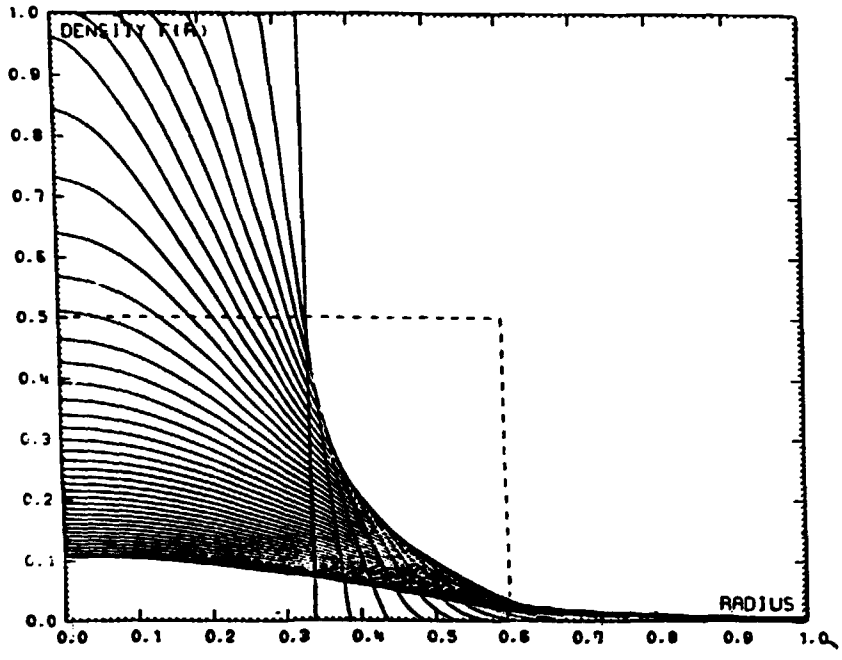


FIGURE D.III.3.2. a)

Diffusion des neutrinos

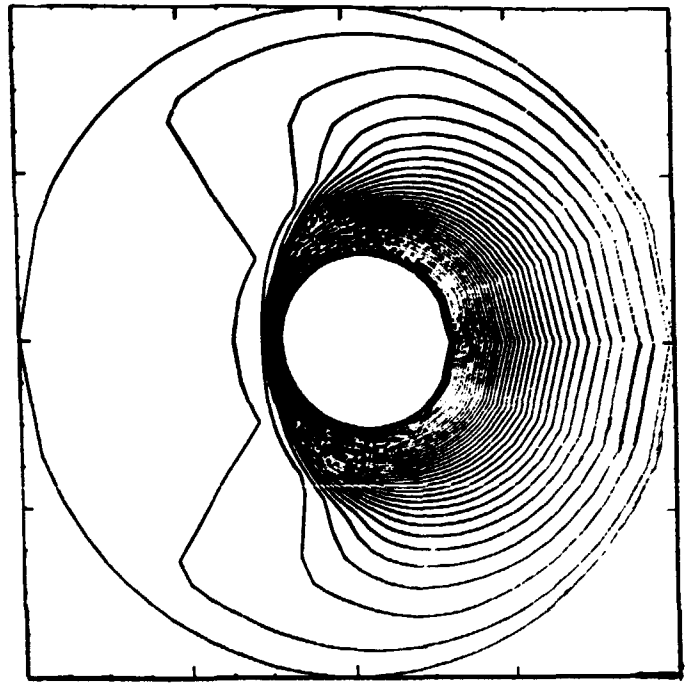


FIGURE D.III.3.2. b)

Evolution temporelle de la distribution angulaire au point r = 0,567 des neutrinos.

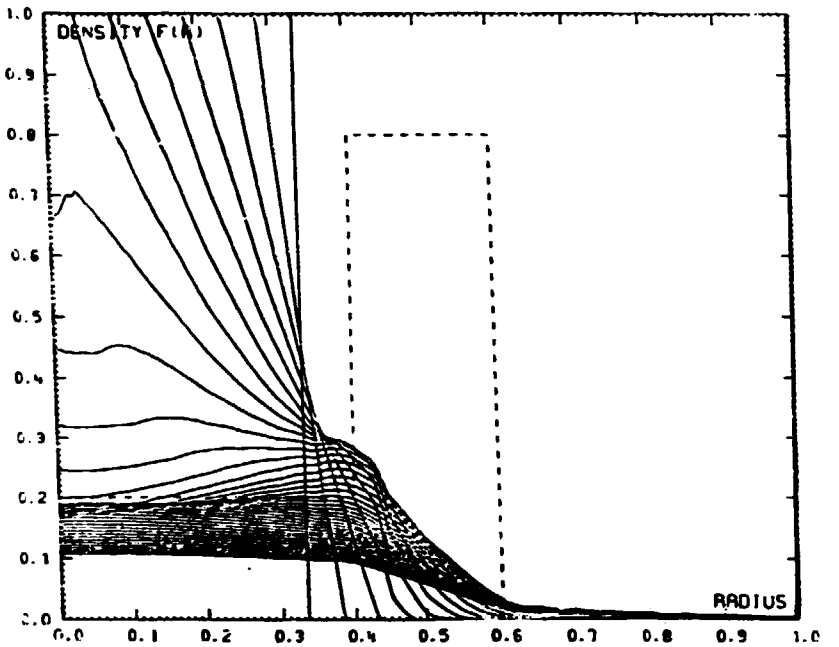


FIGURE D.III.3.3. a)

Simulation de l'écoulement des neutrinos au travers d'une onde de choc

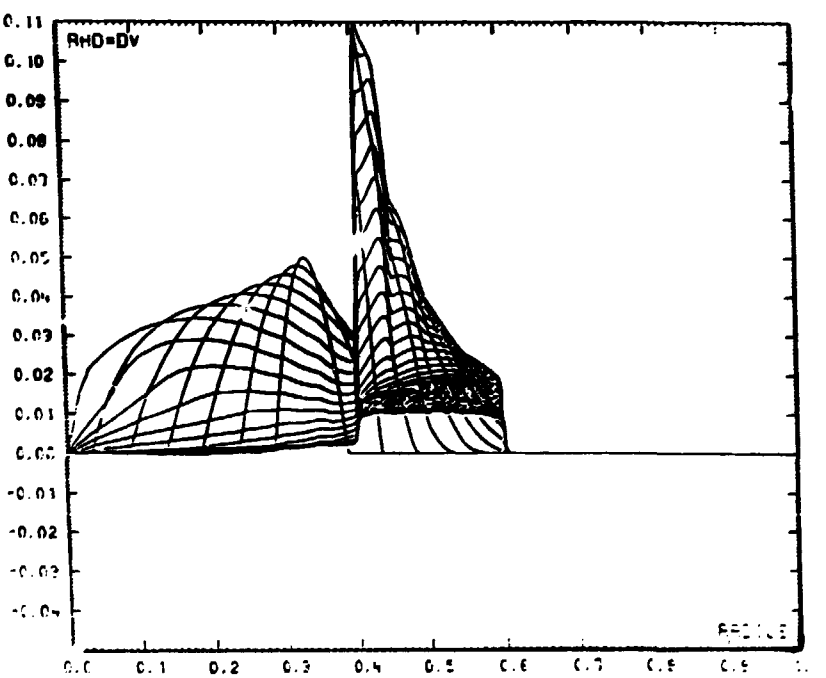


FIGURE D.III.3.3. b)

Transfert d'impulsion correspondant au cas de la figure D.III.3.3. a)

$0 < r < 0,4$ dû à l'anisotropisation de la distribution angulaire f. La valeur élevée de l'impulsion transférée à la matière contenue dans la région $0,4 < r < 0,6$ est due à la valeur très faible du libre parcours moyen des neutrinos dans cette région.

Cet exemple permet de mettre en évidence l'importance d'un traitement correct de l'anisotropie des distributions de neutrinos et montre aussi comment l'onde de choc d'une supernova peut être ravivée par le transfert d'impulsion.

Le couplage du modèle hydrodynamique (développé par P. BLOTTIAU) et du transport de neutrinos, dont l'adaptation au problème multigroupe est en cours de réalisation, nous permettra d'explorer les conditions de confinement des neutrinos et l'influence de ce phénomène sur l'expulsion de l'enveloppe de l'étoile.

Références

[1] BETHE H.A., BROWN G.E, APPLEGATE J., LATTIMER J.M. : 1979, Nucl. Phys. A324, 487.

[2] BOWERS R.B., WILSON J.R. : 1982, Astrophys. J. Sup. 50,115?.

[3] RICHTMYER R.D., MORTON K.W. : 1967, Difference Methods For initial Value Problems, Interscience Publishers.

[4] DRUCKIER A., STODOLSKY L. : 1984, Phys. Rev. D30,2295.

[5] FREEDMAN D.Z., SCHRAMM D.N., TUBBS D.L. : 1977, Ann. Rev. Nucl. Sci. 27,167.

D.III.4 - Nucléosynthèse et évolution chimique des éléments légers : ^{2}H, ^{3}He, ^{4}He, ^{6}Li, ^{7}Li, ^{9}Be, ^{10}B, ^{11}B.

Nucleosynthesis and chemical evolution of the light elements: ^{2}H, ^{3}He, ^{4}He, ^{6}Li, ^{7}Li, ^{9}Be, ^{10}B, ^{11}B.

(P. DELBOURGO-SALVADOR)

Recent measurements of ^{2}H, ^{3}He, ^{4}He, ^{7}Li abundances show discrepancies between the primordial abundances deduced from these observations and those obtained from theoretical calculations made within the framework of the standard hot Big Bang model. Two solutions are proposed in order to reduce these discrepancies :
a) Modify the model of the chemical evolution of the galaxy.
b) Look carefully at the sensitivity of the various hypotheses used in the standard Big Bang model.

Les récentes observations de ^{2}H, ^{3}He, ^{4}He, ^{7}Li respectivement par Vidal-Madjar et al. (1983), Kunth et Sargent (1984), Rood et al. (1984) et F. et M. Spite (1982) mettent en évidence que des problèmes se posent encore lorsque l'on compare les abondances primordiales déduites des observations de ces éléments et les calculs théoriques de nucléosynthèse primordiale faits dans le cadre du modèle standard de Big Bang chaud.

Ayant constaté, après avoir repris les calculs théoriques de ce modèle, que les incertitudes rencontrées ne permettaient pas d'expliquer la totalité des différences constatées, nous avons exploré deux possibilités de solution :

1) La déduction des abondances primordiales à partir des observations passe par l'utilisation d'un modèle d'évolution chimique de la Galaxie qui décrit l'évolution des abondances des éléments depuis l'époque primordiale jusqu'à maintenant. Nous avons donc étudié les implications de modifications de ces modèles.

2) Nous nous sommes intéressés à la sensibilité des différentes hypothèses du modèle du Big Bang standard.

Nous avons donc montré :

1) Que l'ajout d'hypothèses raisonnables à un modèle d'évolution chimique simple change les conclusions sur la nucléosynthèse primordiale en modifiant l'abondance primordiale déduite des observations de ^2H d'un facteur 10, ce qui permet de constater une concordance satisfaisante entre la théorie et les observations de ^2H, ^4He.

2) Que certains modèles non standards [Univers anisotrope, pépites de quark (issues de la transition de phase quark hadrons) encore présentes pendant la nucléosynthèse primordiale] pourraient en particulier, apporter une solution au problème de la masse cachée.

3) Qu'une étude approfondie des modèles d'évolution chimique de la galaxie pour les éléments légers implique une révision de différents processus de formation des éléments légers pour expliquer l'évolution chimique de Li, Be et B, qui ne peuvent être produits par la nucléosynthèse stellaire. Nous avons donc revu la formation des éléments Li, Be et B par les réactions de spallation induites par les rayons cosmiques sur les noyaux de milieu interstellaire et la formation de ^7Li par la nucléosynthèse dans les novae.

Ce travail fait l'objet d'une thèse de Doctorat (spécialité : Astronomie et Techniques Spatiales) à soutenir courant 1986.

PARTIE E :

BIBLIOGRAPHIE

PUBLICATIONS

"Role of the gravitational instability and the interstellar medium pressure in the structure of molecular clouds"

J.P. CHIEZE
A paraître dans la revue "Astronomy and Astrophysics"

"Extended coupled channel method for baryon scattering based on the dynamics of the Bohr Hamiltonian deduced from a microscopic nucleon-nucleon Hamiltonian"

K. KUMAR, Ch. LAGRANGE, M. GIROD, B. GRAMMATICOS
"Physical Review C" Vol. 31 n° 3 p. 762-776 (1985)

"Nucleon - Induced Excitation of Collective Bands in ^{12}C"

A.S. MEIGOONI, R.W. FINLAY, J.S. PETLER, J.P. DELAROCHE
"Nuclear Physics" A 445 N° 2 (1985) P. 304-332.

"Investigation of linear momentum transfer on the 35 MeV/u Ar+U system"

S. LERAY, O. GRANIER, C. NGO, E. TOMASI, C. CERRUTI, P. L'HENORET, R. LUCAS, C. MAZUR, M. RIBRAG, J.L. CHARVET, C. HUMEAU, J.P. LOCHARD
"Zeitschrift für Physik A" - Atoms and Nuclei 320, p. 533-534 (1985)

"Capture cross sections and gamma-ray spectra from the interaction of 0.5 to 3.0 MeV neutrons with nuclei in the mass range A = 63 - 209"

J. VOIGNIER, S. JOLY, G. GRENIER
A paraître dans la revue Nuclear Science and Engineering

"Collective excitations of ^{194}Pt in low energy neutron scattering"

M.C. MIRZAA, J.P. DELAROCHE, J.L. WEIL, J. HANLY, M.T.McELLISTREM, S.W. YATES
"Physical Review C" - Vol. 32, N° 5, P. 1488-1496(1985)

"Semi-microscopic calculations of elastic, inelastic, and total neutron scattering by ^{239}Pu in the energy range 10 keV < E_n < 10 MeV"

Ch. LAGRANGE, D.G. MADLAND, M. GIROD
A paraître dans la revue "Physical Review C"

"Spin dependence of $\bar{\nu}p$ and $\bar{E}k$ for ^{239}Pu (n,f) in the resonance region : on the discrepancy between results above and below 1 eV"

R.L. WALSCH, J.W. BOLDEMAN
A paraître dans la revue "Nuclear Physics".

"High Energy fragments produced in the 84 Kr + 93 Nb reaction at 34.5 MeV/u

J.L. CHARVET, S. JOLY, M. MORJEAN, Y. PATIN, Y. PRANAL, L. SINOPOLI, J.L. UZUREAU, R. BILLEREY, B. CHAMBON, A. CHBIHI, A. CHEVARIER, N. CHEVARIER, D. DRAIN, C. PASTOR, M. STERN, A. PEGHAIRE
"Zeitschrift für Physik A" - Atoms and Nuclei 321, P. 701-702 (1985)

"High resolution measurement of fragment mass-charge-kinetic energy correlations in the cold fragmentation region of thermal fission of ^{235}U"

C. SIGNARBIEUX, G. SIMON, J. TROCHON, F. BRISARD
A paraître dans la revue "Journal de Physique-Lettres"

"Fission fragment-light particule coincidences and linear momentum transfer"

Y. PATIN, S. LERAY, E. TOMASI, O. GRANIER, C. CERRUTI, J.L. CHARVET, S. CHIODELLI, D. DEMEYER, D. GUINET, C. HUMEAU, P. LHENORET, J.P. LOCHARD, R. LUCAS, C. MAZUR, M. MORJEAN, C. NGO, A. PEGHAIRE, M. RIBRAG, L. SINOPOLI, T. SUOMIJARVI, J. UZUREAU, L. VAGNERON
A paraître dans la revue "Nuclear Physics"

"Towards a theory of inelastic scattering from soft nuclei"

J.P. DELAROCHE, F.S. DIETRICH
A paraître dans la revue "Physical Review C"

"Beam foil spectroscopy of 2p → 1s transitions in Si XI to Si XIV ions"

J.P. MOSNIER, R. BARCHEWITZ, M. CUKIER, R. DEI-CAS, S. SENEMAUD, J. BRUNEAU
A paraître dans la revue "Journal of Physics B"

"Radiative capture and (n,γn) cross sections for fast neutrons interacting with ^{197}Au"

S. JOLY
A paraître dans la revue "Nuclear Science and Engineering"

"La microsonde nucléaire du C.E.A. : description, possibilités, exemples d'applications"

Ch. ENGELMANN, J. BARDY
A paraître dans la revue "Analusis"

"Giant resonance coupling and ℓ - dependent potentials for ^{16}O"

J.P. DELAROCHE, M.S. ISLAM, R.W. FINLAY
A paraître dans la revue "Physical Review C".

"Analyse en voies couplées de la diffusion de nucléons par ^{40}Ca aux énergies incidentes inférieures à 80 MeV"

G.M. HONORE, W. TORNOW, C.R. HOWELL, R.S. PEDRONI, R.C. BYRD, R.L. WALTER, J.P. DELAROCHE
A paraître dans la revue "Physical Review C".

"La fragmentation des nuages moléculaires - I - Les relations masse-rayon-dispersion de vitesse"

J.P. CHIEZE
A paraître dans la revue "Astronomy and Astrophysics".

THESES

Etude des condensats de gluons au moyen d'une transformation de Bogoliubov"

C. IRACANE
These de 3ème cycle - Fac. d'Orsay (Juillet 1985)

"Approche microscopique auto-consistante des processus nucléaires collectifs de grande amplitude à basse énergie - Application à la diffusion d'ions lourds et à la fission"

J.F. BERGER
Thèse de Doctorat d'Etat (ancien régime) - Fac. d'Orsay (octobre 1985)

"Contribution à l'étude de la capture radiative par l'interaction de neutrons de 500 keV à 20 MeV avec des noyaux de masse comprise entre 28 et 208"

S. JOLY
Thèse de Doctorat d'Etat (ancien régime) - Fac. d'Orsay (décembre 1985)

COMMUNICATIONS

Nuclear Data for Basic and Applied Science, Santa Fe, New Mexico (U.S.A.) du 13 au 17 mai 1985

- **"(n,2n) cross section of ^{2}H and ^{239}Pu"**

  J. FREHAUT, C.A. PHILIS, A. BERTIN, R. BOIS
  (A paraître dans le Journal "Radiation Effects" (Nuclear Data Conf. Proceedings)

- **"Coupled-Channel Analysis of Nucleon Scattering from ^{40}Ca"**

  J.P. DELAROCHE, G.M. HONORE, W. TORNOW, R.L. WALTER

  CEA-CONF 8232

- **"High Resolution fission probabilities for ^{233}U, ^{236}U, and ^{229}Th, ^{230}Th, ^{232}Th (d,pf) reactions"**

  J. BLONS, Y. PATIN, D. PAYA

- **"Cold fragmentation in thermal neutron induced fission of ^{235}U"**

  J. TROCHON, G. SIMON, J.W. BEHRENS, F. BRISARD, C. SIGNARBIEUX

  CEA-CONF 8037

8ème Session d'Etudes Biennale de Physique Nucléaire, AUSSOIS, du 4 au 8 février 1985

- **"Interprétation microscopique des densités de transition des isotopes 70-72-74-76 du germanium"**

  M. GIROD

  CEA-CONF 7818

ANS 1985 Annual Meeting, BOSTON, Massachussetts (U.S.A.) du 9 au 14 juin 1985

- **"Transplutonium σ_{nf} systematics in the MeV range"**

- **"Cold fragmentation measurements using a very-high energy resolution ionization chamber"**

  J. TROCHON, G. SIMON, J.W. BEHRENS, F. BRISARD

  (Trans. Am. Nucl. Soc. (U.S.A.) Vol. 49, p. 199 (1985))

Meeting of the American Physical Society , CRISTAL CITY, Virginia (U.S.A.) du 24 au 27 avril 1985

- **"Coupled Channels analysis of nucleon scattering from ^{40}Ca"**

  G.M. HONORE, W. TORNOW, R.L. WALTER, J.P. DELAROCHE

- **"Analysing powers for the inelastic scattering of neutrons from ^{54,56}Fe and ^{58,60}Ni"**

  R.S. PEDRONI, R.C. BYRD, J.P. DELAROCHE, P.P. GUSS, G.M. HONORE, C.R. HOWELL, H.G. PFUTZNER, G. TUNGATE, R.L. WALTER

American Physical Society, WASHINGTON (U.S.A.) du 24 au 27 avril 1985

- **"Analysis of proton scattering from ^{196}Pt via the Wilets-Jean model for gamma-unstable nuclei"**

  J.P. DELAROCHE, F.S. DIETRICH

Second Int. Conf. on Nucleus-Nucleus Collisions, VISBY (Suède) du 10 au 14 juin 1985

- **"Fission fragment angular correlations for Ar + Au and Ar + U at 19.6 MeV/U and Ar + U at 35 MeV/U"**

  E. TOMASI, S. LERAY, C. NGO, R. LUCAS, O. GRANIER, C. CERRUTI, P. L'HENORET, C. MAZUR, M. RIBRAG, J.L. CHARVET, C. HUMEAU, J.P. LOCHARD, M. MORJEAN, Y. PATIN, L. SINOPOLI, J. UZUREAU, A. DEMEYER, ` GUINET, L. VAGNERON, A. PEGHAIRE

Joint Los Alamos-CEA Meeting on Monte-Carlo Methods, CADARACHE (France) du 22 au 26 avril 1985

- **"Some aspects of nuclear data evaluation at Bruyères-le-Châtel (BRC)"**

  C.A. PHILIS, O. BERSILLON

  CEA-CONF 7956 - (Doit paraître dans "Lecture Notes in Physics", Springer-Verlag

6th International Symposium on polarization phenomena in nuclear physics, OSAKA (Japon) du 26 au 30 août 1985

- **"Feedback of dispersion relations plus giant resonances on nucleon elastic scattering from ^{40}Ca"**

  J.P. DELAROCHE, G.M. HONORE, W. TORNOW, R.L. WALTER

  CEA-CONF 8264

Congrès de la Société Française de Physique (conférence de la Division de Physique des Plasmas), NICE (France) du 9 au 14 septembre 1985

- **"Rôle de l'équation d'état de la matière nucléaire dans l'explosion des supernovae de type II"**

  J.P. CHIEZE

Dynamics of wavepackets in molecular and nuclear physics, ANVERS (Belgique) du 2 au 4 juillet 1985

- **"Quantum dynamics of wavepackets on two-dimensional potential energy surfaces governing nuclear fission"**

  J.F. BERGER

  CEA-CONF 8239

Specialits' meeting on the use of the optical model for the calculations of neutron cross sections below 20 MeV, PARIS (OECD Headquarters) du 13 au 15 novembre 1985

- **"The spin orbit interaction for neutron-nucleus scattering"**

  R.L. WALTER, J.P. DELAROCHE - CEA-CONF 8358 -

Exposés invités :

- **"Aspects statiques et dynamiques des distributions de matières nucléaires : calculs microscopiques et données expérimentales"**

  M. GIROD

- **"Use of results from microscopic methods in optical model calculations"**

  Ch. LAGRANGE

- **"Fast neutron scattering from soft nuclei : coupled-channel formalism and illustrations"**

  J.P. DELAROCHE

- **"Sensibilité des sections efficaces déduites du modèle optique aux paramètres du potentiel optique"**

  O. BERSILLON

- **"Utilisation du modèle optique dans la région des actinides"**

  J. SALVY - CEA-CONF 8394 -

NOTE CEA

Compte rendu d'activité du Service PNN pour l'année 1984

NOTE CEA - N - 2448, NEANDC (E) 237/L, INDC (FR) 65/L (1985)

RAPPORTS CEA

Structure et évolution du milieu interstellaire

J.P. CHIEZE
CEA.R-5318 (1985)

La microsonde nucléaire du CEA : description, possibilités, exemples d'application

Ch. ENGELMANN, J. BARDY
A paraître

Etude paramétrique d'un spectromètre à protons de recul à aimants permanents

R. DEI-CAS, J. BARDY, M.A. BEUVE
CEA.R-5332 (1985)

AUTRES RAPPORTS

"Spectroscopie faisceau-feuille"

J.P. MOSNIER, R. BARCHEWITZ, C. SENEMAUD, J. BRUNEAU, R. DEI-CAS
"Rapport d'activité du Laboratoire de Chimie Physique, Université de PARIS VI".

"Solution of ordinary differential equations using power series with decompose coefficients part 1 : mathématical analysis"

A. SCHETT, M. COLLIN, R. PERRIER
"RAPPORT NEANDC (E) 236 "L",INDC (FR) 64 "L" (1985)"

"Rapport d'activités pour l'année 1984 (travaux relatifs aux données nucléaires en France)"

P. FIGEAC
"RAPPORT NEANDC (E) 262 "L", INDC (FR) 66 "L" (1985)"

"Coherent evaluation of $\bar{\nu}p$ for ^{235}U, ^{238}U and ^{239}Pu"

J. FREHAUT
"RAPPORT NEANDC (E) 238 "L", INDC (FR) 67 "L" (1985)"

DIVERS

"Les nouvelles méthodes d'accélération de particules par laser"
R. DEI-CAS
Note technique n° P2N/29/85 du 11.1.1985

"Quelques aspects expérimentaux liés à la mesure de sections efficaces d'excitation électronique d'ions lourds multichargés"
R. DEI-CAS
Note P2N/352/85 du 24.5.1985

"Compte rendu de la réunion de travail sur la contribution française au "Decay data and yields" dans le cadre du projet Jef"
J. BLACHOT, B. DUCHEMIN, E. FORT, J.P. GROUILLER, C.A. PHILIS
Note P2N/374/85 du 5.6.1985

"Rapport de sûreté de l'accélérateur Van de Graaff 550 kV et du banc de sources d'ions du Service PTN"
A. DANDINE
Note technique PTN/ST/614/85 du 8.10.1985

"Coherent evaluation of $\bar{\nu}p$ for ^{235}U, ^{238}U and ^{239}Pu"
J. FREHAUT
Note technique n° PTN/647/85 du 24.10.1985

"Etalonnage d'ensembles de détection pour la mesure de flux neutronique auprès des lasers"
S. CRESPIN, G. GRENIER, D. GIMAT
RAPPORT DO 85073 du 10/85

PARTIE F :

SEMINAIRES

LISTE DES SEMINAIRES DONNES AU SERVICE PTN EN 1985

(En principe tous les lundis à 11 heures)

Responsables : MM. M. GIROD et J. TROCHON

Lundi 14 janvier 1985 :

"Structure radiale des excitations collectives dans le cadre du modèle des bosons en interaction (IBA)"

D. GOUTTE - Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay - DPh-N-HE

Mercredi 23 janvier 1985 :

"Modeling of level structure for deformed nuclei"

Richard HOFF - Lawrence Livermore Laboratory (USA)

Lundi 28 janvier 1985 :

"Magnétisme nucléaire - Interaction des neutrons lents avec des noyaux polarisés"

H. GLATTLI - Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay - DPh-G-PSRM

Mardi 29 janvier 1986 :

" La microdosimétrie - Son application en radio-protection"

D. BLANC - Centre de Physique Atomique - Toulouse

Lundi 4 février 1985 :

"Un modèle de transition de phase entre matière hadronique et plasma quark-gluon"

G. MAHOUX - Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay - S. Ph.T

Lundi 11 février 1985 :

"Une amélioration des réacteurs à eau : les réacteurs sous-modérés"

C. GOLINELLI - Centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache - DRE

Lundi 25 février 1985 :

"Point sur l'expérience ions lourds plasma à Bruyères-le-Châtel"

R. DEI-CAS - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel - P2N

Lundi 4 mars 1985 :

"Expérience sur le neutron libre à l'ILL"

F. GONNENWEIN - ILL Grenoble

Lundi 11 mars 1985 :

"Methode semi-classique pour l'étude des collisions d'ions lourds aux énergies intermédiaires. Application aux émissions de nucléons hors équilibre"

B. REMAUD - Institut de Physique - Nantes

Lundi 18 mars 1985 :

"Structure électromagnétique du Tritium et de l'Helium 3"

J.M. CAVEDON - Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay - DPh-N-HE

Lundi 25 mars 1985 :

"Une nouvelle forme de radioactivité naturelle : fragmentation à 2 corps ou fission superasymétrique"

S. GALES - IPN ORSAY

Lundi 15 avril 1985 :

"La multifragmentation des noyaux vue comme un phénomène de percolation"

X. CAMPI - IPN ORSAY

Lundi 22 avril 1985 :

"Etude expérimentale et théorique de spectre X d'ion silicium en spectroscopie beam foil"

M. BRUNEAU - Centre d'Etudes de Limeil

J.P. MOSNIER - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

Lundi 29 avril 1985 :

"Le pion est-il un état collectif quark - antiquark ? "

Véronique BERNARD - CRN - Strasbourg

Lundi 13 mai 1985 :

"Température limite dans les noyaux"

P. BONCHE - IRF/DPhG/SPT - Saclay

Lundi 20 mai 1985 :

"Etude de l'état fondamental de QCD"

D. IRACANE - PNN - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

Lundi 28 mai 1985 :

"Fission des noyaux lourds en plusieurs fragments"

N. CARJAN - CEN-Bordeaux/Gradignan

Jeudi 30 mai 1985 :

"The $^{12}C(\alpha,\gamma)^{16}O$ reaction at stellar energies"

H.P. TRAUTVETTER - Université Münster (RFA)

Lundi 10 juin 1985 :

"Improved activation cross section for vanadium and titanium"

D. MUIR - Los Alamos National Laboratory - (USA)

Lundi 17 juin 1985 :

"Spectrographes à cristaux naturels ou artificiels pour les domaines X et X-UV. Utilisation des multicouches"

C. SENEMAUD - R. BARCHEWITZ - Lab. Chimie-Physique - PARIS VI
Univ. P. et M. CURIE

Lundi 29 juillet 1985 :

"Calcul du spectre d'énergie des neutrons de fission"

R. L. WALSH - Australian Atomic Energy Commission - Lucas Heights
Service de Physique et Techniques Nucléaires - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

Vendredi 13 septembre 1985 :

"Bimodal symmetric fission observed in the heaviest elements"

E.K. HULET - Lawrence Livermore National Laboratory (U.S.A.)

Lundi 14 octobre 1985 :

"Equation de Bethe - Salpeter et renormalisation en théorie quantique des champs"

J. BROS - Service Ph. Théorique - Saclay

Lundi 21 octobre 1985 :

"Diffusion élastique d'ions lourds aux énergies intermédiaires - Interprétation microscopique à l'aide d'une interaction effective nucléon-nucléon"

B. BONIN - DPh-N/ME - Saclay

Mercredi 6 novembre 1985 :

"Influence de la perte d'énergie électronique sur la transformation des matériaux au GANIL"

M. TOULEMONDE - C.I.R.I.L. - Caen

Lundi 18 novembre 1985 :

"Status of the experimental results and calculations for muon catalyzed fusion"

L. F. HANSEN - Lawrence Livermore Laboratory (USA)

Mardi 19 novembre 1985 :

"Polarized neutron scattering program at TUNL"

R.L. WALTER - Duke University (USA)

Lundi 25 novembre 1985 :

"Le modèle des cordes en physique nucléaire des hautes énergies"

X. ARTRU - Lab. de Physique Théorique et des Hautes Energies - ORSAY

Lundi 2 décembre 1985 :

"The (p,n) reaction , solar neutrino detectors"

J. RAPAPORT - OHIO University (U.S.A.)

Lundi 9 décembre 1985 :

"Transport de neutrinos et super-novae"

Ph. MELLOR - PTN - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

Edité par
le Service de Documentation
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay
91191 GIF-sur-YVETTE Cédex (France)