

CEA-N-2343
NEANDC (E) 229 «L»
INDC (FR) 58/L

- Note CEA-N-2343 -

FR8303071

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

**COMPTE RENDU D'ACTIVITE
DU SERVICE DE PHYSIQUE NEUTRONIQUE ET NUCLEAIRE
POUR L'ANNEE 1982**

- Mai 1983 -

Note CEA-N-2343

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

en français

PHYSIQUE NUCLEAIRE
PROGRAMMES DE RECHERCHE
C E A

en anglais

NUCLEAR PHYSICS
RESEARCH PROGRAMS
C E A

NOTE CEA-N-2343. NEANDC (E) 229 "L" -- INDC (FR) 58/L

COMPTE RENDU D'ACTIVITE DU SERVICE DE PHYSIQUE NEUTRONIQUE ET NUCLEAIRE
POUR L'ANNEE 1982.

Sommaire. - Ce compte rendu présente les travaux de Physique Nucléaire effectués au sein du Service de Physique Neutronique et Nucléaire du Centre d'Etudes de Bruyères-le-Chatel, pendant l'année 1982. Il comprend : une partie sur les activités techniques et les équipements, puis une partie sur les expériences et leurs interprétations. La troisième partie est consacrée aux évaluations et traitements de données nucléaires, et aux travaux théoriques. A la fin du compte rendu, on donne la liste des documents émis par le Service au cours de l'année 1982 ainsi que la liste des séminaires qui ont eu lieu dans le laboratoire.

1982

183 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France.

NOTE CEA-N-2343. NEANDC (E) 229 "L" -- INDC (FR) 50/L

PROGRESS REPORT OF THE NEUTRON AND NUCLEAR PHYSICS DIVISION FOR THE
YEAR 1982.

Summary. - This progress report gives a presentation of the nuclear physics work carried out in the Service de Physique Neutronique et Nucléaire (C.E. Bruyères-le-Châtel) during the year 1982. It comprises a part about technical work and equipments and a second part on experiments and their interpretations. The third part is devoted to nuclear data evaluations and processing along with theoretical work. At the end of the report a list is given of the documents issued during the year 1982 and a list of talks given in the laboratory.

1982

183 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France.

- Note CEA-N-2343 -

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

**COMPTE RENDU D'ACTIVITE
DU SERVICE DE PHYSIQUE NEUTRONIQUE ET NUCLEAIRE
POUR L'ANNEE 1982**

PREFACE

Les activités du Service de Physique Neutronique et Nucléaire pour l'année 1982 sont présentées suivant trois grandes rubriques correspondant aux activités de caractère technique et de support, aux développements expérimentaux et aux travaux théoriques.

Le fonctionnement des accélérateurs du Service a été satisfaisant dans l'ensemble et nous n'avons pas rencontré de difficultés majeures. Une assez grande part des heures disponibles a été consacrée à des travaux de collaboration entre le Service et des unités extérieures ou à des prestations. L'effort de développement des diagnostics de faisceau, entrepris l'année dernière et poursuivi cette année nous permet très efficacement d'effectuer les réglages nécessaires et de fournir des faisceaux de bonne qualité.

Sur l'accélérateur Tandem, la mise au point des regroupeurs basse énergie et haute énergie s'est poursuivie et devrait porter tous ses fruits dans le courant de l'année 1983. La modification du seul regroupeur basse énergie a en particulier permis de réduire la durée de bouffée, à courant constant, de 0,8 à 0,5 ns ; les premiers tests du regroupeur haute énergie sont conformes aux résultats attendus.

Sur l'accélérateur 4 MeV les principaux travaux, effectués en collaboration avec Saclay, ont eu trait au développement de la microsonde nucléaire. Il s'agit essentiellement de l'amélioration des diagnostics par la mise en place d'un système d'acquisition de données, de la réduction de la taille du faisceau sonde et de l'accélération de particules autres que des protons (deutons, particules α).

L'expérience d'interaction entre des ions lourds et un plasma créé par laser a donné lieu, au cours de l'année, à des travaux de préparation, qui consistent pour l'essentiel dans l'aménagement d'une salle d'expériences et le début de la mise en place du laser et d'une ligne de faisceau spécifique. Tous ces travaux, et en particulier ceux entrepris en liaison avec le regroupeur haute énergie et son système propre de commande informatisée ont bénéficié de l'appui des groupes d'électronique et d'informatique du Service.

La configuration en matière d'ordinateurs (traitement différé ou acquisition de données) a relativement peu évolué : seuls quelques travaux d'amélioration des logiciels ont été menés à bien.

Sur le plan expérimental, une grande partie de l'activité a été consacrée au développement de détecteurs nouveaux et à l'amélioration du spectromètre par temps de vol. Sur ce dernier point, nous avons réalisé un détecteur dont les caractéristiques en temps, nettement améliorées par rapport aux détecteurs précédemment utilisés, doivent nous permettre d'utiliser au mieux les nouvelles possibilités que va nous donner la mise en service du regroupeur.

En ce qui concerne nos activités dans le domaine des ions lourds nous avons terminé la réalisation de l'ensemble CASIMIR qui a pu être essayé en tout début d'année 1983 sur l'accélérateur SARA. Cet ensemble pourra en outre être équipé d'un multidétecteur de particules légères dont l'étude a été entreprise au cours de l'année. Signalons en outre la réalisation d'un prototype de détecteur de temps zéro et de localisation à galettes de microcanaux, prévu dans le cadre de l'équipement expérimental du spectromètre SPEG du GANIL.

De même dans le cadre des études concernant la fission, un détecteur à plaques parallèles a été mis au point pour la détection des fragments de fission.

Parallèlement à ces développements des expériences ont été effectuées, soit directement sur nos accélérateurs, soit dans le cadre de collaborations avec des laboratoires extérieurs.

En matière de diffusion élastique et inélastique nous avons poursuivi l'étude de la déformation des noyaux (Mg, Si, S), mesuré les sections efficaces du ^{169}Tm entre 0,6 et 2 MeV, dans le but de contribuer à une évaluation complète des données relatives à ce noyau, et interprété l'ensemble des données déjà mesurées sur le noyau ^{208}Pb .

Notre activité de mesure de sections efficaces de capture a porté sur les noyaux ^{139}La , ^{165}Ho et ^{209}Bi dans la gamme 0,5-3 MeV. Les résultats obtenus sur ce dernier noyau ont été pris en compte dans l'évaluation des données du Bismuth que nous avons révisée au cours de l'année.

Dans le domaine concernant l'étude expérimentale de la fission, on peut noter des résultats obtenus dans la mesure de l'énergie cinétique moyenne des fragments lors de la fission par neutrons du ^{230}Th , ainsi que le développement d'un ensemble de calculs permettant d'étudier le bilan en énergie consécutif à la fission. En collaboration avec Saclay (Service DPhN/MF) nous avons effectué des mesures par réaction (d,pf) sur ^{232}Th et ^{230}Th .

Parmi les autres travaux effectués en collaboration sont reportées dans ce compte rendu les expériences effectuées à LANL (Los Alamos National Laboratory) sur la production de neutrons par réaction $T + T$ et la mesure des sections efficaces de diffusion élastique ($T + T$), ainsi que l'étude du transfert de nucléons lors de l'interaction d'un faisceau de ^{24}Mg délivré par l'accélérateur ALICE d'Orsay, sur une cible d'or.

Sur le plan de l'évaluation de données on peut noter l'aboutissement des travaux concernant le ^{169}Tm , fruit d'une collaboration entre le Service et les laboratoires de Los Alamos et Livermore, ainsi que l'amélioration de l'évaluation de la section de capture du ^{209}Bi , englobant les mesures faites dans le laboratoire. Un certain nombre de travaux visant à l'amélioration de nos outils informatiques ont été effectués, que ce soit sous l'aspect mise en groupe, comparaison entre plusieurs jeux de données, ou sous l'aspect d'évolutions de méthodes numériques, en particulier pour le calcul des sections efficaces dans le domaine des résonances non résolues.

Une synthèse des travaux concernant les données nucléaires des actinides a été publiée dans le cadre d'une convention entre ce laboratoire et l'Agence Internationale de l'Energie Atomique ; elle regroupe les travaux effectués dans ce domaine sur les plans à la fois expérimental, d'évaluation ou d'interprétation, et théorique.

En relation avec des laboratoires étrangers nous avons poursuivi les analyses par modèle optique de données nucléaires récentes obtenues à l'aide de neutrons ou de protons, pour le Sélénium et des isotopes de Germanium.

Un calcul microscopique du spectre des niveaux de basse énergie de noyaux et la confrontation des résultats obtenus avec les données expérimentales nous a permis d'améliorer l'interaction effective $D1$ que nous utilisons, sous l'aspect des effets d'appariement prédits par cette force.

Dans le domaine des calculs microscopiques des surfaces potentielles de fission, nous avons étendu nos travaux effectués l'année dernière sur le ^{240}Pu , aux noyaux ^{236}U et ^{232}Th . A partir de résultats encore préliminaires on peut penser que l'interprétation des événements de fission froide qui avait été donnée pour ^{240}Pu semble rester valable pour ^{236}U . D'autre part, la surface d'énergie potentielle obtenue pour ^{232}Th ne semble pas présenter le troisième puits auquel on aurait pu s'attendre. La présence des résonances intermédiaires observées dans les sections efficaces de fission du Thorium s'interpréterait alors comme un effet

dynamique dû à la présence d'une "fenêtre" mettant en communication les deux vallées de fragmentation asymétrique. Une étude prenant en compte une barrière simplifiée issue de ces calculs a été entreprise pour mettre en évidence l'influence du tenseur des masses collectives sur la pénétrabilité de cette barrière.

P. FIGEAC

*Chef du Service de Physique
Neutronique et Nucléaire*

Je remercie Mmes G. LABBE, M. MICHEL, N. SEGUIN d'avoir bien voulu assurer la frappe de ce document, ainsi que M. J. SALVY, Adjoint du Chef de Service, qui s'est chargé de son édition.

TABLE DES MATIERES

PARTIE A : EXPLOITATION ET AMELIORATIONS DES MOYENS EXPERIMENTAUX

A-I-ACCELERATEURS	2
A-I-1-Exploitation et améliorations apportées au Tandem 7 MV	2
. exploitation	2
. transformations et améliorations	2
. diagnostics rapides	3
A-I-2-Exploitation du Van de Graaff 4 MeV	5
A-II-REALISATION DU REGROUPEUR H.F.....	7
A-II-1-Description de l'installation et essais de la cavité	7
A-II-2-Boucle d'asservissement en phase	8
A-II-3-Contrôle par microprocesseur du regroupeur H.F.....	9
A-II-4-Informatisation de l'ensemble	11
A-III-MICROSONDE NUCLEAIRE	20
A-III-1-Description	20
A-III-2-Electronique pour l'imagerie	21
A-IV-EXPERIENCE D'INTERACTION IONS LOURDS-PLASMA	25
A-IV-1-Description	25
A-IV-2-Couplage laser-tandem	26
A-IV-3-Diagnostics	27
A-V-DIPOLE A AIMANTS PERMANENTS	30
A-VI-ELECTRONIQUE	33
A-VII-INFORMATIQUE	34
A-VIII-TECHNOLOGIE	37

CONTENTS

PART A : UTILIZATION AND IMPROVEMENT OF THE EXPERIMENTAL FACILITIES

A-I-ACCELERATORS	2
A-I-1-The 7 Mv tandem Van de Graaff accelerator	2
. utilization	2
. improvements	2
. fast diagnostics	3
A-I-2-The 4 MeV Van de Graaff accelerator	5
A-II-THE HIGH ENERGY R.F. BUNCHER EQUIPMENT	7
A-II-1-General description and test of the cavity	7
A-II-2-Phase feed back loop	8
A-II-3-Microprocessor control of the R.F. buncher	9
A-II-4-Computer control of the facility	11
A-III-NUCLEAR MICROPROBE	20
A-III-1-General description	20
A-III-2-Electronic circuit for the sample automatic scanning	21
A-IV-HEAVY IONS-PLASMA INTERACTION	25
A-IV-1-Description of the experiment	25
A-IV-2-Laser-tandem coupling	26
A-IV-3-Diagnostics	27
A-V-PERMANENT MAGNET DIPOLE	30
A-VI-ELECTRONICS	33
A-VII-DATA ACQUISITION AND COMPUTING SYSTEMS	34
A-VIII-TECHNOLOGY	37

PARTIE B : EXPERIENCES ET INTERPRETATIONS

B-I-DIFFUSIONS ELASTIQUES ET INELASTIQUES DE NEUTRONS RAPIDES	39
B-I-1-Amélioration des caractéristiques du spectromètre de neutrons par temps de vol	39
B-I-2-Etude de la déformation des noyaux de la couche g-d à l'aide de la diffusion de neutrons rapides	41
B-I-3-Mesure des sections efficaces de diffusion élastique et inélastique de neutrons sur ^{169}Th entre 0,57 et 2,00 MeV	43
B-I-4-Etude de la diffusion élastique et inélastique de neutrons sur ^{208}Pb - Interprétation semi-microscopique	45
B-I-5-Analyse de la diffusion élastique et inélastique de neutrons de 10 et 13 MeV sur les noyaux ^{63}Cu et ^{65}Cu	47
B-II-AUTRES REACTIONS INDUITES PAR NEUTRONS ET REACTIONS ENTRE IONS LEGERS	51
B-II-1-Faisceau de neutrons monoénergétiques étalonnés	51
B-II-2-Sections efficaces de capture radiative de neutrons rapides ...	51
B-II-3-Etude expérimentale de la production de neutrons dans la réaction $\text{T} + \text{T} \rightarrow 2\text{n} + \alpha$ entre 6,4 et 19,4 MeV	56
B-II-4-Mesure des sections efficaces de diffusion élastique $\text{T} + \text{T}$ entre 6,6 et 13,7 MeV	57
B-III-ETUDE DU PROCESSUS DE FISSION	58
B-III-1-Sur la détermination de la distribution en masses des fragments de fission par temps de vol	58
B-III-2-Etude des propriétés des fragments de la fission de ^{230}Th induite par neutrons	60
B-III-3-Etude d'un détecteur de grande dimension à plaques parallèles pour la détection des fragments de fission	64
B-III-4-Etude du bilan en énergie dans la fission induite par neutrons sur la base de données théoriques et expérimentales	70
B-III-5-Etude expérimentale des structures fines dans les résonances de fission de ^{233}Th à l'aide de la réaction $^{232}\text{Th}(d, pf)$	79
B-III-6-Calcul des sections efficaces des réactions $^{232}\text{Th}(d, pf)$ et $^{230}\text{Th}(d, pf)$	83

PART B : EXPERIMENT AND INTERPRETATION

B-I-FAST NEUTRON ELASTIC AND INELASTIC SCATTERING	39
B-I-1-Improvements in the time-of-flight fast neutron spectrometer ..	39
B-I-2-Study of nuclear deformations in s-d shell nuclei by fast neutron scattering	41
B-I-3-Cross sections for neutron elastic and inelastic scattering from ^{169}Tm between 0.57 and 2.00 MeV	43
B-I-4-Semi-microscopic interpretation of neutron elastic and inelastic scattering from ^{208}Pb	45
B-I-5-Analysis of neutron scattering from ^{63}Cu and ^{65}Cu at 10 and 13 MeV	47
B-II-OTHER NEUTRON INDUCED REACTIONS AND REACTIONS BETWEEN LIGHT IONS ..	51
B-II-1-Calibrated monoenergetic neutron beam	51
B-II-2-Fast neutron capture cross sections	51
B-II-3-Experimental study of neutron production from the T + T → 2n + α reaction between 6.4 and 19.4 MeV	56
B-II-4-Cross sections for the elastic scattering T + T between 6.4 and 13.7 MeV	57
B-III-STUDY OF FISSION PROCESS	58
B-III-1-Use of fission fragment time-of-flight measurement for the determination of the fission primary fragment mass distribution	58
B-III-2-Fission fragment characteristics of neutron induced fission on ^{230}Th	60
B-III-3-Study of large parallele plate avalanche detector for fission fragments	64
B-III-4-Energy balance in neutron induced fission studied on bases of theoretical and experimental data	70
B-III-5-Experimental study of the fine structures in the ^{233}Th fission resonances from the $^{232}\text{Th}(d,pf)$ reaction	79
B-III-6-Cross section calculation for the $^{232}\text{Th}(d,pf)$ and $^{230}\text{Th}(d,pf)$ reactions	83

B-IV-ETUDE DES REACTIONS ENTRE IONS LOURDS	89
B-IV-1-CASIMIR : une Chambre Associée à un Système d'Identification et de Mesure d'Ions de Réaction	89
B-IV-2-Réalisation d'un multidétecteur de particules chargées légères émises au cours de réactions entre ions lourds	93
B-IV-3-Détecteur de temps zéro et de localisation à galettes de microcanaux	99
B-IV-4-Etude du transfert de nucléons dans la réaction $^{24}\text{Mg} + ^{197}\text{Au}$ à 271 MeV	102
B-IV-5-Mesure de la probabilité d'ionisation de la couche K associée à la diffusion inélastique de protons dans la réaction $^{88}\text{Sr}(p,p')^{88}\text{Sr}$	106
 PARTIE C : THEORIE ET EVALUATION	
C-I-EVALUATION DE DONNEES NUCLEAIRES	110
C-I-1-Etude critique des matrices de transfert centre de masse- laboratoire des fichiers ENDF/BIV ; exemple du deutérium	110
C-I-2-Ré-évaluation de la section efficace de capture du ^{209}Bi	114
C-I-3-Evaluation complète des sections efficaces neutroniques de ^{169}Tm	116
C-I-4-Synthèse de travaux récents effectués à BRC sur les données nucléaires des Actinides	118
C-I-5-Evaluation des sections efficaces neutroniques de ^{239}Pu entre 1 et 20 MeV	120
C-II-TRAITEMENT DES DONNEES	124
C-II-1-Etude détaillée de la transformation labo-centre de masse des probabilités de diffusion angulaire : analyse numérique	124
C-II-2-Calcul des sections efficaces dans le domaine des résonances non résolues : analyse numérique	125
C-II-3-Compilation de données spectroscopiques nucléaires	128
C-II-4-Synopsis : outil interactif d'évaluation de données nucléaires	129
C-II-5-Mise en groupes de données nucléaires	130
C-II-6-Résolution d'un système d'équations différentielles à haute dynamique décrivant l'évolution sous hauts flux d'états nuclé- aires de vie courte ; optimisation des schémas avec contrôle d'erreur locale et globale	131
C-II-7-Etude des matrices de covariances	133

<i>B-IV-STUDY OF HEAVY ION INDUCED REACTIONS</i>	89
<i>B-IV-1-The CASIMIR set-up</i>	89
<i>B-IV-2-Multidetector achievement for the detection of light charged particles emitted in heavy ion collisions</i>	93
<i>B-IV-3-A position sensitive time detector using microchannel plates</i> ..	99
<i>B-IV-4-Investigation of nucleon transfer in the reaction $^{24}\text{Mg} + ^{197}\text{Au}$ at 271 MeV</i>	102
<i>B-IV-5-Measurement of the K-shell ionization probability by inelastic scattering of protons in the $^{88}\text{Sr}(p,p')^{88}\text{Sr}$ reaction</i>	106
 <i>PART C : THEORY AND EVALUATION</i>	
<i>C-I-NUCLEAR DATA EVALUATION</i>	110
<i>C-I-1-Systematics of centre of mass to laboratory transfer matrices given in ENDF/BIV files ; deuterium as an example</i>	110
<i>C-I-2-Re-evaluation of the $^{209}\text{Bi}(n,\gamma)$ cross section</i>	114
<i>C-I-3-Evaluation of a complete set of ^{169}Tm neutron cross sections</i> ...	116
<i>C-I-4-Synthesis of recent works performed at BRC on actinide nuclear data</i>	118
<i>C-I-5-Evaluation of ^{239}Pu neutron cross sections between 1 and 20 MeV</i>	120
<i>C-II-DATA PROCESSING</i>	124
<i>C-II-1-Labo-centre of mass transformation of angular scattering probabilities : numerical analysis</i>	124
<i>C-II-2-Cross sections calculation in the unresolved resonance region : numerical analysis</i>	125
<i>C-II-3-Compilation of spectroscopic nuclear data</i>	128
<i>C-II-4-Synopsis : an interactive system for nuclear data evaluation</i> ..	129
<i>C-II-5-Data processing</i>	130
<i>C-II-6-Solving high dynamics coupled differential equations describing the evolution of short half-time nuclear states produced in high fluxes. Optimisation of error checking schemes</i>	131
<i>C-II-7-Study of covariant matrices</i>	133

C-III-CALCULS DE DONNEES ET ETUDES DE MODELES NUCLEAIRES	134
C-III-1-Calculs semi-microscopiques de la diffusion inélastique de neutrons par des noyaux lourds déformés	134
C-III-2-Spectroscopie de ^ASe ($A = 70, 72, 74, 76, 78, 80$) à l'aide du modèle des bosons en interaction (IBA 2)	136
C-III-3-Analyse de la diffusion élastique et inélastique des neutrons de 12 MeV par ^{80}Se	137
C-III-4-Analyse de la diffusion élastique et inélastique de protons de 22 MeV sur $^{70, 72, 74, 76}\text{Ge}$	138
C-III-5-Réactions entre ions lourds : modèle de point chaud	138
C-IV-DESCRIPTION DES NOYAUX DANS LE CADRE DES THEORIES SELF- CONSISTANTES	140
C-IV-1-Composantes à hautes fréquences des résonances géantes dans le ^{40}Ca	140
C-IV-2-Calculs self-consistants de la fonction de réponse nucléaire pour les noyaux à couches fermées et résonances géantes	141
C-IV-3-Approche microscopique de la spectroscopie des noyaux	143
C-IV-4-Application des approches microscopiques auto-consistantes à la fission nucléaire	146
C-IV-5-Influence d'une anisotropie de masse collective dans un modèle bidimensionnel pour les pénétrabilités de fission	149
PARTIE D : THEORIE DES CHAMPS - ASTROPHYSIQUE	151
D-I-THEORIE DES CHAMPS	151
D-I-1-Comportement asymptotique logarithmique du produit de convolution renormalisé dans l'espace euclidien à 4 dimensions	151
D-I-2-Conservation des propriétés axiomatiques des champs par les équations du mouvement du modèle ϕ_4^4	151
D-II-ASTROPHYSIQUE	153
D-II-1-Les nuages moléculaires forment-ils une séquence d'Ebert- Bonnor?	153
PARTIE E : BIBLIOGRAPHIE	156
PARTIE F : SEMINAIRES	170

C-III-CALCULATION OF NUCLEAR DATA AND STUDIES ON NUCLEAR MODELS	134
C-III-1-Semi-microscopic calculations of inelastic neutron scattering from heavy deformed nuclei	134
C-III-2-Spectroscopy of ^ASe ($A = 70-80$) using the Interacting Boson Model (IBA 2)	136
C-III-3-Analysis of elastic and inelastic scattering of 12 MeV neutrons from ^{80}Se	137
C-III-4-Analysis of elastic and inelastic scattering of 22 MeV protons from $^{70,72,74,76}\text{Ge}$	138
C-III-5-Heavy ion reactions : hot spot model	138
C-IV-DESCRIPTION OF NUCLEI WITHIN THE SELF-CONSISTENT THEORIES	140
C-IV-1-High frequency part of giant resonances in ^{40}Ca	140
C-IV-2-Self-consistent calculations of nuclear response for closed nuclei and giant resonances	141
C-IV-3-Microscopic approach of nuclear spectroscopy	143
C-IV-4-Self-consistent approach to nuclear fission	146
C-IV-5-Influence of a collective mass anisotropy in a bidimensional model for fission penetrabilities	149
PART D : FIELD THEORY - ASTROPHYSICS	151
D-I-FIELD THEORY	151
D-I-1-Logarithmic asymptotic behaviour of the renormalized G-convolution product in four-dimensional euclidean space	151
D-I-2-Conservation of axiomatic field theory properties by the ϕ_4^A equations of motion	151
D-II-ASTROPHYSICS	153
D-II-1-Do molecular clouds form an Ebert-Bonnor sequence?	153
PART E : BIBLIOGRAPHY	158
PART F : SEMINARS	170

PARTIE A :

EXPLOITATION ET AMELIORATIONS

DES MOYENS EXPERIMENTAUX

A-I-ACCELERATEURS

(A.DANDINE, A.COURTAIN, J.BARDY, R.DEI-CAS et les Techniciens des groupes accélérateurs, électronique, technologie, informatique).

A-I-1-Exploitation et améliorations apportées au Tandem 7 MV.

The 7 MV tandem VdG Accelerator and his evolution.

The total running time was of 1574 hours. Some modifications have been done namely : the low energy RF buncher has been modified to optimize the matching of the two bunchers [1], new magnet power supplies and a new operator main console have been installed.

A-I-1-1)-Exploitation.

Le tandem a été utilisé pendant 1574 heures en 1982 ; il est à noter que 40% du temps machine a été consacré à des travaux autres que ceux de P2N en particulier pour des étalonnages, des essais de détecteurs, des irradiations et des études effectuées en collaboration avec d'autres laboratoires.

Deux courroies endommagées par des espaceurs ont été changées au cours de l'été ainsi que tous les espaceurs dont certains étaient décollés de leur support.

Par ailleurs un certain nombre de transformations (cf. ci-dessous) ont nécessité des arrêts prolongés. Ces améliorations ont été motivées par les programmes regroupeur HF (cf. A-II) et interaction ions lourds-plasma (cf A-IV) pour lequel une nouvelle ligne de faisceau doit être créée.

L'activité en "ions lourds" a été relativement modeste et n'a représenté que 15% du temps, consacré aux différents étalonnages de l'ensemble CASIMIR (cf. B - IV-1).

A-I-1-2)-Améliorations et transformations.

a)-Transformations du regroupeur basse énergie.

L'optimisation [1,2] du système à 2 regroupeurs (haute et basse énergie) nous a conduit à raccourcir notablement la distance entre le regroupeur basse énergie et l'entrée du tandem ; il a fallu pour cela modifier le tube d'entrée comportant le système de déflexion et augmenter la puissance HF. Ces transformations ont effectivement amélioré la forme de la bouffée dont la largeur à mi-hauteur est passée de 0,8 à 0,5 ns pour les mêmes conditions ; la largeur de la bouffée peut

même être réduite jusqu'à 0,3-0,4 ns mais au détriment du courant transporté.

Par ailleurs, le système de commande des générateurs hâcheur-regroupeur a été modifié [2] et fonctionne convenablement. En particulier le "bruit de phase" entre hâcheur et regroupeur est maintenant négligeable. Cette amélioration, couplée à un meilleur filtrage des alimentations d'extraction, a permis de réduire très sensiblement les fluctuations du temps de transit des bouffées (Cf. A-II-2).

b)-Deux nouvelles alimentations d'aimant ont été installées, l'une pour l'aimant d'analyse à 45° à droite et l'autre pour les aimants d'aiguillage. La régulation de ces alimentations se fait par le champ magnétique de l'aimant lui-même, ce qui conduit à une régulation de 10^{-8} à court terme et 10^{-5} à long terme.

c)-Un nouveau pupitre de commande a été installé qui compte plusieurs consoles : un "Touch Panel", une console graphique-alphanumérique, un moniteur vidéo pour un oscilloscope digital rapide, un analyseur de spectre et une imprimante "cahier de bord". Dans un premier temps ce système, couplé au Mitra (Cf. A-II-4), sera utilisé pour le regroupeur haute énergie. Ce système de contrôle-commande par ordinateur sera ultérieurement étendu à d'autres sous-ensembles du Tandem.

d)-Un système de regroupeur télescopique à 2 gaps a été réalisé et sera monté au cours de l'année 1983.

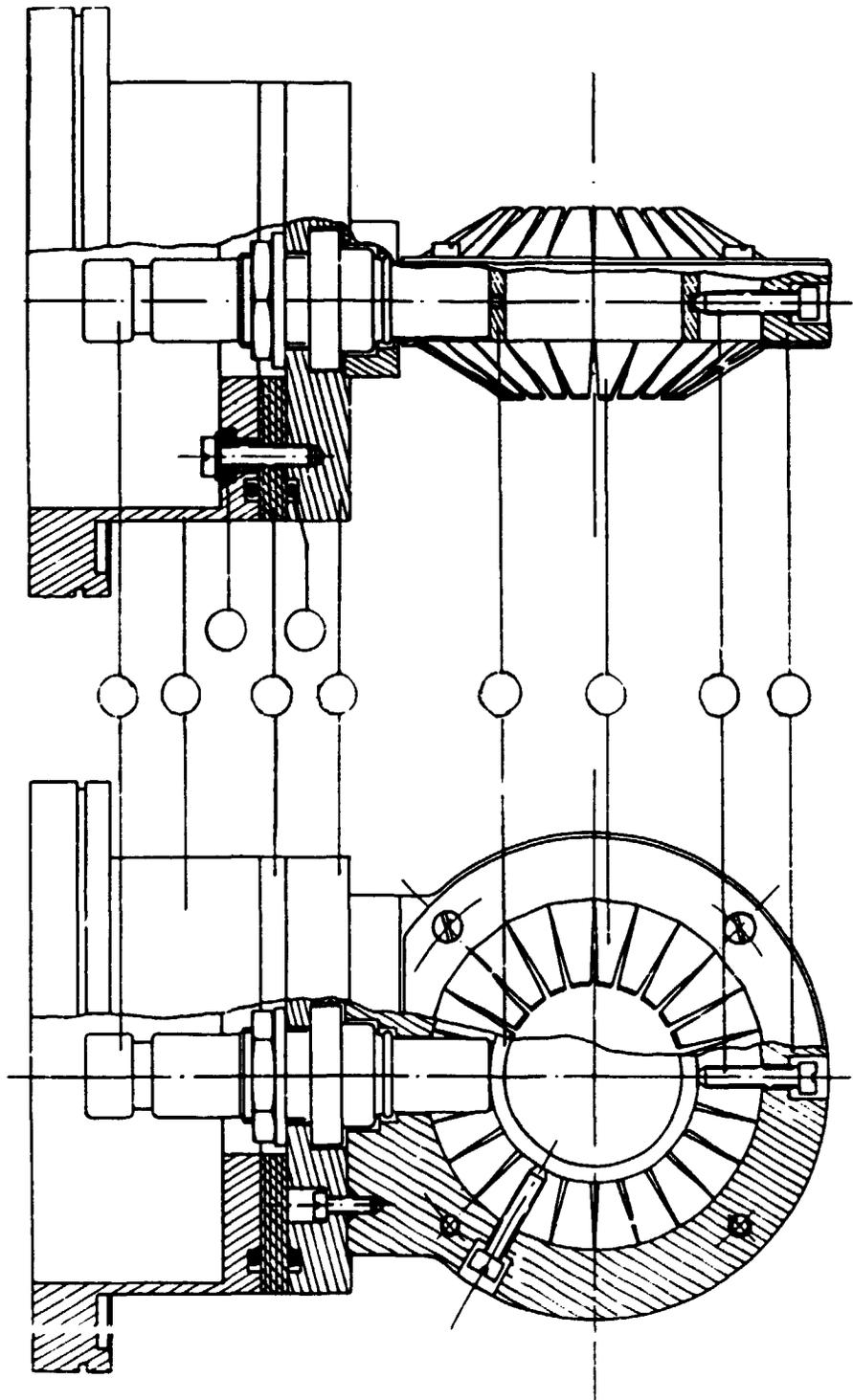
Ce regroupeur a une distance entre gaps variable de 280 mm à 500 mm. Ceci nous permettra de regrouper des ions allant de l'hydrogène au cuivre pour des énergies de source comprises entre 70 et 100 keV. Il permettra aussi de travailler toujours à l'optimum en ions légers et sera surtout très utile pour le regroupement en ions lourds (cf. A-IV).

A-I-1-3)-Diagnostics rapides.

Afin de mesurer la largeur des bouffées issues du regroupeur haute fréquence, nous avons réalisé des "pick up" rapides (Figure A-I-1) dont le principe de fonctionnement a été étudié à DARMSTADT [3] et nous avons également fait l'acquisition d'une cage de Faraday rapide.

Ces deux ensembles ont une impédance adaptée à 50 Ω et une bande passante de 2 GHz.

Des essais seront effectués sur l'extension du regroupeur dont la mise en route est prévue début 1983.



A-I-1-FIGURE 1

Schéma du "pick up" rapide.

REFERENCES

- [1] - R. DEI-CAS, Note P2N-910/80
- [2] - Rapport Annuel 1981, Note CEA-N-2284
- [3] - P. STREHL et al., The phase probe measuring system in the UNILAC (internal note).

A-I-2-Exploitation du Van de Graaff 4 MeV.

The 4 MeV Van de Graaff accelerator.

The 4 MeV VdG accelerator was in operation during 1893 h. A significant part of this time was devoted to the nuclear mic probe programme and to external users.

Le temps d'utilisation de l'accélérateur VdG 4 MeV a été de 1893 h en 1982 et la part consacrée à la microsonde nucléaire (cf. A-III) et aux utilisateurs externes a représenté 50% du temps machine (cf. Tableau A-I-1).

La machine a été arrêtée durant les mois d'Août et de Septembre. Cet arrêt a eu pour but de vérifier les divers éléments de l'accélérateur et de remplacer les pièces défectueuses.

Au cours de cette période, nous avons changé la courroie (à 5788 heures de fonctionnement), les peignes de charge et de décharge et la source d'ions.

Nous avons vérifié les résistances et leurs contacts, ainsi que le système de pulsation.

Sur les lignes de faisceau, nous avons remplacé les anciennes pompes turbomoléculaires par des pompes à diffusion de type crystal 100 et 160 et nous avons mis en place des B.P.M. (Beam Monitor Profile) de même type que ceux déjà en fonctionnement.

Les fentes d'analyse ont été remplacées par un ensemble télécommandé. Les pompes à vide ont été vidangées et le circuit de refroidissement détartré. Le tube accélérateur avec 11.939 heures de fonctionnement est encore en bon état.

Dans le cadre de l'exploitation de la microsonde nucléaire (cf. A-III), nous avons accéléré des particules α et nous envisageons au cours du premier semestre 1983 d'accélérer des ions Bore.

	Van de Graaff 7 MV	Van de Graaff 4 MeV
Entretien Réparations	990	475
Etudes et améliorations	423	200
Réglages et temps morts	547	402
Temps total d'utilisation	1574	1893
{ Protons-Deutons	1338	1893
{ Ions lourds	236	0
{ Utilisation P2N	936 : 60%	942 : 50%
{ Microsonde		507 }
{ Prestations externes	638 : 40%	444 } 50%

TABLEAU A-I-1-

Exploitation des accélérateurs
(Temps donnés en heures)

A-II-REALISATION DU REGROUPEUR HF

(J. BARDY, A. BERTIN, A. COURTAÏN, A. DANDINE, R. DEI CAS, J.P. LAGET, Y. de PENQUER
M. RENAUD, D. MASSERON, R. FAUJOUR et les techniciens du groupe Accélérateurs,
P. JOUY, J.P. GUEGUEN, J. POTTIER - SIR, SACLAY).

THE HIGH ENERGY RF BUNCHER EQUIPMENT

The two RF generators in series (3 KW and 30 KW) have been installed and tested. The monogap cavity on the time-of-flight neutron spectrometer line has been tested up to 7 KW and the overall test with the beam will start in early 1983. The RF buncher is controlled by a microprocessor and the sequences are selected by using a "Touch Panel" console via the 225 MITRA computer. A CAMAC serial highway is used as interface between the computer and the subsystems.

A-II-1-Description de l'installation et essais de la cavité.

L'ensemble de l'installation est représenté sur la Figure A-II-1 ; elle comporte les principaux éléments suivants :

- une alimentation 10 KV, 8A alimentant l'amplificateur principal (30 KW),
- une baie comportant le préamplificateur (constitué d'un tube YL 1540-3 KW), un amplificateur solide (50 W) et les alimentations associées,
- une baie comportant l'amplificateur principal (YL 1530 délivrant 30 KW en CW et 75 KW en pulsé), un commutateur HF et un aiguillage HF à 3 départs :
- une baie électronique comprenant l'électronique d'asservissement et la commande-contrôle par microprocesseur.

La cavité monogap a été décrite en réf. [1] et est représentée sur les Figures A-II-2 et 3 où l'on aperçoit les cônes et le piston d'accord en fréquence.

Le schéma synoptique du regroupeur HF est représenté sur la Figure A-II-4 et le couplage au reste de l'installation est décrit dans [2] et schématisé sur la Figure A-II-5.

Les 3 boucles d'asservissement en fréquence, en puissance HF et en phase HF ont été soit complètement soit partiellement testées. Il est à noter que les fréquences caractéristiques de ces 3 boucles d'asservissement sont nettement découplées. En effet, pour la puissance HF le temps caractéristique est de l'ordre du rapport facteur de surtension sur pulsation Q/Ω de la cavité soit une fréquence de l'ordre de 10-100 KHz. La boucle d'asservissement en fréquence est lente ; le temps caractéristique est en effet lié à l'échauffement de la cavité et la fréquence est de l'ordre du Hz ou d'une fraction de Hz. En ce qui concerne l'asservissement en phase qui doit compenser les fluctuations du temps de transit,

on verra (cf. §-II-2) que la fréquence caractéristique est de l'ordre de 50-100 Hz.

Les caractéristiques de la cavité : impédance shunt ($Z_s \approx 7 \text{ M}\Omega$) et facteur de surtension ($Q \approx 15000$) sont très proches de celles prévues à partir des essais sur maquette [1] et des valeurs calculées à l'aide du code Superfisch [2]. La valeur du champ électrique réel a été déduite de l'élargissement du pic des α émis à partir d'une source de ^{212}Pb placée à l'intérieur d'un des cônes, le détecteur étant placé dans l'autre cône à une dizaine de cm de la source. Pour une puissance HF injectée dans la cavité de 180 W la valeur déduite de l'élargissement des α est de 20,3 KV alors que la valeur prédite par le calcul est de 24 KV. Pour des puissances HF plus élevées la mesure est perturbée par les X émis dans le gap. La pression résiduelle était relativement mauvaise dans cette expérience ; en effet, la période de cette source n'étant que de 12 h cela nécessite une mesure quelques heures seulement après une remise à l'air de la cavité.

Compte tenu des caractéristiques du spectromètre neutronique à temps de vol [1,2], la puissance HF nécessaire ne sera que de quelques KW sur cette ligne. Par contre sur une autre ligne de faisceau nous envisageons de fonctionner à quelques dizaines de KW. Les essais sur le site ont été effectués dans une gamme de 2 à 7 KW et les essais avec faisceau sont prévus au début de l'année 1983.

REFERENCES

[1] - Rapport Annuel P2N, Note CEA-N-2284.

[2] - R. DEI CAS, Asservissement en phase des regroupeurs haute et basse énergie, Note P2N-693/82.

A-II-2-Boucle d'asservissement en phase.

Si l'on veut tirer bénéfice de ce regroupeur à haute énergie pour l'application sur le spectromètre neutronique à temps de vol, il importe que la dispersion en énergie ne soit pas trop détériorée. En particulier le synchronisme entre le regroupeur basse énergie (5 MHz) et le regroupeur haute énergie (162 MHz) doit être tel qu'il n'entraîne pas de dispersion en énergie supplémentaire. Par exemple une variation du temps de transit de 0,5 ns entraînerait une fluctuation de phase de $\pm 15^\circ$ soit une dispersion en énergie supplémentaire pouvant atteindre 40 keV à mi-hauteur. Un effort particulier a été fait pour mesurer la fluctuation du temps de transit et pour la réduire en agissant principalement sur le bruit de phase entre hâcheur et regroupeur basse énergie, et en améliorant le filtrage des alimentations d'extraction de la source.

Le dispositif de mesure des fluctuations du temps de transit est représenté sur la Figure A-II-6. Un "pick up" rapide suivi d'un amplificateur ($G = 23$ dB, $BP = 2$ GHz) délivre 50 à 500 mV crête à crête dans 50Ω . Un tiroir "zero crossing" de très grande stabilité (< 15 ps) fournit des impulsions calibrées (pour des signaux d'entrée de 1 à 30 ns) qui sont utilisées pour échantillonner la tension en sinus prise sur une sonde dans la cavité H.F. Pour obtenir une référence et assurer la stabilité en température la sinusoïde est échantillonnée par elle-même dans un circuit identique. Une ligne à retard télécommandée par bonds de 1 ns et une ligne à retard continue motorisée sont disposées entre l'antenne H.F. et l'entrée du système échantillonneur-bloqueur. Quel que soit le réglage de la machine le retard s'ajuste automatiquement pour se placer au voisinage de la plus grande pente de la sinusoïde et rester dans la dynamique du chronomètre (± 2 volts). Le signal d'erreur a une pente de 1 volt par nanoseconde. La Figure A-II-7 donne quelques exemples de spectres du temps de transit. Le spectre 7a correspond au spectre initial avant transformations, la fluctuation du temps de transit est de l'ordre de 1,4 ns (à la base) sur un intervalle de temps de quelques minutes, et ces fluctuations peuvent atteindre 5,5 ns en 15 h (photo 7b). Après transformations de l'installation, on a pu réduire très sensiblement les fluctuations du temps de transit (photo 7c, largeur à la base 0,6 ns). La Figure 7d donne la variation du temps de transit au cours du temps. Ce signal d'erreur sera utilisé pour l'asservissement en phase (cf Figure A-II-5). Cette fluctuation du temps de transit provient principalement de la partie basse énergie avant injection dans le tandem et ne semble pas très directement corrélée à la fluctuation de la haute tension du terminal du tandem (comme le montre la Figure 7d).

Au cours des essais effectués sur les fluctuations du temps de transit, l'on a observé des fluctuations très lentes (cf Figure 7b) qui peuvent ne pas être prises en compte par la boucle de réaction en phase. Dans ce cas l'on envisage de contrôler périodiquement par une méthode du temps de vol (Cf. Figure A-II-5) que l'énergie moyenne de la bouffée n'a pas varié. Le spectre en temps de vol sera analysé à l'aide d'un sélecteur multicanal couplé au MITRA 225 : s'il est observé une variation d'énergie le point de consigne en phase HF sera modifié en conséquence.

A-II-3-Contrôle par microprocesseur du regroupeur HF.

L'ensemble des alimentations du regroupeur HF est commandé et contrôlé par un microprocesseur qui assurera aussi les différentes séquences de fonctionnement. Le nombre important d'informations à contrôler et d'actionneurs à mettre en œuvre a nécessité l'utilisation d'un matériel performant et compact. Le choix s'est porté sur du matériel CAMAC.

On distingue dans un châssis CAMAC :

- 1 tiroir calculateur 3885 (Kinetics) équipé d'un microprocesseur 8085, de 16 K de mémoire RAM et de 16 K de mémoire ROM,
- 1 tiroir d'acquisition de données logiques LS2079 (SEN),
- 1 tiroir d'acquisition de données analogiques 2232C (Le Croy),
- 1 tiroir de commande (réalisé par nos soins) de cartes EBS 16100 (Celduc) sur lesquelles sont disposés les différents modules actionneurs continus ou alternatifs (8 cartes de 16 modules). Il est à noter que ces modules comportent un coupleur optique permettant d'isoler à 2000 V l'entrée de la sortie.

Le châssis CAMAC, la plaque support de cartes EBS 16100, le bornier récepteur d'informations sont situés dans une baie dite électronique placée à proximité des armoires de commande du regroupeur.

Le dialogue entre l'opérateur et le microprocesseur est assuré à l'aide d'une console de visualisation (liaison KS232C à 9600 bauds).

Les différents programmes ont été réalisés à l'aide du système de développement MDS 221 en langage assembleur. Ce système comporte en outre un émulateur temps réel, ce qui a rendu plus aisée la mise au point des programmes (déroulement du programme pas à pas).

On distingue deux phases, la séquence de démarrage et la séquence de fonctionnement :

1)-Séquence de démarrage.

Les opérations suivantes sont effectuées pour chaque alimentation du regroupeur :

- a) mise en route,
- b) test logique,
- c) commande de tension à la valeur de consigne,
- d) test analogique par comparaison entre la valeur acquise et la valeur de consigne correspondante dans une fourchette de $\pm 5\%$.

Les commandes de tension ainsi que la lecture se font en boucle de courant 4-20 mA commandées par des codeurs digitaux analogiques de résolution 8 bits.

Pour la lecture, le codage des informations analogiques étant sur 12 bits, on divise la valeur binaire acquise par 16 pour effectuer la comparaison avec les valeurs de consigne.

Dans un premier temps les valeurs de consigne sont acquises au clavier de la console puis stockées en mémoire, les valeurs limites à $\pm 5\%$ sont calculées puis également stockées. Par la suite toutes ces valeurs seront mémorisées et il suffira d'entrer au clavier le numéro de l'expérience pour les sélectionner.

En cours de séquence il est possible d'interrompre le processus pour revenir en amont en cas d'erreur ou pour modifier l'un des paramètres.

2)-Séquence de fonctionnement.

Dans cette phase le microprocesseur surveille les différents paramètres logiques et analogiques et interrompt le fonctionnement si un test est défectueux. Dans ce cas un message d'erreur apparaît sur la console, toutes les alimentations sont coupées et le programme repart au début de la séquence de démarrage.

La scrutation peut également être interrompue par l'opérateur pour revenir en amont afin de modifier des paramètres ou le mode de fonctionnement.

A-II-4-Informatisation de l'ensemble.

Tout le système est construit autour d'un ensemble CAMAC, relié au MITRA 225 par un contrôleur de branche supportant les fonctions mode programme et mode canal déjà implanté et utilisé pour le système d'acquisition de données. Dans un chassis mode parallèle sont installés des "drivers" séries permettant d'atteindre à distance des chassis munis de contrôleurs séries ; ces chassis sont équipés de micro-ordinateurs contrôleurs (cf. § A-II-3) de type 8085, de telle sorte que les tiroirs d'un chassis puissent être commandés soit par le micro-ordinateur correspondant, soit par le calculateur hôte, le Mitra 225 en l'occurrence.

La programmation des micro-ordinateurs est entièrement faite sur le Mitra 225 grâce aux outils croisés qui y sont implantés : assembleur, chargeur, programme de lecture et d'écriture de la mémoire des micros, ensembles de programmation des Prom. L'interaction homme-machine se fait soit par l'intermédiaire d'une console alphanumérique graphique, soit à l'aide d'un écran à touches sensibles (Touch Panel). Celui-ci est divisé en 16 parties représentant 16 contacts, il est utilisé pour afficher des menus, pouvant donc comporter 16 choix.

Tous les menus sont mémorisés dans un fichier disque. Nous avons cherché à rendre le plus simple possible la gestion des textes de ces menus tant pour leur création que pour leur modification : fichier à accès direct, et nom du menu comme clé principale, "map-bit" pour une gestion dynamique de ce fichier.

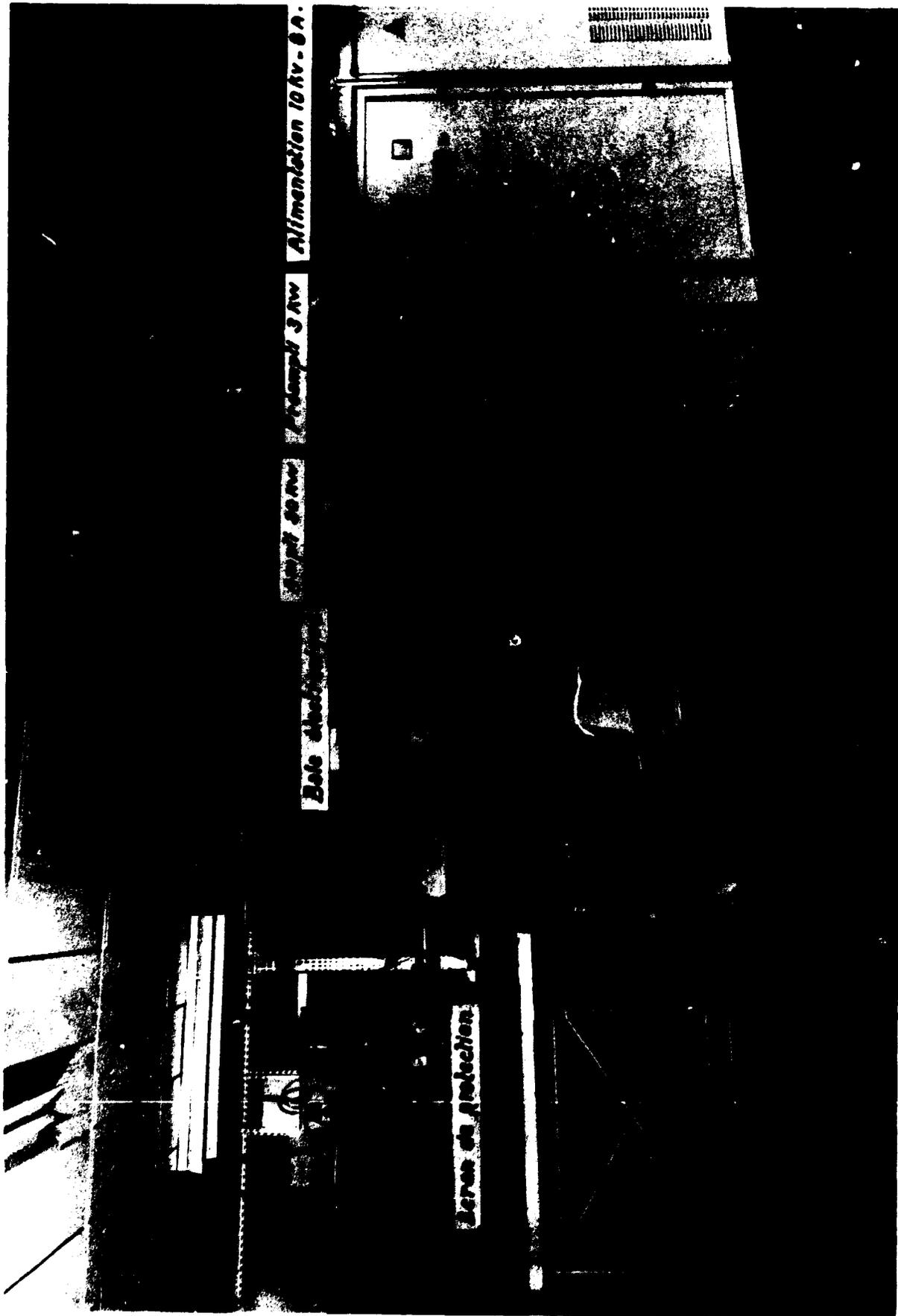
Pour optimiser l'utilisation des couples calculateur-hôte-micro-ordinateurs toutes les tâches de surveillance ou ayant un déroulement non interactif direct, c'est-à-dire ne demandant pas l'intervention d'un opérateur sauf en cas de détection d'anomalies, sont confiées aux micro-ordinateurs ; dans le cas contraire les tâches sont implémentées sur le Mitra 225.

En relation avec cette informatisation l'on a effectué la programmation d'un oscilloscope digital 7912 AD Tektronix. Cet oscilloscope est programmable

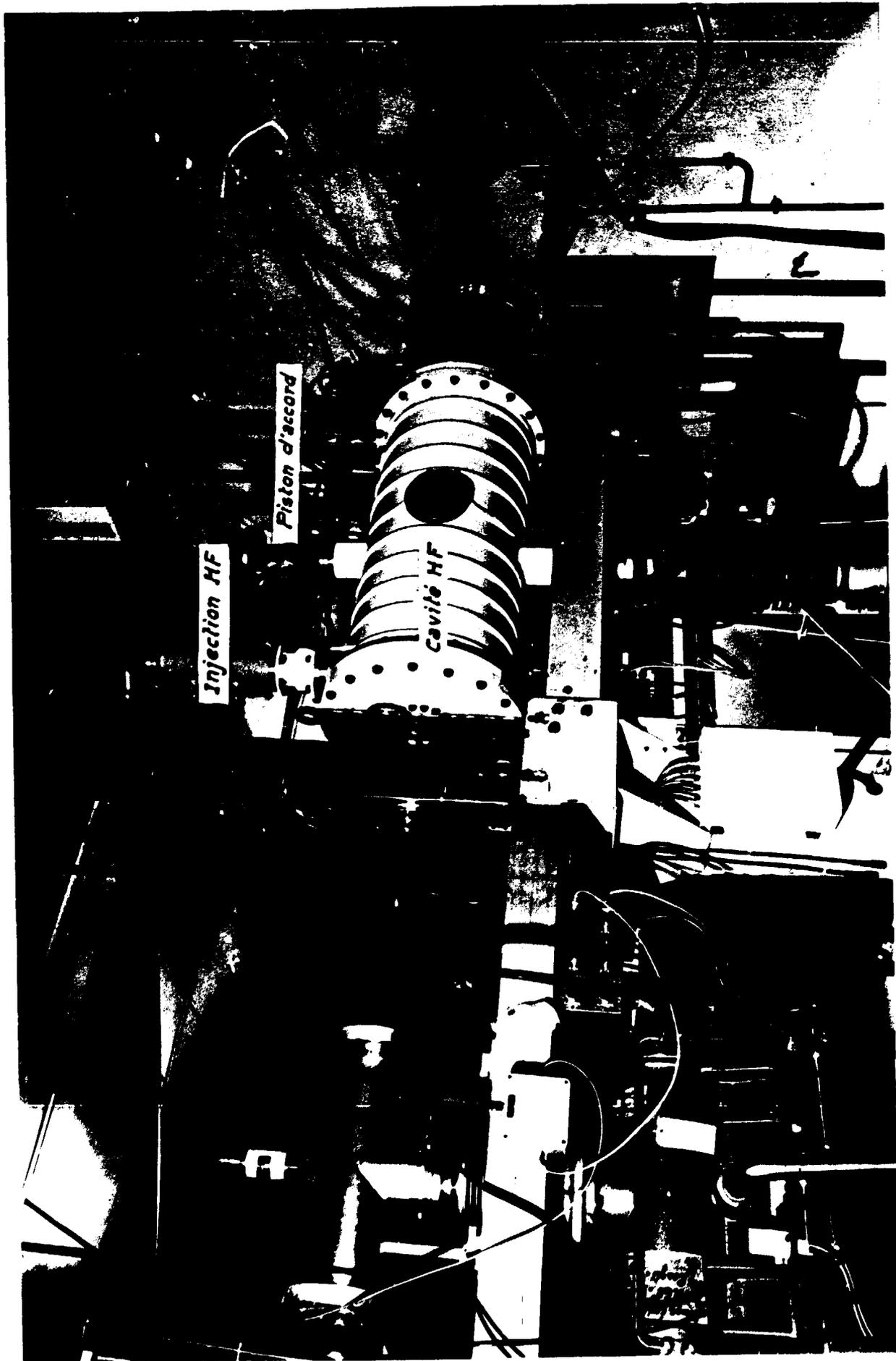
par l'intermédiaire d'un bus IEE 488 dit GPIB. Nous utilisons un tiroir adaptateur CAMAC-GPIB, implanté dans un tiroir série à distance.

La programmation de la digitalisation d'un signal, sa lecture et son affichage ont été réalisés. Il reste à effectuer la programmation de toutes les commandes externes de l'oscilloscope, qui seront ramenées sur le Touch Panel.

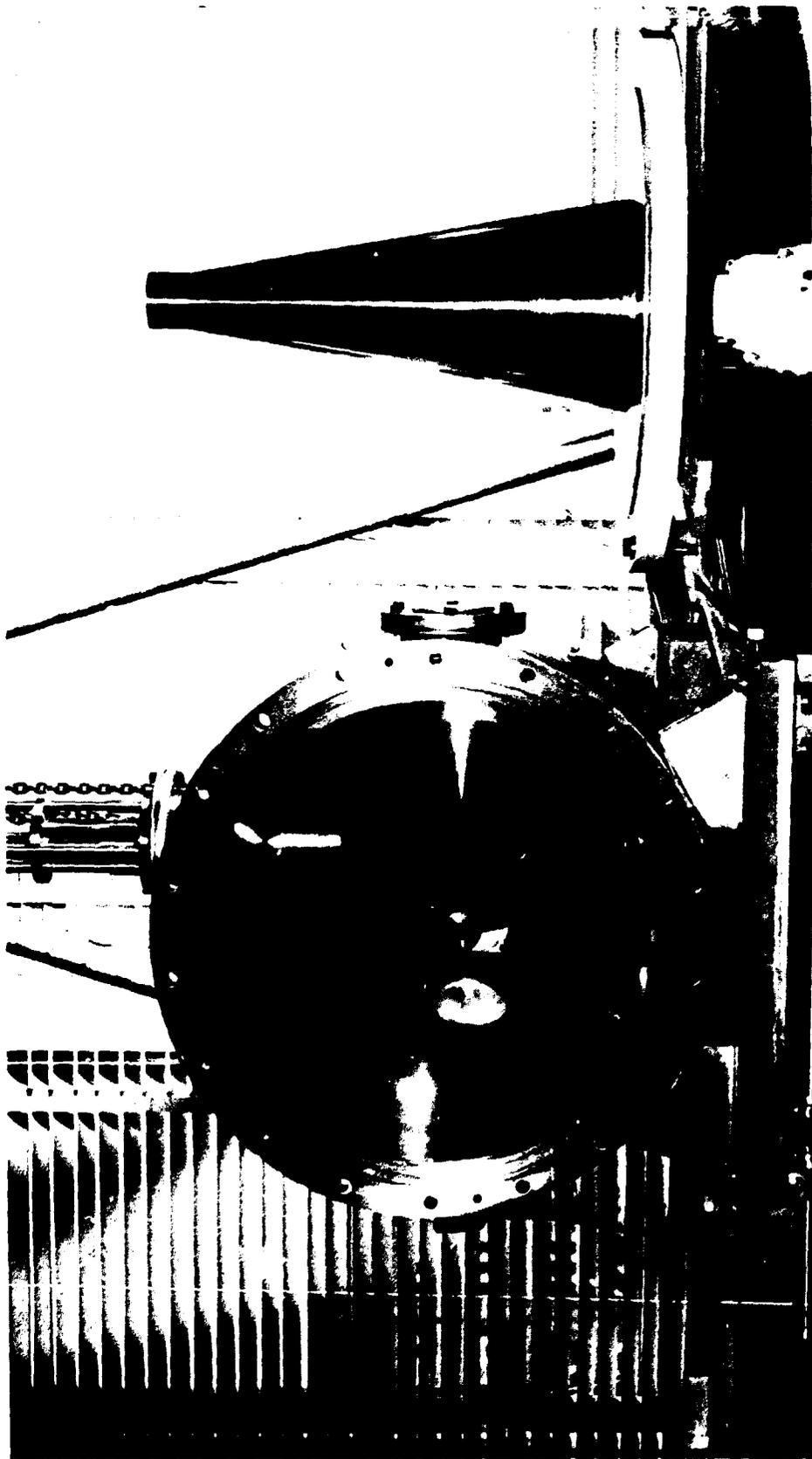
Pour faciliter les relations Mitra-Micro nous avons construit un tiroir compatible CAMAC dit tiroir de commande. Celui-ci permet d'établir une deuxième voie de relation entre le Mitra et le Micro, la première voie étant le contrôleur auxiliaire prévu à cet effet par le constructeur du micro-ordinateur. Dans ce tiroir l'on trouve un système d'interruption et un registre lecture-écriture de 16 bits, dont les quatre bits de poids fort peuvent être forcés à 1 par des interrupteurs.



A-II-FIGURE 1



A-II-FIGURE 2



A-II-FIGURE 3

Vue interne de la cavité (cône et piston d'accord).

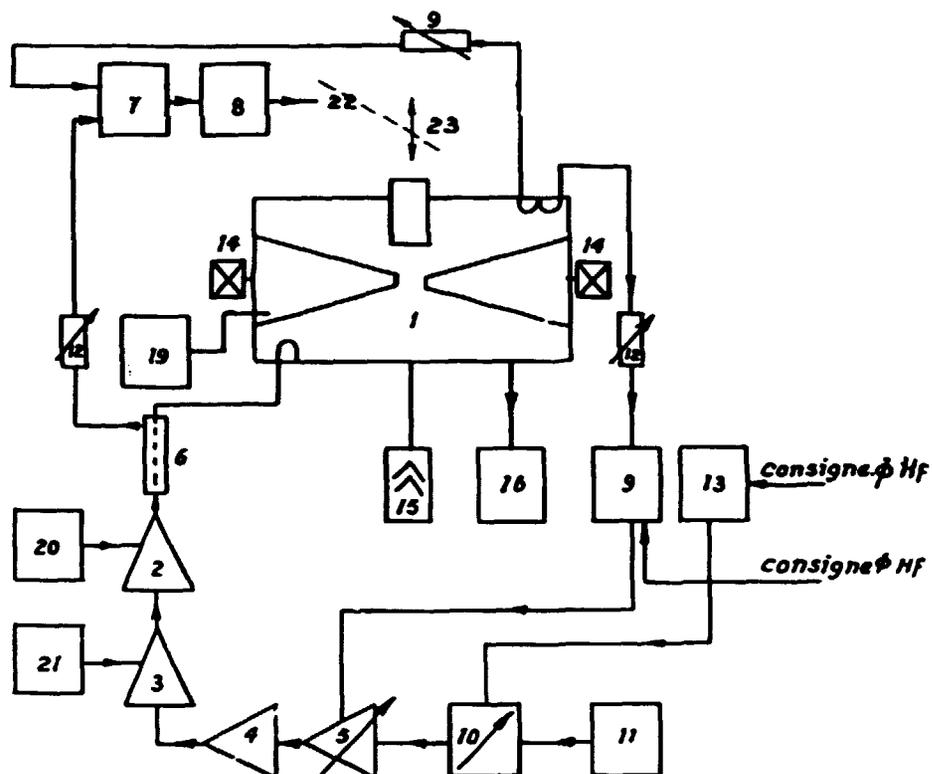
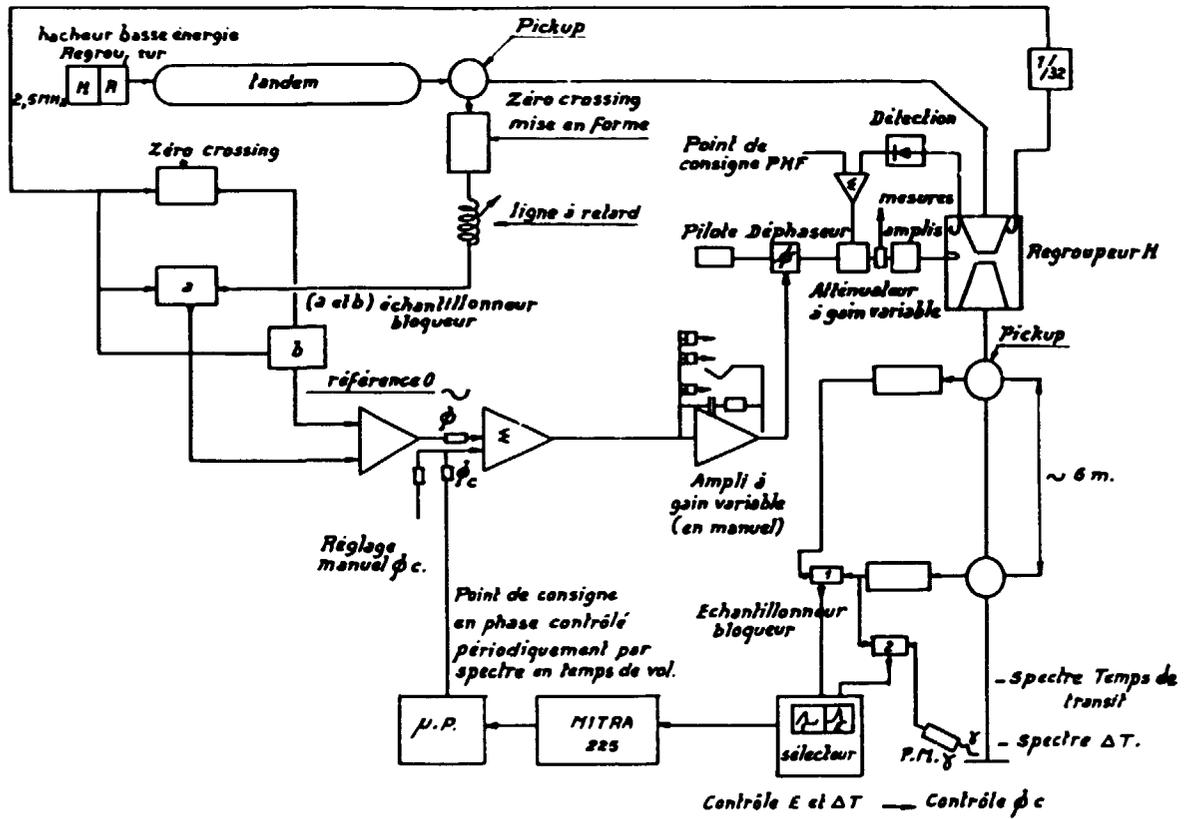


schéma synoptique du regroupeur HF.

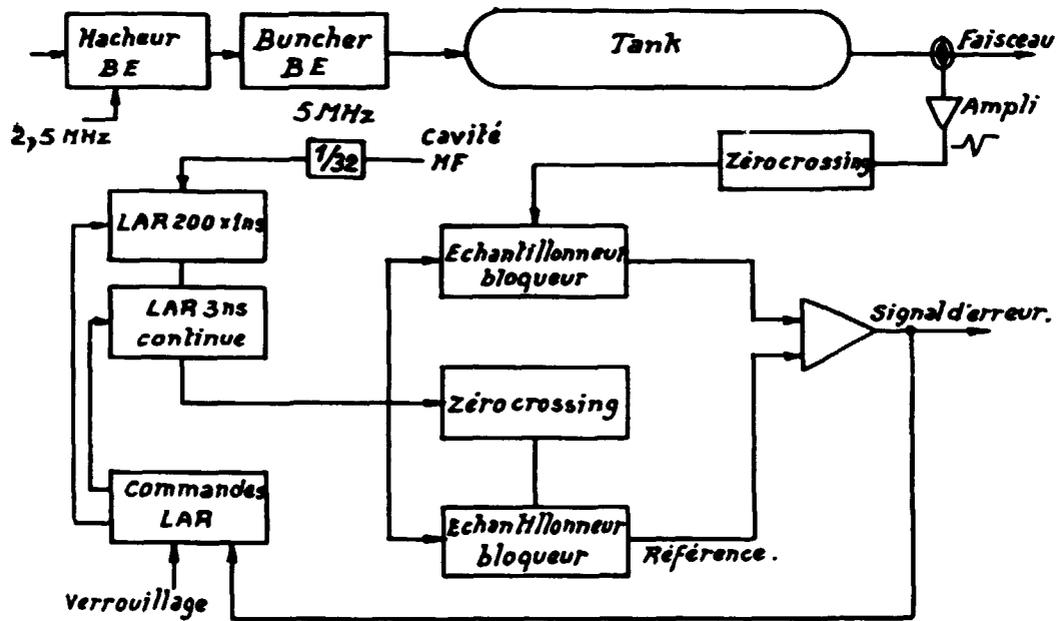
- | | |
|--|---|
| <p>1 Cavité
 2 Ampli 30kw.
 3 Ampli 3kw.
 4 Ampli 50w.
 5 Ampli à gain variable
 6 Tronçon de ligne.
 7 Compérateur de phase pour accord.
 8 Ass^e de l'accord.
 9 Atténuateur.
 10 Déphaseur
 11 Pilote synthétiseur.
 12 Atténuateur</p> | <p>13 compérateur de phase.
 14 Vanne entrée - sortie
 15 Pompe à vide.
 16 Sonde et mesure du vide
 19 Mesure des températures
 20 Alimentation 10 kv - 75kw.
 21 Alimentation 6kv - 8kw.
 22 Moteur pas à pas.
 23 Piston d'accord.</p> |
|--|---|

A-11-FIGURE 4



A-II-FIGURE 5

Synoptique de l'asservissement en phase.



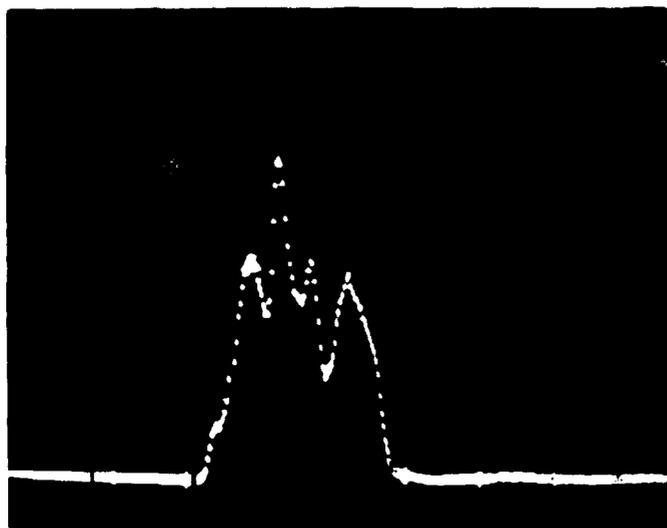
A-II-FIGURE 6

Mesure des fluctuations du temps de transit.

-7a-



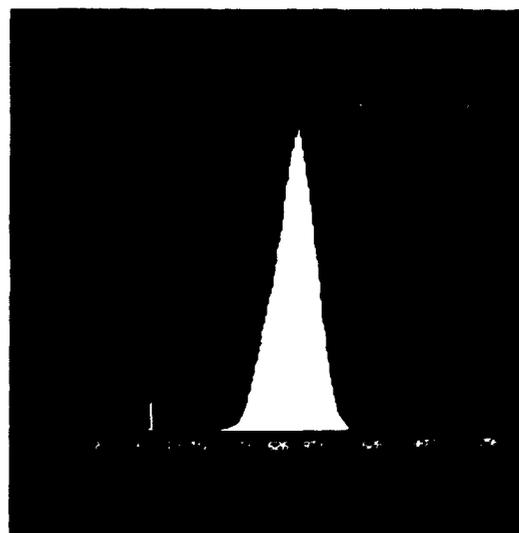
*Spectre de fluctuation du
temps de transit.
Largeur totale 1,43 ns.*



100 canaux

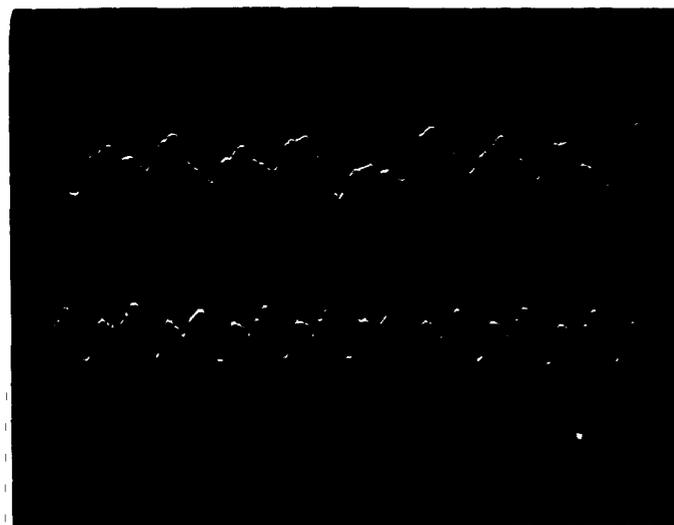
-7b-

*Temps de stockage 15 h.
Largeur 5,5 ns.*



-7c-

*Temps de stockage 10 min.
Largeur 0,6 ns.*



-7d-

*Variation du temps de transit.
Bal.V: 0,5 ns/cm*

*Fluctuation de la HT du terminal.
Bal.H: 1 cm = 10 ms.*

AII - Fig: 7 -

A-III-LA MICROSONDE NUCLEAIRE

(J. BARDY, J.P. LAGET, Ch. ENGELMAN (SEA-SACLAY), R. DEI-CAS).

THE NUCLEAR MICROPROBE.

The nuclear microprobe was fully implemented and tested during this year ; and an automatic scanning system was installed. The first analysis was done on biological and metallurgical samples.

A-III-1-Description de la microsonde.

Sur la photo A-III-1, qui représente l'état actuel de la microsonde nucléaire, l'on aperçoit la chambre à vide, le vase Dewar pour le refroidissement du détecteur Ge(Li), le système d'acquisition de données (TRACOR 4000). Une description de la chambre de détection est donnée dans [1] et les performances complètes seront décrites dans [2].

En 1982, 27% du temps machine du Van de Graaff 4 MeV (cf. Tableau A-I-1) a été consacré à la mise au point et au début d'exploitation de la microsonde nucléaire. Les faisceaux obtenus ont une dimension de 5 à 10 μm pour une intensité de l'ordre de 1 à 2 nA. Nous visons à obtenir des faisceaux de l'ordre de 2 à 3 μm .

Les particules accélérées sont des protons, des deutons et des particules alpha. Nous envisageons aussi d'accélérer du bore au cours du 1^{er} trimestre 1983. Les premières expériences ont porté sur des analyses de verres, d'échantillons biologiques et métallurgiques.

Nous avons également mis au point un système de déflexion du faisceau et nous avons réalisé une imagerie à l'aide du dispositif décrit en A-III-2. A titre d'exemple la photo A-III-2 représente l'image X d'un microballon de 100 μm de diamètre supporté par une tige de quartz. Dans ce 1^{er} test de vérification l'image a été obtenue à partir de 30 x 30 points d'analyse. De meilleurs résultats ont été obtenus depuis à l'aide du système TRACOR 4000 et seront publiés ultérieurement [2].

REFERENCES

- [1] - Ch. ENGELMAN, Principe, possibilités et exemples d'applications métallurgiques de la microsonde nucléaire. Mémoires et Etudes Scientifiques. Revue de Métallurgie, Décembre 1981.
- [2] - Ch. ENGELMAN, J. BARDY, La microsonde nucléaire française : description et premiers exemples d'applications. Projet de communication à la "Sixth International Conference on Ion beam Analysis" TEMPE (Arizona), 23-27 Mai 1983.

A-III-2-Electronique pour l'imagerie sur la microsonde nucléaire.

Elle est organisée (Figure A-III-3) autour d'un analyseur TRACOR 1710 (processeur DEC LSI 11/2) qui commande le balayage de l'échantillon, l'acquisition des données en chaque point analysé et leur mise en mémoire ; en différé il est utilisé pour le traitement des données et la visualisation sur moniteur couleur.

Nous avons réalisé un coupleur CAMAC-TRACOR sur une ligne d'entrée-sortie 32 bits ; ce coupleur élabore les ordres CAMAC (N,A,F,S1,S2).

a)-Balayage de l'échantillon.
.....

Le faisceau est dévié en X et en Y par le champ électrique créé par des tensions symétriques appliquées à deux paires de plaques perpendiculaires disposées autour du faisceau sonde. Ces tensions sont délivrées par quatre alimentations haute tension programmables analogiquement (ORTEC 456).

Un tiroir CAMAC a été réalisé qui mémorise les commandes de déviation (2 x 12 bits) et délivre les tensions symétriques appliquées aux alimentations haute tension.

b)-Tri et acquisition des données.
.....

Les impulsions issues des détecteurs sont appliquées à des sélecteurs de bande (ORTEC 551). A chaque sélecteur est associée une échelle de comptage (Le Croy 2551). Un convertisseur analogique numérique (Le Croy 2232C) permet également de mesurer l'intensité du faisceau sonde à chaque point de mesure.

c)-Programmation.
.....

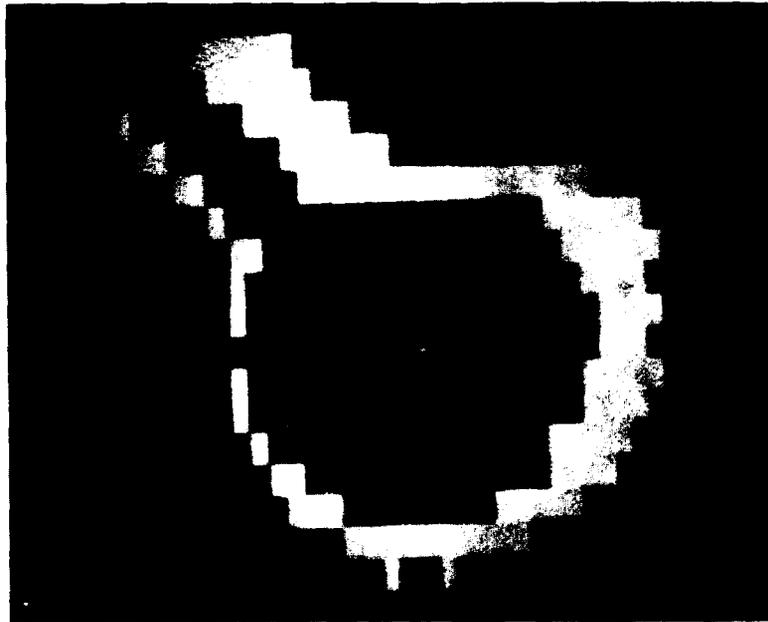
Le programme est écrit en Flextran ; il permet de rentrer les paramètres de l'expérience : tensions maximum et minimum appliquées aux plaques de déviation, nombre de points d'analyse en X et en Y, nombre d'échelles à lire (≤ 12), temps d'acquisition en chaque point analysé etc Il assure ensuite le balayage et l'acquisition des données.

d)-Traitement et visualisation.
.....

Le TRACOR est couplé avec une mémoire d'image 600Koctets (MDS1 Sofretec) associée à un moniteur couleur. Après normalisation et corrections éventuelles des données en fonction du courant de faisceau, des images de l'échantillon sont présentées en mode fausse couleur : elles peuvent être relatives à un ou plusieurs corps sondés dans l'échantillon, juxtaposées ou superposées.

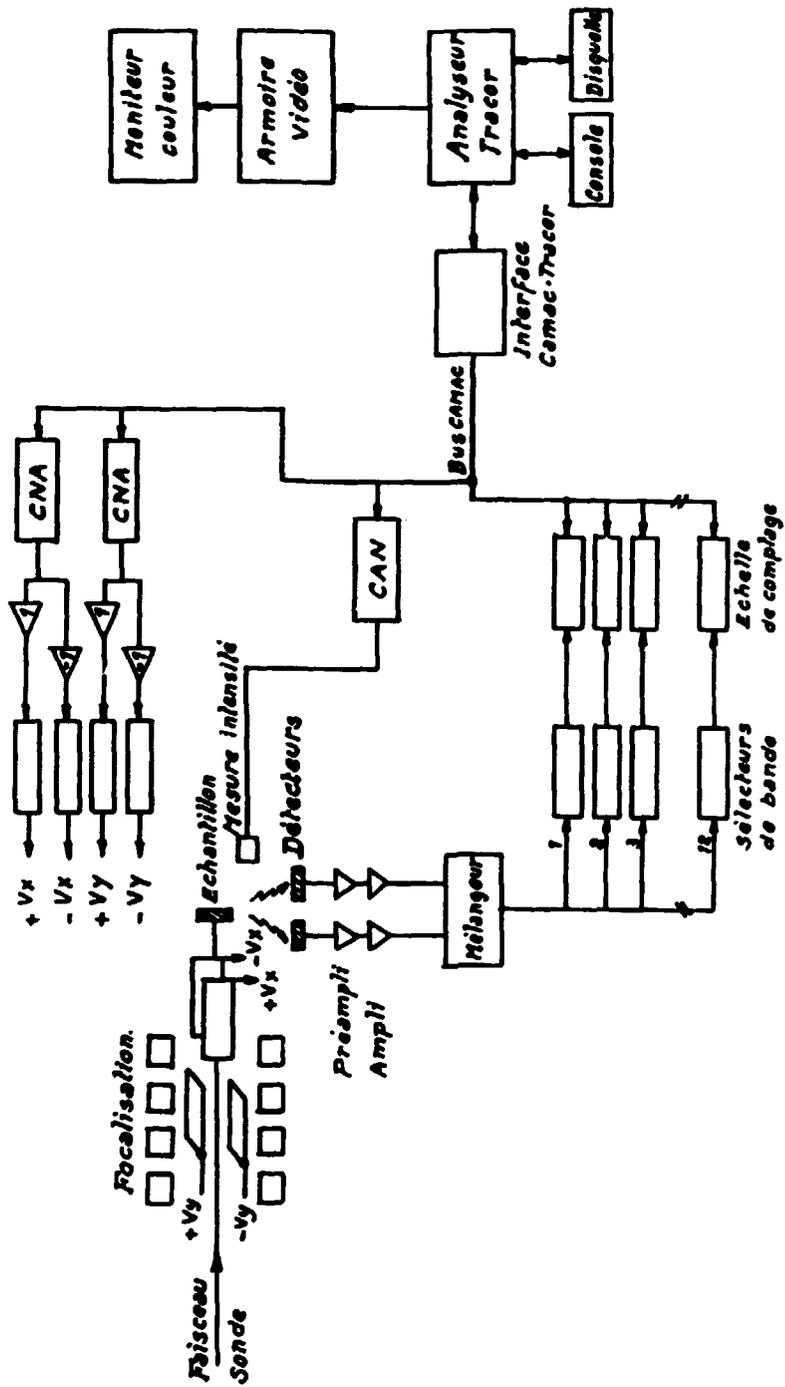


A-III-FIGURE 1
Microsonde nucléaire



A-III-FIGURE 2

Image X d'un microballon - 30x30 points



A-III-FIGURE 3

Synoptique du système de balayage et d'acquisition pour l'imagerie

A-IV-EXPERIENCE D'INTERACTION IONS LOURDS - PLASMA CREE PAR LASER

(R. DEI CAS, J. BARDY, M. RENAUD, A. MENIER)

HEAVY ION PARTICLE BEAM INTERACTION WITH A HOT IONIZED TARGET

The present status of this experiment is described and some aspects such as laser-tandem coupling and diagnostics are analyzed.

A-IV-1-Description de l'expérience.

Dans cette expérience [1,2] l'on se propose d'aborder expérimentalement 3 types de domaines :

- étude du processus de "stripping", de transfert de charges et de recombinaison d'ions lourds dans un milieu ionisé,
- étude du ralentissement et de l'évolution de la charge effective au cours du ralentissement,
- étude du modèle d'ionisation de la cible à l'aide de la technique du faisceau sonde.

Un certain nombre de compromis sont à faire en particulier sur l'épaisseur de cible nécessaire et la température pour effectivement pouvoir aborder ces sujets tout en limitant la diffusion coulombienne pour ne pas détériorer la résolution en E et Z du spectromètre qui doit analyser les particules à la sortie du plasma (cf. A-IV-3).

Les performances nécessaires se situent dans les plages suivantes pour les caractéristiques température, densité linéique, et nombre de masse de la cible [2] :

$$\begin{aligned} 50 < kT_e < 300 \text{ eV} \\ 10^{18} < n\ell < 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-2} \\ 10 < A_{\text{cible}} < 200 \end{aligned}$$

et pour l'énergie et le nombre de masse du projectile :

$$\begin{aligned} 10 < E < 50 \text{ MeV} \\ A_p > 50 \end{aligned}$$

Avec un laser à CO₂ fonctionnant en impulsion longue (T ~ 50 ns) et délivrant une énergie (> 50 J) ces performances semblent accessibles. La figure A-IV-1 représente par exemple le profil des caractéristiques densité (n_e) et

température (T_e) électroniques à différents instants pour une cible d'Al irradiée à 10^{10} W cm⁻² avec un laser à CO₂ (50 J, 50 ns). L'on se propose de sonder le plasma à une distance de 5 à 10 mm de la cible à l'aide d'un faisceau d'ions lourds de diamètre de l'ordre du mm.

Pour tenir compte des problèmes de couplage laser-tandem (Cf. A-IV-2) et d'augmentation d'énergie, la configuration de l'ancien laser M3 va être modifiée suivant le schéma de la Figure A-IV-2.

Une des salles d'expérience (La03) a été aménagée pour recevoir en sous-sol le laser CO₂ et le laser diagnostic. A l'étage seront installés la chambre d'interaction et les diagnostics associés; l'on a aussi envisagé d'installer l'accélérateur de 150 keV, ce qui permettrait éventuellement de faire des expériences d'interaction ions légers-plasma [2]. Les salles sont maintenant aménagées et climatisées et les circuits de gaz ont été installés (CO₂, He, N₂ et rejets). Le remontage du laser devrait commencer au 1^{er} trimestre et les premiers tirs avec laser seul pourraient avoir lieu mi 1983.

Par ailleurs, une nouvelle ligne de faisceau a été définie et est en cours d'implantation. Elle est constituée d'un aimant à 90° de produit masse-énergie de 150 et de 2 doublets quadrupolaires de façon à obtenir un faisceau ayant les caractéristiques suivantes au niveau du plasma: diamètre ~ 1 mm, divergence angulaire 1 à 1,5 mrd; durée des impulsions 5-10 ns; nombre de particules par bouffée 10^3 à $5 \cdot 10^3$, de façon à effectuer un spectre (E,Z) par tir laser (cf. A-IV-3)

Un essai préliminaire a été effectué avec des ions carbone et un jeu de diaphragmes définissant l'émission voulue, et l'on a obtenu des bouffées de $4 \cdot 10^3$ particules par impulsion.

A-IV-2-Couplage laser-tandem.

Le principe général de la synchronisation entre le laser destiné à créer un plasma et le faisceau d'ions lourds produit par le tandem a été défini. L'accélérateur d'ions lourds (tandem Van de Graaff) génère des bouffées avec une très bonne stabilité et sera utilisé comme base de temps.

Des plaques de déviation, situées sur la voie haute énergie de l'accélérateur permettent de sélectionner une bouffée toutes les (n) bouffées. La première bouffée détectée génère l'impulsion (n) "origine" de la séquence de tir laser, la seconde impulsion (n+1) correspond à la (n+1)^{ème} bouffée utilisée pour interagir avec le plasma créé par le faisceau laser.

Pour rendre applicable ce principe de synchronisation, il faut s'affranchir du "jitter" important (100 ns environ) qui existe à l'instant de

déclenchement du pilote laser. Nous prévoyons donc de créer une impulsion lumineuse large en sortie du pilote laser (cf. Figure A-IV-2) (200 nanosecondes \pm 50 nanosecondes) et de découper dans celle-ci, à l'aide d'un dispositif électro-optique (cellule As Ga) une impulsion lumineuse plus étroite (50 ns). Le dispositif électro-optique est déclenché par l'impulsion "origine" de la séquence de tir laser ; il a l'avantage de présenter un très faible "jitter" au déclenchement.

Le déphasage entre l'instant d'arrivée de l'impulsion laser sur la cible et l'instant d'arrivée de la bouffée d'ions lourds sur celle-ci est ajusté par le choix de la (n+1)^{ième} bouffée d'ions lourds et par l'introduction de retards entre l'impulsion "origine" de la séquence de tir laser et les impulsions qui commandent le déclenchement du pilote et le déclenchement du découpage électro-optique.

A-IV-3-Diagnostics.

Le spectre en Z et en énergie des ions ayant traversé le plasma sera mesuré à l'aide d'un spectromètre à parabole de Thomson où une double déviation (magnétique et électrostatique) permet de séparer les particules en énergie et en état d'ionisation. On a ainsi pu obtenir par exemple les traces d'un faisceau réel pour différents états de charge (5 à 15) et différentes énergies (50, 45, 40 et 35 MeV). La résolution en énergie pour des Z assez élevés atteint 1% et l'élargissement dû aux collisions coulombiennes ne devrait pas conduire à un chevauchement des états de charge séparés de une unité.

Pour le plasma lui-même, on prépare les diagnostics classiques suivants :

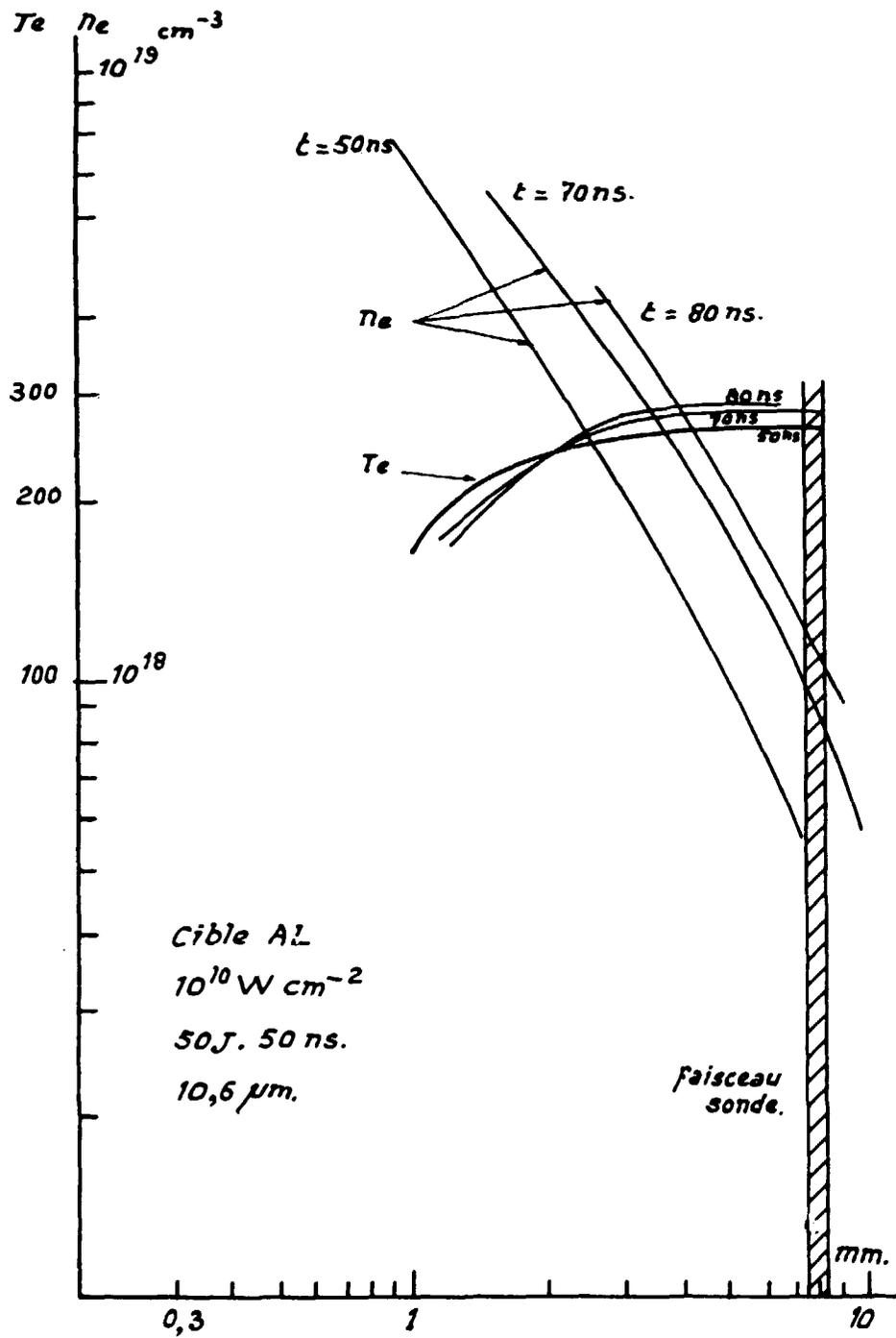
- interférométrie à 0,5 μ m à l'aide d'un laser annexe,
- ombroscopie,
- spectrométrie X à cristal,
- mesure de Te par la méthode des absorbants,
- calorimétrie,
- mesure par cages de Faraday.

L'on vise à effectuer les premières expériences fin 1983. Le "Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas" d'ORSAY PARIS XI doit participer à cette expérience en particulier pour les diagnostics des plasmas.

REFERENCES

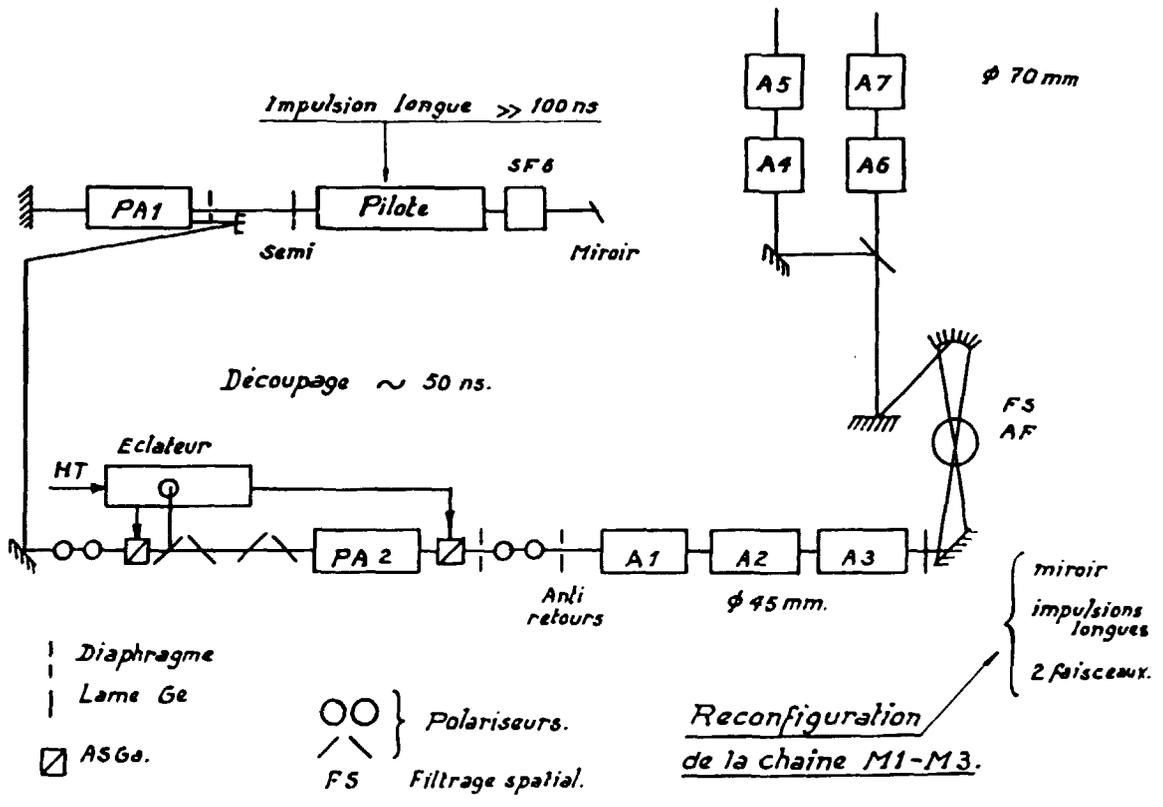
[1] - R. DEI CAS, Rapport CEA-R-5119 (1981).

[2] - R. DEI CAS, J. BARDY, P. FARTHOAT, Note interne P2N-900/81.



A-IV-FIGURE 1

Profils de n_e , T_e .



A-IV-Figure 2

A-V-DIPOLE A AIMANTS PERMANENTS

(J. BARDY, R. DEI CAS, F. VALENTIN, J.P. LAGET, M. BEAU, G. GIRAUDET, B. CONSTANS)

DEVELOPMENT OF PERMANENT MAGNET DIPOLES

A prototype has been built and an automatic system has been developed to measure the actual magnetic field in a large number of points and then to compute the actual trajectories.

Un prototype de dipôle à aimants permanents a été réalisé. L'entrefer utile de l'aimant est de 10 x 30 mm et un champ de 11.000 Gauss a été obtenu. Ce prototype a permis de mettre au point les méthodes d'assemblage des aimants permanents et des programmes de calcul ont été élaborés et mis au point pour reconstituer les trajectoires à partir du champ réel mesuré. Une méthode de mesure automatique du champ a été développée et mise au point sur la maquette décrite en [1] en utilisant un analyseur TRACOR 1710 (processeur DEC LSI 11/2).

La sonde d'un gaussmètre est déplacée dans l'entrefer à l'aide d'une table à mouvements croisés (Figure A-V-1). Le pas minimum est de un micron pour un déplacement maximum de 10 cm.

L'aimant à mesurer et la table sont montés sur un banc de mesure rigide. L'ensemble de la table peut coulisser pour régler l'enfoncement de la sonde et donc l'origine du balayage. L'axe de déplacement de la sonde et l'axe de l'entrefer sont rendus parallèles en utilisant une méthode d'alignement optique (laser).

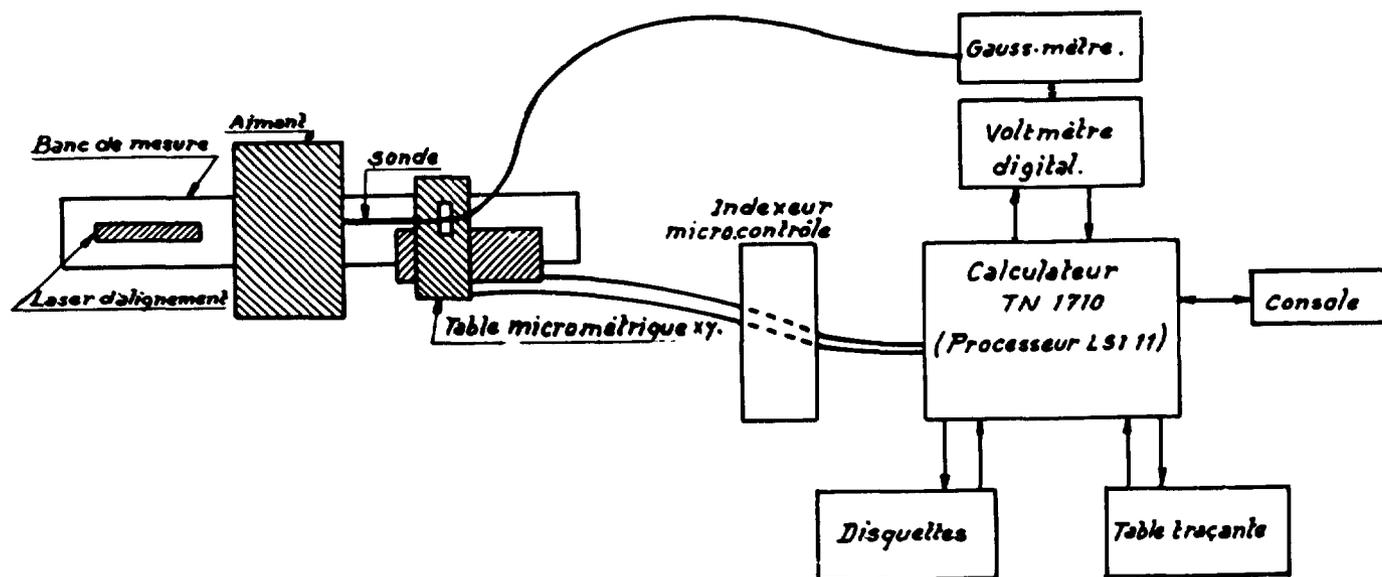
La tension analogique délivrée par le gaussmètre est digitalisée par un voltmètre (Schlumberger A 212) puis transférée en mémoire. L'indexeur qui commande les mouvements de la table XY est piloté par le calculateur.

Le programme, écrit en Flextran, permet de rentrer les paramètres de la mesure (pas en X, en Y, nombre de pas en X, en Y) puis assure le balayage automatique et l'acquisition des valeurs du champ en chaque point d'arrêt. Simultanément il commande une table traçante (BRYANS COMPUTAGRAPH 6 COULEURS) qui trace en perspective la carte du champ (Figure A-V-2).

Des programmes annexes permettent à partir des données mémorisées sur disquette, de tracer des coupes.

REFERENCE

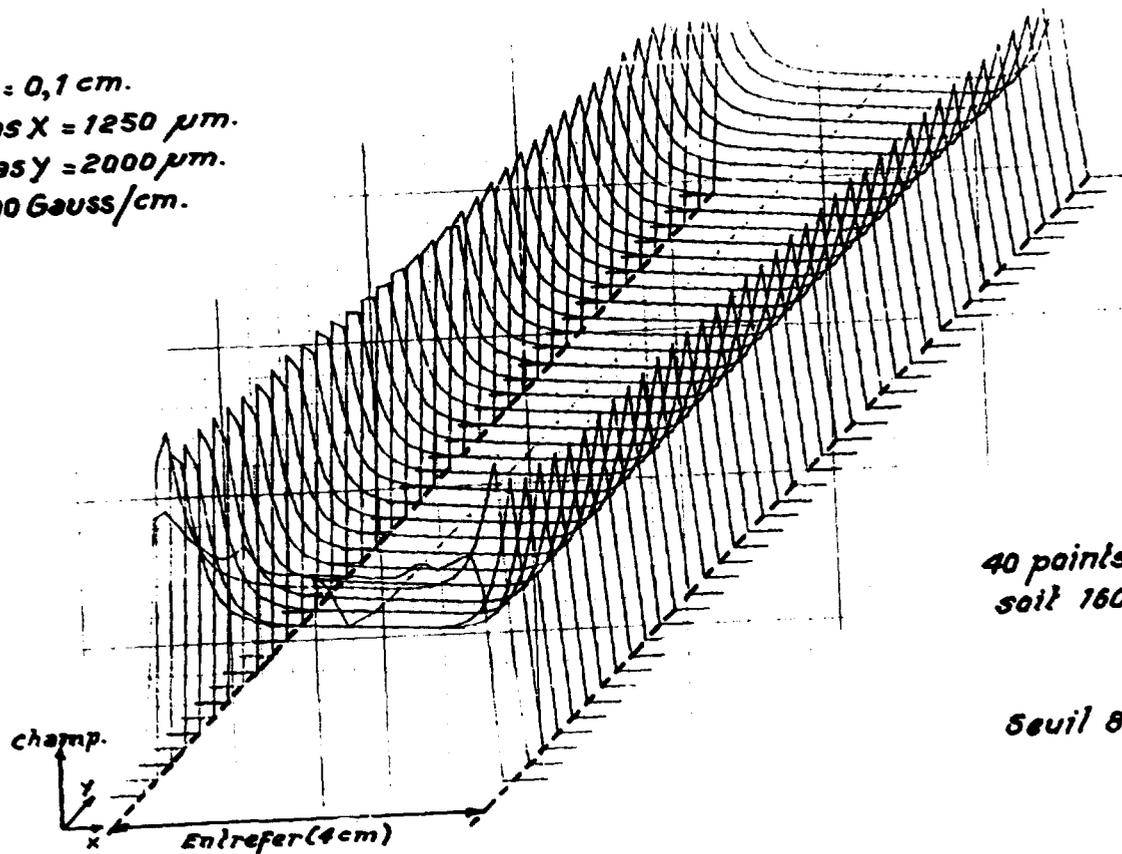
[1] - Rapport Annuel 1981, Note CEA-N-2284 (Mai 1982).



A-V-FIGURE 1

RELEVÉ DES CARTES DE CHAMP D'UN AIMANT
 principe du dispositif automatique de commande mesure

$z = 0,1 \text{ cm.}$
 $\text{Pas } X = 1250 \text{ } \mu\text{m.}$
 $\text{Pas } Y = 2000 \text{ } \mu\text{m.}$
 100 Gauss/cm.



*40 points en 40 lignes en Y.
soit 1600 mesures.*

Seuil 8500 Gauss.

A-V-FIGURE 2

Tracé en perspective de la carte du champ.

A-VI-ELECTRONIQUE

ELECTRONICS

(J.P. LAGET, M. RENAUD, M. BEAU, G. GIRAUDET)

En plus des principales réalisations décrites aux chapitres A-II et A-III, le groupe électronique a réalisé un châssis de commande pour des moteurs pas à pas (déplacement des cibles de CASIMIR, Cf. Chapitre B-IV-1) un déphaseur digital et des circuits pour des détecteurs de lumière au silicium. Une méthode de surveillance de la température d'une feuille mince au point d'impact d'un faisceau de protons est en cours d'étude. Elle est basée sur la surveillance des signaux vidéo issus d'une caméra infrarouge à tube pyricon.

En agissant sur le déphasage entre le hâcheur et le regroupeur basse énergie du tandem (Cf. A-II), il semble possible de modifier l'énergie des bouffées entrant dans le tandem (dans la gamme de quelques keV) et donc de réguler plus finement l'énergie de sortie que ne le fait le système actuel basé sur le contrôle du courant Corona. Une préétude du déphaseur nécessaire a été entreprise.

A-VII-INFORMATIQUE
COMPUTERS

(Y. de PENQUER, M. GUILLOUD, D. MASSERON, P. MICHAUD, N. CHEYSSIAL)

DATA ACQUISITION AND COMPUTING SYSTEMS

The data acquisition, computing systems and their evolution are described.

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

Il n'y a pas eu d'évolution importante durant l'année 1982 sur le matériel informatique qui consiste essentiellement en un Mitra 125, un Mitra 225, deux Mitra 15 et un CO/Ordinateur 500 SFENA-DSI.

Le Mitra 125 et le CO/Ordinateur 500 équipent le centre de calcul permettant soit d'effectuer des travaux sur place (Mitra 125), soit de les soumettre au réseau C.I.S.I. (CO/Ordinateur 500) et de bénéficier ainsi de l'accès aux calculateurs IBM, CDC et CRAI de ce réseau.

Le Mitra 225 et les deux Mitra 15 équipent les postes d'acquisition de données installés auprès des accélérateurs Van de Graaff 14 et 4 MeV du Service.

a)-Mitra 125 - Centre de calcul.
.....

La configuration de ce poste n'a pas évolué durant cette année. Ceci est dû à la volonté que nous avons de ne pas développer une machine qui, quoi que nous fassions, ne pourra correspondre à nos besoins (fiabilité logicielle insuffisante, adressage mémoire et taille fort restreintes, vitesse trop réduite). Il est de plus en plus urgent de remplacer cet ordinateur. Une machine 32 bits relativement rapide est indispensable et un travail de réflexion a été entrepris pour le choix d'un nouveau matériel.

b)-CO/Ordinateur 500 - Terminal C.I.S.I. pour les calculs scientifiques.
.....

En cours d'année, nous avons pu implanter sur cette machine la simulation de la procédure 3270 I.B.M. Ceci, lié au remplacement des anciennes consoles par des consoles Philips, nous permet l'accès aux tâches conversationnelles TSO, VSPS, CRJE et traitement de textes de la C.I.S.I. Il est cependant à noter que la non conformité du clavier Philips avec les claviers correspondants I.B.M. enlève beaucoup de confort à cette utilisation.

c)-Mitra 225 - Poste d'acquisition de données.
.....

- Matériel : Nous avons installé sur cette machine durant l'année 16 nouvelles lignes asynchrones, deux imprimantes sérielles, un double lecteur de disquettes 8 pouces double densité et un disque supplémentaire de 50 Mégaoctets. De plus, du côté système CAMAC nous avons installé des coupleurs séries, un coupleur GPIB, des microprocesseurs, des programmeurs de PROM, etc ...

- Logiciel : L'arrivée du système temps partagé a grandement amélioré les possibilités de cette machine et en a rendu l'utilisation relativement agréable. Une fonction de gestion a été implantée grâce à l'achat du logiciel TRIBU2 (cf. § e)

d)-Mitra 15-1 et Mitra 15-2.
.....

Une seule modification a été apportée, à savoir le remplacement du système de visualisation ancien par celui qui avait été étudié pour le MITRA 225. La réalisation et l'adaptation ont été entièrement faites dans le groupe (matériel et logiciel).

e)-Réalisation spécifique.
.....

Implantation sur le Mitra 225 du logiciel TRIBU2. TRIBU2 est un logiciel de traitement de transaction qui offre des services orientés vers l'utilisateur final et articulé autour d'un système de base de données. Dans notre cas il s'agit de gérer une partie de la documentation scientifique du Service P2N.

Actuellement les transactions disponibles permettent :

- la recherche de tous les articles écrits par un auteur donné, les articles étant connus par leurs numéros,
- la connaissance, pour un article donné, du sujet traité (titre) et le nom du dossier de rangement.

En fait, ces transactions servent surtout à se repérer lors de la constitution de la base de données (à ce jour 500 articles sont répertoriés). Il reste à fournir des transactions à la demande qui permettront aux utilisateurs tous les échanges d'information souhaités, par exemple :

- recherche des articles à partir de mots clés,
- liste de tous les articles appartenant à un dossier donné, etc ...

A-VII-2-Traceur 6 couleurs "BRYANS".

Un traceur 6 couleurs a été connecté sur une ligne asynchrone du Mitra 225. Les primitives ont été écrites par le groupe, à savoir :

- transmission des ordres au traceur.

Des sous-programmes appelables en FORTRAN permettent une utilisation simple de ce traceur.

- Initialisation du tracé,

- Déplacement de la plume levée ou baissée en un point X, Y quelconque du plan du traceur ($0 \leq X \leq 3600$, $0 \leq Y \leq 2800$),

- Changement de couleur de la plume,

- Ecriture d'une suite de caractères.

Deux applications ont été développées :

a) Tracé en six niveaux d'un spectre biparamétrique préalablement constitué sur la "PERICOLOR" et mémorisé à l'aide d'un utilitaire dans un fichier disque.

Le principe adopté pour cette représentation est la scrutation ligne par ligne du contenu des canaux ; les canaux dont le contenu est compris dans la fourchette niveau i , niveau $i+1$ sont matérialisés par un segment de couleur c_i . Afin de minimiser les changements de plume, une scrutation de toutes les lignes est faite pour chaque niveau.

b) - Tracé d'un ou de tous les spectres obtenus par le traitement différé d'une acquisition physique effectuée sur Mitra 225. On peut définir la grandeur du tracé et imposer des bornes de représentation du ou des spectres.

A-VII-3-Autres réalisations.

Le groupe Informatique a réalisé pour l'informatisation du regroupeur HF, 2 tiroirs de conversion digitale analogique, l'un de deux voies de 10 bits, sortant en courant, l'autre de 8 voies-8 bits sortant en tension. Par ailleurs il met au point l'ensemble du système décrit en A-II-4 qui dans un premier temps sera utilisé pour le regroupeur HF et sera ultérieurement étendu à d'autres fonctions du tandem.

A-VIII-TECHNOLOGIE

TECHNOLOGY

(C. BONETTI, M. DUMAZERT, G. GOMES et les Techniciens du Groupe)

A-VIII-1-Préparation de cibles.

Le Laboratoire a dû fournir, pour les expériences faites dans le Service, une quantité de cibles identique à celle de l'année précédente.

D'autres Services du CEA (à Valduc, Bruyères-le-Châtel, Fontenay-aux-Roses), ou extérieurs : ETCA, IN2P3 Bordeaux ainsi qu'un laboratoire privé ont eu recours au laboratoire-cibles pour diverses études et réalisations de dépôts, ainsi que pour la fourniture de cibles neutronigènes en titane [1] ou en lithium.

Des activités de technologie, pour les études de tenue en température des fenêtres des cibles gazeuses, ont été développées et un rapport [2] sur les mesures faites des émissions infra rouges a été publié.

REFERENCES

- [1] - "Préparation de cibles tritiées dans un absorbant de zirconium",
C. BONETTI, Nuclear Instruments and Methods 203 (1982) 595.
- [2] - "Etude et réalisation d'un procédé de mesures par émission infra rouge",
Ph. ROUX, Rapport de Stage.

A-VIII-2-Bureau d'études.

Les principaux travaux du bureau d'études en 1982 ont été les suivants :

- Implantation et supportage des regroupeurs dans le hall neutrons,
- Etude du spectromètre à aimants permanents (cf. Chap. A-V) et son équipement pour la mesure automatique du champ,
- Implantation de la nouvelle ligne de faisceau pour la salle La03 (Cf. Chap. A-IV) avec son équipement dans la salle de l'accélérateur (support aimant et extension),
- Modification sur l'ensemble CASIMIR (cf. Chap. B-IV-1) (porte cibles et mouvement de rotation des plateaux).

PARTIE B :
EXPERIENCES
ET
INTERPRETATIONS

B-I-DIFFUSIONS ELASTIQUE ET INELASTIQUE DE NEUTRONS RAPIDES
FAST NEUTRON ELASTIC AND INELASTIC SCATTERING

B-I-1-Amélioration des caractéristiques du spectromètre de neutrons par temps de vol.

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

Improvements in the time-of-flight fast neutron spectrometer.

We have studied and developed a neutron detector with large area and high time resolution to be used in conjunction with the tandem high-energy buncher in fast neutron scattering experiments.

Un dispositif de regroupement à haute énergie des faisceaux pulsés a été installé sur l'accélérateur tandem Van de Graaff et sera mis en service prochainement [1]. Il permettra d'obtenir des impulsions de 200 à 300 ps. Afin d'utiliser au mieux les possibilités de cet appareillage dans les expériences de diffusion de neutrons rapides, nous avons mis au point des détecteurs de neutrons à scintillation de grande surface avec des caractéristiques en temps nettement améliorées par rapport aux détecteurs précédemment utilisés [2].

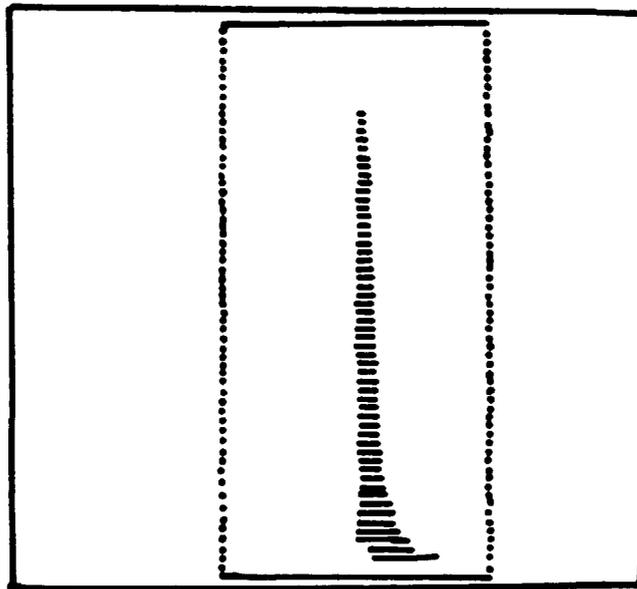
Pour cela nous avons fait une étude minutieuse des facteurs qui contribuent à la résolution en temps d'un détecteur, à savoir : les temps caractéristiques de décroissance du scintillateur, la statistique des photons atteignant la cathode du photomultiplicateur, l'écart centre-bord et la fluctuation du temps de transit dans le tube photomultiplicateur. A la suite de cette étude, nous avons conçu et réalisé un détecteur composé d'un scintillateur NE 213 de 12,5 cm de diamètre et 1,25 cm d'épaisseur couplé directement à trois photomultiplicateurs XP 2020. Ces photomultiplicateurs sont très rapides et, avec un diamètre de photocathode de 40 mm, ils présentent un écart centre-bord faible.

La résolution en temps de ce détecteur a été mesurée à l'aide d'une source de ²³Na en utilisant la technique de coïncidence avec un autre détecteur étalonné. Les résultats de mesure sont présentés dans les figures *la* et *b*. La résolution typique d'un tel détecteur est de 400 à 450 ps ; elle s'améliore lorsque l'énergie des particules détectées augmente.

Un rapport sur l'étude de ce détecteur doit paraître prochainement.

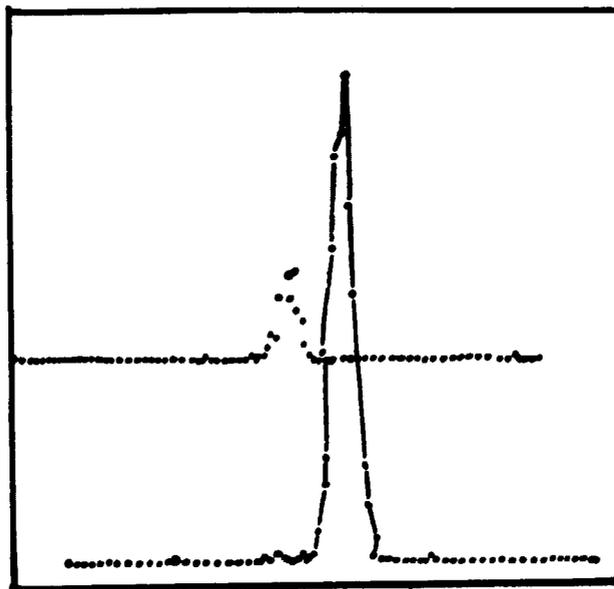
REFERENCES

[1] - Voir ce Compte-Rendu, chapitre A.II.



B-I-1-FIGURE 1a

Spectre de résolution en temps biparamétrique. En vertical l'amplitude du signal linéaire ; en horizontal pic de coïncidence. Etalonnage : 105 ps/canal.



B-I-1-FIGURE 1b

Résolution en temps du détecteur pour 2 amplitudes différentes du signal linéaire. Etalonnage : 105 ps/canal.

[2] - S. SEGUIN, C. HUMEAU, G. DALBERA, J.P. LOCHARD, Y. PATIN, G. HAOUAT,
Note CEA-N-2284, NEANDC(E) 232 "L", INDC(FR) 55/L (1982) p.48.

B-I-2-Etude de la déformation des noyaux de la couche s-d à l'aide de la diffusion de neutrons rapides.

(G. HAOUAT, Ch. LAGRANGE, A. VIRDIS⁺, R. de SWINIARSKI⁺⁺, F. DIETRICH⁺⁺⁺,
Y. PATIN)

Study of nuclear deformation in s-d shell nuclei by fast neutron scattering.

Nuclear deformation of ^{24}Mg , ^{28}Si and ^{32}S has been investigated by analysing fast neutron elastic and inelastic scattering data at 9.76 and 14.83 MeV [1]. Deformed optical model and statistical model were used for the interpretation. Quadrupole and hexadecapole deformations of these nuclei have been deduced and are presented.

L'étude de la déformation nucléaire des noyaux de la couche s-d s'est poursuivie par l'analyse et l'interprétation des données de diffusion de neutrons obtenues sur ^{24}Mg , ^{28}Si et ^{32}S à 10 et 15 MeV [1]. Dans cette analyse les sections efficaces sont décrites par une superposition incohérente des contributions des mécanismes d'interaction directe et du noyau composé. Les calculs ont été effectués en adoptant, pour chaque noyau, un potentiel optique déformé avec un terme réel et un terme imaginaire de surface dépendants de l'énergie, le terme de spin-orbite étant constant et le terme imaginaire de volume étant nul. Les paramètres obtenus sont rassemblés dans la Table I.

Les calculs sur le noyau ^{28}Si ont été effectués dans le cadre du modèle de rotor à symétrie axiale en couplant les états 0^+ (fondamental), 2^+ (1,779 MeV), 4^+ (4,618 MeV) de la bande fondamentale $K = 0$. Pour le noyau ^{24}Mg , l'analyse a tout d'abord été effectuée avec le même modèle en couplant les états 0_0^+ (fondamental), 2_0^+ (1,370 MeV), 4_0^+ (4,120 MeV) de la bande fondamentale $K = 0$. Cependant un meilleur accord avec les données de ^{24}Mg a été obtenu en se plaçant dans l'hypothèse d'un rotor triaxial, la base de couplage comprenant alors, outre les états 0_0^+ , 2_0^+ , 4_0^+ de la bande fondamentale $K = 0$, les états 2_2^+ (4,240 MeV) et 3_2^+ (5,240 MeV) de la bande $K = 2$, sans mélange de bandes. L'analyse des données de ^{32}S a été faite aussi en supposant d'abord que ce noyau est un rotor à symétrie axiale. Un meilleur accord avec l'expérience a été ensuite obtenu dans le cadre du modèle vibrationnel.

Cette étude a été présentée à la Conférence Internationale d'Anvers [2] et doit faire l'objet d'une publication prochaine.

+ Stagiaire militaire

++ IN2P3 : Institut des Sciences Nucléaires, Grenoble (France)

+++ Adresse présente : LLNL, Livermore (USA)

Noyau :		^{24}Mg	^{28}Si	^{32}S
Pot. Réel	V	54,60 - 0,24E	55 - 0,30E	52,70 - 0,18E
	R	1,15	1,15	1,16
	a	0,61	0,61	0,70
Pot. Imag. Surf	W(S)	5,10 + 0,10E	4,90 + 0,12E	4,20 + 0,20E
	W(T)	4,50 + 0,10E	---	---
	R	1,15	1,15	1,22
	a	0,58	0,58	0,64
Pot. S.O.	V(S.O.)	6,00	6,00	6,00
	R	1,15	1,15	1,16
	a	0,58	0,58	0,70
Modèle S	B.C.	$0_0^+, 2_0^+, 4_0^+$	$0_0^+, 2_0^+, 4_0^+$	$0_0^+, 2_0^+, 4_0^+$
	β_2	0,50	-0,42	0,36
	β_4	0,00	0,20	-0,10
Modèle T	B.C.	$0_0^+, 2_0^+, 4_0^+, 2_2^+, 3_2^+$	--	--
	β_2	0,53	--	--
	γ	21°	--	--

TABLE I

Paramètres du potentiel optique, et déformations nucléaires (β_2 , β_4 , γ)

Les potentiels V, W, V_{S0} et l'énergie E sont exprimés en MeV, les rayons R et diffusivités a en fm. Les lettres S et T se réfèrent respectivement aux modèles du rotor à symétrie axiale et du rotor triaxial. B.C. signifie base de couplage.

REFERENCES

- [1] - G. HAOUAT, R. de SWINIARSKI, F. DIETRICH, Ch. LAGRANGE, Y. PATIN, dans la note CEA-N-2284, NEANDC(E) 232 "L", INDC(FR) 55/L (1982) p. 58.

- [2] - G. HAOUAT, Ch. LAGRANGE, Y. PATIN, R. de SWINIARSKI, F. DIETRICH, A. VIRDIS, "Etude de la déformation des noyaux de la couche s-d à l'aide de la diffusion de neutrons rapides". "Int. Conf. on Nucl. Data for Science and Technology", ANVERS (6-10 Sept. 1982), Compte-rendus à paraître; CEA-CONF 6452.

B-I-3-Mesure des sections efficaces de diffusion élastique et inélastique de neutrons sur ^{169}Tm entre 0,57 et 2,00 MeV

(G. HAOUAT, J. CHARDINE, C. HUMFAU, S. SEGUIN, J.P. LOCHARD, Y. PATIN)

Cross sections for neutron elastic and inelastic scattering from ^{169}Tm between 0.57 and 2.00 MeV.

Differential cross sections for neutron scattering from ^{169}Tm have been measured at the incident energies of 0.57 - 1.10 and 2.00 MeV in the angular range 20 - 150 deg. The experimental results are presented here. The data are used for the determination of the optical potential parameters needed for evaluation purposes.

Du fait qu'il est difficile de les obtenir par l'expérience, la plupart des données neutroniques sur les isotopes du Thulium doivent être estimées à l'aide de calculs théoriques utilisant des modèles de réaction. Les données de diffusion élastique et inélastique de neutrons sont cependant utiles à la détermination des paramètres du potentiel optique nécessaires au calcul des sections efficaces. Ne disposant pas actuellement de telles données sur les isotopes de Tm, nous avons entrepris des mesures de diffusion de neutrons sur ^{169}Tm .

Les sections efficaces différentielles ont été mesurées aux énergies de neutrons incidents de 0,57 - 1,10 et 2,00 MeV en utilisant le spectromètre de neutrons par temps de vol du service PNN, qui est composé de six chaînes de détection [1]. Les mesures ont été effectuées auprès de l'accélérateur Van de Graaff 4 MV. Les neutrons incidents étaient produits à l'aide de la réaction $^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$. Les courants importants, $\approx 8 \mu\text{A}$, délivrés par l'accélérateur ont nécessité l'emploi d'une cible tournante pour éviter l'arrachement du dépôt de lithium [2]. L'échantillon était un cylindre de Tm naturel de 3,0 cm de hauteur et 1,92 cm de diamètre placé à 10,5 cm de la source de neutrons. Les détecteurs étaient situés à 6 m de l'échantillon. Les conditions expérimentales étaient telles que la résolution de l'ensemble expérimental était de 8 - 12 et 20 keV respectivement aux énergies de 0,57 - 1,10 et 2,00 MeV.

Nous avons obtenu les sections efficaces pour les groupes de niveaux $[1/2^+$ (fondamental), $3/2^+$], $[5/2^+$, $7/2^+$] centré autour de 130 keV, et $[7/2^+$, $9/2^+$, $1/2^-$, $5/2^-$, $11/2^+$, $7/2^-$] centré autour de 350 keV. Nous avons pu de plus séparer les contributions des états $5/2^+$ (118 keV), $7/2^+$ (139 keV), $(9/2^+, 7/2^+)$, $(1/2^-, 5/2^-)$ et $(11/2^+, 7/2^-)$.

Ces mesures ont été utilisées pour le travail d'évaluation mentionné plus loin dans ce Compte Rendu [3]. Nos mesures, comparées à des résultats de calculs récents sont indiquées sur la figure du chapitre C.I.3 (voir aussi réf. 4). L'ensemble de ces mesures sera présenté dans un rapport à paraître prochainement.

REFERENCES

- [1] - S. SEGUIN et al., dans la Note CEA-N-2284, NEANDC(E) 232 "L", INDC(FR) 55/L (1982) p.48.
- [2] - S. SEGUIN, Note CEA-N-2132 (1980).
- [3] - Voir ce Compte Rendu, chapitre C-I-3.
- [4] - P.G. YOUNG, "Application of nuclear models to neutron nuclear cross section calculations", Proc. Conf. "Nuclear Data for Science and Technology", ANVERS (Sept. 1982).

B-I-4-Etude de la diffusion élastique et inélastique de neutrons sur ^{208}Pb .
Interprétation semi-microscopique.

(G. HAOUAT, Ch. LAGRANGE)

Semi-microscopic interpretation of neutron elastic and inelastic scattering from ^{208}Pb .

Neutron scattering data obtained in the energy range 7.5 - 15.5 MeV have been analysed in the framework of the semi-microscopic model of JEUKENNE, LEJEUNE and MAHAUX [1].

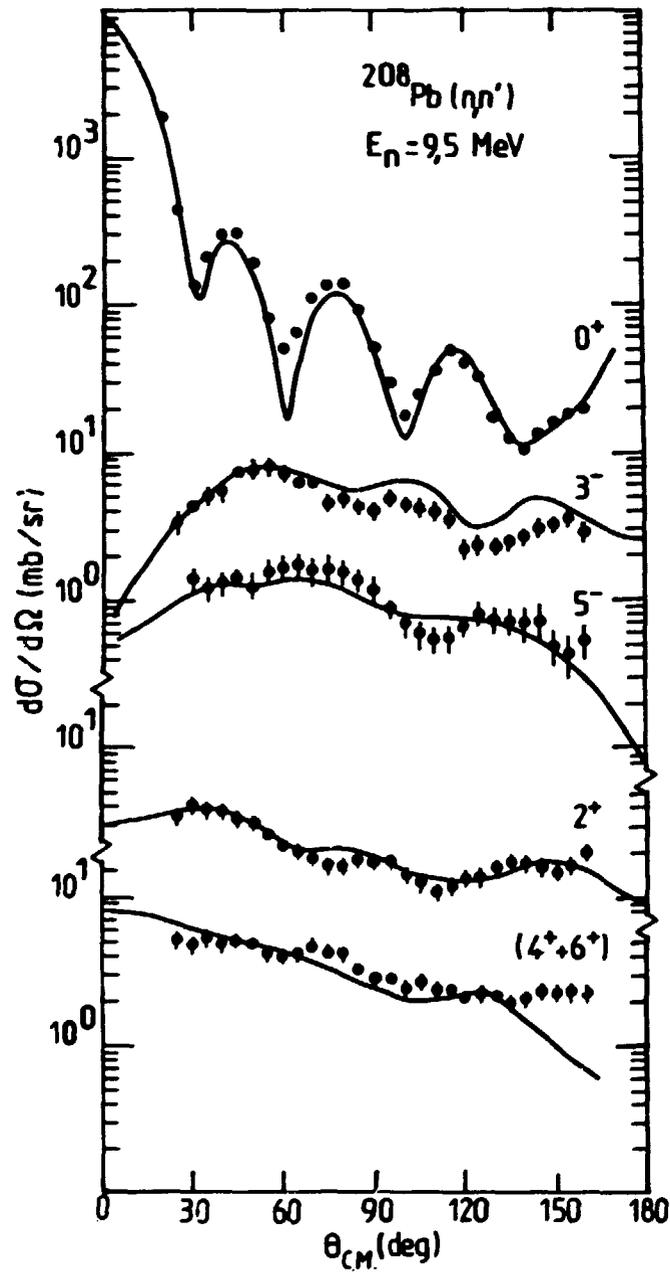
Cross sections for the first excited collective states were calculated using transition densities obtained from the R.P.A. method [2]. A low sensitivity on the density dependence of the microscopic form factors has been found.

Les données de diffusion de neutrons sur le noyau ^{208}Pb obtenues à 13 et 15,5 MeV [3] et à 7,5 - 9,5 - 11,5 - 13,5 MeV [4] ont été interprétées dans le cadre du modèle semi-microscopique de JEUKENNE, LEJEUNE, et MAHAUX (JLM, [1]). Cette étude fait suite aux travaux récemment publiés sur le même sujet [5], [6].

L'analyse a été effectuée pour la diffusion élastique et la diffusion inélastique sur les états collectifs d'énergie d'excitation ≤ 5 MeV. Les sections efficaces inélastiques différentielles ont été calculées à partir des densités de transition obtenues par J. DECHARGE dans le cadre de l'approximation des phases aléatoires (R.P.A) [2] et en utilisant l'interaction effective à 2 corps dépendante de densité et de portée finie D1.

Des comparaisons ont été effectuées en utilisant dans la force de "folding" du modèle JLM différentes dépendances en densité du type : $\rho(\vec{r})$, $\rho(\frac{\vec{r} + \vec{r}'}{2})$, $\rho(\vec{r}')$ où \vec{r} et \vec{r}' sont les coordonnées radiales respectivement pour le projectile et un nucleon du noyau cible. Il n'a pas été possible de différencier clairement les résultats des différents types de calcul. Nous présentons dans la figure 1 les résultats obtenus à 9,5 MeV pour la diffusion élastique et la diffusion inélastique sur les états 3^- (2,614 MeV), 5^- (3,198 MeV), 2^+ (4,076 MeV) et $(4^+ + 6^+)$ (4,323 - 4,350 MeV). Les paramètres du modèle, utilisés pour ce calcul, sont donnés dans la référence [5].

L'ensemble des résultats obtenus fera l'objet d'une nouvelle publication.



B-I-4-FIGURE 1

Sections efficaces de diffusion élastique et inélastiques de neutrons de 9,5 MeV sur ^{208}Pb . Comparaison avec les calculs décrits dans le texte (en traits pleins).

REFERENCES

- [1] - J.P. JEUKENNE, A. LEJEUNE et C. MAHAUX, Phys. Rev. C16, 80 (1977);
A. LEJEUNE, Phys. Rev. C21 1107 (1980).
- [2] - J. DECHARGE, communication privée.
- [3] - G. HAOUAT, F. DIETRICH, Y. PATIN, R. DE SWINIARSKI, C. HUMEAU, J. CHARDINE
J.P. LOCHARD, S. SEGUIN, dans la note CEA-N-2284 - NEANDC(E) 232 "L",
INDC(FR) 55/L (1982), p. 61.
- [4] - G. HAOUAT, O. BERSILLON, J. LACHKAR, Y. PATIN, Ch. LAGRANGE, Note
CEA-N-2200, NEANDC(E) 218 "L" - INDC(FR) 45/L (1981).
- [5] - Ch. LAGRANGE, J.C. BRIENT, "Interprétation semi microscopique de la dif-
fusion élastique et inélastique de nucléons par ^{208}Pb ", J. de Physique,
44 (1983) p.27-32.
- [6] - Ch. LAGRANGE, M. GIROD, "Semi-microscopic calculations of inelastic neu-
tron scattering from heavy deformed nuclei", soumis au Journal of Physics
G (voir aussi ce Compte-Rendu, Chap. C.III-1).

B-I-5-Analyse de la diffusion élastique et inélastique de neutrons de 10 et
13 MeV sur les noyaux ^{63}Cu et ^{65}Cu

(G. HAOUAT, Ch. LAGRANGE, J. CHARDINE)

Analysis of neutron scattering from ^{63}Cu and ^{65}Cu at 10 and 13 MeV.

*An analysis of neutron scattering data for ^{63}Cu and ^{65}Cu
at 10 and 13 MeV [1] using the particle-core weak coupling
model of De SHALIT [2] shows good agreement between calcu-
lation and measurement for the elastic scattering ($3/2^-$)
and the inelastic scattering to the first $1/2^-$, $5/2^-$, $7/2^-$
excited states, which result from the coupling of the odd
proton to a vibrational excited core of ^{62}Ni . Disagreement
is observed for the $3/2^-$ excited state which could be
explained by the presence of other excitation modes.*

Les données de sections efficaces différentielles de diffusion de neu-
trons de 10 et 13 MeV sur les noyaux ^{63}Cu et ^{65}Cu [1] ont été analysées dans le
cadre du modèle du couplage faible particule-coeur de De SHALIT [2]. Dans ce
modèle, les états excités les plus bas d'un noyau pair-impair sont décrits par
le couplage du nucléon célibataire supposé sur son orbite la plus basse à une

excitation quadrupolaire du coeur pair-pair. Les calculs ont été effectués à partir d'un modèle optique en voies couplées en prenant en compte uniquement l'excitation du coeur, le partage des sections efficaces sur les différents états étant celui donné par le modèle du couplage faible particule-coeur.

Les résultats du calcul sur ^{63}Cu à 13 MeV sont présentés dans la figure 1 pour la diffusion élastique ($3/2^-$) et dans la figure 2 pour la diffusion inélastique sur les états $1/2^-$ (670 keV), $5/2^-$ (962 keV), $7/2^-$ (1327 keV) et $3/2^-$ (1547 keV). Le calcul a été effectué en supposant un coeur excité vibrationnel de ^{62}Ni . Les paramètres du potentiel optique et les paramètres de déformabilité correspondants sont donnés dans la Table I. Les valeurs calculées sont en très bon accord avec les mesures excepté pour le niveau $3/2^-$ (1547 keV). Nous observons le même désaccord pour le niveau $3/2^-$ (1725 keV) de ^{65}Cu .

L'analyse des données se poursuit afin d'expliquer l'origine de ce désaccord ; il est possible que pour cet état d'autres modes d'excitation soient à prendre en compte.

REFERENCES

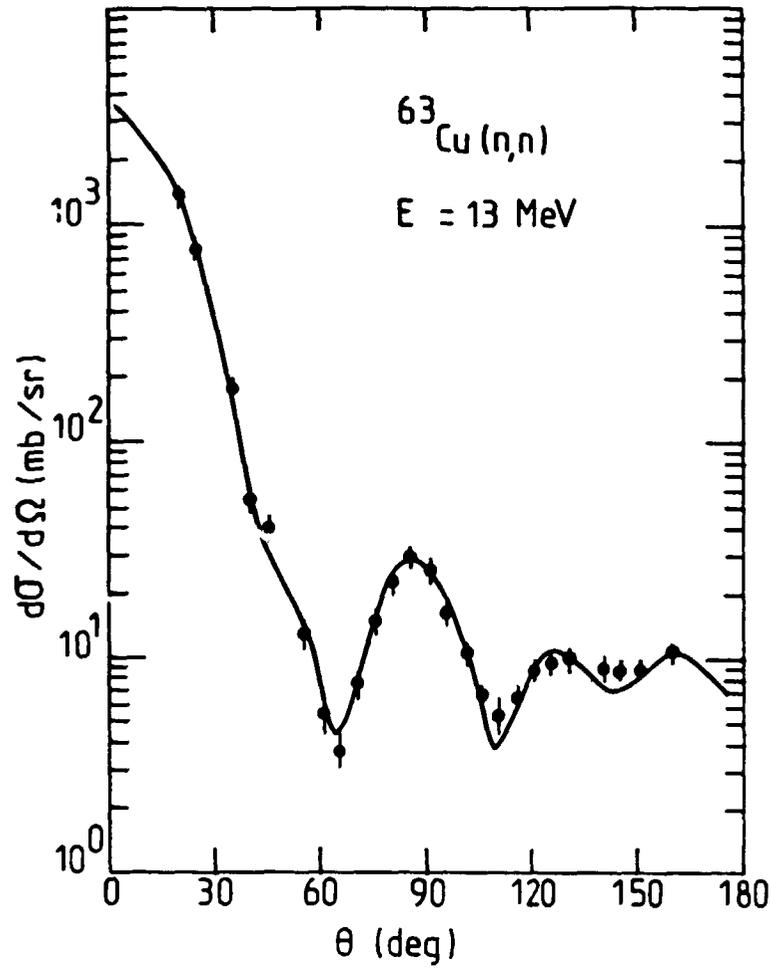
- [1] - G. HAOUAT, C. HUMEAU, S. SEGUIN, J.P. LOCHARD, J. CHARDINE, dans la Note CEA-N-2284, NEANDC(E) 232 "L", INDC(FR) 55/L (1982), p. 59.
- [2] - A. de SHALIT, Phys. Rev. 122, 1530 (1961).

TABLE I - Paramètres du potentiel optique de ^{63}Cu à l'énergie des neutrons de 13 MeV.

Paramètre	Pot. Réel	Pot. Imag. Sur.	Pot Spin Orbite
V (MeV)	43,80	8,15	6,60
R (fm)	1,26	1,34	1,19
a (fm)	0,69	0,50	0,56

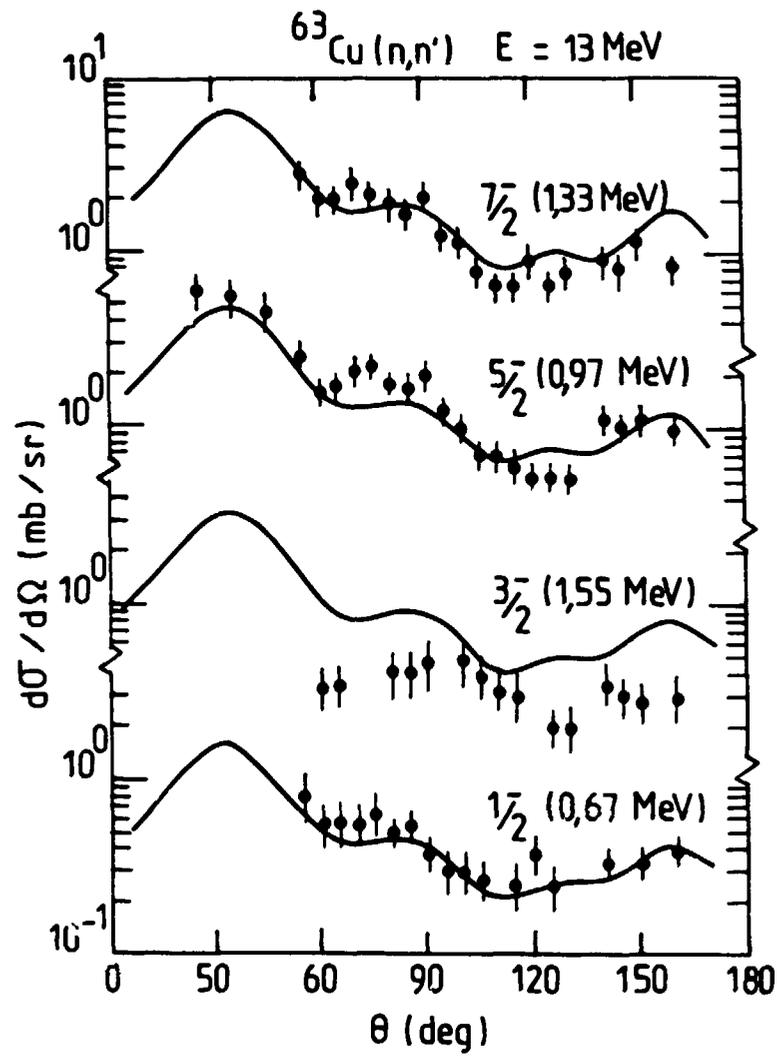
Déformabilité quadrupolaire des potentiels réel et imaginaire :

$$\beta_2 = 0,21$$



B-I-5-FIGURE 1

Sections efficaces de diffusion élastique de neutrons de 13 MeV sur ^{63}Cu . Le tracé continu représente le calcul décrit dans le texte.



B-I-5-FIGURE 2

Sections efficaces de diffusion inélastique de neutrons de 13 MeV du ^{63}Cu . Les tracés continus représentent les calculs décrits dans le texte.

B-II-AUTRES REACTIONS INDUITES PAR NEUTRONS
ET REACTIONS ENTRE IONS LEGERS
OTHER NEUTRON INDUCED REACTIONS AND
REACTIONS BETWEEN LIGHT IONS

B-II-1-Faisceau de neutrons monoénergétiques étalonnés.

(M. CANCE, J. DUIGOU, D. GIMAT, G. GRENIER, D. PARISOT)

Calibrated monoenergetic neutron beam.

Monoenergetic neutrons are a need for many laboratories which study new neutron detectors for the protection against neutron radiation.

Moreover, our calibrated neutron beams are used for the homologation of new equipments.

Le développement de nouveaux détecteurs de neutrons nécessite d'étudier leurs caractéristiques avec des faisceaux de neutrons monoénergétiques étalonnés. Or en France, notre laboratoire est maintenant le seul qui puisse fournir de tels faisceaux sur une large gamme d'énergie. C'est ainsi, qu'en dehors de nos besoins propres, notre laboratoire met des faisceaux de neutrons monoénergétiques à la disposition de l'ensemble des laboratoires français contribuant au développement de nouveaux moyens de radioprotection.

D'autre part, le Centre Technique d'Homologation des Instruments de Radioprotection (CTHIR) nous a demandé d'assurer, dans la mesure de nos possibilités, la fourniture de faisceaux de neutrons étalonnés nécessaires à l'homologation des nouveaux appareils.

B-II-2-Sections efficaces de capture radiative de neutrons rapides.

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

Fast Neutron Capture Cross Sections

Absolute neutron capture cross sections of ^{139}La , ^{165}Ho and ^{209}Bi have been measured in the 0.5-3.0 MeV neutron energy range with our 4 MV Van de Graaff accelerator. Results for ^{139}La and ^{209}Bi are compared with previous available data. The bismuth capture cross section presents an unusual enhancement above 1 MeV.

La section efficace absolue de capture radiative des isotopes ^{139}La , ^{165}Ho et ^{209}Bi a été mesurée dans la gamme d'énergie de neutrons 0,5-3,0 MeV.

La section efficace de capture du bismuth et du lanthane est particulièrement faible (quelques millibarns) dans ce domaine d'énergie où elle représente respectivement 0,03% et 0,08% de la section efficace totale.

Le dispositif expérimental ainsi que le principe de la méthode du spectre d'énergie pour déterminer la section efficace de capture ont été décrits par ailleurs [1] [2] [3].

Les sections efficaces obtenues sont corrigées de l'anisotropie de la source de neutrons, de l'auto-absorption et de la diffusion multiple des neutrons dans l'échantillon. La correction d'auto-absorption des neutrons dans l'échantillon annulant partiellement l'effet de diffusion multiple, la correction totale apportée par ces 3 corrections n'est pas très importante. Pour un échantillon de bismuth épais ($e = 1,23$ cm) elle est de 13% à $E_n = 2$ MeV.

En plus de ces 3 corrections calculées par la méthode de Monte-Carlo, il faut tenir compte de l'efficacité neutron du long compteur directionnel et de la transmission des neutrons à travers l'air et l'échantillon (mesure du flux de neutrons), de l'auto-absorption des rayonnements γ dans l'échantillon ainsi que de l'efficacité de détection du spectromètre γ .

L'incertitude finale sur la mesure absolue de la section efficace de capture est de 8 à 12% lorsque la section efficace de capture est élevée (de l'ordre de 100 mb dans le cas de l'holmium). Lorsque la section efficace de capture est faible (inférieure à 10 mb dans le cas du lanthane et du bismuth), l'incertitude totale est comprise entre 12 et 25%.

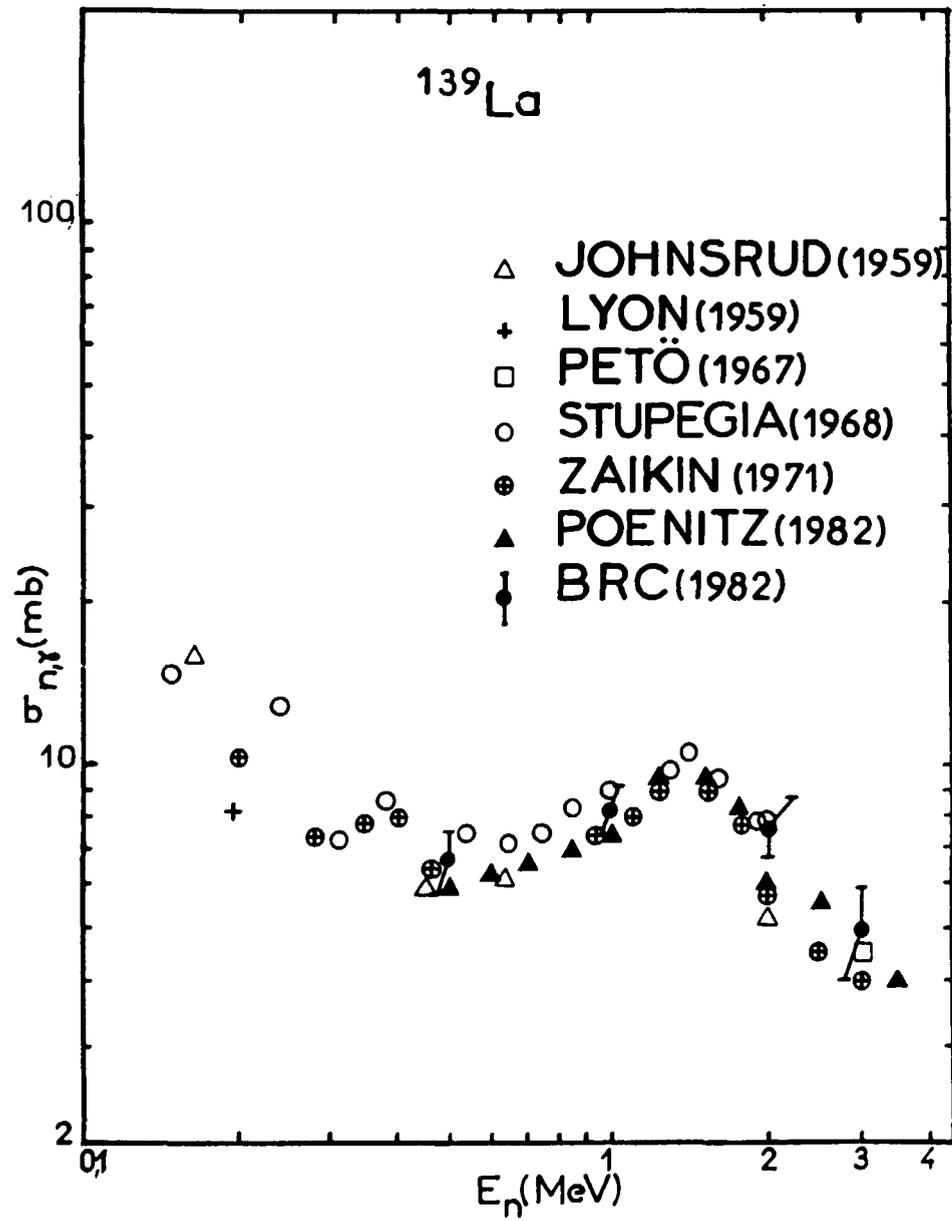
L'élément ^{139}La existe à l'état naturel avec une abondance isotopique de 99,9%. La Figure 1 rassemble diverses mesures faites à partir de l'activation du ^{139}La dans le domaine d'énergie 100 keV - 4 MeV [4 à 8]. Nous avons ajouté les résultats de POENITZ [9] et les nôtres obtenus avec le lanthane naturel. L'accord est généralement bon ; cependant les valeurs de STUPEGIA [7] et les nôtres sont 15 à 20% supérieures à celles de ZAIKIN [8] et de POENITZ [9].

En ce qui concerne le bismuth (Figure 2), nos résultats sont en bon accord avec la mesure de MACKLIN [10] effectuée jusqu'à 900 keV. Au-dessus de 1 MeV, la section efficace de capture du bismuth présente une remontée assez inhabituelle. Des mesures faites à 2,5 MeV et à 3,2 MeV sont en cours de dépouillement.

Les résultats précédents sur ^{139}La et ^{209}Bi ont été donnés en réf. [11]. D'autre part, la remontée de la section efficace du ^{209}Bi au-dessus de 1 MeV a été prise en compte dans le travail récent d'évaluation des données du Bismuth [12].

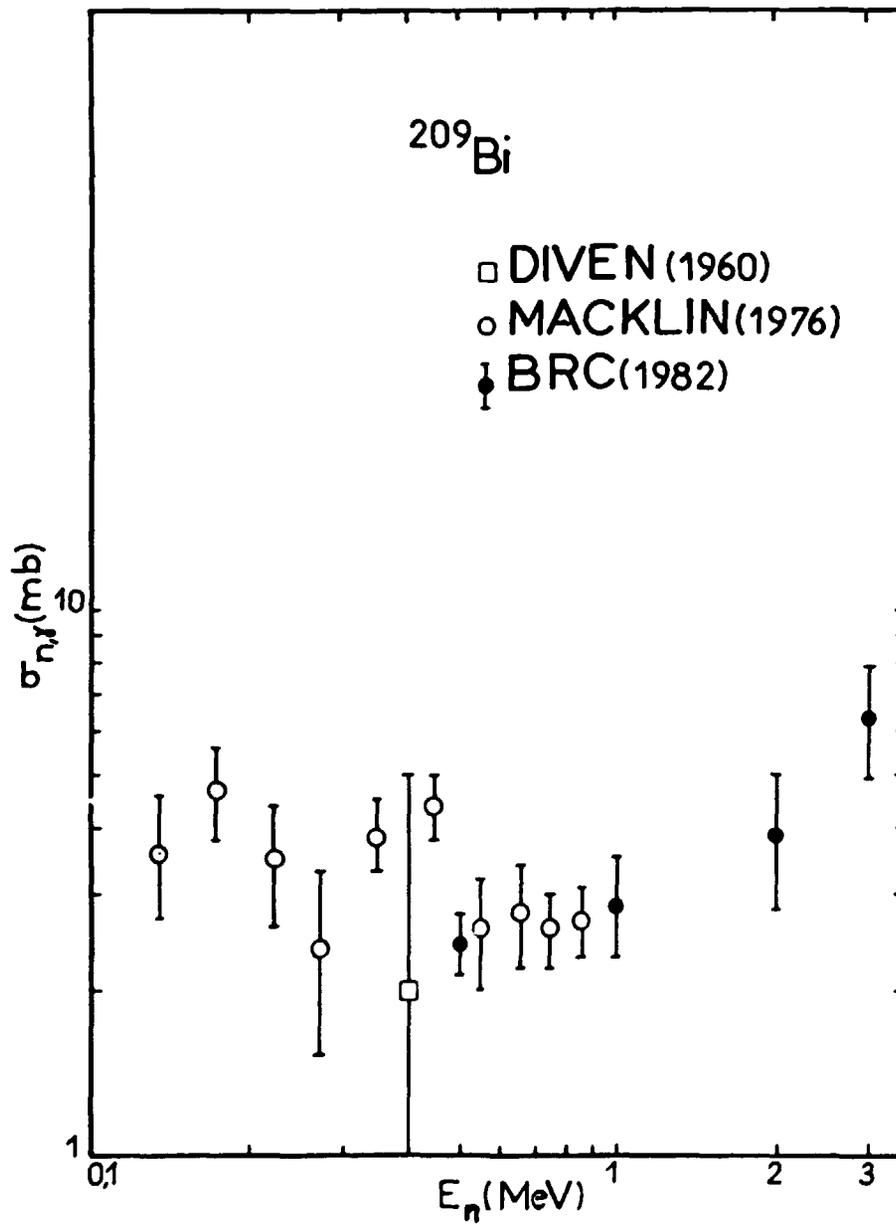
REFERENCES

- [1] - S. JOLY et Coll., Rapport CEA-R-4884 (1977).
- [2] - S. JOLY et Coll., Nucl. Sci. Eng., 70, 53, (1979).
- [3] - J. VOIGNIER, S. JOLY, G. GRENIER, Rapport CEA-R-5089 (1981).
- [4] - A. JOHNSRUD, M. SILBERT et H. BARSHALL, Phys. Rev., 116, 927 (1959).
- [5] - W. LYON et R. MACKLIN, Phys. Rev., 114, 1619 (1959).
- [6] - G. PETO, Z. MILIGY et I. HUNYADI, J. of Nucl. Energ., 21, 797, (1967).
- [7] - D. STUPEGIA, MARCIA SCHMIDT, C. KEEDY et A. MADSON, J. of Nucl. Energ., 22, 267, (1968).
- [8] - G. ZAIKIN et Coll., Ukrainskij Fizicesky Zurnal, 16, 1205 (1970) et INDC (CCP) - 15U (1971).
- [9] - W.P. POENITZ, NEANDC/NEA CRP Specialist's Meeting on Fast Neutron Capture Cross Sections, Argonne Nat. Lab., 20-23 Avril 1982.
- [10] - R. MACKLIN et J. HALPERIN, Phys. Rev., C14, 1389 (1976).
- [11] - J. VOIGNIER, S. JOLY, G. GRENIER, "Mesure de la section efficace de capture radiative du lanthane, du bismuth, du cuivre naturel et de ses isotopes pour des neutrons d'énergie comprise entre 0,5 et 3 MeV", Conf. Int. "Nuclear Data for Science and Technology", ANVERS (Sept. 1982) ; CEA-CONF-6502.
- [12] - Voir O. BERSILLON, C.A. PHILIS, ce compte rendu, Chap. C-I-2.



B-II-2-FIGURE 1

Section efficace de capture de ^{139}La .



B-II-2-FIGURE 2

Section efficace de capture de ^{209}Bi .

B-II-3-Etude expérimentale de la production de neutrons dans la réaction $T + T \rightarrow 2n + \alpha$ entre 6,4 et 19,4 MeV.

(M. DROSG*, D. DRAKE**, G. HAOUAT)

Experimental study of neutron production from the $T+T \rightarrow 2n + \alpha$ reaction between 6.4 and 19.4 MeV.

Neutron production cross sections for the reaction $T + T \rightarrow 2n + \alpha$, and the other reactions $T + H$, $T + D$, $T + {}^4\text{He}$, $T + {}^7\text{Li}$ and $T + {}^9\text{Be}$, have been measured in the incident triton energy range 6.39 - 19.39 MeV at several angles between 0 and 145°.

Les données de sections efficaces de production de neutrons à partir des réactions entre ions légers H, D, T, ${}^6,7\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$ sont d'une grande importance pour l'étude des systèmes à fusion nucléaire en dehors de l'équilibre thermodynamique. Dans le cadre d'une collaboration du Service P2N avec le laboratoire de LOS ALAMOS nous avons participé à la mesure effectuée au LANL des sections efficaces différentielles de production de neutrons de la réaction $T + T \rightarrow 2n + \alpha$, ainsi que des réactions $T + H$, $T + D$, $T + {}^4\text{He}$, $T + {}^7\text{Li}$ et $T + {}^9\text{Be}$, à des énergies de tritons incidents allant de 6,39 à 19,39 MeV.

Les tritons étaient produits en faisceau pulsé à la fréquence de 1,25 MHz par l'accélérateur tandem Van de Graaff du LANL. Pour les mesures sur T, D, H et ${}^4\text{He}$ nous avons utilisé une cible gazeuse de 3 cm de longueur, la pression du gaz étant d'environ 1 atmosphère. Les cibles de ${}^7\text{Li}$ et ${}^9\text{Be}$ étaient évaporées sur un support de tantale. Le détecteur de neutrons composé d'un scintillateur liquide NE 213 de 10 cm de diamètre et 7,5 cm d'épaisseur couplé à un photomultiplicateur RCA 8854 était placé à 3,5 m de la cible. Ce détecteur, muni d'un dispositif de discrimination des neutrons et rayons γ , enregistrait le spectre des neutrons émis dans la gamme d'énergie 500 keV - 35 MeV. Les mesures ont été faites à divers angles entre 0 et 145°. Le traitement des données est actuellement en cours.

* "Erstes Physikalisches Institut", Université de Vienne (Autriche).

** University of California, Los Alamos National Laboratory (U.S.A.)

B-II-4-Mesure des sections efficaces de diffusion élastique T + T entre 6,4 et 13,7 MeV.

(G. HAOUAT, D. DRAKE*, N. JARMIE*)

Cross sections for the elastic scattering T + T between 6.4 and 13.7 MeV.

Differential cross sections for the elastic scattering reaction T + T have been measured in the energy range from 6.39 to 13.66 MeV at angles between 15 and 45°, by using a coincidence method between the scattered and the recoil like particles.

En complément des mesures de production de neutrons à partir des réactions induites par des tritons sur des ions légers (cf. Chap B-II-3), nous avons entrepris au laboratoire de LOS ALAMOS l'étude expérimentale de la diffusion élastique T + T. Une telle étude a pour but d'améliorer notre connaissance de l'interaction des tritons dans un plasma d'ions légers.

Les mesures ont été effectuées dans une chambre à réaction d'environ 1m de diamètre. La cible, placée au centre de la chambre, consistait en une feuille mince de Ni sur laquelle avait été évaporé du Ti qui avait été ensuite chargé de T. La détection des tritons diffusés était assurée par deux diodes à barrière de surface placées à 90° l'une de l'autre par rapport au centre de la cible et montées en coïncidence. En effet, la cinématique de la réaction de diffusion élastique de deux particules identiques, non relativistes, est telle que les directions de la particule diffusée et de la particule de recul font un angle constant de 90° dans le système du laboratoire, quel que soit l'angle d'émission de la particule diffusée. Ce dispositif expérimental présente ainsi l'avantage de réduire considérablement le bruit de fond des tritons de diffusion élastique sur Ni, Ti et les bords des diaphragmes, qui assurent la collimation du faisceau et celui d'autres particules comme les α de la réaction $T + T \rightarrow \alpha + 2n$. Par ailleurs, comme dans la diffusion élastique de deux particules identiques, la distribution angulaire est parfaitement symétrique autour de 45° dans le système du laboratoire. Les sections efficaces différentielles ont été mesurées entre 15 et 45° par pas de 5°, la limitation vers les angles avant à 15° étant due à la géométrie du détecteur. Les distributions angulaires ont été mesurées aux énergies de 6,39 - 7,84 - 10,77 - 12,18 et 13,66 MeV.

Le dépouillement des données expérimentales est actuellement en cours.

* University of California, Los Alamos National Laboratory (U.S.A.).

B-III-ETUDE DU PROCESSUS DE FISSION
STUDY OF FISSION PROCESS

B-III-1-Sur la détermination de la distribution en masses des fragments de fission par temps de vol.

(G. SIMON, J. TROCHON)

Use of fission fragment time-of-flight measurement for the determination of the fission primary fragment mass distribution.

A code has been written in order to test the validity of the time-of-flight measurement to determine the primary mass distribution. It has been also used to evaluate the time resolution of parallel plate detectors.

Les masses des fragments de fission avant émission de neutrons peuvent être déterminées à partir de la mesure de leur temps de vol, plus précisément de la différence entre leurs temps de vol $\Delta T = T_2 - T_1$ [1] (Figure 1), si l'on admet que l'émission neutronique ne perturbe pas les vitesses (ce qui est exact en moyenne).

Aussi, afin d'estimer les limites de cette méthode, nous avons écrit un programme permettant d'étudier l'influence :

- des paramètres géométriques (distance source-détecteur $L_1 = L_2$, rayon Source R_s , rayon Détecteur R_D),
- des résolutions en temps des détecteurs,
- de la dispersion physique des énergies cinétiques.

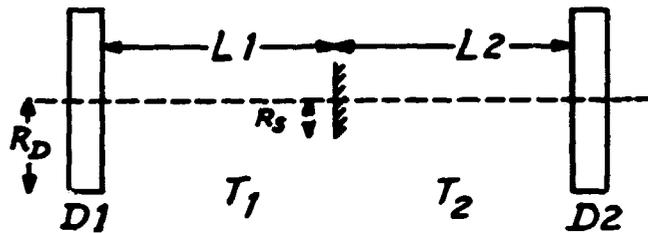
Ce programme a été utilisé pour évaluer la résolution en temps du détecteur à plaques parallèles présenté au chap. B-III-3 de ce compte rendu. Avec la géométrie adoptée ($L_1 = L_2 = 1,8$ cm ; $R_s = 0,2$ cm, $R_D = 1,5$ cm), les résultats expérimentaux (Figure 2) sont relativement bien reproduits en injectant une résolution en temps global de 250 ps.

Ce programme est en cours de modification pour introduire :

- la possibilité d'imposer des contraintes sur l'énergie cinétique des fragments [2],
- l'étude du rapport T_1/T_2 qui, moyennant l'utilisation d'un détecteur "start" [3], permet également d'accéder à la mesure des masses, mesure complémentaire du ΔT ,
- la dispersion apportée par la traversée de l'échantillon,
- une géométrie non cylindrique qui permettrait d'étudier l'évolution des effets angulaires.

REFERENCES

- [1] - M. MONTOYA, Thèse d'Etat, Paris XI N° 2510 (1981).
- [2] - C. SIGNARBIEUX et al., Jour. of Physics Letters 42 (1981) L-437.
- [3] - Y. PRANAL, J. TROCHON, Compte rendu d'Activité du Service de Physique Neutronique et Nucléaire pour l'année 1981, Note CEA-N-2284, NEANDC (E) 232 "L" (Mai 1982) p. 75.



B-III-1-FIGURE 1

Schéma du dispositif expérimental utilisé pour mesurer la différence $\Delta T = T_2 - T_1$ des temps de vol des fragments de fission.

B-III-2-Etude des propriétés des fragments de la fission de ^{230}Th induite par neutrons.

(J. TROCHON, F. BRISARD, J. FREHAUT, Y. PRANAL, G. SIMON)

Fission fragment characteristics of neutron induced fission on ^{230}Th .

The fission fragment kinetic energy of neutron induced fission on ^{230}Th has been investigated from the well separated resonance at 732 keV up to the second chance fission energy. The experimental values exhibit strong increasing below 2.2 MeV with slopes reaching 1.6 MeV/MeV. In addition, one observes large variations of the mass distributions. These results are in good agreement with those obtained from (d,pf) reaction. An attempt to explain these data in terms of fission channel effects has been made.

Dans le cadre de l'étude de la dynamique de la fission à basse énergie d'excitation, nous avons mesuré l'énergie cinétique $\overline{\text{TKE}}$ des fragments de fission du système fissionnant $^{230}\text{Th} + n$.

Le dispositif expérimental et la méthode d'analyse ont déjà été décrits [1]. Les valeurs de l'énergie $\overline{\text{TKE}}$ sont portées sur la Figure 1. On observe une augmentation importante de cette énergie entre $E_n = 1,1$ et $2,2$ MeV avec une pente atteignant $1,57$ MeV/MeV. A plus haute énergie d'excitation, la pente s'infléchit et se stabilise à $0,35$ MeV/MeV. Par ailleurs on observe une décroissance monotone de la valeur moyenne de la masse lourde ainsi que l'apparition d'un mode de fission plus symétrique vers $E_n = 3$ MeV (Figure 2).

Ces résultats sont en accord remarquable avec ceux obtenus par SICRE et Coll. à partir de la réaction (d,pf), sauf pour la résonance à $0,730$ MeV qui a un comportement différent [2]. Ce bon accord semble indiquer que les propriétés de la fission dépendent peu dans ce cas de l'état de spin du noyau lui-même.

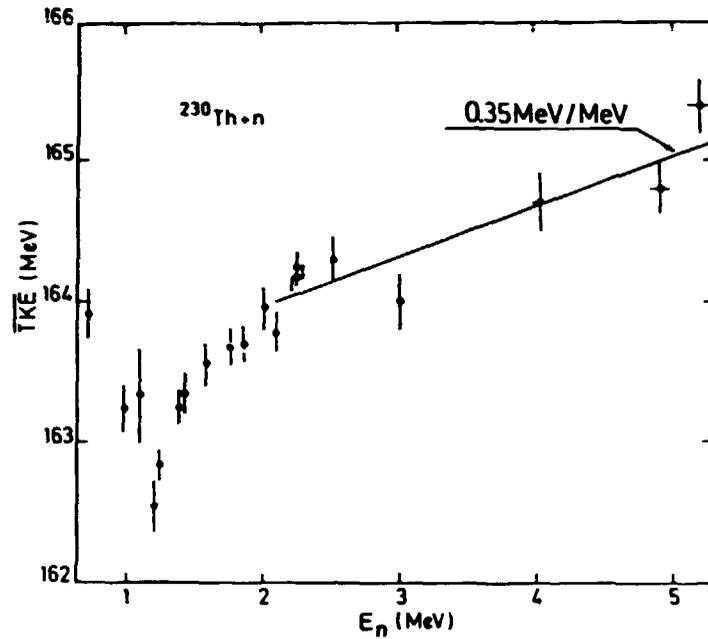
A partir des distributions en masses expérimentales, l'énergie disponible Q de la réaction a été calculée en utilisant les tables de masses de MÖLLER et NIX [3] et le modèle de WAHL pour la distribution des charges [4]. Les valeurs obtenues (Figure 3) présentent des variations relatives similaires à celles observées pour l'énergie $\overline{\text{TKE}}$. La pente observée entre $1,1$ et $2,3$ MeV est de $0,75$ MeV/MeV. On peut ainsi expliquer la moitié des variations observée sur l'énergie $\overline{\text{TKE}}$ si l'on suppose que toute l'énergie disponible excédentaire se retrouve en énergie cinétique.

Par ailleurs la contribution relative des différentes voies de sortie de fission a été déterminée à partir d'une analyse des distributions angulaires [5]

(Figure 4). Des calculs sont en cours pour rechercher une corrélation entre cette grandeur et les résultats expérimentaux [6].

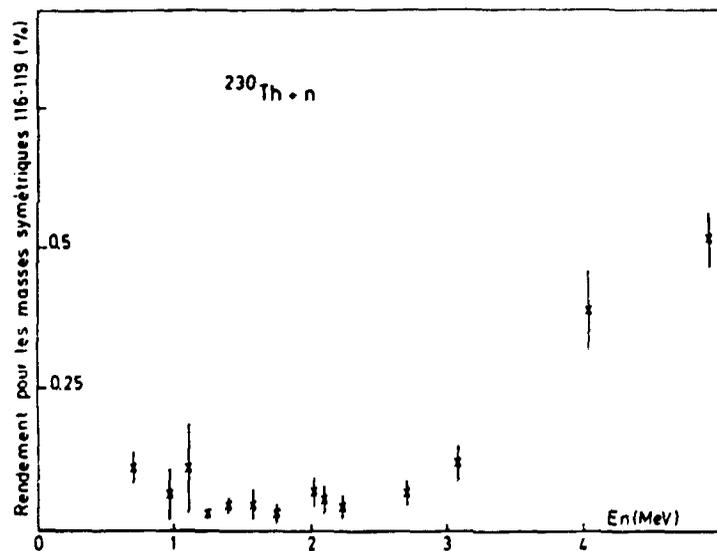
REFERENCES

- [1] - J. TROCHON et Coll., Nucl. Phys. A318 (1979) 63.
- [2] - A. SICRE et Coll. (à paraître).
- [3] - P. MÖLLER, J.R. NIX, Nucl. Phys. A361 (1981) 117.
- [4] - A.C. WAHL, Journal of Radioanalytical Chemistry Vol. 55 n° 1 (1980) 111.
- [5] - G. SIMON, J. TROCHON, Note CEA-N-2284, p. 81.
- [6] - J. TROCHON, J. FREHAUT, J.W. BOLDEMAN, G. SIMON, Y. PRANAL, contribution a la Conf. Int. d'Anvers "Nuclear Data for Science and Technology" (Sept. 1982); CEA-CONF-6500.



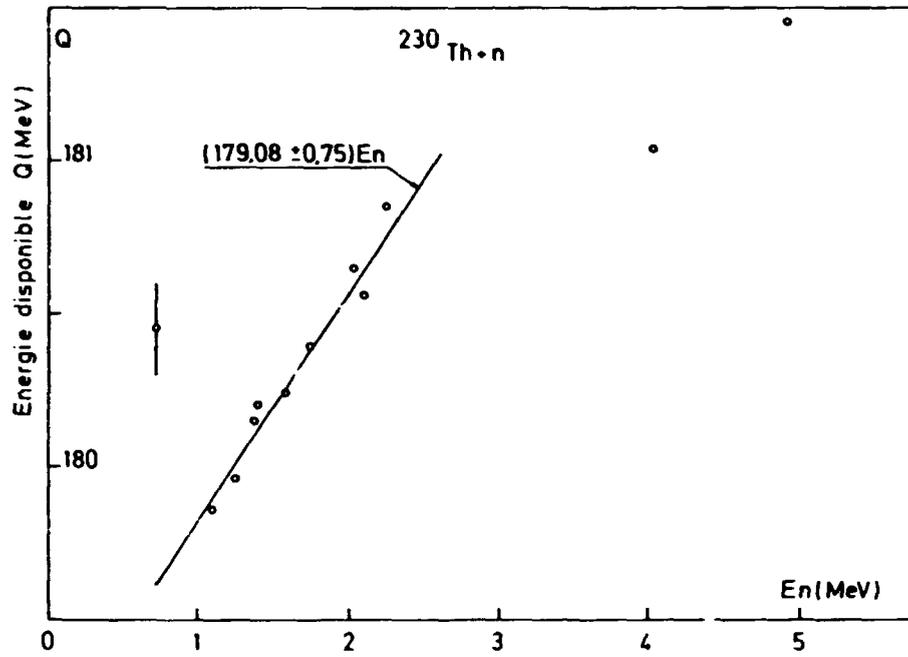
B-III-2-FIGURE 1

Variation de l'énergie cinétique moyenne des produits de fission avec l'énergie des neutrons incidents dans la fission de ^{230}Th induite par neutrons.



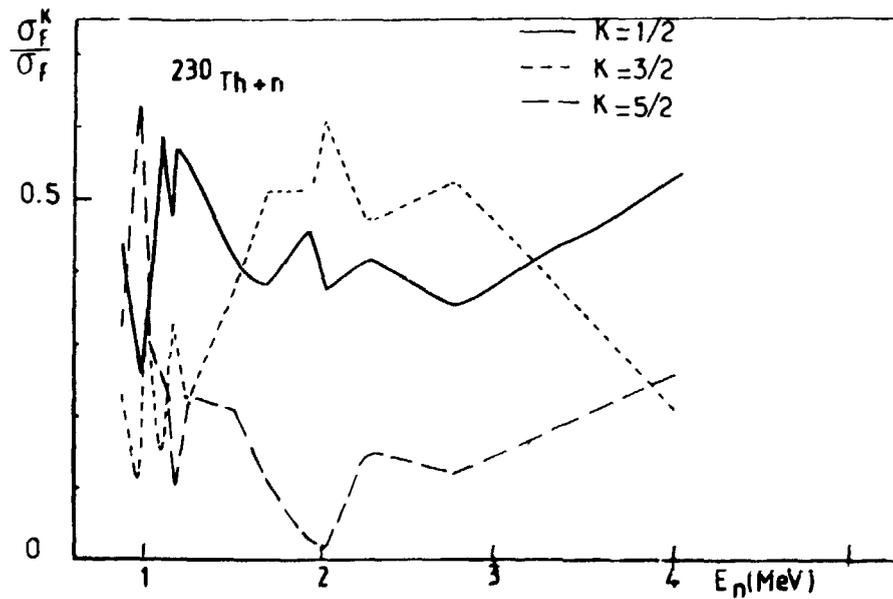
B-III-2-FIGURE 2

Fission de ^{230}Th induite par neutrons : variation du rendement de fission symétrique ($116 \leq m^* \leq 119$ uma) avec l'énergie des neutrons incidents.



B-III-2-FIGURE 3

Fission de ^{230}Th induite par neutrons : énergie disponible calculée Q (sans l'énergie apportée par les neutrons) en fonction de l'énergie des neutrons incidents.



B-III-2-FIGURE 4

Fission de ^{230}Th induite par neutrons : contribution relative des différentes sections efficaces de fission partielles.

B-III-3-Etude d'un détecteur de grande dimension à plaques parallèles pour la détection des fragments de fission.

(F. BRISARD, Y. PRANAL, G. SIMON, J. TROCHON)

Study of large parallel plate avalanche detector for fission fragments

A large parallel plate avalanche detector (PPAD) has been studied for fission fragment time-of-flight measurement. A time resolution of 250 ps has been obtained with detectors having 17 cm diameter. Importance of various other parameters has been tested.

Un ensemble de grande dimension a été étudié pour détecter des fragments de fission, avec une attention toute particulière pour la réponse temporelle. Le dispositif expérimental est présenté sur la Figure 1. Deux détecteurs à plaques parallèles (PPAD) [1] de 17 cm de diamètre utile sont portés de part et d'autre d'un dépôt de ^{252}Cf . Un circulateur maintient dans les deux détecteurs une pression de gaz (isobutane) constante de quelques torr .

Deux feuilles de mylar de 1,5 μm d'épaisseur, retenues par des fils, assurent l'étanchéité entre les compteurs et le dépôt fissile placé dans le vide. Chaque détecteur est constitué d'une anode fermée de trois couronnes de cuivre concentriques et d'une cathode faite d'une feuille de mylar aluminisé de 1,5 μm d'épaisseur . La distance anode-cathode est de 2,5 mm.

Le schéma de principe de l'électronique est donné sur la Figure 2. La différence de temps Δt entre l'arrivée des deux fragments, sur chacun des détecteurs, était codée et enregistrée (Figure 3). Dans ces conditions, la courbe obtenue présente deux "bosses" dont la largeur résulte du produit de convolution de la distribution de la différence de temps de vol des fragments, de la fluctuation de la distance de vol (planéarité des détecteurs et non ponctualité du dépôt de ^{252}Cf) et de la résolution en temps des détecteurs. Ainsi le rapport creux/pic R de cette courbe est directement lié à la résolution en temps des détecteurs. Le calcul complet de la distribution $P(\Delta t)$ et du rapport R a été effectué [2].

Dans une première étude, nous avons limité le diamètre de l'anode à $\phi = 3$ cm et nous avons mesuré la distribution des Δt en fonction de la tension appliquée et de la pression du gaz (Figure 4). Cette tension est limitée par l'apparition des décharges en présence de la source de ^{252}Cf . Cet effet ne permet pas d'obtenir des impulsions au temps de montée très rapide et donc limite la résolution en temps dont la meilleure valeur obtenue, déterminée par le calcul, est de 250 ps ($p = 5$ torr, $V = 540$ V).

Par ailleurs l'influence de la capacité anode-cathode sur la résolution en temps a été étudiée. Pour cela nous avons utilisé un compteur PPAD avec une

anode de \varnothing 17 cm ($C = 100$ pF), tandis que l'autre était maintenue à \varnothing 3 cm ($C = 3$ pf). Une détérioration d'environ 20% a été observée.

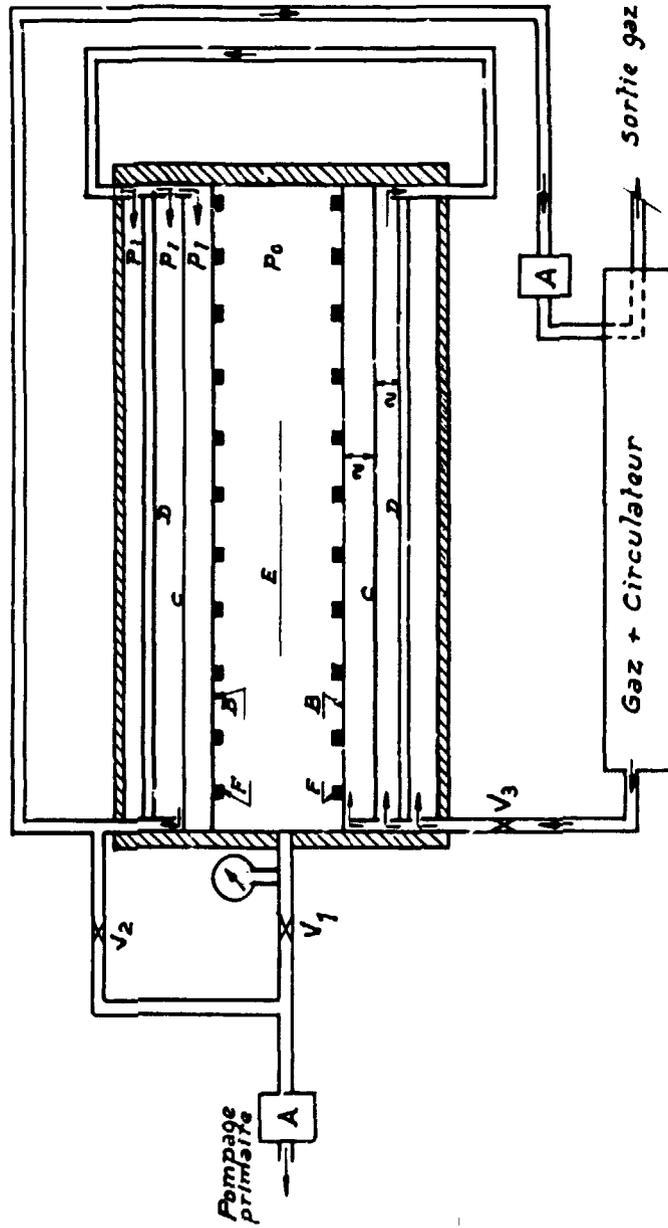
Enfin un montage prototype a été réalisé en couplant un compteur PPAD à un détecteur de temps zéro à galettes de microcanaux [3] distant de 50 cm environ.

Un tel montage semble permettre une résolution en temps globale de 300 ps, limitée en fait par la résolution des PPAD (Figure 4).

REFERENCES

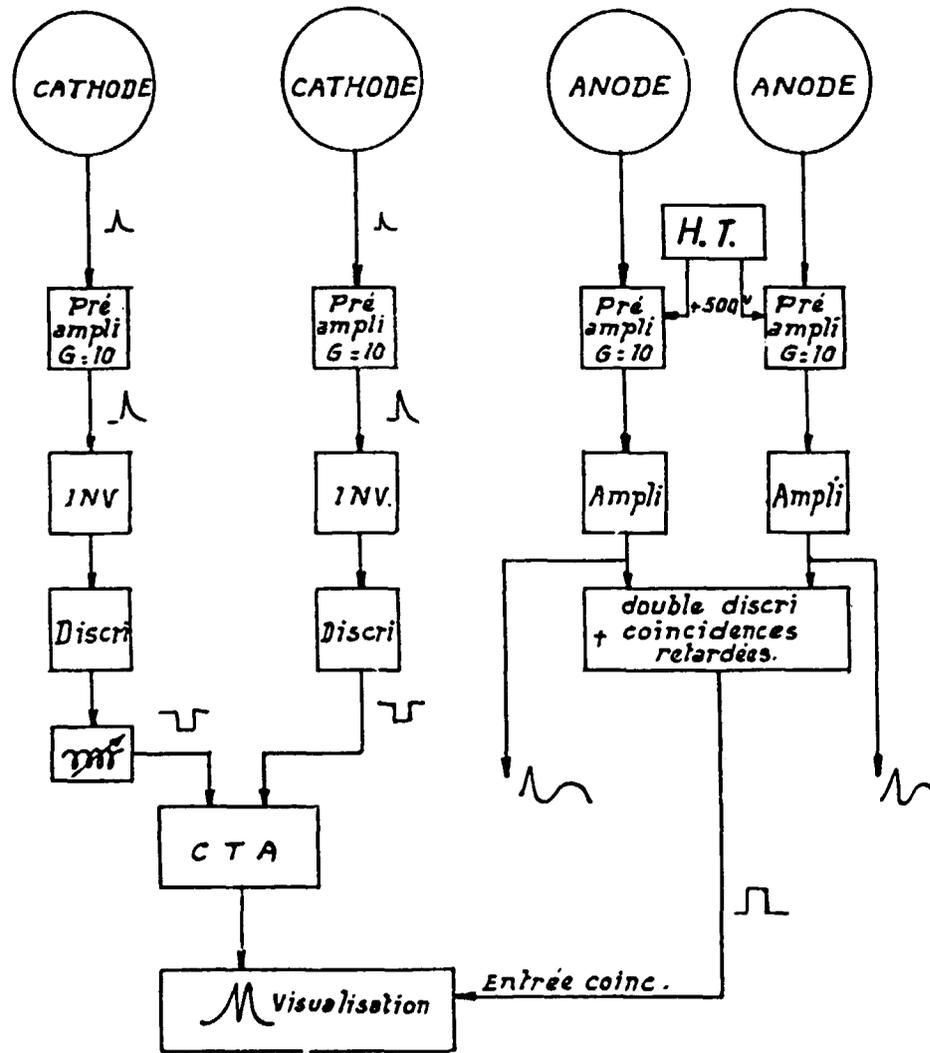
- [1] - M. JUST et Coll., N.I.M. 148 (1978) 283.
- [2] - G. SIMON, J. TROCHON, ce compte rendu, chap. B-III-1.
- [3] - M. MORJEAN, Y. PRANAL, Note CEA-N-2284 (1981) p. 108.

- A — Filtre
- B — Feuille mylar 1,5 μ m
- C — Cathode mylar doré
- D — Anode cuivre
- E — Dépôt 252 Cf.
- F — Fil inox ϕ 0,5 mm.
- $P_0 \approx 10^{-3}$ T
- $P_1 = 5$ T



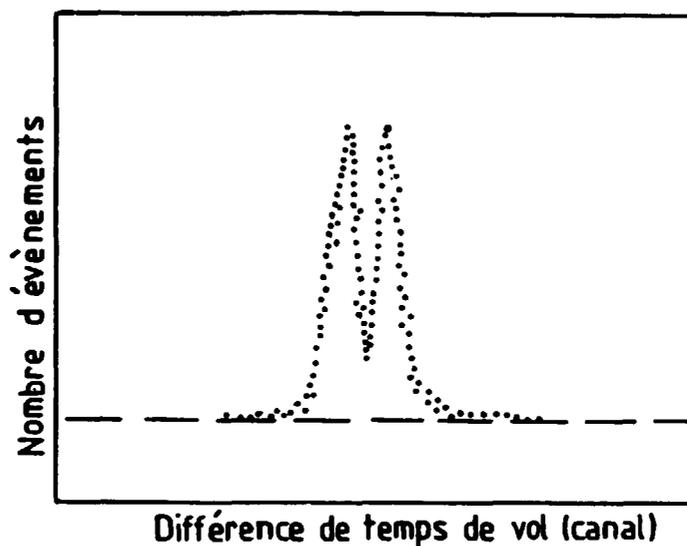
B-III-3-FIGURE 1

Schéma de principe du détecteur.



B-III-3-FIGURE 2

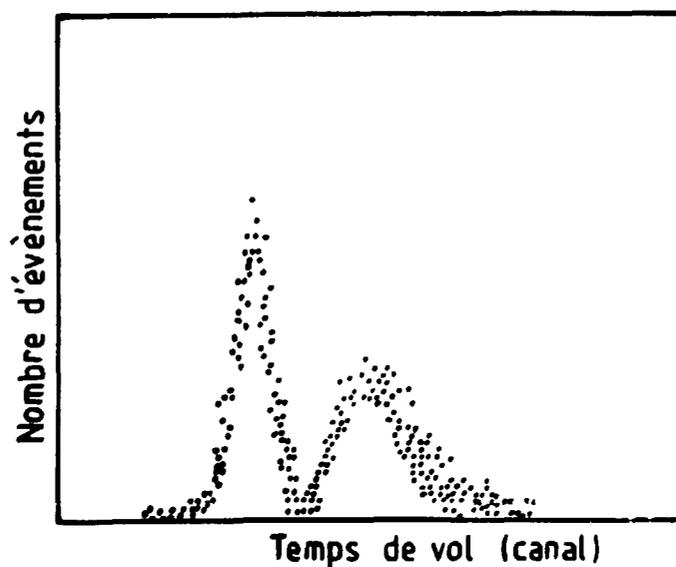
Schéma de principe électronique du détecteur.



B-III-3-FIGURE 3

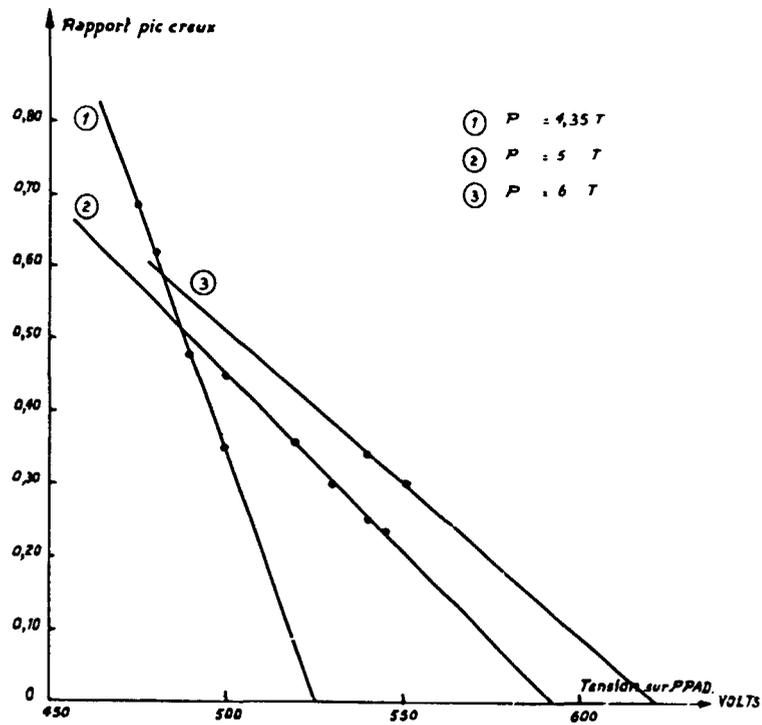
Différence de temps de vol des fragments de fission de ^{252}Cf :

- distance de vol 3 cm
- tension anode 545 v
- pression gaz (C_4H_{10}) 5 torr.



B-III-3-FIGURE 4

Temps de vol des fragments de fission de ^{252}Cf .



B-III-3-FIGURE 5

Evolution du rapport pic à creux de la distribution des temps de vol en fonction de la lumière appliquée sur les détecteurs PPAD.

B-III-4-Etude du bilan en énergie dans la fission induite par neutron sur la base de données théoriques et expérimentales.

(G. SIMON, J. TROCHON)

Energy balance in neutron induced fission studied on bases of theoretical and experimental data.

Energy balance in neutron induced fission has been studied for the $^{230}\text{Th}(n, f)$ reaction, using the calculated masses table by MÖLLER and NIX, and experimental results extracted from total kinetic energy measurements.

This work clearly shows that $\langle Q \rangle$ is not conserved and that the observed fluctuations on this parameter and the total kinetic energy are due partly to the variation of the mass distribution and partly to the evolution of the fragment deformations.

L'analyse simultanée des mesures de l'énergie cinétique totale moyenne des fragments de fission $\langle EK \rangle (E_n)$ et du nombre moyen de neutrons prompts émis $\langle NU \rangle (E_n)$ pour la fission induite par des neutrons d'énergie E_n dans ^{232}Th [1] a montré que la quantité $\langle Q \rangle = \langle QE \rangle (E_n) - E_n \times (AF - 1) / AF$ dans laquelle $\langle QE \rangle (E_n)$ est l'énergie totale moyenne disponible dans le système du centre de masse et AF la masse du noyau fissionnant, n'est pas conservée. Cette conclusion est confirmée par la mise en évidence, pour la fission induite dans ^{230}Th [1,2,3], d'une variation $d\langle EK \rangle / dE_n (E_n) > 1$.

Dès lors, il a été nécessaire de procéder à une étude soignée du bilan en énergie dans la fission induite par neutron.

Dans ce but un ensemble de programmes, associant la table des masses calculées par MÖLLER et NIX [4] aux données issues des mesures d'énergie cinétique dépouillées à l'aide du système déjà présenté [5], a été mis au point. Il nous permet, moyennant une modélisation des distributions en charges des fragments de fission [6], de déterminer, pour chaque fragmentation en masse $f^* = (A^*, AF - A^*)$ et pour une fission (moyenne sur l'ensemble des fragmentations), les quantités suivantes :

- énergies totales disponibles dans le système du centre de masse : $QE(f^*, E_n)$ et $\langle QE \rangle (E_n)$,
- énergies restant disponibles pour l'émission des neutrons et du rayonnement gamma prompt : $ER(f^*, E_n) = QF(f^*, E_n) - EK(f^*, E_n)$ et $\langle ER \rangle (E_n)$,
- $BT(f^*, E_n)$ et $\langle BT \rangle (E_n)$, énergies nécessaires pour extraire respectivement $NU(f^*, E_n)$ et $\langle NU \rangle (E_n)$ neutrons prompts (fonctions utilisées dans le dépouillement des mesures de l'énergie cinétique),

- $BN(f^*, E_n)$ et $\langle BN \rangle (E_n)$, énergies moyennes de liaison d'un neutron de fission.

Ces calculs ont été appliqués à la fission de $^{231}\text{Th}^*$. Les résultats présentés ont été obtenus en utilisant pour distribution en charges la formulation de WAHL [7], sans effet pair-impair, sans effet de couches et sans aucune dépendance en énergie. La fonction $Q(f^*)$ ainsi obtenue est présentée sur la Figure 1.

La Figure 2 permet de comparer, pour sept énergies incidentes, l'évolution, en fonction de la masse du fragment léger, de l'énergie $ER(f^*, E_n)$ restant disponible pour l'émission des neutrons et des rayons gamma. L'énergie moyenne de liaison $BN(f^*, E_n)$ d'un neutron, émis par une fragmentation f^* , variant peu d'une énergie E_n à l'autre, comme le montre la Figure 3, l'énergie $ER(f^*, E_n)$ est assez représentative de la fonction $NU(f^*, E_n)$.

Or nous constatons que $ER(f^*, E_n = 0,72 \text{ MeV})$ présente, pour les masses supérieures à 100 u.m.a., un comportement sensiblement différent de celui observé aux autres énergies. Un effet similaire peut donc être attendu pour $NU(f^*, E_n = 0,72)$. Ce serait peut-être là la signature d'un mode de fission particulier ; cette énergie correspond effectivement à celle d'une résonance $K = 1/2$ pure.

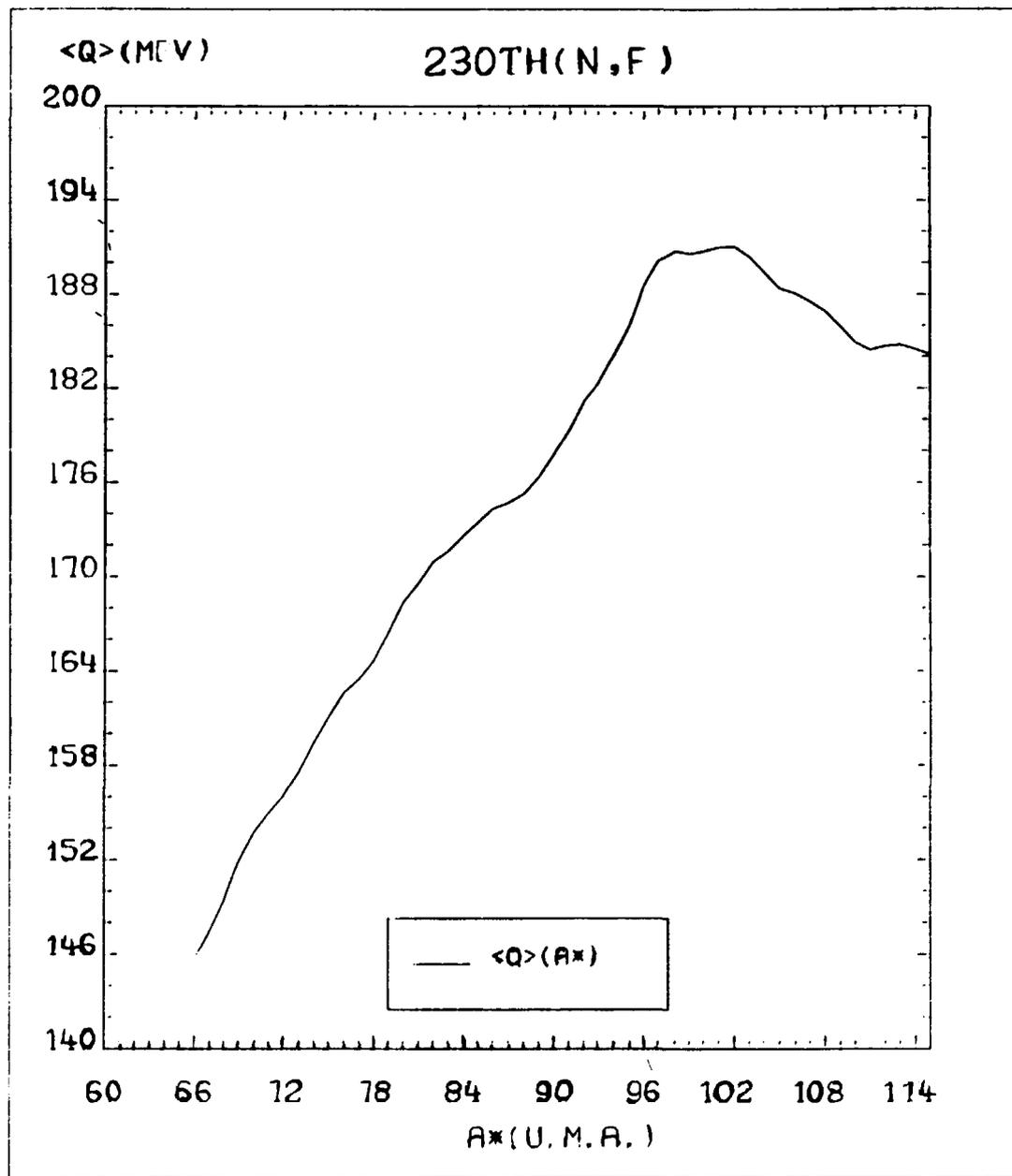
Dans le même ordre d'idée, on peut s'attendre à une variation de la distribution en masse d'un mode de fission à l'autre et donc d'une énergie à l'autre ; c'est du reste, dans le cadre de l'hypothèse d'invariance de la distribution en charges, la seule solution pour obtenir une fonction $\langle QE \rangle (E_n)$ différente d'une droite de pente $(AF-1)/AF$.

Les mesures réalisées pour la fission de $^{231}\text{Th}^*$ permettent de mettre en évidence de telles variations de la distribution en masses. Une évolution non linéaire de $\langle QE \rangle (E_n)$ peut être observée sur la Figure 4 où cette fonction est comparée à l'énergie cinétique totale moyenne pour 13 énergies incidentes. Les énergies disponibles correspondantes $\langle ER \rangle (E_n)$ sont portées sur la Figure 5 et les énergies moyennes de liaison d'un neutron de fission $\langle BN \rangle (E_n)$ sur la Figure 6 ; celles-ci fluctuant peu d'une énergie à l'autre, $\langle ER \rangle (E_n)$ est directement représentative de $\langle NU \rangle (E_n)$. L'étude de l'évolution de cette dernière fonction pourra nous aider à cerner les zones où la mesure de $\langle NU \rangle (E_n)$ serait particulièrement intéressante.

L'ensemble de ce travail présente d'intéressants prolongements. En effet, il montre clairement que les fluctuations, en fonction de l'énergie, observées sur les valeurs moyennes, résultent à la fois d'une modification des distributions en masses et d'une évolution des caractéristiques des fragmentations (déformations). Cette double variation doit pouvoir être reliée aux voies de sortie de fission. Cependant une donnée importante nous manque pour confirmer cette interprétation : l'évolution de $NU(f^*, E_n)$ en fonction de l'énergie E_n .

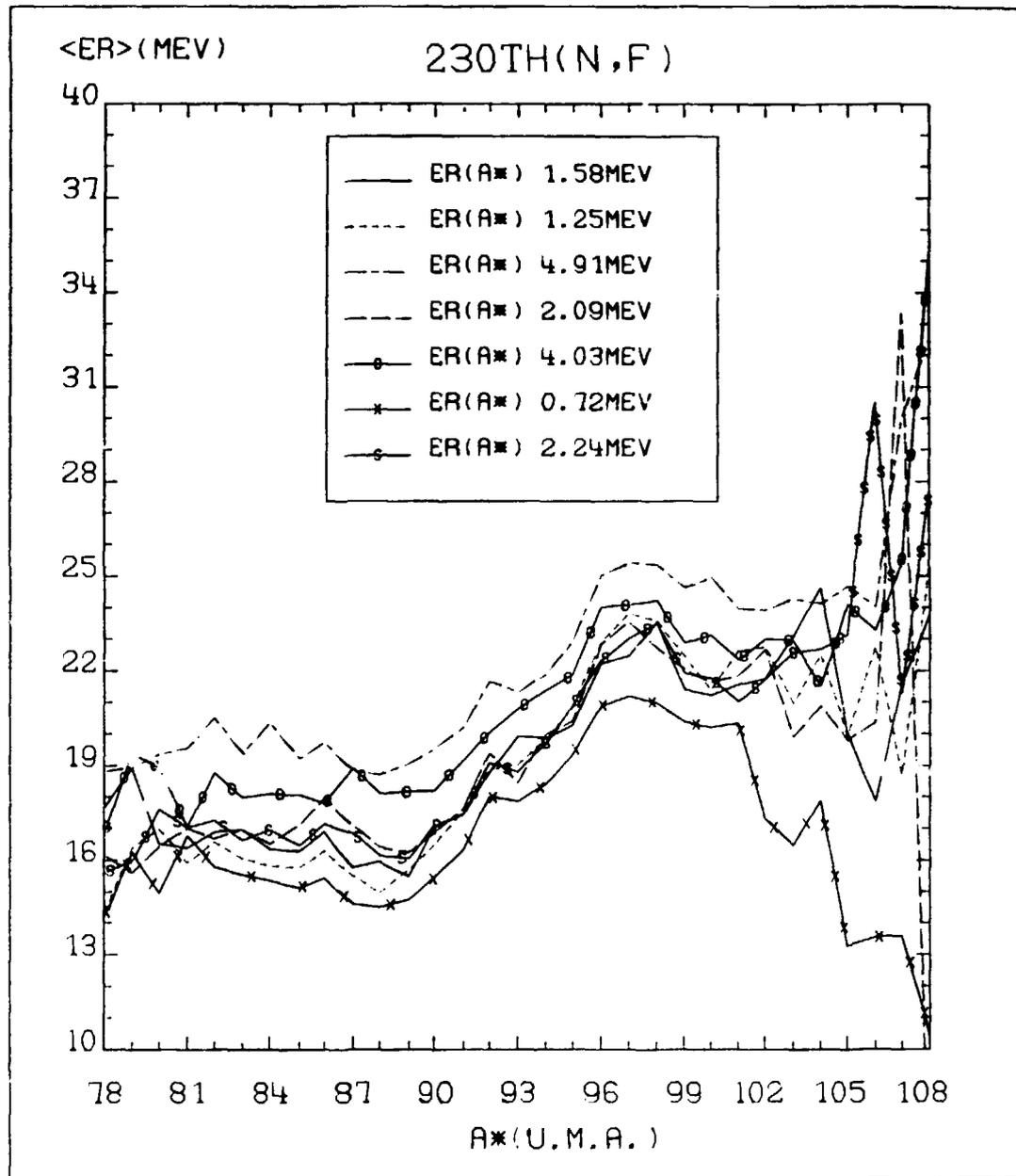
REFERENCES

- [1] - J. TROCHON et al., contribution à la Conf. Int. d'ANVERS, "Nuclear Data for Science and Technology", (Sept. 1982) ; CEA-CONF-6500.
- J. TROCHON et Coll., "compte rendu annuel du Service P2N", NEANDC (E) 222 "L", (Juillet 1981), p. 121.
- [2] - F. BRISARD et Coll., "compte rendu annuel du Service P2N", Note CEA-N-2284, NEANDC (E) 232 "L", (Mai 1982) p. 85.
- [3] - J. TROCHON et Coll., ce compte rendu, chap. B-III-2.
- [4] - P. MÖLLER, J.R. NIX, Nucl. Phys. A361 (1981) 117.
- P. MÖLLER, Communication privée 1982.
- [5] - G. SIMON et Coll., compte rendu annuel du Service P2N, Note CEA-N-2284, NEANDC (E) 232 "L" (Mai 1982) p. 76.
- [6] - V. FLEURY, Rapport de stage effectué au Service P2N (1981).
- [7] - A. WAHL, Journal of Radianalytical chemistry, Vol. 55 n° 1 (1980) 111.



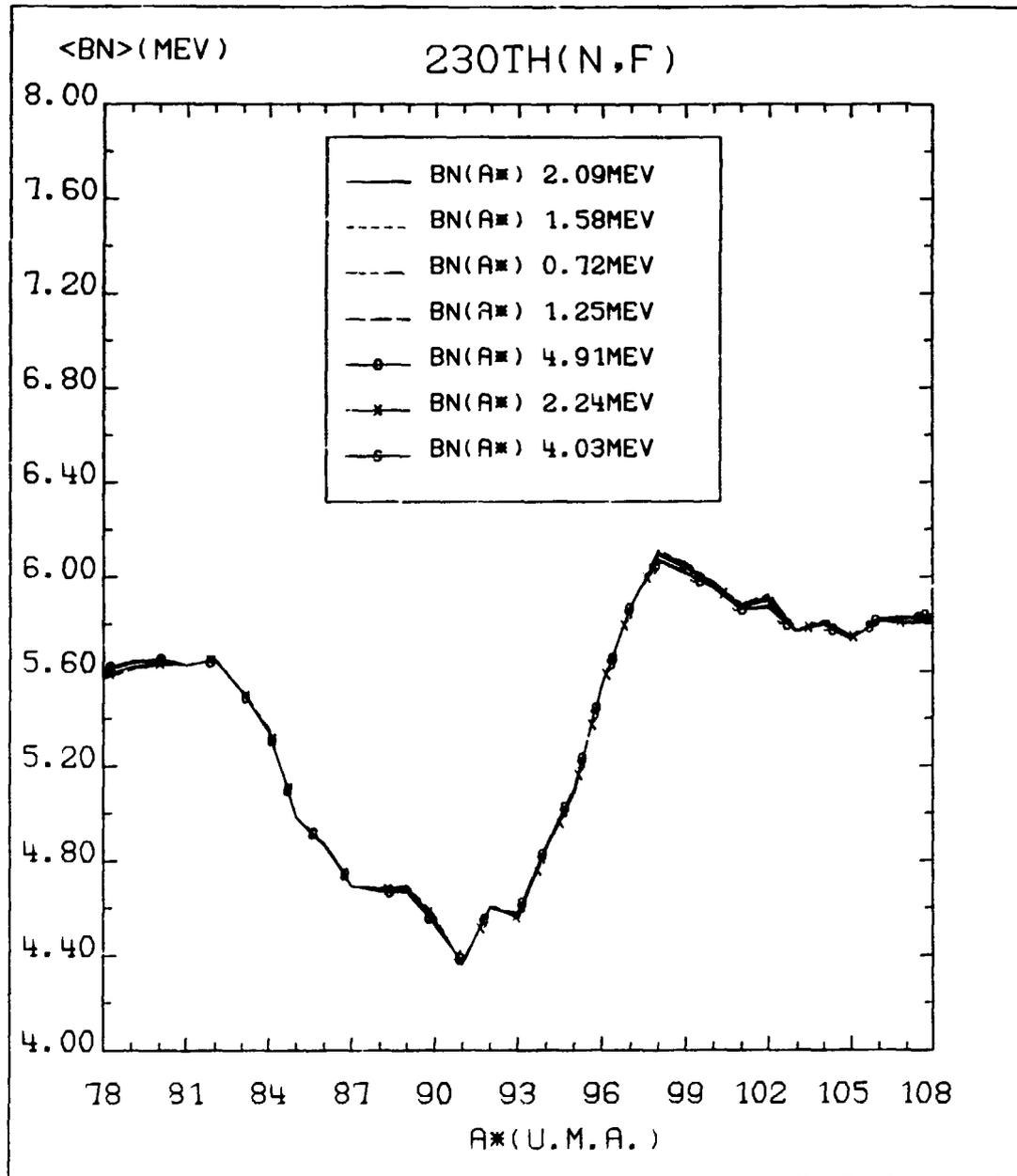
B-III-4-FIGURE 1

Variation de $\langle Q \rangle$ en fonction de la masse du fragment léger pour la fission de $^{231}\text{Th}^*$ calculée dans le cadre d'une formulation de Wahl sans effet pair-impair et sans effet de couches.



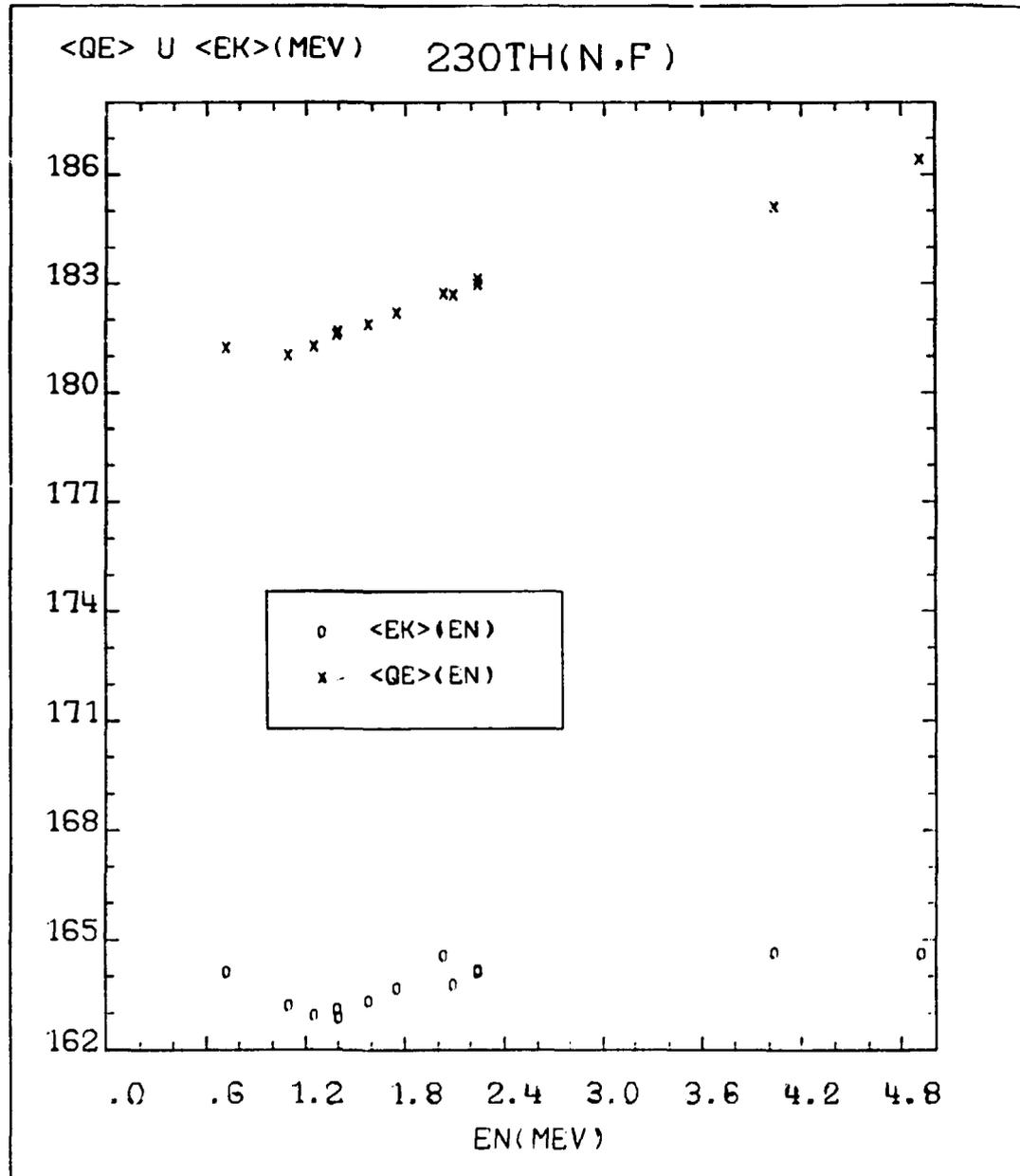
B-III-4-FIGURE 2

Evolution de l'énergie disponible pour l'émission de neutron et de rayons gamma prompts de fission en fonction de la masse du fragment léger pour sept énergies de neutrons incidents.



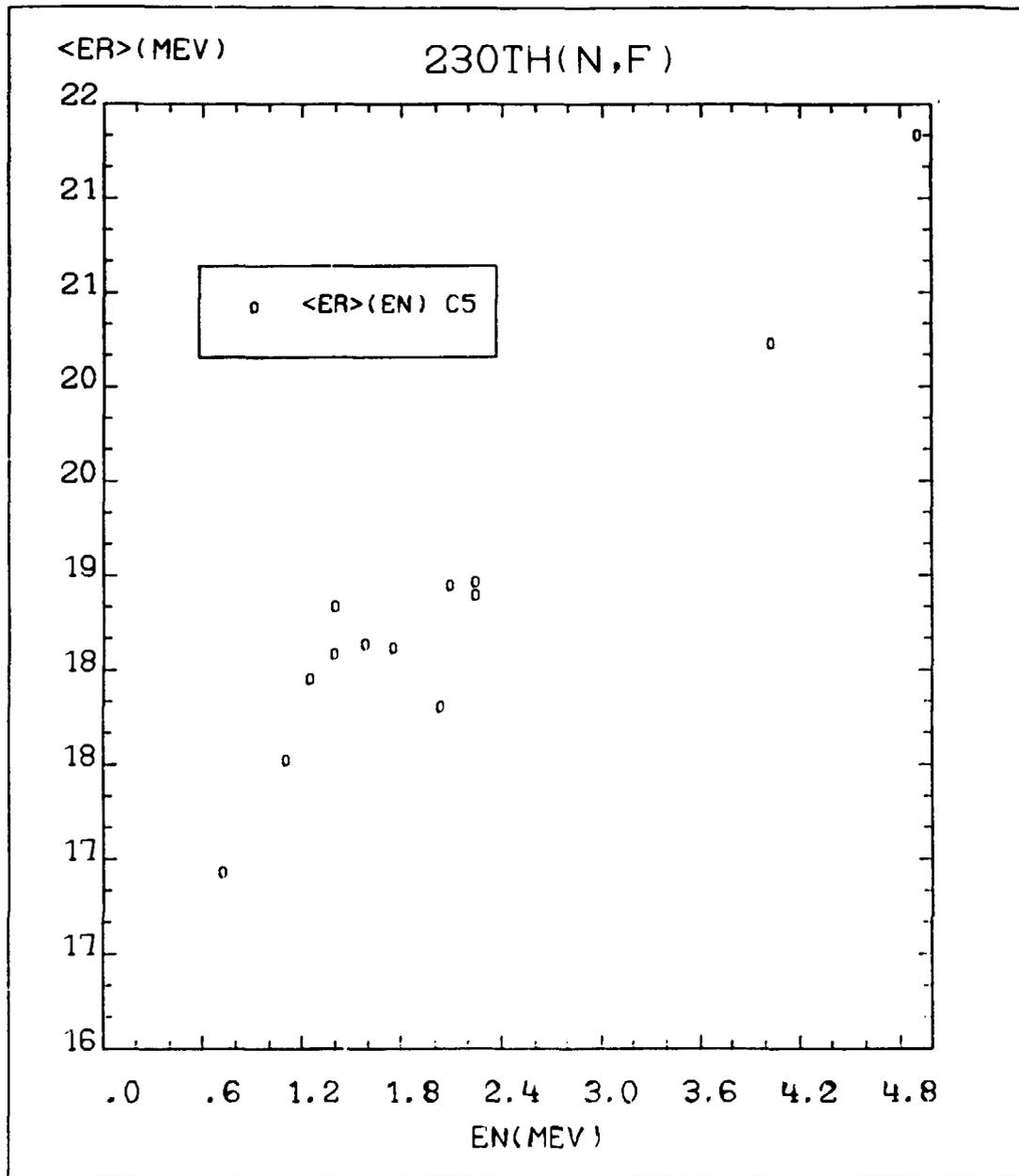
B-III-4-FIGURE 3

Comparaison, pour sept énergies de neutrons incidents, de l'évolution, en fonction de la masse du fragment léger, de l'énergie moyenne de liaison d'un neutron prompt de fission.



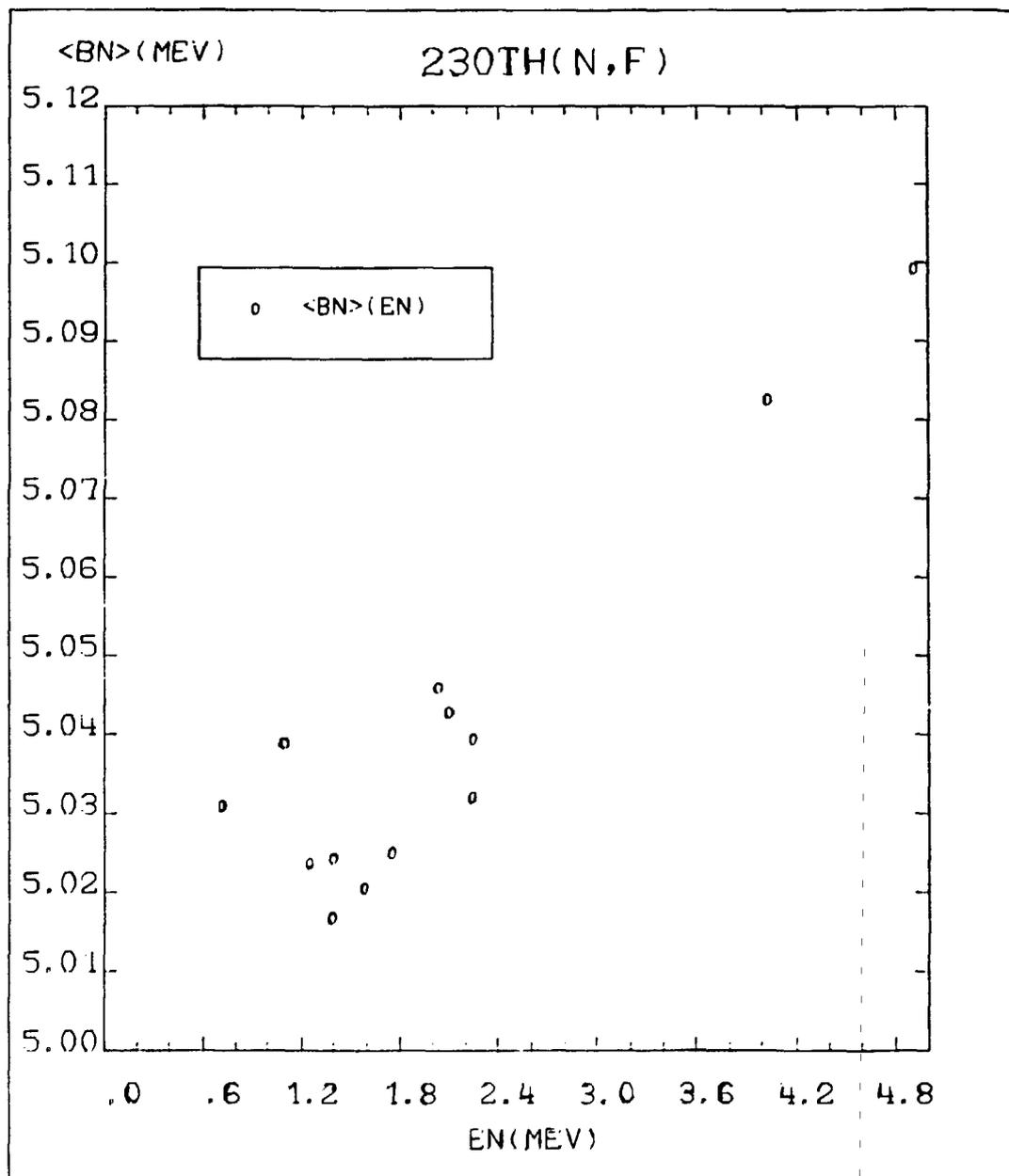
B-III-4-FIGURE 4

Comparaison de l'évolution, en fonction de l'énergie des neutrons incidents, des valeurs moyennes obtenues pour l'énergie cinétique totale et pour l'énergie totale disponible dans le centre de masse.



B-III-4-FIGURE 5

Evolution de l'énergie moyenne disponible pour l'émission de neutrons et de rayons gamma prompts en fonction de l'énergie des neutrons incidents.



B-III-4-FIGURE 6

Evolution de l'énergie moyenne de liaison d'un neutron prompt de fission en fonction de l'énergie des neutrons incidents.

B-III-5-Etude expérimentale des structures fines dans les résonances de fission de ^{233}Th à l'aide de la réaction $^{232}\text{Th}(d, pf)^*$

(J. BLONS⁺, B. FABBRO⁺, J.M. HISLEUR⁺, C. MAZUR⁺, Y. PATIN, D. PAYA⁺, M. RIBRAG⁺, A. GREINER⁺, J. JULIEN⁺)

Experimental study of the fine structures in the ^{233}Th fission resonances from the $^{232}\text{Th}(d, pf)$ reaction

The proton spectrum (of the $^{232}\text{Th}(d, pf)$ reaction has been measured on the Q3D magnet analyser Saclay facility. The measured cross sections are compared with the $^{232}\text{Th}(n, f)$ results. The same fine structures are observed in both reactions with an enhancement of higher spins in the (d, pf) reaction.

L'analyse des structures fines dans la section efficace de la réaction $^{232}\text{Th}(n, f)$ tend à démontrer l'existence d'un troisième minimum dans les barrières de fission de ^{233}Th [1]. Afin de compléter les informations sur ces barrières, nous avons entrepris de mesurer le spectre des protons émis lors de la réaction $^{232}\text{Th}(d, pf)$. Ce type de réaction, apportant plus de moment angulaire dans le noyau fissionnant, permet d'exciter des états de spin plus élevés que ceux excités avec des neutrons incidents [2].

Le dispositif expérimental est très similaire à celui décrit précédemment [3]. Le faisceau de deutons de 13 MeV est délivré par le tandem Van de Graaff de Saclay. La cible de ^{232}Th de $130 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ déposée sur un support de polyimide recouvert d'or, a été préparée par le B.C.M.N. de Geel. Les fragments de fission sont détectés à l'avant de chaque côté du faisceau, par 2 détecteurs à gaz à plaques parallèles, ceux-ci permettant de mesurer la distribution angulaire des fragments. L'utilisation de deux compteurs à localisation de part et d'autre du plan focal du Q3D nous permet de calculer la trajectoire des protons et donc leur énergie et de corriger les coïncidences proton-fission de leur temps de vol dans le spectromètre. La résolution en énergie obtenue sur l'ensemble de l'expérience était d'environ 8 keV.

⁺ DPh-N/MF - CEN-SACLAY

* Ce travail a été effectué en collaboration avec le Service DPh-N/MF du CEN de Saclay.

La Figure 1 présente le spectre de protons en coïncidence avec les fragments correspondant à une énergie d'excitation de ^{233}Th comprise entre 6,3 et 6,45 MeV. Ce spectre est comparé aux résultats expérimentaux obtenus à partir de la réaction (n,f) [1]. Nous avons aussi reporté les états de rotation proposés lors de l'analyse de la réaction $^{232}\text{Th}(n,f)$. Il apparaît que l'on retrouve les mêmes structures fines dans les deux cas et qu'en plus les moments angulaires plus élevés sont favorisés dans la réaction (d,pf), particulièrement les états $5/2^-$ et $7/2^-$.

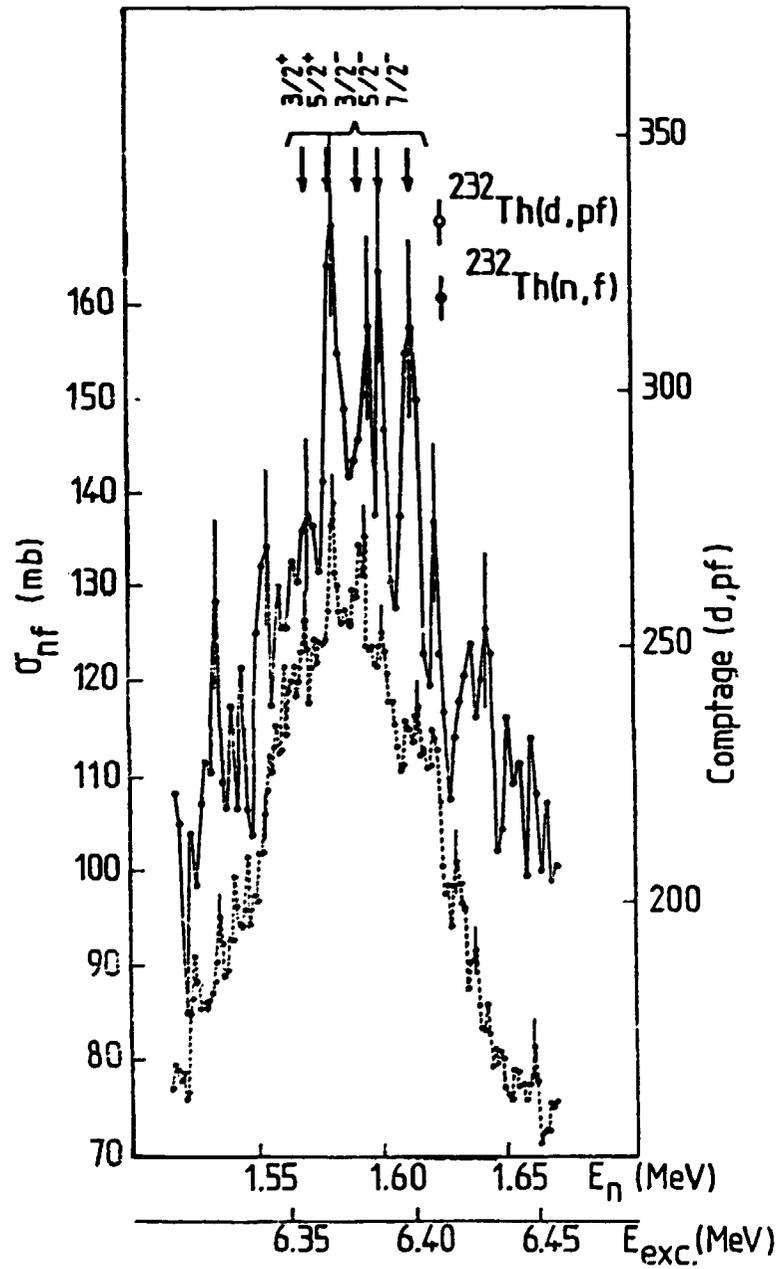
Enfin la mesure des distributions angulaires des fragments nous permet de séparer les diverses composantes de spin. La Figure 2a (2b) présente les spectres de protons en coïncidence avec les fragments émis entre 0 et 30° (40° et 70°) par rapport à la direction de recul de ^{233}Th . Les canaux ont été groupés pour obtenir une meilleure statistique au détriment de la résolution. Malgré cette perte de résolution on observe que dans le 1er cas (fig. 2a) les niveaux de spin supérieur ou égal à $7/2$ sont favorisés, alors que dans le second (fig. 2b) ce sont les niveaux de spin plus faible qui apparaissent.

Ces résultats sont actuellement en cours d'analyse et devraient permettre de préciser les barrières trouvées dans les expériences du type (n,f).

Une mesure similaire $^{230}\text{Th}(d,pf)$ est actuellement en cours sur le tandem de Saclay. Les premiers résultats semblent faire apparaître des structures fines isolées correspondant à des excitations des bandes de rotation pour des moments angulaires $l = 5$ ou 6 .

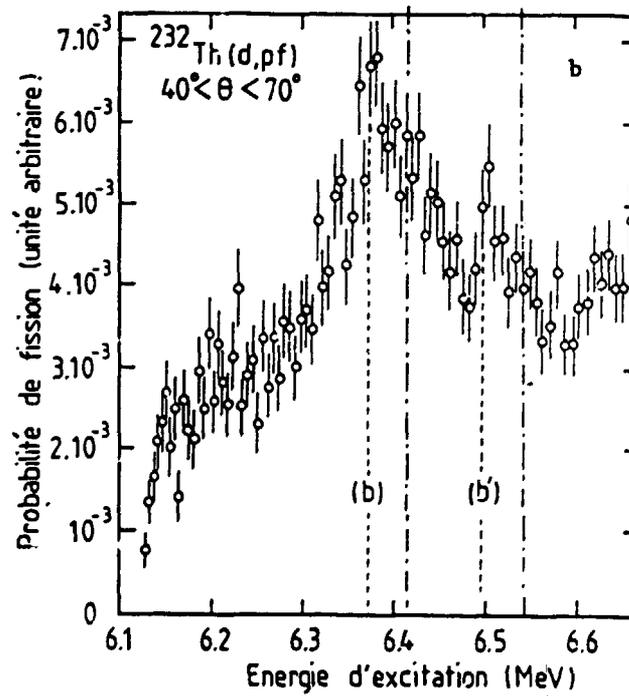
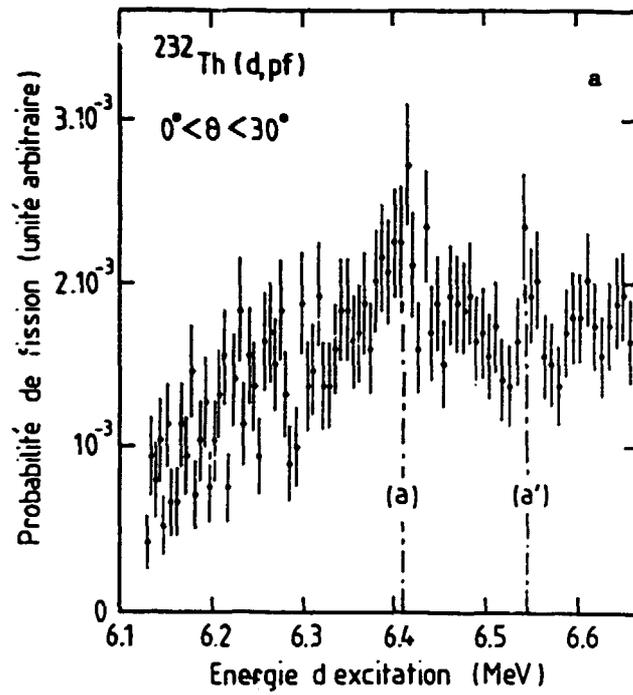
REFERENCES

- [1] - J. BLONS, Thèse d'Etat, Université Paris Sud, Mai 1982.
- [2] - Y. PATIN, ce compte rendu chap. B-III-6.
- [3] - P. BLOCH, Y. PATIN, J.P. LOCHARD, C. HUMEAU, S. SEGUIN, G. DALBERA, G. HAOUAT
Note CEA-N-2214, NEANDC (E) 222 "L" (1981) p. 136.
- B. FABBRO, A. GREINER, J. JULIEN, C. MAZUR, Y. PATIN, D. PAYA, M. RIBRAG,
Note CEA-N-2284, NEANDC (E) 232 "L" (1982) p. 94.



B-III-5-FIGURE 1

Comparaison des résultats expérimentaux obtenus en réactions (n,f) ϕ et (d,pf) ϕ . Les niveaux de rotation déduits de l'analyse de la réaction $^{232}\text{Th}(n,f)$ sont indiqués par des flèches.



B-III-5-FIGURE 2

Spectre des protons en coïncidence avec les
fragments de fission émis

a) entre 0 et 30° - b) entre 40 et 70°

B-III-6-Calcul des sections efficaces des réactions $^{232}\text{Th}(d, pf)$ et $^{230}\text{Th}(d, pf)$.

(Y. PATIN)

Cross section calculation for the $^{232}\text{Th}(d, pf)$ and $^{230}\text{Th}(d, pf)$ reactions.

The excitation function of the ^{232}Th and $^{230}\text{Th}(d, pf)$ reactions has been calculated using the RDF code of Bruyères-le-Châtel.

In a first step, we have calculated the level feeding as a function of the excitation energy, spin and parity (E, J, M) of the fissioning nucleus. This calculation has been done with the DWUCK code. The fission barrier shapes which were used are those deduced from $^{232}\text{Th}(n, f)$ measurements.

A la suite des mesures de section efficace des réactions $^{232}\text{Th}(d, pf)$ et $^{230}\text{Th}(d, pf)$ [1] nous avons entrepris une interprétation théorique des fonctions d'excitation de ces réactions.

Dans une première étape, nous avons calculé les sections efficaces de formation directe du noyau résiduel dans la réaction (d,p) à l'aide de la méthode D.W.B.A. (code DWUCK) [2]. Les paramètres du modèle optique pour les voies d'entrées du deuton et de sorties du proton sont ceux compilés par PEREY et al. [3]. Dans la gamme d'énergie d'excitation qui nous intéresse et dans les noyaux du thorium, les états à 1 neutron du modèle de Nilsson ont des nombres quantiques principaux $N = 6$ ou 7 . Pour simplifier, nous avons adopté des fonctions d'ondes de l'oscillateur harmonique sphérique pour lesquelles le nombre de noeuds n correspond aux couches principales des niveaux de Nilsson (si ℓ est le moment orbital, on a pris $n = (N - \ell)/2$ avec $N = 6$ ou 7). Cette simplification se justifie par le fait qu'un grand nombre de niveaux participent à la réaction et que la fonction d'onde de chacun de ces niveaux est une superposition des fonctions d'ondes de l'oscillateur harmonique sphérique. Le programme DWUCK n'étant pas prévu pour calculer des états finaux dans le continuum, ces fonctions d'onde ont été calculées pour une excitation dans le puits de potentiel un peu inférieure à l'énergie de liaison du neutron. L'énergie du proton sortant était calculée en supposant une variation de l'énergie d'excitation dans le noyau composé de 6 à 7 MeV pour le ^{233}Th et de 5,5 à 6,5 MeV pour le ^{231}Th .

La Figure 1 montre les sections efficaces calculées pour une énergie de deutons de 13 MeV, en fonction du spin du noyau résiduel de ^{233}Th à une énergie d'excitation de 6,5 MeV et la Figure 2 pour le noyau résiduel de ^{231}Th à une énergie d'excitation de 5,84 MeV. On remarquera que les moments angulaires transférés ℓ les plus probables sont compris entre 2 et 4 \hbar . Bien que les distributions de spin restent sensiblement les mêmes, les calculs montrent une variation non négligeable des sections efficaces en fonction de l'énergie d'excitation. Nous avons tenu compte de ces variations pour le reste du calcul.

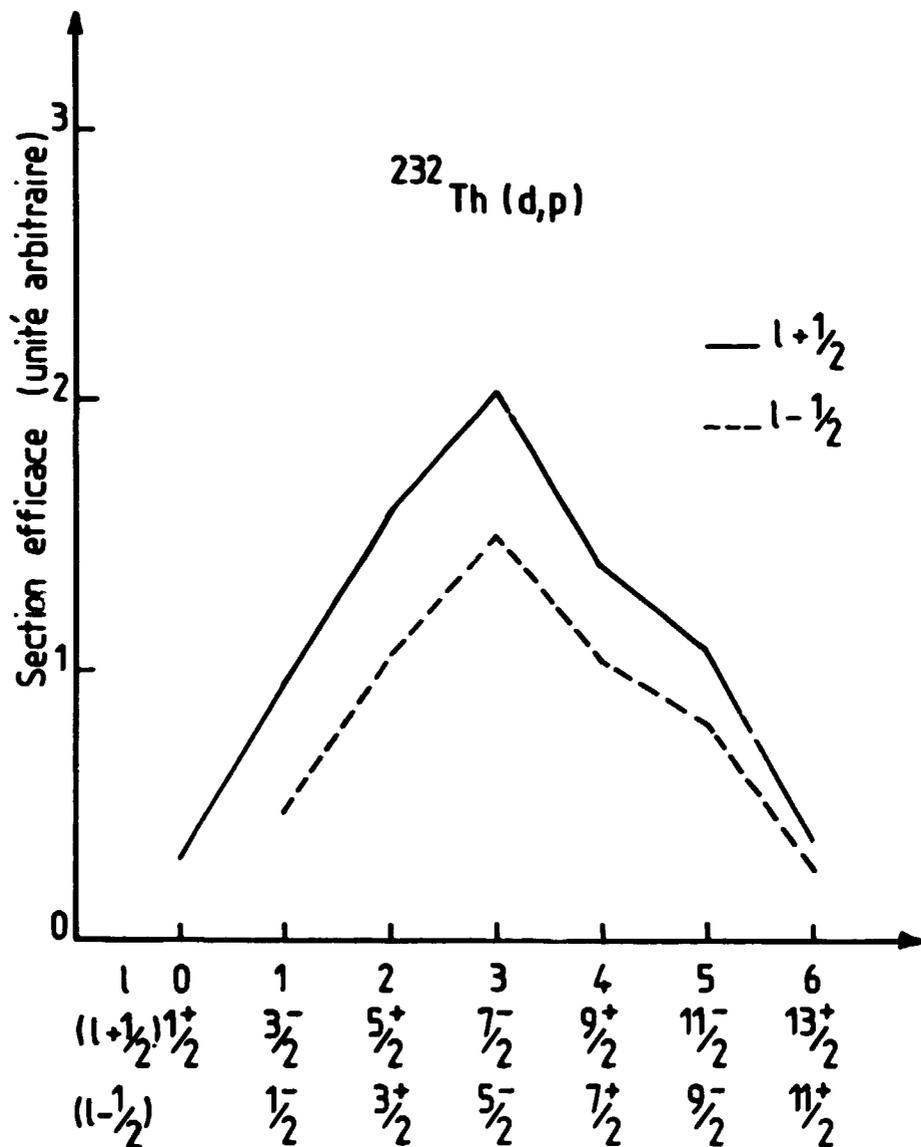
Dans la deuxième étape, nous avons utilisé le code RDF [4] pour calculer les pénétrabilités des barrières de fission. Ce programme calcule la décroissance par émission de rayons γ , de neutrons et par fission du noyau résiduel issu de la réaction (d,p). La population des différents états d'énergie spin et parité (E,J, π) déduite du calcul type D.W.B.A. est introduite comme donnée d'entrée du programme RDF.

Les Figures 3 et 4 montrent les sections efficaces de réaction (d,pf) relatives calculées pour le ^{232}Th et le ^{230}Th . Les barrières utilisées dans ces calculs sont celles déduites des mesures en réaction (n,f) [5]. A titre de comparaison nous avons rapporté sur les Figures 3 et 4 les sections efficaces de fission induites par neutrons et calculées avec les mêmes barrières. Les petites différences par rapport aux résultats publiés [5] sont dues à de faibles écarts sur la position des divers niveaux des bandes de rotation. Dans notre cas l'énergie des niveaux est calculée en supposant la valeur $\hbar^2/2J = 2$ keV sans aucun ajustement sur la position de ces niveaux.

La présence, dans les spectres expérimentaux de la réaction (d,pf) [1], de structures fines proches des énergies prévues par le calcul semble confirmer l'existence des bandes de rotation trouvées en réactions (n,f). Un ajustement du calcul sur ces résultats ainsi que ceux du processus (n,f) devrait permettre de mieux préciser les barrières de fission.

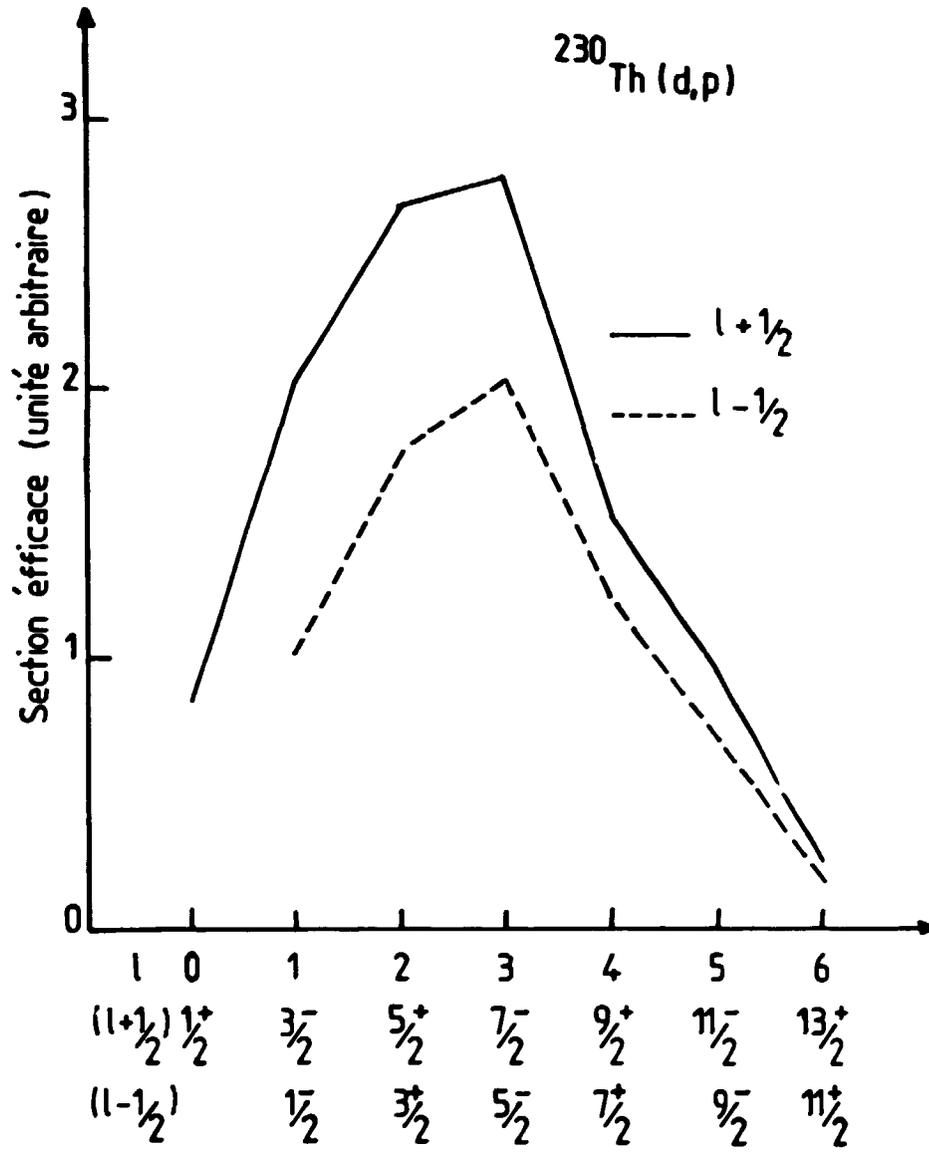
REFERENCES

- [1] - J. BLONS, B. FABBRO, J.M. HISLEUR, C. MAZUR, Y. PATIN, D. PAYA, M. RIBRAG, A. GREINER, J. JULIEN, cf. ce compte rendu, chap. B-III-5.
- [2] - ROBBINS, FLEMING et MOINESTER, code DWBA DWUCK, version de 1968.
- [3] - C.M. PEREY et F.G. PEREY, Nucl. data Tables 17 (1976) 1.
- [4] - J. JARY, Rapport NEANDC (E) 232 "L" (1982) 147.
- J. JARY, Note interne P2N 145/81 (Février 1981).
- [5] - J. BLONS, Thèse d'Etat, Université Paris-Sud, mai 1982.



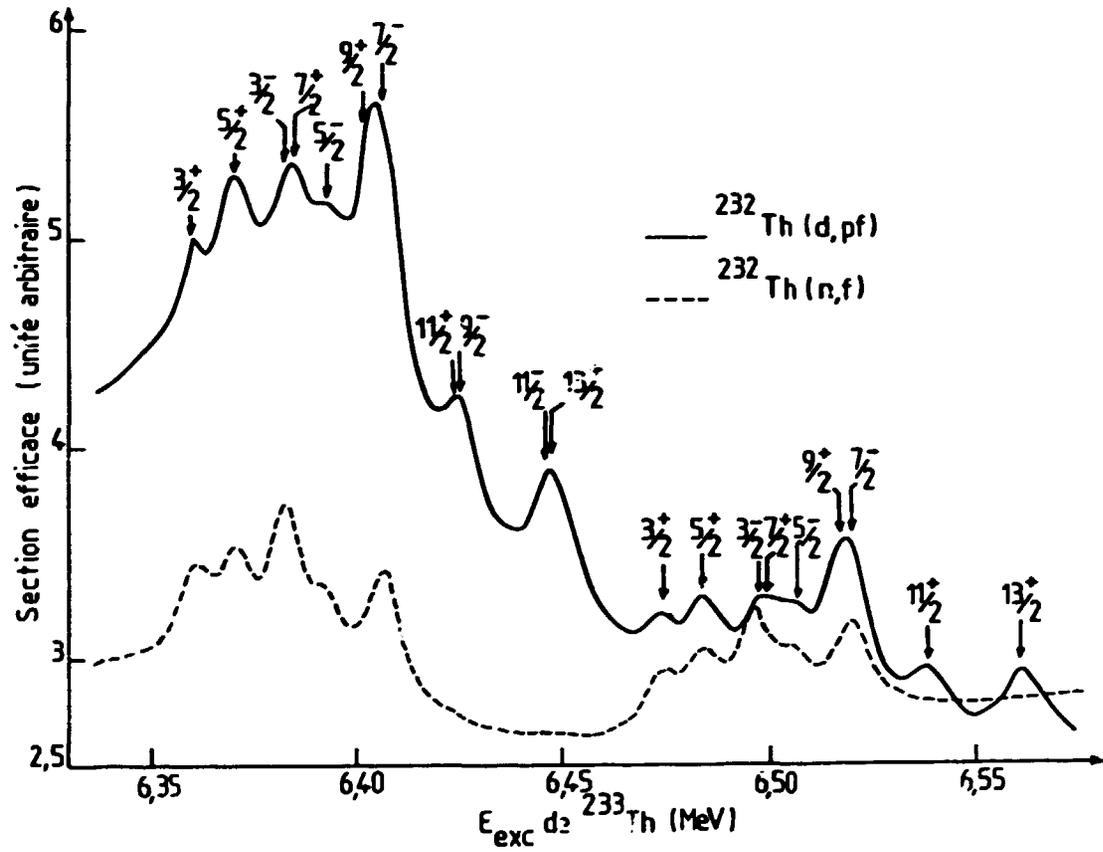
B-III-6-FIGURE 1

Sections efficaces de réaction directe $^{232}\text{Th}(d,p)$ calculées en fonction du spin du noyau résiduel. L'énergie des deutons incidents est de 13 MeV et l'énergie d'excitation de ^{233}Th est de 6,5 MeV et l'angle de détection du proton est de 130° .



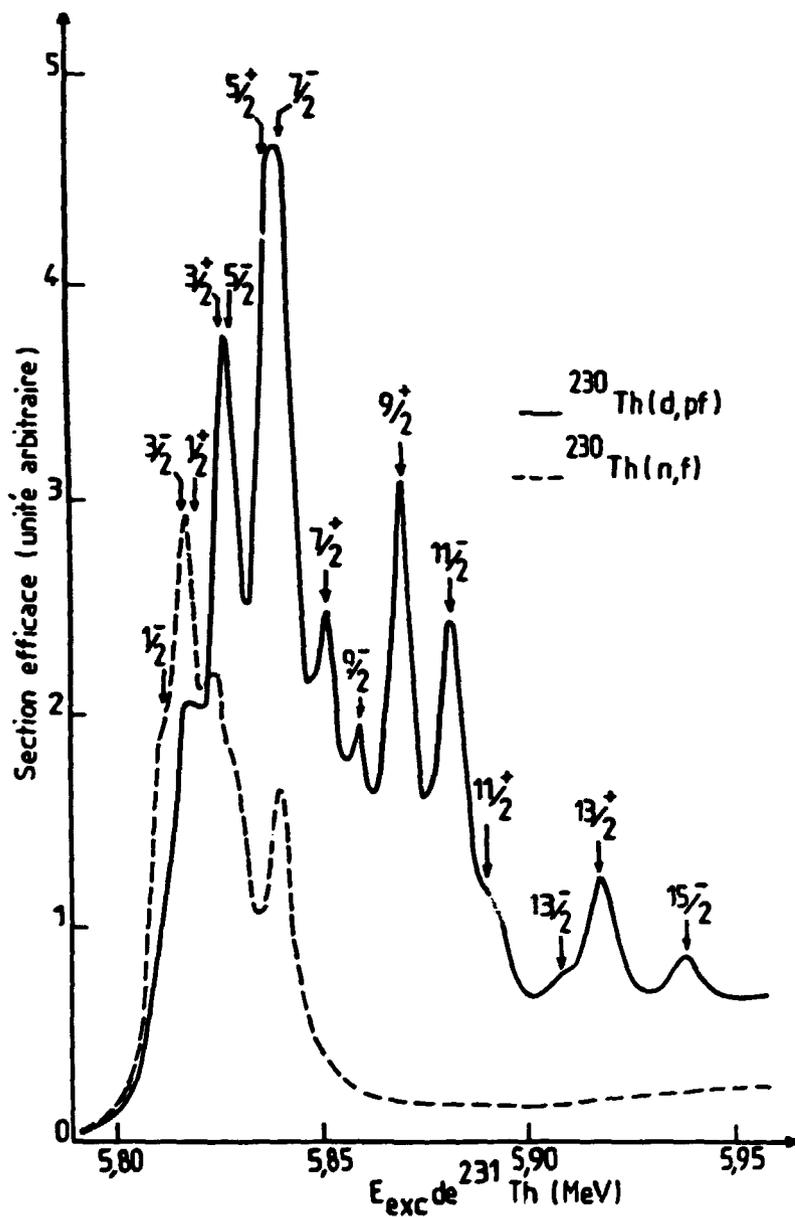
B-III-6-FIGURE 2

Même commentaire que la Figure 1 pour la réaction $^{230}\text{Th}(d,p)$.
 L'énergie d'excitation de ^{231}Th est de 5,84 MeV.



B-III-6-FIGURE 3

Comparaison des sections efficaces de réaction $^{232}\text{Th}(d,pf)$ et $^{232}\text{Th}(n,f)$ calculées. Les barrières utilisées dans ce calcul sont celles déduites des mesures (n,f) [5].



B-III-6-FIGURE 4

Même commentaire que la Figure 3 pour la réaction $^{230}\text{Th}(d,pf)$ et $^{230}\text{Th}(n,f)$.

B-IV-ETUDE DES REACTIONS ENTRE IONS LOURDS
STUDY OF HEAVY ION INDUCED REACTIONS

B-IV-1-CASIMIR : une chambre associée à un système d'identification et de mesure d'ions de réaction.

(A. PEGHAIRE, L. SINOPOLI, J.L. CHARVET, M. MORJEAN, F. SAINT-LAURENT*,
J.L. UZUREAU)

The CASIMIR set-up.

The CASIMIR set-up, designed to study collisions of heavy ions on SARA and GANIL, should be ready for full operation in 1983. It consists essentially of a new multipurpose reaction chamber associated with large size detectors.

La réalisation et la mise au point de l'ensemble CASIMIR se sont poursuivies au cours de l'année 1982. Ce dispositif destiné à l'étude des collisions entre ions lourds auprès des accélérateurs SARA (Grenoble) et GANIL (Caen), a déjà été décrit dans les deux précédents compte-rendus d'activités du Service P2N [1,2]. Il a été conçu principalement pour effectuer des mesures de coïncidences, avec des temps de comptage raisonnables, entre les différents fragments ou particules émis au cours de ces collisions. Ceci nous a conduit à réaliser d'une part, des détecteurs de grandes dimensions (chambre d'ionisation, compteur à plaques parallèles, détecteur de temps zéro à galettes de microcanaux, multidétecteur de particules légères) et d'autre part, une chambre à réaction qui leur soit adaptée. Nous donnons ci-après le point sur l'état d'avancement des travaux.

a)-Chambre à réaction.
.....

La chambre à réaction, dont les caractéristiques générales ont été données par ailleurs [1], a été livrée et testée sous vide au cours du premier trimestre 1982. Une fenêtre coulissante et un sas à cibles ont depuis complété son équipement. La fenêtre coulissante [2], solidaire de la grande chambre d'ionisation, prend place sur l'une des ouvertures latérales (de 85 mm de hauteur) pratiquées dans la virole cylindrique et permet la rotation (horizontale) de ce détecteur entre 12,5° et 117,5° (par rapport à l'axe du faisceau) sans casser le vide de l'installation. Le sas à cibles, disposé sur la coquille supérieure de la chambre, peut recevoir 6 cibles de diamètre utile $\phi = 20$ mm espacées de 32 mm. Le positionnement de ces cibles dans le faisceau est assuré par un système commandé par microprocesseur.

* Stagiaire Militaire.

b)-Chambre d'ionisation.
.....

La mise au point de la double chambre d'ionisation, similaire à celle développée à Darmstadt par SANN et al. [3], s'est poursuivie dans le cadre d'une collaboration avec le Service DPh-N/MF de SACLAY. Afin d'améliorer la résolution en angle (θ) obtenue précédemment ($\Delta\theta = 1,5^\circ$ avec les faisceaux disponibles auprès du tandem), nous avons modifié la structure interne de la double chambre. Ces modifications ont eu pour but d'augmenter l'homogénéité du champ électrique entre la cathode (désormais commune aux deux chambres) et la grille de Frisch. Ceci a été obtenu en :

- divisant par deux l'angle entre la cathode et chaque grille de Frisch,
- découpant la cathode en cinq éléments, chacun étant polarisé, par l'intermédiaire d'un pont de résistances, à la tension qui permet d'avoir la même valeur du champ électrique dans tout le détecteur,
- améliorant le dispositif d'anneaux de garde qui entoure la partie utile de la double chambre.

Des tests du détecteur dans sa nouvelle configuration ont été récemment effectués en utilisant un faisceau d' ^{16}O diffusé élastiquement par une cible d' ^{197}Au à des énergies incidentes de 30, 42 et 48 MeV. Ceux-ci ont montré que la résolution en θ avait été grandement améliorée ($\Delta\theta \approx 0,2^\circ$ à $0,3^\circ$) comme le montre la figure 1.

c)-Autres détecteurs.
.....

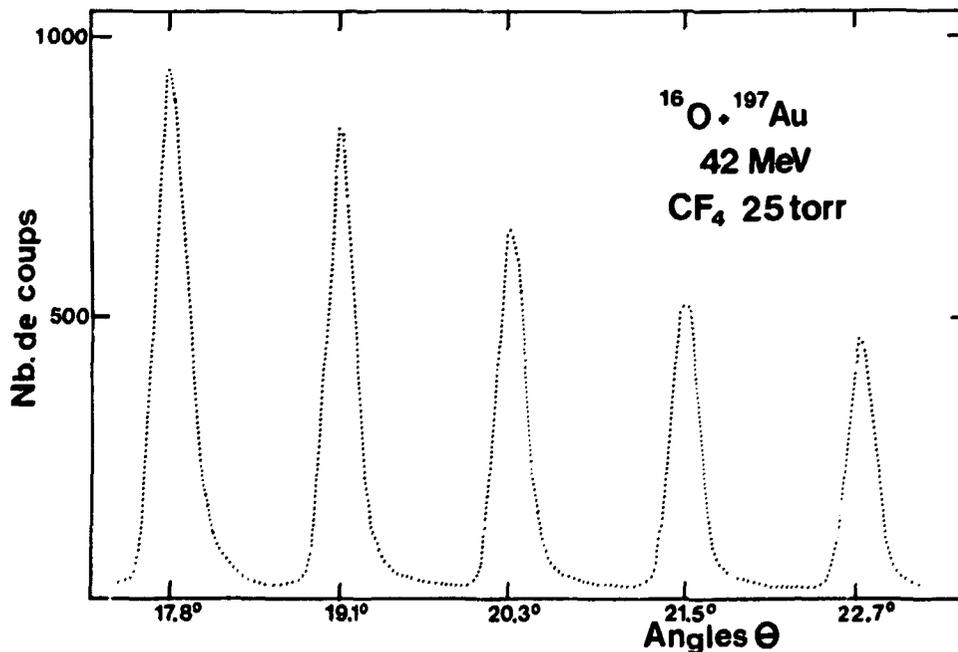
Parallèlement à ces développements, nous avons entrepris la réalisation d'un dispositif de temps de vol devant la chambre d'ionisation. Ainsi, un double détecteur "stop" à plaques parallèles de grande surface ($65 \times 390 \text{ mm}^2$ pour chaque partie) a déjà été réalisé et testé. La résolution en temps intrinsèque obtenue avec des ions ^{16}O de 42 MeV est ainsi satisfaisante ($\Delta t = 320 \text{ ps}$) mais susceptible d'améliorations après modification du compteur. En outre, nous avons pu vérifier que ce type de compteur pouvait supporter des taux de comptage importants ($5 \cdot 10^4$ coups/seconde) sans détérioration sensible de la résolution. Par ailleurs, un détecteur de temps zéro et de localisation à galettes de microcanaux (de diamètre 70 mm) est en cours de montage. Ce prototype, prévu pour l'équipement expérimental du spectromètre SPEG du GANIL [4], pourra être aussi utilisé avec le dispositif CASIMIR.

Rappelons enfin que ce dispositif doit être équipé d'un multidétecteur de particules et fragments légers (de charge inférieure ou égale à 6) disposé autour de 0° . Cet appareil, en cours de réalisation, fait l'objet d'une autre contribution à ce compte rendu d'activité [5].

L'ensemble expérimental CASIMIR doit entrer très prochainement dans sa phase d'exploitation. En effet, trois expériences acceptées par les Comifés d'Expériences de SARA et GANIL et nécessitant son utilisation sont prévues pendant le 1^{er} Semestre 1983. La figure 2 présente la configuration retenue pour la première expérience auprès de SARA.

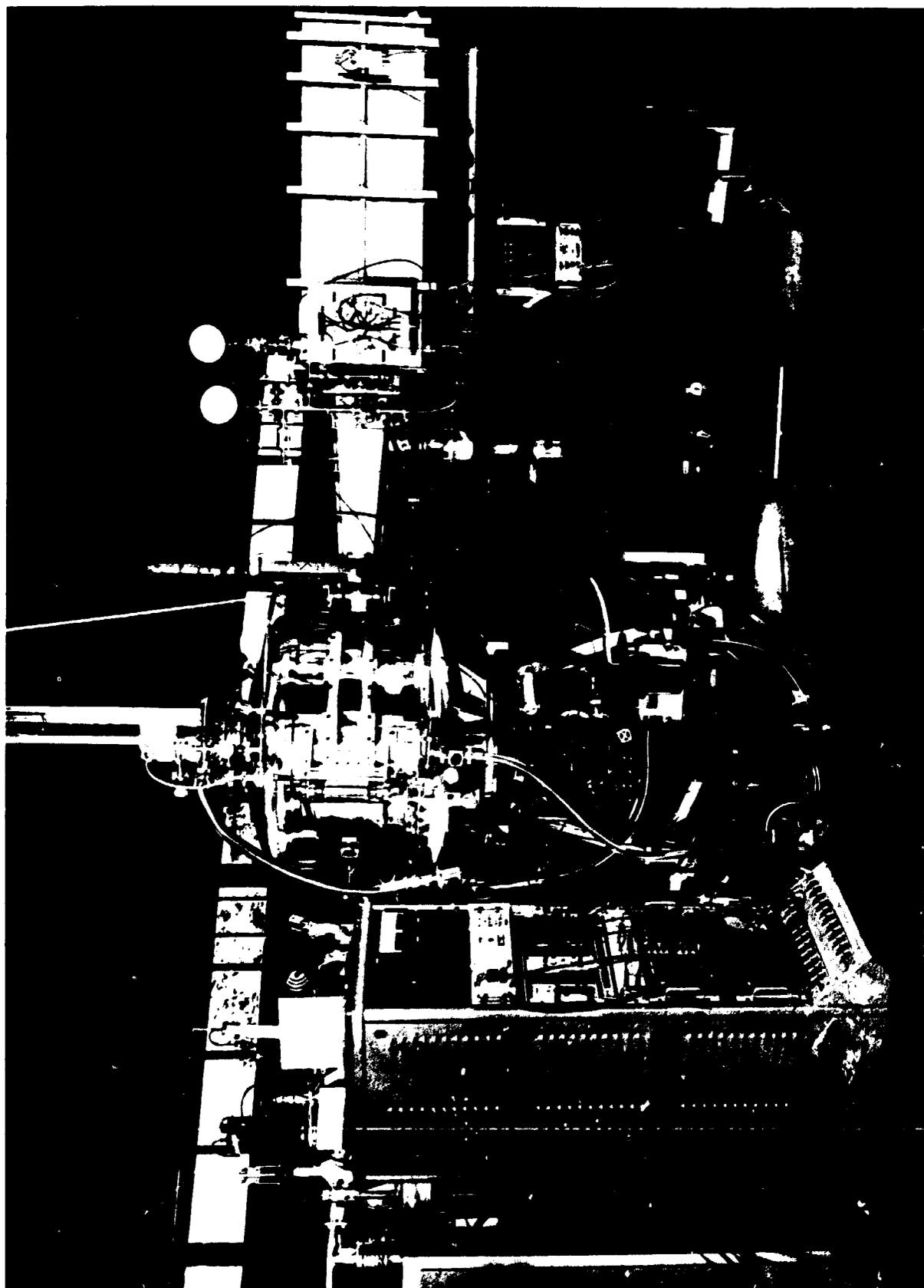
REFERENCES

- [1] - J.L. UZUREAU et al., Note CEA-N-2214 (Juillet 1981) p. 163. Note CEA-N-2284 (Mai 1982) p. 100.
- [2] - Note CEA-N-2284 (Mai 1982) p. 43.
- [3] - H. SANN et al., Nucl. Inst. Meth. 124 (1975) 509.
- [4] - Y. PRANAL et al., Chap. B-IV-3 de ce Compte Rendu.
- [5] - Y. PATIN et al., Chap. B-IV-2 de ce Compte Rendu.



B-IV-1-FIGURE 1

Localisation en θ . Spectre obtenu en utilisant la diffusion coulombienne d'un faisceau d' ^{16}O de 42 MeV sur une cible d'Au et en définissant des angles de mesure à l'aide d'un diaphragme (fentes de largeur angulaire $0,23^\circ$, espacées de $1,23^\circ$) positionné devant la fenêtre d'entrée de la chambre d'ionisation.



B-IV-1-FIGURE 2

L'ensemble expérimental CASIMIR.

B-IV-2-Réalisation d'un multidétecteur de particules chargées légères émises au cours de réactions entre ions lourds.

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

Multidetector achievement for the detection of light charged particles emitted in heavy ion collisions.

We have studied and carried out an hodoscope to detect light particle emissions in high energy heavy ion reactions. This detector consists of 32 thin scintillators optically coupled to 32 photomultipliers. Particles are identified by measuring the energy loss in the scintillators and the time-of-flight on a 1.3 m flight path. The 32 detectors can be distributed over the 75 cells of a cylindrical frame behind a titanium foil containing the reaction chamber vacuum. The maximum opening angle is 18° in the vertical plan and 53° in the horizontal plan.

Dans les réactions entre ions lourds avec des projectiles très énergétiques (30 à 100 MeV/A) l'on s'attend à ce qu'un grand nombre de particules légères soient émises. La question est de savoir si la grande quantité d'énergie disponible dans le système du centre de masse (plusieurs centaines de MeV) peut être dissipée par l'expulsion de quelques particules légères de grande vitesse, ou si le système se thermalise avant d'évaporer un grand nombre de particules [1]. Seule une mesure directe du nombre, de la nature et de l'énergie de ces particules peut apporter une réponse précise.

Nous avons entrepris l'étude et la réalisation d'un ensemble de 32 détecteurs de particules légères. Ce nombre de 32 détecteurs élémentaires doit nous permettre, pour un événement de multiplicité 12, de mesurer en moyenne 8,4 particules non empilées et d'avoir 10,2 détecteurs touchés [2].

Nous avons retenu la méthode du temps de vol pour mesurer la vitesse des particules, la charge Z de ces particules étant identifiée, dans une gamme comprise entre les protons et le carbone, par la mesure de leur perte d'énergie ΔE dans un scintillateur mince.

Chaque détecteur se compose d'un scintillateur plastique (NE 102) couplé optiquement à un photomultiplicateur rapide (XP 2020) par l'intermédiaire d'un guide de lumière (figure 1). Une résolution en temps de 0,5 ns doit nous

* Stagiaire Militaire

permettre, pour une base de vol de 1,3 m, d'obtenir une résolution en énergie d'environ 10% pour des particules de 100 MeV/A. La réponse lumineuse du scintillateur déduite des mesures à basse énergie [3] a pu être vérifiée sur une expérience faite au CERN avec un faisceau de ^{12}C de 70 MeV/A [4]. La figure 2 montre le spectre bi-paramétrique (temps de vol $\times \Delta E$) que l'on doit obtenir pour une épaisseur de scintillateur de 3 mm. On voit que l'on peut espérer une bonne discrimination pour les particules les plus lourdes, jusqu'à 20 à 30 MeV/A, et jusqu'à quelques MeV/A pour les plus légères.

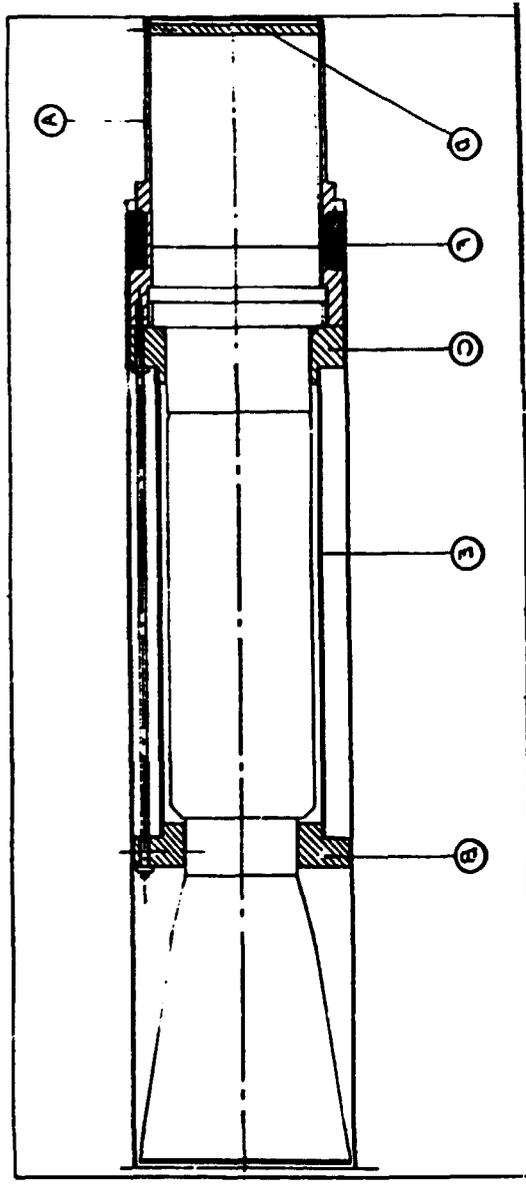
Afin d'éliminer les problèmes d'étanchéité au vide nous avons décidé de mettre les détecteurs derrière une paroi mince de titane qui isole les détecteurs du vide de la chambre. Cette feuille de titane de 1/10 mm est supportée par une carcasse métallique. De plus pour utiliser au mieux les possibilités de la chambre à réaction CASIMIR, nous avons réalisé un ensemble mécanique composé de 75 alvéoles qui couvre une ouverture de 18° dans le plan vertical et 53° dans le plan horizontal (figure 3). Ce dispositif permet soit de grouper les détecteurs autour de l'axe de sortie du faisceau, soit de mesurer une distribution angulaire. Une bride étanche assure le passage du faisceau dans une alvéole qui peut être choisie suivant la configuration expérimentale retenue.

L'électronique se compose essentiellement d'un codeur de charge et d'un codeur de temps pour chaque chaîne de détection. Le signal d'anode du photomultiplicateur est codé directement en amplitude et est envoyé sur un discriminateur rapide qui délivre le signal stop du codeur temps. Le signal start est fourni par la détection du fragment lourd associé aux particules légères. Un registre de coïncidences rapides permet de sélectionner les événements ayant une certaine multiplicité et, associé à un micro ordinateur (CAB), assure la logique de transfert des informations sur les lignes CAMAC vers le ordinateur d'acquisition.

Les seize premières chaînes de détections sont en cours d'essai et l'ensemble de la grosse mécanique doit être testé fin Février 1983, la totalité de l'appareillage devant être opérationnelle pour le mois de Mai 1983.

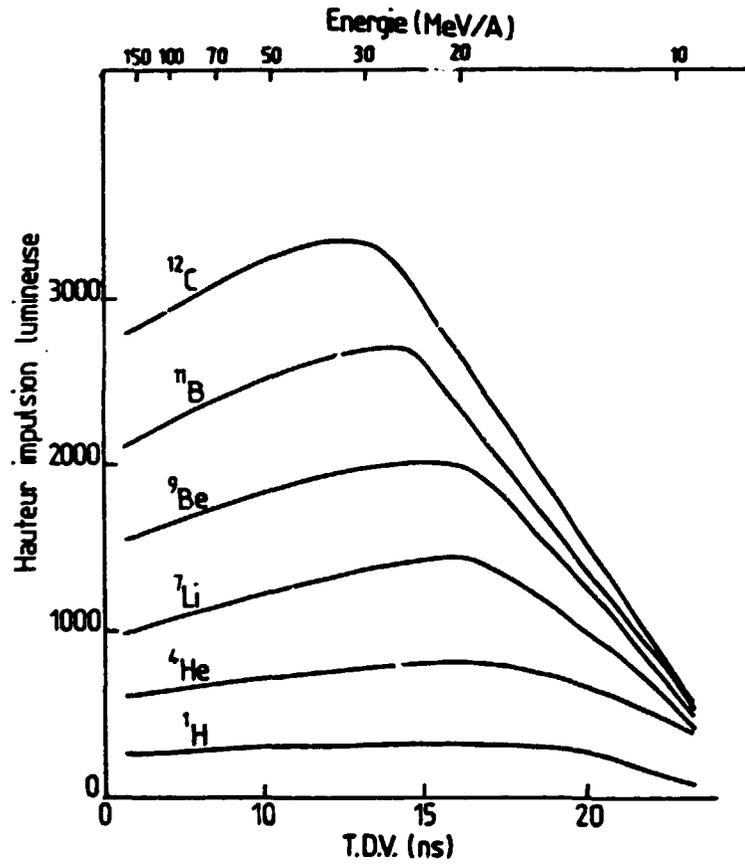
REFERENCES

- [1] - J.P. BONDORF, J.N. DE, A.O.T. KARVINEN, G. FAI et B. JACOBSON, Phys. Lett. 84B (1978) 162.
- [2] - C. PULCRANO, rapport interne (à paraître).
- [3] - F.D. BECCHETTI, C.E. THORN et M.J. LEVINE, Nucl. Inst. Meth. 138 (1976) 93.
- [4] - J. JULIEN, DPh-N/MF SACLAY, Communication privée.



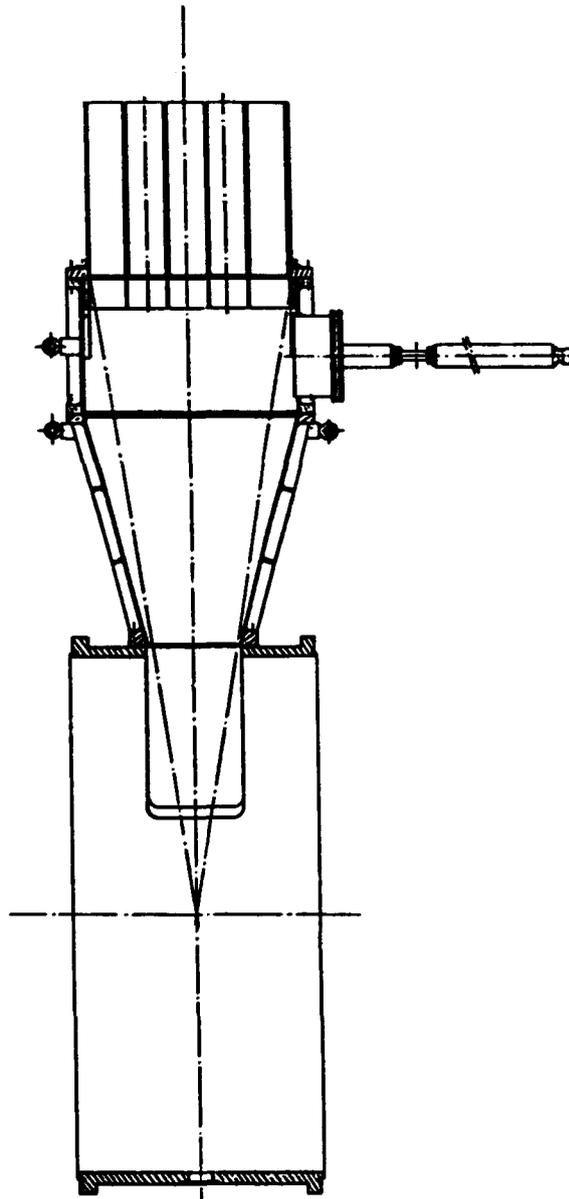
B-IV-2-FIGURE 1

Schéma de montage d'une chaîne de détection. Chaque chaîne se compose d'un scintillateur de 3 mm d'épaisseur et de 8 cm x 8 cm de côtés, couplé par un guide optique à un photomultiplicateur XP 2020 avec son pont associé.



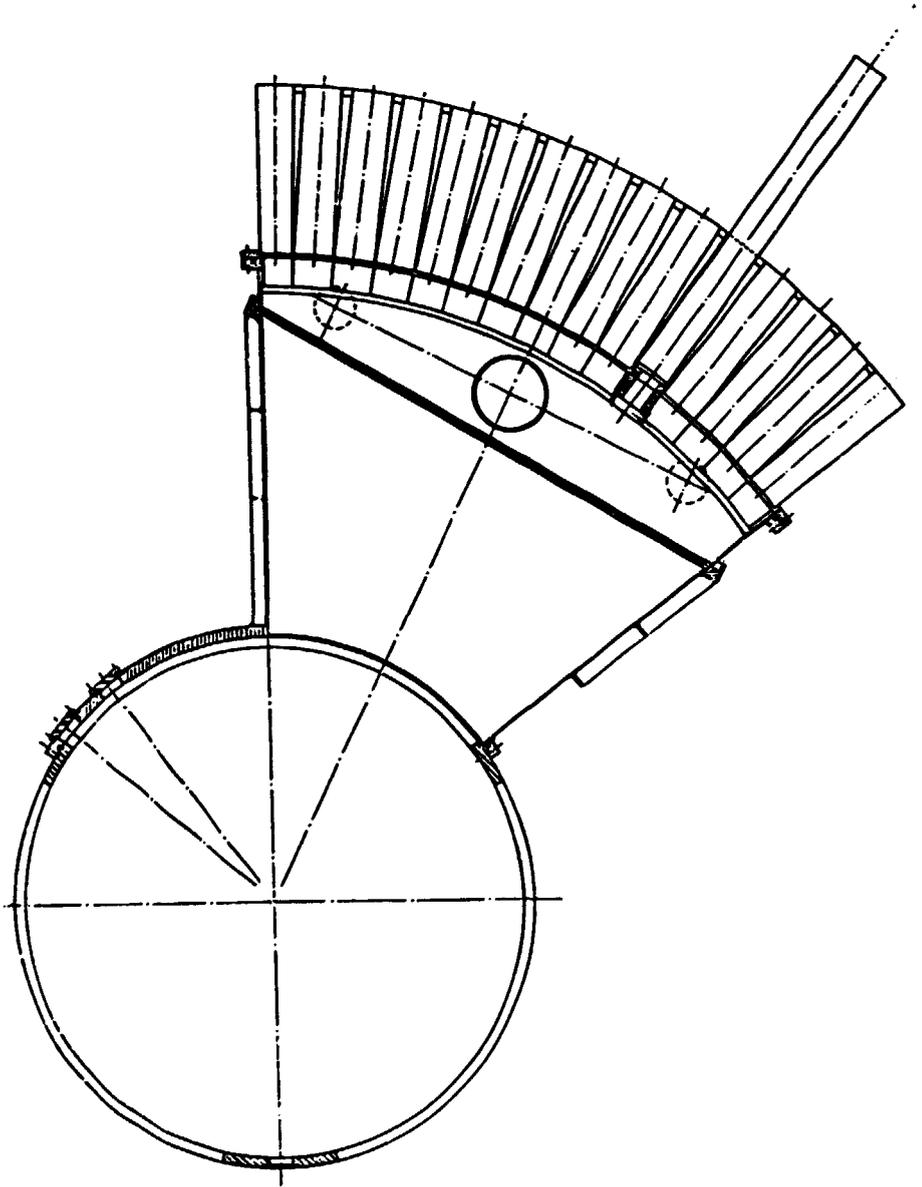
B-IV-2-FIGURE 2

Spectre de réponse biparamétrique (TDV X ΔE) des scintillateurs. La réponse en lumière L des scintillateurs a été calculée d'après BECCHETTI et al. [3]. L'énergie est calculée pour une base de vol de 1 m.



B-IV-2-FIGURE 3a

Plan d'ensemble du montage



B-IV-2-FIGURE 3b

Plan d'ensemble du montage

B-IV-3-Détecteur de temps zéro et de localisation à galettes de microcanaux.

(Y.PRANAL, J.P.LOCHARD, M.MORJEAN)

A position sensitive time detector using microchannel plates

A large area ($\varnothing 70\text{mm}$) position sensitive start detector has been carried out to be used in conjunction with the SPEG spectrometer of GANIL

Dans le cadre des équipements du spectromètre SPEG du GANIL, nous réalisons un détecteur permettant la détermination simultanée de l'instant de passage et de la position d'ions issus de réactions.

A partir d'un prototype [1] fondé sur le principe de la déflexion par un champ magnétique des électrons arrachés à une feuille mince [2] nous avons construit un ensemble de grandes dimensions permettant la détection des ions sur un diamètre de 70 mm et jusqu'à 1° en avant du faisceau incident.

Après accélération à 2 keV (Figure 1), les électrons sont défléchis par un champ magnétique de 24 G. Selon une trajectoire circulaire de rayon 6,25 cm jusqu'au plan focal [3] où sont placées des galettes de microcanaux de 70 mm de diamètre.

Après multiplication par les galettes, les électrons sont accélérés à travers 2 plans de fils orthogonaux (Figure 2) induisant des signaux permettant d'évaluer par division de charge la position des impacts ioniques sur la feuille émissive.

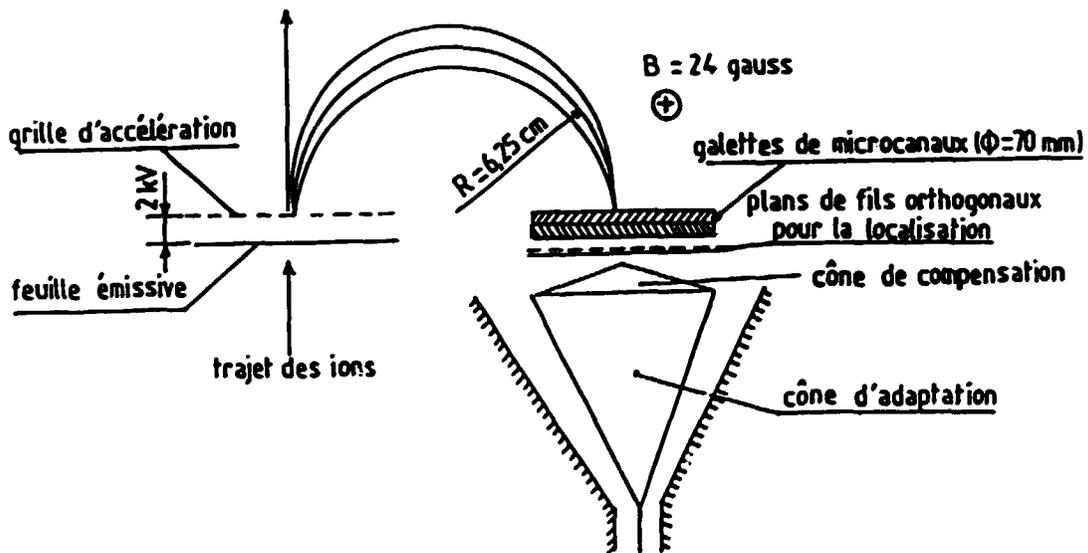
Les électrons sont ensuite réaccélérés jusqu'au cône d'adaptation où ils sont collectés, définissant ainsi, à une constante près, l'instant de passage des ions à travers la feuille émissive.

Comme les signaux délivrés par les galettes se situent dans le domaine des hyperfréquences, ils vont se propager en surface sur le cône d'adaptation. Ainsi, un signal partant du milieu du cône mettra plus longtemps à être collecté qu'un signal partant d'un bord. Cette différence de temps n'est plus négligeable sur un rayon de 35 mm (~ 100 ps). Afin de corriger cet effet, nous avons ajouté devant le cône d'adaptation un cône de compensation dont la forme est schématisée sur la Figure 1. Cette forme rend quasiment constante la somme du temps de transit des électrons (entre les galettes de microcanaux et le cône) et du temps de propagation en surface.

La construction du détecteur est achevée et les premiers essais sont en cours.

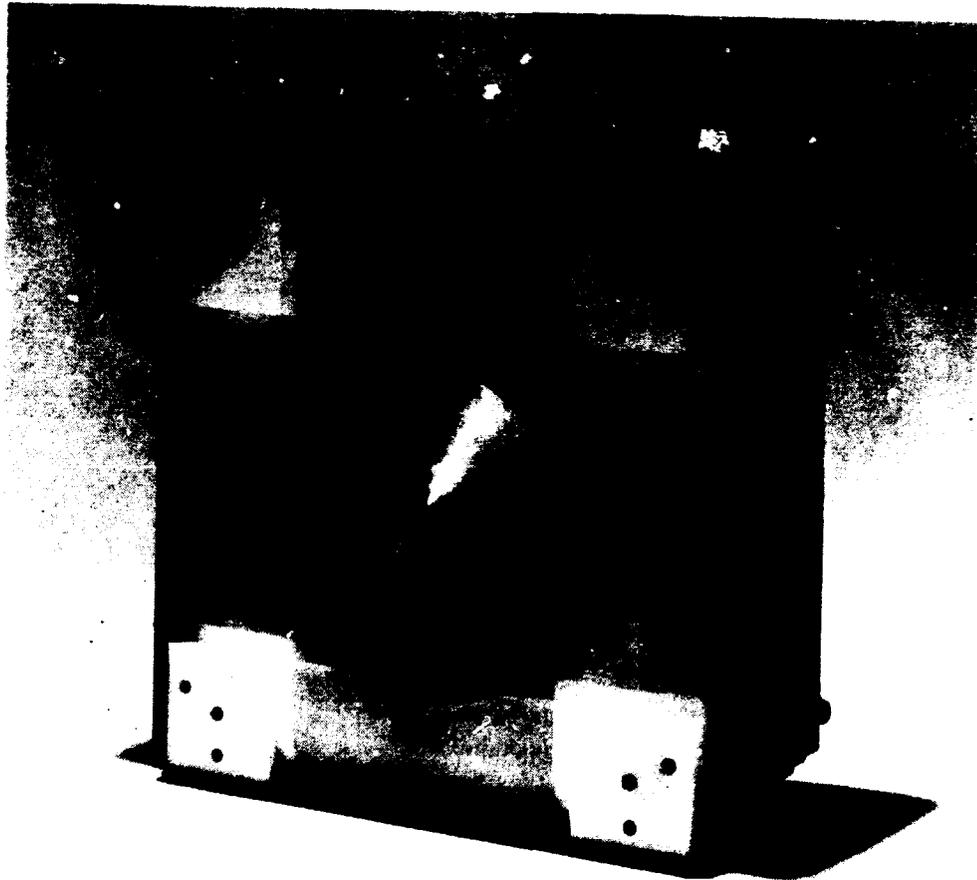
REFERENCES

- [1] - M. MORJEAN, Y. PRANAL, *Compte rendu d'activité 1981*, Note CEA-N-2284, p. 108.
- [2] - A.M. ZEBELMAN et al., *Nucl. Inst. Meth.* 141 (1977) 439.
- [3] - R. AVIDA et al., *Rev. Sci. Instrum.* 53 (1982) 1577.



B-IV-3-FIGURE 1

Schéma de principe du détecteur.



B-IV-3-FIGURE 2

Plans de fils pour la localisation.

3-IV-4-Etude du transfert de nucléons dans la réaction $^{24}\text{Mg} + ^{197}\text{Au}$ à 271 MeV.

(M.MORJEAN, J.L.CHARVET, M.BERLANGER*, V.BERNARD**, F.GUIBAULT⁺, C.LEBRUN⁺,
S.LERAY^{**}, R.LUCAS^{**}, C.MAZUR^{**}, C.NGO^{**}, A.OLMI⁺⁺, E.TOMASI^{**}, J.L.LJZUREAU)

*Investigation of nucleon transfer in the reaction $^{24}\text{Mg} + ^{197}\text{Au}$ at 271 MeV
We have used a 11.3 MeV/A ^{24}Mg beam to bombard a ^{197}Au target.
The light products were detected between 24° and 45° using a
large position sensitive ionization chamber. The results show an
unexpected contribution of elements with an atomic number lower
than $Z = 12$ with respect to liquid drop calculations.*

Un faisceau de ^{24}Mg de 271 MeV délivré par l'accélérateur ALICE d'Orsay a été utilisé pour bombarder une cible d'or de $185 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. Les produits légers issus de la réaction, de charges voisines de celle du projectile, ont été identifiés entre 24° et 45° dans le laboratoire à l'aide d'une grande chambre à ionisation de type SANN [1] mise au point par le DPh-N/MF de Saclay. Ce détecteur positionné à 1,10 m de la cible est subdivisé en deux parties (fonctionnant indépendamment l'une de l'autre) de 1,20 m de profondeur et couvrant chacune un angle solide de 25 msr (21° dans le plan de réaction et $\pm 3,5^\circ$ hors plan). Cette chambre est identique à celle qui compose l'ensemble expérimental CASIMIR développé dans le Service P2N [2]. La Figure 1 montre une carte $(E, \Delta E)$ intégrée sur le domaine angulaire ($24^\circ, 45^\circ$). Les événements correspondants au numéro atomique du projectile ont été soustraits. Nous observons une forte production d'événements de Z inférieurs à celui du projectile jusqu'à $Z = 4$, limite de détection du compteur, ainsi qu'une faible contribution d'éléments de $Z = 13$. Ceci apparaît de manière plus quantitative dans la Figure 2 où est représentée la distribution Z pour différentes valeurs d'angles dans le laboratoire ainsi que la distribution intégrée sur tout le domaine couvert. Ces observations sont relativement similaires à celles obtenues dans la réaction $^{20}\text{Ne} + ^{197}\text{Au}$ [3] à 12,6 MeV/A.

A plus basse énergie ($E < 10$ MeV/A) les transferts importants de nucléons sont attribués aux fragments issus de réactions très inélastiques. Les transferts de nucléons sont alors gouvernés par l'énergie potentielle du système composite.

* Université Libre de Bruxelles, B 1050, Belgique.

** DPh-N/MF, CEN-SACLAY, B.P. N° 2, 91191 GIF SUR YVETTE, France.

+ Institut de Physique, 2, Rue de la Houssinière, 44072 NANTES CEDEX

++ G.S.I., D 6100 Darmstadt, Germany.

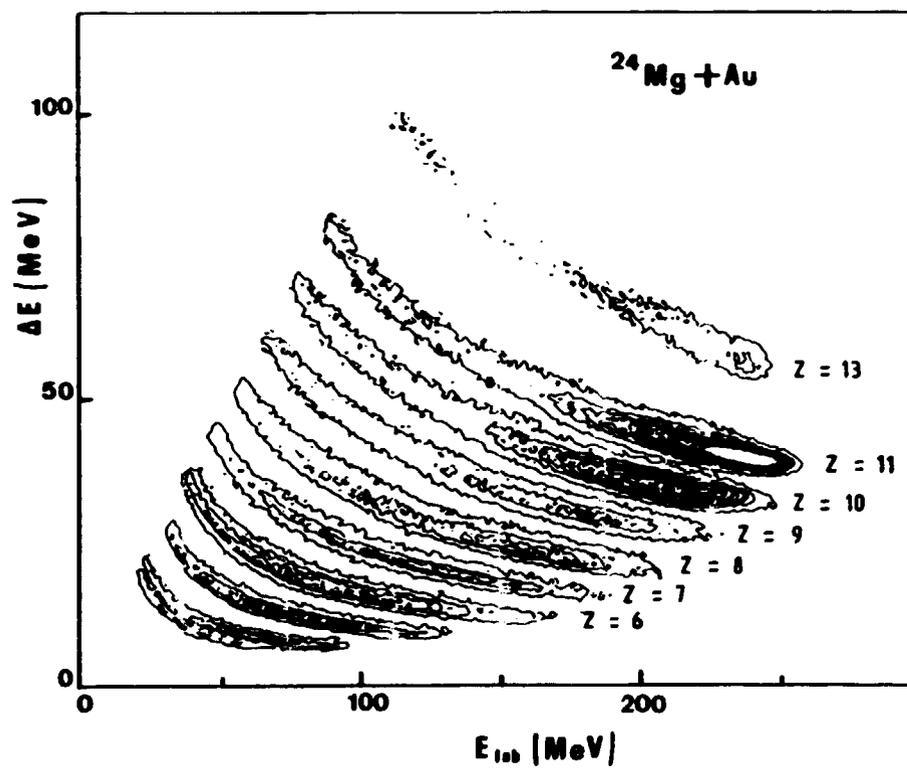
Nous avons représenté sur la Figure 3 en fonction de N et Z cette énergie calculée dans l'approximation de la goutte liquide pour le système Mg + Au. Il apparaît sur cette Figure que l'énergie potentielle du système n'autorise pas une distribution en Z aussi large que celle observée.

En conclusion, cette production anormale d'éléments très légers peut indiquer un changement notable dans les mécanismes de réaction au dessus de 10 MeV/A.

Cette étude a fait l'objet d'une communication [4] à la Conférence Internationale de SACLAY (1982).

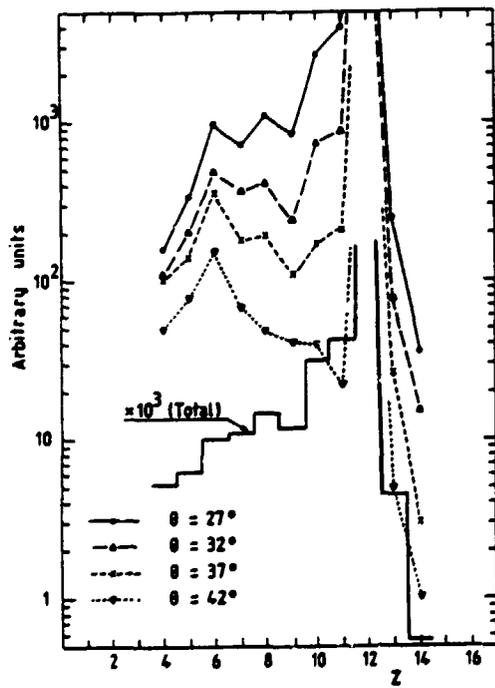
REFERENCES

- [1] - H. SANN et al., Nucl. Instr. and Meth. 124 (1975) 509.
- [2] - A. PEGHARE et al., Chap. B-IV-1 de ce Compte Rendu
- [3] - G.J. MATHEWS et al., Phys. Rev. C25 (1982) 300.
- [4] - M. MORJEAN et al. "International Conference on Selected Aspects of heavy ion reactions", SACLAY (3-7 Mai 1982). Note CEA-N-2296, p. 539.



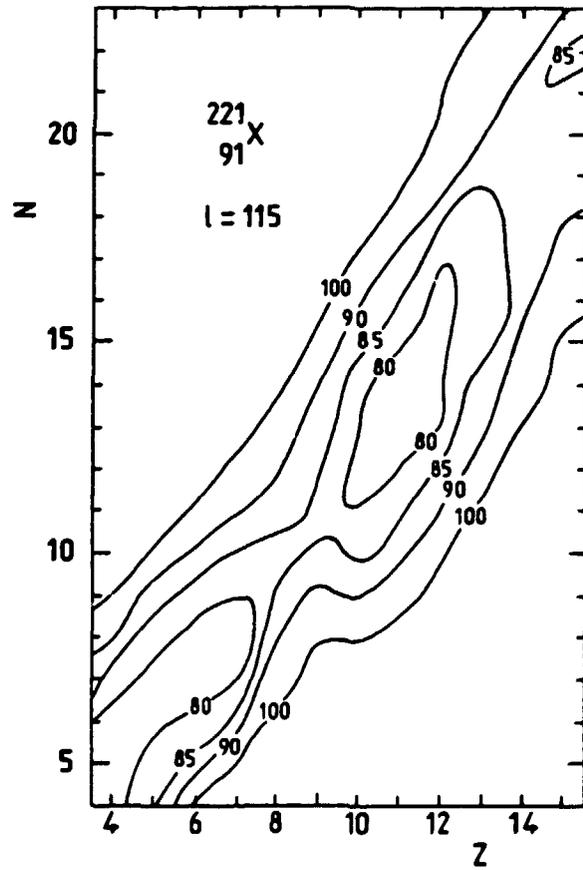
B-IV-4-FIGURE 1

Carte (E, ΔE) intégrée de 24° à 45°.



B-IV-4-FIGURE 2

Distributions de charges à différents angles laboratoire.



B-IV-4-FIGURE 3

Carte d'énergie potentielle du système composite.

B-IV-5-Mesure de la probabilité d'ionisation de la couche K associée à la diffusion inélastique de protons dans la réaction $^{88}\text{Sr}(p,p')^{88}\text{Sr}$.

(S.ANDRIAMONJE*, J.F.CHEMIN*, D. GUEZET*, S.JOLY, J.ROTURIER*, B.SABOYA*, J.L.UZUREAU)

Measurement of the K-shell ionization probability by inelastic scattering of protons in the $^{88}\text{Sr}(p,p')^{88}\text{Sr}$ reaction.

The measurement of the K-shell ionization probability by elastic scattering of protons gave as a byproduct a large value for the ionization probability associated to inelastic scattering. A new experiment with different experimental conditions has been performed to determine this "inelastic" ionization probability with a better accuracy.

Lors de la mesure, à Stanford, de la probabilité d'ionisation de la couche K de l'atome de strontium par diffusion élastique de protons sur le noyau ^{88}Sr , Chemin et al. ont pu obtenir des indications sur la probabilité d'ionisation associée à la diffusion inélastique. Bien qu'entâché d'une grande incertitude, la probabilité d'ionisation "inélastique" semblait beaucoup plus grande que la probabilité d'ionisation "élastique", en désaccord avec les prévisions théoriques. Nous avons donc fait de nouvelles mesures, dans des conditions expérimentales différentes, afin de déterminer la probabilité d'ionisation "inélastique" avec la meilleure précision possible.

Au cours de premiers essais, en plus des détecteurs de particules et de rayonnements X, nous avons utilisé 3 gros scintillateurs NaI pour détecter les rayonnements γ de 1,84 MeV de désexcitation du premier niveau excité de ^{88}Sr . Malheureusement, les spectres γ étaient beaucoup trop complexes par suite de l'interaction d'une très faible partie du faisceau avec le support de cible en laiton, et les taux de comptage correspondant étaient très élevés. Nous avons donc été amené à changer les conditions expérimentales et à abandonner la détection des rayonnements γ .

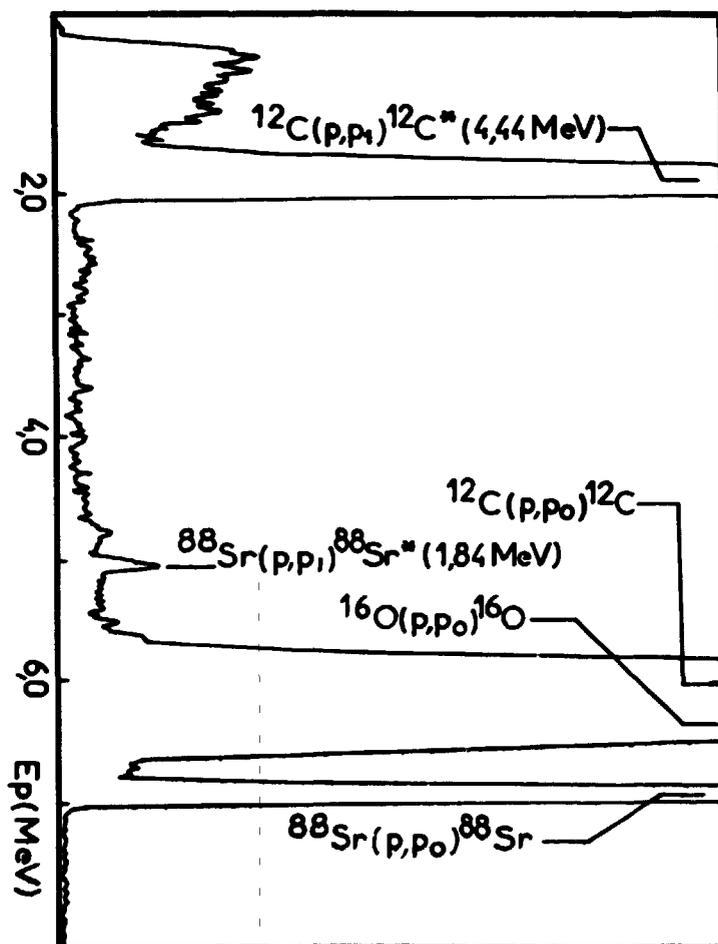
Nous avons tout d'abord augmenté le diamètre des cibles (d'épaisseur 30 à 50 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ de carbonate de strontium enrichi en ^{88}Sr sur 5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ de carbone) pour minimiser l'interaction du faisceau avec le support que nous avons pris en aluminium (raie X_K d'énergie plus faible que celle du strontium). Les deux détecteurs de particules étaient placés au-dessus et en dessous du centre de la cible. Les rayonnements X étaient détectés par 2 scintillateurs NaI placés dans le plan de la réaction (à $\pm 90^\circ$ et à environ 5 cm du centre de la cible). Cette géométrie

* Université de Bordeaux I, IN2P3, LE HAUT VIGNEAU, 33170-GRADIGNAN.

nous a permis d'obtenir des angles solides de détection importants. Les coïncidences particules-rayonnements X étaient faites par un CTA en sommant les 2 voies particules, d'une part, et les 2 voies rayonnements X, d'autre part. L'intensité du faisceau était limitée à 1 nA environ pour réduire le taux de coïncidences fortuites.

La Figure 1 représente le spectre des particules détectées par l'une des deux diodes. L'intensité du pic de diffusion inélastique (p_1) sur ^{88}Sr est environ cent fois plus faible que celle du pic de diffusion élastique (p_0), ce qui traduit la difficulté de la mesure de la probabilité d'ionisation par diffusion inélastique. D'autre part, afin de garder une bonne séparation en énergie entre le pic "inélastique" (très faible) et les pics de diffusion élastique sur ^{12}C et ^{16}O (très intenses), le faisceau doit être très bien centré sur la cible.

Les probabilités d'ionisation sont alors définies à partir du nombre de coïncidences associées aux rayonnements X du strontium et aux différents groupes de protons diffusés (élastiquement ou inélastiquement). L'analyse des données est en cours.



B-IV-5-FIGURE 1

Spectre des particules détectées à 90° dans la réaction $^{88}\text{Sr}(p,p')^{88}\text{Sr}$ à $E_p = 7,06 \text{ MeV}$. La résolution est de 170 keV sur le pic de diffusion élastique de ^{88}Sr .

PARTIE C :

THEORIE
ET
EVALUATION

C-I - EVALUATION DE DONNEES NUCLEAIRES

NUCLEAR DATA EVALUATION

C-I-1 - ETUDE CRITIQUE DES MATRICES DE TRANSFERT CENTRE DE MASSE → LABORATOIRE
DES FICHIERS ENDF/B4 ; EXEMPLE DU DEUTERIUM (O. BERSILLON, B. CAPUT*)

SYSTEMATICS OF CENTRE OF MASS TO LABORATORY TRANSFER MATRICES GIVEN
IN ENDF/B4 FILES ; DEUTERIUM AS AN EXAMPLE

The matrices, given in the ENDF/B4 Evaluated Neutron Data Files, transforming the Legendre coefficients of elastic angular distributions from the centre of mass to the laboratory system have been systematically checked for light elements ($A \leq 60$). The influence of a correct transformation matrix is illustrated in a simple neutron transport problem (deuterium-sphere).

Parmi les différentes options de représentation, autorisées par le format ENDF, des distributions angulaires de diffusion élastique, l'une d'entre elles consiste, pour une cible donnée et à différentes énergies incidentes, à fournir les coefficients du développement en polynômes de Legendre de cette distribution angulaire dans le référentiel du centre de masse. Cette représentation s'accompagne alors d'une matrice de passage permettant de transformer ces coefficients en leurs équivalents dans le laboratoire, transformation qui doit se faire avant toute utilisation ultérieure des données du fichier.

Différentes approches, relativement anciennes, ont été proposées pour le calcul numérique des éléments de cette matrice [1, 2, 3]. Parmi ces trois méthodes, seule l'une d'entre elles [2] est stable numériquement.

Par ailleurs les matrices de passage figurant dans les fichiers ENDF sont toujours des matrices carrées, alors que, pour obtenir une transformation correcte des distributions angulaires, il est apparu que les matrices doivent être rectangulaire..

Sur la base de ces deux constatations (calcul numérique précis de la matrice de passage rectangulaire) a été entreprise la vérification systématique

* Stagiaire universitaire EPF (sujet de stage DEA)

des matrices existantes dans le fichier ENDF/B4 pour les éléments de masse $A \leq 60$. Cette vérification a porté non pas directement sur les éléments de matrice, mais sur la comparaison des distributions angulaires obtenues dans le référentiel du laboratoire :

- d'une part avec les matrices de passage telles qu'elles existent dans le fichier,

- d'autre part en utilisant la matrice (rectangulaire) calculée de façon précise.

Les différences observées entre ces deux résultats sont caractérisées par la variable $R(A,E)$ qui est la fraction de l'intervalle $[-1, +1]$ où les deux distributions angulaires diffèrent de plus de 1%. Cette variable $R(A,E)$ a été reportée sur la figure 1.

L'examen de cette figure fait apparaître que le deutérium ressort comme un cas extrême car les différences sont très importantes sur la quasi totalité de la gamme d'énergie. Pour les autres éléments, les différences ne deviennent significatives qu'à haute énergie (> 13 MeV). Pour les éléments absents de cette figure mais existant dans le fichier ENDF/B4, les différences sont nulles ou négligeables.

L'écart excessif observé dans le cas du deutérium a conduit à l'étude de l'influence de ces écarts dans un problème de transport de neutrons simple. A cet effet nous avons considéré une source monoénergétique ($E_0 = 3$ MeV) placée au centre d'une sphère de deutérium de rayon $R = 5$ cm et de densité $0,3$ g/cm³. Le code de transport ORPHEE [4] a été utilisé

- d'une part avec le fichier ENDF/B4 du deutérium (MAT = 1120) tel qu'il existe,

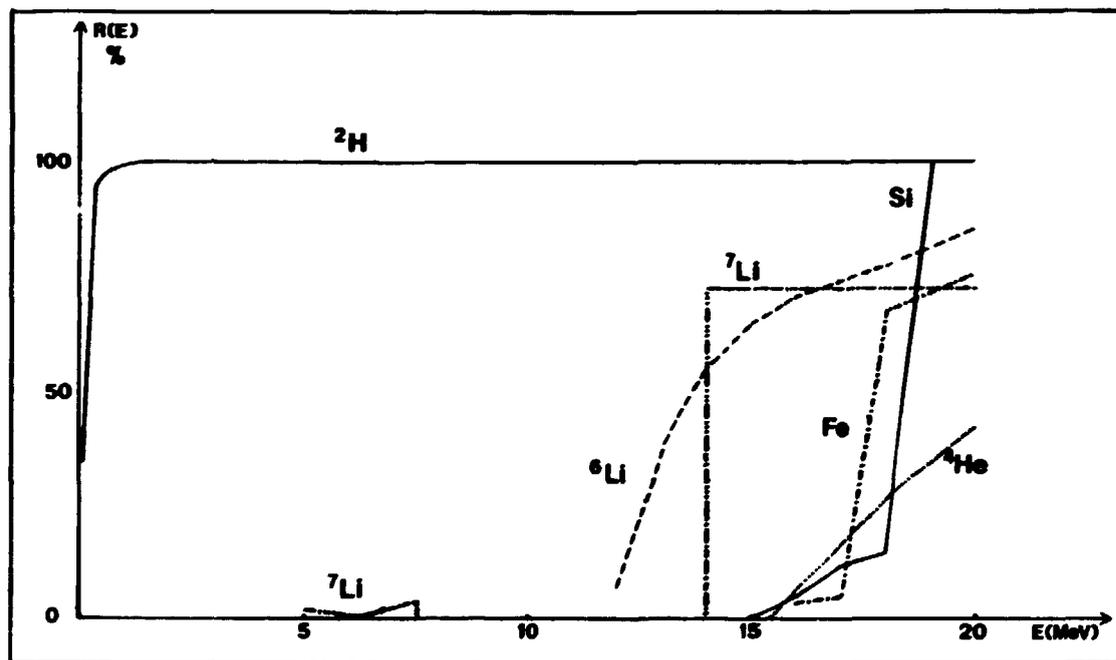
- et d'autre part avec ce même fichier où seule la matrice de passage a été corrigée.

Le rapport des flux de fuite entre ces deux calculs est représenté sur la figure 2 en fonction de l'énergie des neutrons sortants. On note des écarts importants (atteignant 40% pour certains groupes), écart bien au-delà des tolérances admissibles, surtout dans une géométrie aussi simple.

Ce résultat est d'autant plus important que certains codes de transport, tels que AMPX, utilisent directement la matrice de passage figurant dans les fichiers de données.

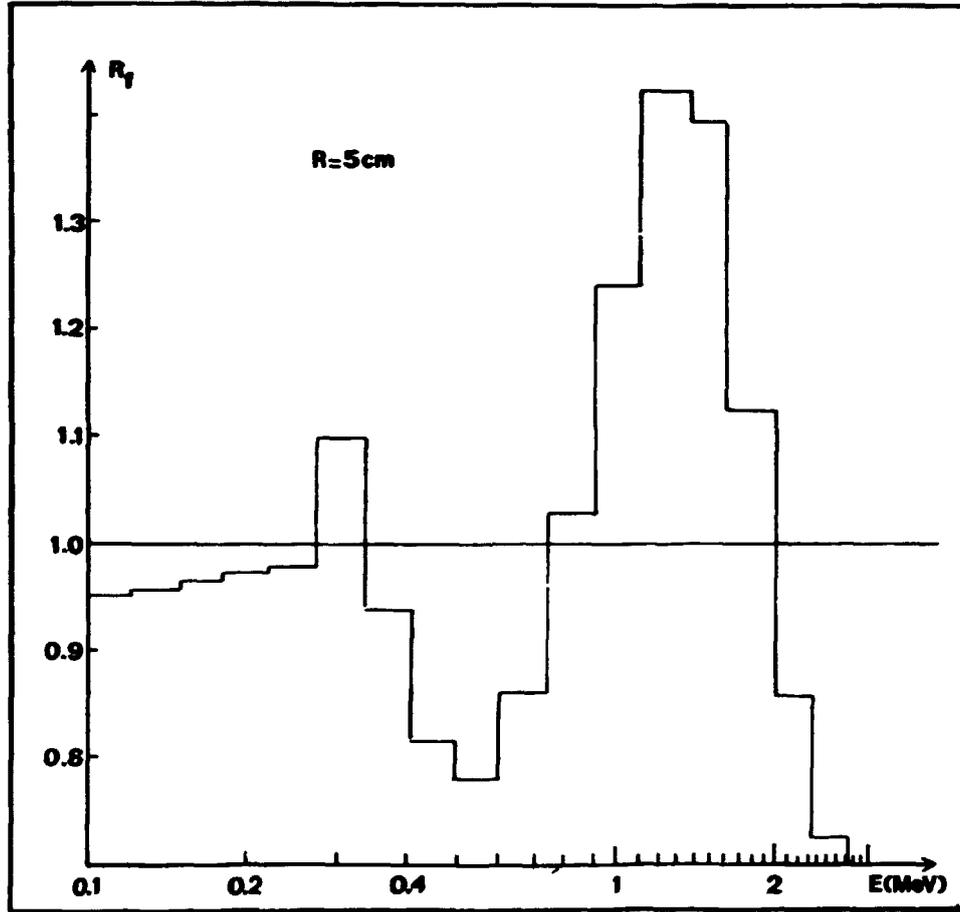
REFERENCES

- [1] H. AMSTER, J. App. Phys. 27 (1956) 307.
- [2] H. AMSTER, J. App. Phys. 29 (1958) 623.
- [3] E.M. GELBARD, D.R. HARRIS, CONF-39-55 (Avril 1963).
- [4] D. VERWAERDE, Note CEA-N-2257 (Septembre 1981).



C-I-1 - FIGURE 1

Fraction de l'intervalle $[-1, +1]$ pour laquelle les distributions angulaires diffèrent de plus de 1 %.



C-I-1 - FIGURE 2

Rapport des flux de fuite pour $R = 5$ cm et $E_0 = 3$ MeV en fonction de l'énergie des neutrons sortants.

C-I-2 - REEVALUATION DE LA SECTION EFFICACE DE CAPTURE DU ^{209}Bi
(O. BERSILLON, C.A. PHILIS)

RE-EVALUATION OF THE ^{209}Bi (n, γ) cross section.

By the light of new experimental results obtained at BRC [1], the capture cross section of ^{209}Bi has been revised using the codes STAPRE and COMNUC.

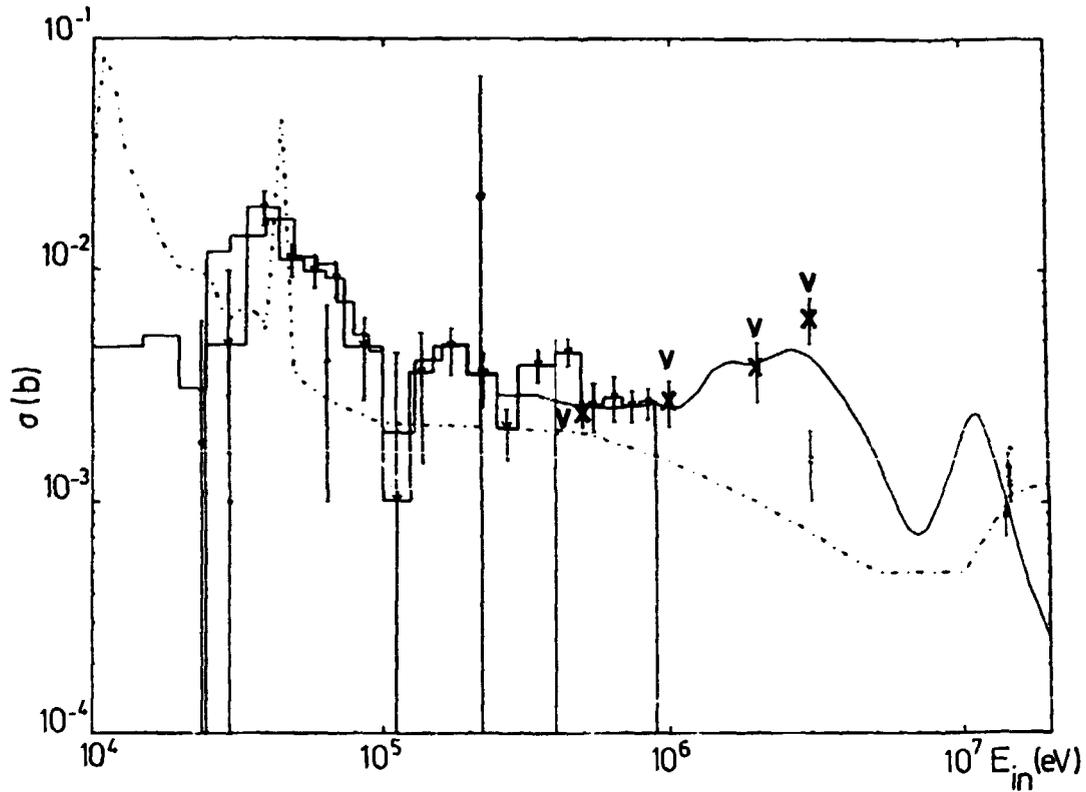
Alors que l'évaluation complète des sections efficaces neutroniques du ^{209}Bi était terminée, Voignier et al. [1] ont proposé de nouvelles déterminations expérimentales de la section efficace de capture de ce noyau entre 0.5 et 3 MeV.

Les nouvelles valeurs à 0.5 et 1 MeV présentent un accord satisfaisant avec les données évaluées. Par contre il n'en est pas de même à 2 et 3 MeV où la section efficace expérimentale présente une remontée prononcée. Le code GNASH étant incapable de reproduire ce comportement, nous avons entrepris de réévaluer cette section efficace à l'aide des codes STAPRE et COMNUC [2], dont les résultats préliminaires reproduisent correctement la situation expérimentale (voir figure 1).

Il faut noter que cette réévaluation partielle ne remet pas en cause les autres résultats contenus dans l'évaluation complète [2] car la section efficace de capture reste très faible (quelques mb) par rapport à toutes les autres sections efficaces.

REFERENCES

- [1] J. VOIGNIER, S. JOLY, G. GRENIER, "Mesure de la section efficace de capture radiative du La, Bi, Cu et de ses isotopes pour des neutrons d'énergies comprises entre 0.5 et 3 MeV", Anvers 1982 ; CEA-CONF-6502 - Voir aussi ce Compte Rendu, Chap. B-II-2.
- [2] O. BERSILLON, B. CAPUT, C.A. PHILIS, "A new evaluation of neutron data for ^{209}Bi between 10^{-5} eV and 20 MeV", Anvers 1982 ; CEA-CONF-6501.
- [3] A. SMITH et al., "Measured and evaluated neutron cross sections of elemental Bi" ANL/NDM-51 (1980).



C-I-2 - FIGURE 1

Section efficace de capture de ^{209}Bi de 10^4 eV à 20 MeV. Au-dessous de 0,3 MeV nos données ont été mises en groupes pour faciliter la comparaison avec les autres données évaluées (SMITH [3]) et les données expérimentales.

— nos résultats
- - - SMITH [3]

V VOIGNIER [1]

C-I-3 - EVALUATION COMPLETE DES SECTIONS EFFICACES NEUTRONIQUES DE ^{169}Tm
(C.A. PHILIS, O. BERSILLON, M. COLLIN, N. VERGES, P.G. YOUNG*,
D. GARDNER**)

EVALUATION OF A COMPLETE SET OF ^{169}Tm NEUTRON CROSS SECTIONS

In view to setting up a complete evaluation of ^{169}Tm neutron cross-sections, different studies have been made concerning mainly the parameters to be used in model calculations. The results obtained are in good agreement with recent experimental results obtained at BRC.

En prolongation du travail effectué en 1981, des études ont été menées parallèlement dans différents domaines pour l'évaluation des données du ^{169}Tm .

En ce qui concerne les paramètres nécessaires au calcul des sections efficaces, en particulier dans le cadre du modèle statistique, certains sont assez bien connus, comme les niveaux discrets des noyaux résiduels et la fonction force γ . Par contre les formules conventionnelles de densités de niveaux ne sont pas aptes à reproduire les données disponibles, et ce point a fait l'objet d'une étude particulière.

Nous avons aussi effectué une recherche des paramètres d'un potentiel optique sphérique permettant une représentation correcte des données expérimentales. A cet effet, une modification du code SCATOPT a été effectuée pour prendre en compte les fonctions force S_0 et S_1 à plusieurs énergies dans la procédure de minimisation en moindres carrés.

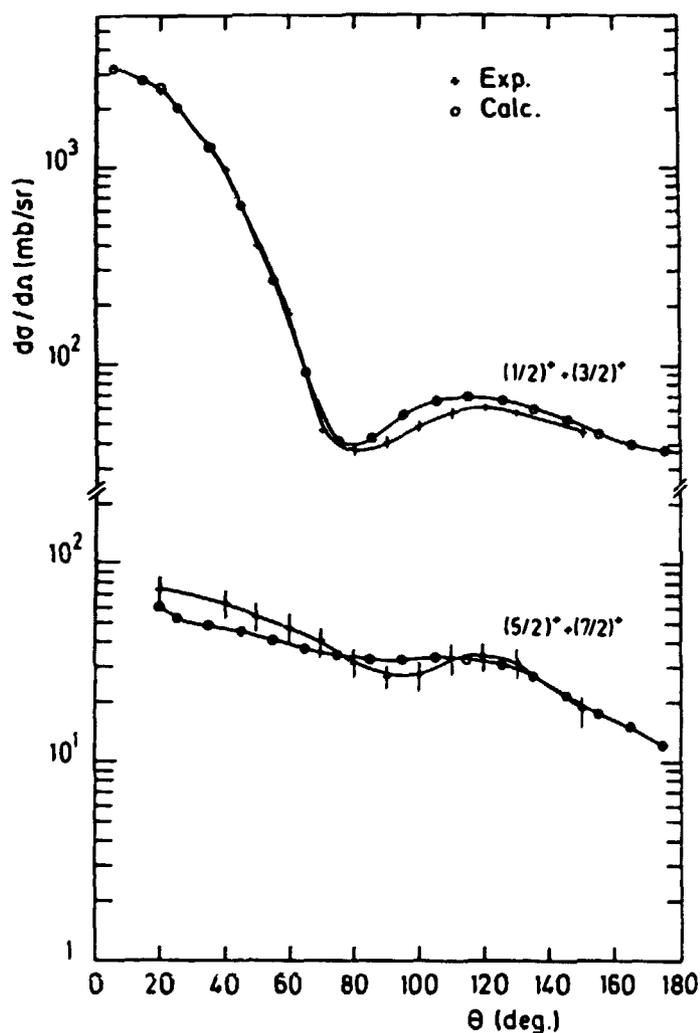
Enfin, sur la base des paramètres du modèle optique déformé ([1], [2]) déterminés en 1981, nous avons calculé les sections efficaces inélastiques à l'aide du code COMNUC [3] afin de les comparer aux mesures récentes effectuées à Bruyères-le-Châtel [4] pour des énergies de neutron incidentes de 0,57 ; 1,1 et 2 MeV. L'accord obtenu est généralement bon. Un exemple à 2 MeV est donné Fig. 1 où sont comparés les résultats expérimentaux et les résultats des calculs.

* Los Alamos National Laboratory

** Lawrence Livermore Laboratory

REFERENCES

- [1] Compte rendu d'activité du Service pour 1981, note CEA-N-2884 p. 134.
- [2] P.G. YOUNG et al., communication à la Conf. Int. d'Anvers (1982) : "Analysis of $n + {}^{165}\text{Ho}$ and ${}^{169}\text{Tm}$ reactions".
- [3] C.L. DUNFORD, "A unified model for analysis of compound nucleus reactions", rapport AI-AEC-12931 (1970).
- [4] HAOUAT et al., voir ce Compte Rendu, chap. B-I-3.



C-I-3 - FIGURE 1

Sections efficaces différentielles de diffusion de neutrons par ${}^{169}\text{Tm}$ à une énergie incidente de 2 MeV. Comparaison calculs [2] - expérience [4] pour les groupes de niveaux $(1/2)^+ + (3/2)^+$ et $(5/2)^+ + (7/2)^+$, non séparés expérimentalement.

C-I-4 - SYNTHÈSE DE TRAVAUX RECENTS EFFECTUES A BRC SUR LES DONNEES NUCLEAIRES DES ACTINIDES

SYNTHESIS OF RECENT WORKS PERFORMED AT BRC ON ACTINIDE NUCLEAR DATA

A status of experimental, theoretical and evaluation activities on actinide nuclear data at BRC has been given in the report [1]. More recent results concerning coupled channel optical model calculations are also described.

Le point d'un ensemble de travaux à la fois expérimentaux, théoriques et d'évaluation effectués à BRC sur les données nucléaires des Actinides a été fait dans le rapport [1]. Certains ont été réalisés dans le cadre d'un Accord de Recherches AIEA-BRC sur l'Intercomparaison des Evaluations de données des Actinides.

Les résultats de mesures du nombre de neutrons prompts $\bar{\nu}_p$ et de l'énergie de rayons γ sont donnés pour la fission du ^{232}Th entre 1,5 et 15 MeV. Une comparaison de ces données à celles de ^{235}U et ^{237}Np a été publiée en réf. [2]. Pour un commentaire sur la comparaison entre trois mesures indépendantes (Los Alamos, Obninsk, et BRC) du $\bar{\nu}_p$ pour une cible de ^{237}Np , voir réf. [3]. Concernant les données de diffusion élastique et inélastique, une synthèse de premières mesures et analyses sur ^{232}Th , ^{233}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{239}Pu et ^{242}Pu a été récemment publiée [4], ainsi qu'une revue des données et techniques expérimentales [5]. Une compilation de ces données a également été réalisée en collaboration avec la Nuclear Data Bank à Saclay [6]. De nouvelles mesures de diffusion sur des niveaux résolus sont projetées dans la bande d'énergie incidente 5 MeV - 7 MeV grâce à l'installation d'un regroupueur haute énergie [7] destiné à améliorer la résolution expérimentale du spectromètre.

Les récents développements du système synopsis d'intercomparaisons de données sont décrits aussi par ailleurs [1,8]. Signalons la mise à disposition du code NRLY [9] écrit pour calculer les sections efficaces des noyaux fissionnables entre 10 keV et 2 ou 3 MeV quand un ensemble de voies de fission discrètes est pris en compte.

Les calculs de modèle optique en voies couplées se sont avérés très utiles pour la prédiction des sections efficaces des Actinides [10]. L'ensemble de résultats de tels calculs sur les noyaux $^{230,232}\text{Th}$, $^{234,238}\text{U}$, ^{242}Pu , ^{246}Cm et ^{252}Cf dans le domaine d'énergie incidente 1 keV - 20 MeV a été rassemblé dans le rapport [11]. Le couplage spin-orbite est pris en compte dans toute la gamme

d'énergie, et les pénétrabilités neutron généralisées nécessaires pour les calculs en modèle statistique ont été tabulées.

Pour l'évaluation des sections efficaces des actinides de masses impaires, l'utilité du "modèle de noyau pair-pair fictif" a été démontrée en vue de l'économie des temps de calcul [12].

Enfin des renseignements utiles sur les propriétés de déformation des actinides dans leurs états fondamentaux ont été obtenus à partir de calculs microscopiques du type Hartree-Fock-Bogolyubov [13]. Dans ce contexte, des résultats systématiques ont été obtenus pour un ensemble d'actinides pair-pair [1], mais des améliorations de ces résultats sont attendues à partir d'une force effective retouchée [13], ainsi que des extensions de ces calculs à des noyaux impairs. Quant aux récents résultats sur les calculs microscopiques des barrières de fission, et notamment une comparaison entre ^{236}U , ^{232}Th et ^{240}Pu , voir ce Compte Rendu, chap. C-IV-4.

REFERENCES

- [1] "Status of activities on actinide nuclear data at Bruyères-le-Châtel", rapport NEANDC(E) 227 "L", INDC(FR) 54/L (mars 1982).
- [2] J. FREHAUT, A. BERTIN, R. BOIS, "Mesure de $\bar{\nu}_p$ et \bar{E}_γ pour la fission de ^{232}Th , ^{235}U et ^{237}Np induite par des neutrons de 1 à 15 MeV", communication à la Conférence Internationale d'Anvers (Sept. 82) ; CEA-CONF-6451.
- [3] J. FREHAUT, "Some comments on $\bar{\nu}_p$ for ^{237}Np ", 5^e CRP Meeting sur l'inter-comparaison des évaluations des données nucléaires des actinides, GEEL (Sept. 82) ; note P2N-683/82 et CEA-CONF-6509.
- [4] G. HAOUAT, J. LACHKAR, Ch. LAGRANGE, J. JARY, J. SIGAUD, Y. PATIN, Nucl. Sc. Eng. 81 (1982) 491-511.
- [5] G. HAOUAT, Compte Rendu d'une réunion de spécialistes sur la diffusion de neutrons rapides sur les actinides, OCDE, Paris - Nov. 81, NEANDC-158"U" (1982) p. 27-46.
- [6] G. HAOUAT, C. NORDBORG, P. NAGEL, T. NAKAGAWA, Compilation of actinide fast neutron scattering data, NEANDC-158 "U" supplément (OCDE, 1982).
- [7] Voir ce Compte Rendu, chap. A-II.
- [8] Voir aussi ce Compte Rendu, chap. C-II-4.
- [9] J. JARY, note interne PNN-771/81 (disponible sur demande).

- [10] Ch. LAGRANGE, Compte Rendu d'une réunion de spécialistes sur la diffusion de neutrons rapides sur les actinides, OCDE Paris Nov. 81, NEANDC-158"U" (1982) p. 96-115, et CEA-CONF-6178.
- [11] Ch. LAGRANGE, "Results of coupled channel calculations for the neutron cross sections of a set of actinide nuclei", rapport NEANDC(E) 228"L", INDC(FR) 56/L (Octobre 1982).
- [12] Ch. LAGRANGE, O. BERSILLON, D.G. MADLAND, "Coupled channel optical model calculations for evaluating neutron cross sections of odd-mass actinides", Nucl. Sc. Eng. 83 (1983) 396.
- [13] M. GIROD, D. GOGNY, dans le Compte Rendu des activités du Service en 1981, note CEA-N-2284 (Mai 1982) p. 167. Voir aussi ce Compte Rendu, chap. C-IV-3.

C-I-5 - EVALUATION DES SECTIONS EFFICACES NEUTRONIQUES DE ^{239}Pu ENTRE
1 ET 20 MeV (E. GRYNTAKIS*, C.A. PHILIS)

EVALUATION OF ^{239}Pu NEUTRON CROSS-SECTIONS BETWEEN 1 AND 20 MeV

The Hauser-Feshbach code "STAPPE" has been used for statistical model calculations of neutron cross-sections for ^{239}Pu in the energy range 1 to 20 MeV. The needed neutron penetrabilities were obtained separately from coupled-channel optical model calculations (ECIS). Using the same set of input parameters in the whole energy range, we obtained results which are in good agreement with recent experimental data of ^{239}Pu .

Dans le but d'améliorer l'évaluation des sections efficaces d'interaction des neutrons rapides sur ^{239}Pu , un jeu de paramètres du modèle optique a tout d'abord été déterminé à l'aide du code ECIS [1] en réajustant le jeu de Haouat et al. [2] sur les données expérimentales les plus récentes, et selon la méthode du noyau pair-pair fictif [3]. La section efficace totale obtenue est comparée figure 1 aux évaluations ENDF/BV, JENDL-2, Antsipov et al. [4] et aux données expérimentales de A.B. Smith [5]. On obtient, avec

* Collaborateur Temporaire Etranger.

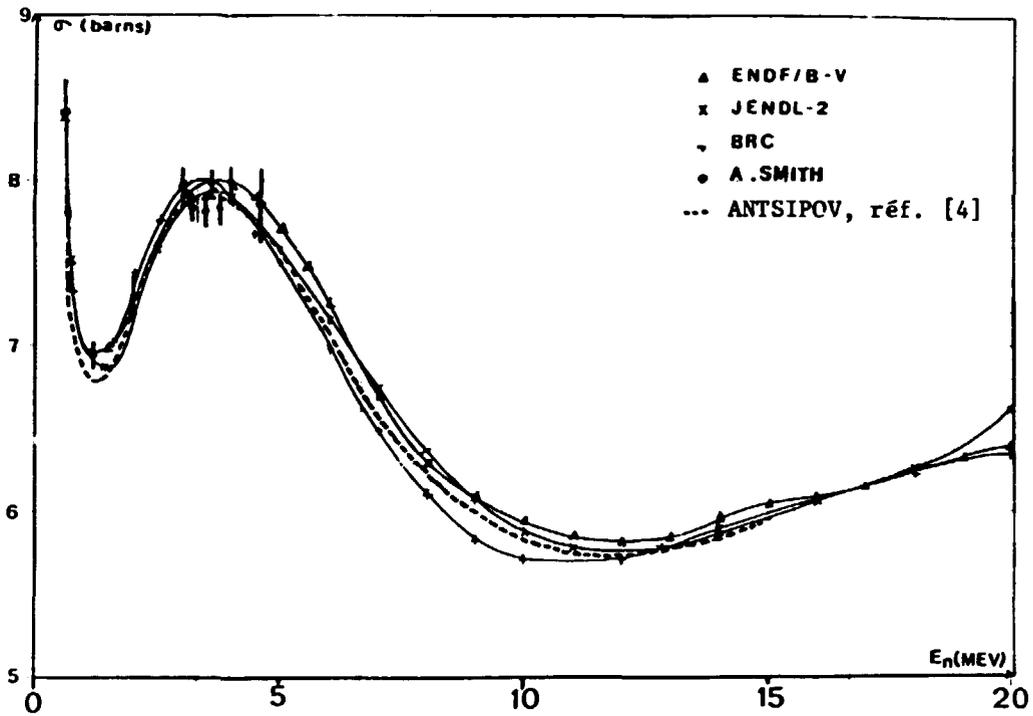
un jeu unique, un bon accord sur l'ensemble du domaine d'énergie étudié, en particulier aux basses énergies.

Les pénétrabilités déduites des calculs précédents ont ensuite été utilisées avec le code STAPRE [6], code de modèle statistique utilisant le formalisme Hauser-Feshbach avec conservation de spin, parité et corrections de fluctuations et de pré-équilibre. Les sections efficaces obtenues avec ce code ont été supposées isotropes et combinées, en ce qui concerne les processus de diffusion, aux distributions angulaires obtenues avec le modèle optique. Les divers paramètres concernant les noyaux résiduels ^{236}Pu à ^{240}Pu ont été extraits des publications récentes, calculés ou estimés.

En général, nos résultats sont en bon accord avec les évaluations et les valeurs expérimentales récentes. La figure 2 montre par exemple la comparaison entre le calcul présent de la section efficace de fission et les valeurs récentes de Antsipov et al. [4], ENDF/BV et JENDL2.

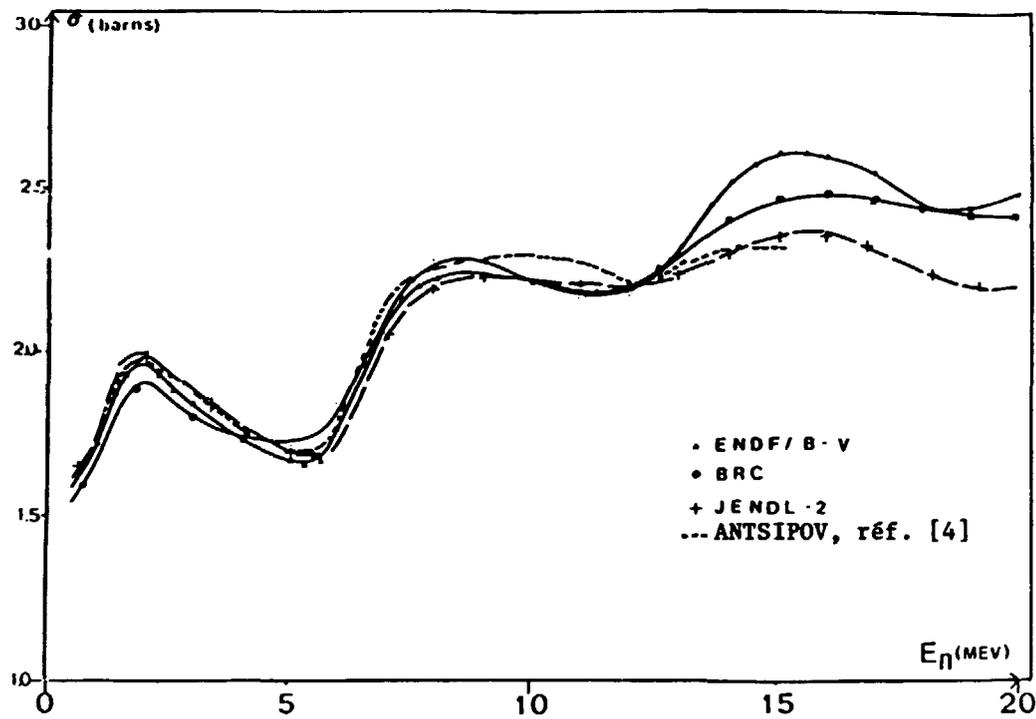
REFERENCES

- [1] ECIS-79 : "A code of optical model and coupled-channel calculations", J. RAYNAL, CEA SACLAY.
- [2] G. HAOUAT et al., NEANDC(E) 196"L" - INDC(FR) 29/L (1978).
- [3] Ch. LAGRANGE, O. BERSILLON, D. MADLAND, "Coupled channel optical model calculations for evaluating neutron cross sections of odd-mass actinides", Nucl. Sc. Eng. 83, 396 (1983).
- [4] G.V. ANTSIPOV et al., INDC (CCP) - 116/GHJ (1981).
- [5] A.B. SMITH et al., Argonne National Laboratory, private communication (1980).
- [6] STAPRE : "A statistical model code with consideration of pre-equilibrium decay" B. STROHMAIER, M. UHL, Inst. für Radiumforschung und Kernphysik, Vienna, private communication (1982).



C-I-5 - FIGURE 1

Section efficace totale de ^{239}Pu : comparaison entre diverses mesures et évaluations.



C-I-5 - FIGURE 2

Section efficace de fission de ^{239}Pu : comparaison entre diverses évaluations.

C-II - TRAITEMENT DES DONNEES

DATA PROCESSING

C-II-1 - ETUDE DETAILLEE DE LA TRANSFORMATION LABO-CENTRE DE MASSE DES
PROBABILITES DE DIFFUSION ANGULAIRE : ANALYSE NUMERIQUE
(O. BERSILLON, A. SCHEFF*)

LABO-CENTRE OF MASS TRANSFORMATION OF ANGULAR SCATTERING PROBA-
BILITIES : NUMERICAL ANALYSIS

We give a survey of the detailed numerical analysis for computing the matrices given in the evaluated neutron data files, transforming the Legendre coefficients of angular distribution from the centre of mass to the laboratory system and vice versa.

Les coefficients du développement en polynômes de Legendre des distributions angulaires peuvent être définis soit dans le système du centre de masse, soit dans celui du laboratoire. La transformation de ces coefficients entre les deux systèmes de référence s'effectue à l'aide d'une matrice de passage (T : centre de masse \rightarrow laboratoire, T^{-1} : laboratoire \rightarrow centre de masse).

Un inventaire, non encore exhaustif, des méthodes disponibles pour le calcul des éléments de ces matrices a montré qu'aucune d'entre elles n'était bien définie et numériquement sûre. Cet état de fait a donc suggéré une investigation plus approfondie destinée à satisfaire les objectifs suivants :

- établir une méthode numérique bien définie, sûre, stable et sous contrôle numérique, pour le calcul des matrices T et T^{-1} ,
- cette méthode doit permettre, au moins, le traitement des distributions angulaires contenues dans les fichiers ENDF,
- cette méthode doit être rapide,
- comme application première de cette méthode, vérifier les tables numériques des matrices T et T^{-1} données dans la littérature et les fichiers ENDF.

* Collaborateur Temporaire Etranger (Autriche)

L'ensemble des étapes ayant permis de générer cette méthode numérique est rassemblé dans un rapport en cours d'édition [1].

Outre les objectifs préalablement fixés, il ressort de cette étude quelques résultats connexes intéressants, tels que, par exemple :

- les propriétés des matrices T et T^{-1} ,
- de nouvelles formulations d'intégrales,
- la ramification vers la théorie des nombres.

L'exemple de cette étude illustre de façon surprenante qu'un problème, déjà largement abordé dans la littérature et qui était considéré comme résolu de façon satisfaisante, peut encore conduire à des erreurs non négligeables parce qu'il n'a, en fait, pas été abordé de façon suffisamment minutieuse.

REFERENCES

- [1] O. BERSILLON, A. SCHETT, B. CAPUT, rapport NEANDC à paraître.

C-II-2 - CALCUL DES SECTIONS EFFICACES DANS LE DOMAINE DES RESONANCES
NON RESOLUES : ANALYSE NUMERIQUE (L. LESIEUR*, O. BERSILLON)
*CROSS-SECTIONS CALCULATION IN THE UNRESOLVED RESONANCE REGION :
NUMERICAL ANALYSIS*

Different numerical methods for computing cross sections in the unresolved resonance region have been compared. It appears that the results given by the usual processing codes could be erroneous.

Dans le fichier de données évaluées, les sections efficaces à basse énergie (zone des résonances résolues ou non résolues) sont données soit sous forme tabulée (ensemble de couples (E, σ)), soit, le plus souvent pour des raisons de place, par un ensemble de paramètres de résonances associé à un

* Stagiaire universitaire EPF

formalisme de calcul.

Les formalismes les plus utilisés dans la zone des résonances résolues consistent en des équations algébriques, qui, sur le plan numérique, ne créent que peu ou pas de problèmes de méthode et de stabilité. Par contre, le formalisme généralement utilisé dans la zone des résonances non résolues (issu du modèle de Breit-Wigner à un niveau) conduit au calcul numérique d'une intégrale simple dont l'intégrand est généralement rapidement variable.

Pour certaines valeurs du nombre de voies ouvertes et du nombre de degrés de liberté associé, cette intégrale est connue analytiquement. Dans ces cas nous avons comparé les résultats numériques obtenus avec

- la formule analytique, qui sert alors de référence
- le programme RESEND (version 4)
- les programmes RESEND (version 5) [1] et RECEND
- une méthode d'intégration numérique appropriée.

Un exemple de ces comparaisons est présenté sur la figure 1, dans le cas de trois voies ouvertes, la capture radiative ($\nu_\gamma = \infty$), la diffusion élastique ($\nu_n = 2$) et la fission ($\nu_f = 2$). La quantité calculée est :

$$R_N = \frac{\langle \frac{\Gamma_n \Gamma_n}{\Gamma_T} \rangle}{\langle \Gamma_n \rangle} \bigg/ \frac{\langle \Gamma_n \rangle \langle \Gamma_n \rangle}{\langle \Gamma_T \rangle}, \quad \Gamma_T = \Gamma_n + \Gamma_f + \Gamma_\gamma$$

et l'on a reporté, en fonction de $\langle \Gamma_f \rangle / \langle \Gamma_\gamma \rangle$, l'écart en % par rapport à la valeur analytique.

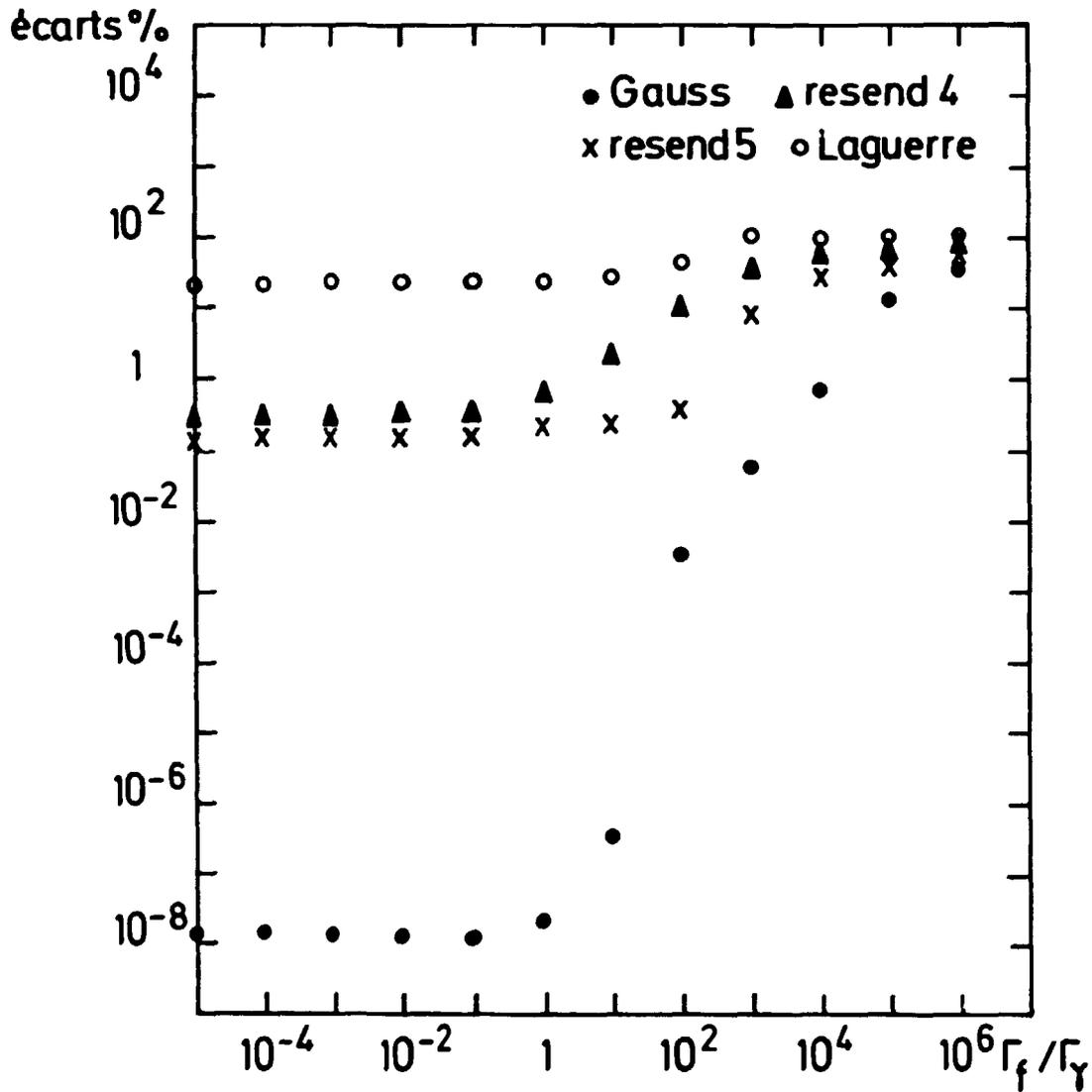
Cet exemple montre que

- pour les grandes valeurs de $\langle \Gamma_f \rangle / \langle \Gamma_\gamma \rangle$ (> 10) l'écart sur R_N est très important, atteignant presque 100 %,
- les programmes RESEND (version 5) et RECEND donnent des résultats qui ne sont guère plus satisfaisants que ceux du programme RESEND (version 4),
- la méthode d'intégration de Gauss utilisée ici est très supérieure aux précédentes.

Cette méthode de calcul est en cours d'implantation sur le programme RESEND utilisé au laboratoire.

REFERENCE

- [1] R. KINSEY, ENDF-102 : Data Formats and procedures for the Evaluated Nuclear Data Files, ENDF, BNL-NCS-50496, Second Edition, October 1979 ; RESEND 5.



C-II-2 - FIGURE 1

Comparaison des écarts sur R_n , pour $\langle \Gamma_n \rangle / \langle \Gamma_\gamma \rangle = 1$, et obtenus à partir de diverses méthodes de calcul (voir texte).

C-II-3 - COMPILATION DE DONNEES SPECTROSCOPIQUES NUCLEAIRES (N. VERGES,
R. PERRIER)

COMPILATION OF SPECTROSCOPIC NUCLEAR DATA

We have enriched the library which contains the spectroscopic data of nuclei entering evaluations based on nuclear model calculations. Data concerning the Tm isotopes have been added and those concerning W and Lu isotopes are in progress. A new data processing procedure allows to update the whole library with modifications, corrections and introduction of new data.

Le fichier de données spectroscopiques nucléaires utilisé au cours de calculs au moyen de codes de modèles nucléaires a été enrichi en 1982.

Les énergies, spins, parités, périodes, rapports de branchements des niveaux excités des isotopes du bismuth ($A = 207, 208, 209, 210$) ont été complétés et évalués, puis mis en format.

Les données spectroscopiques de ^{85}Rb ont été vérifiées et corrigées. Une présentation générale de la bibliothèque de niveaux nucléaires, accompagnée de fiches de travail concernant les données spectroscopiques des isotopes du thulium ($A = 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171$) a été éditée [1]. Des fiches de travail concernant les isotopes du tungstène et du lutecium sont en cours d'édition.

La mise à jour de l'ensemble du fichier de structure "EVLEV" est maintenant effectuée grâce à une procédure informatique [2] mise en oeuvre comme suit :

- constitution d'un fichier "NIMOVA" contenant les directives de modification du fichier de base,
- modification de la bibliothèque de base suivant les directives précédentes, avec contrôles et vérifications.
- après corrections éventuelles, création d'un nouveau fichier réorganisé dans le format LANL.

REFERENCES

- [1] N. VERGES, "Bibliothèque de niveaux nucléaires utilisés dans les codes de modèles nucléaires", Note interne P2N-814/82 du 19-10-1982.
- [2] R. PERRIER, "Méthode de mise à jour du fichier de niveaux 'EVLEV' ", Note interne en préparation.

C-II-4 - SYNOPSIS : OUTIL INTERACTIF D'EVALUATION DE DONNEES NUCLEAIRES
(M. COLLIN, D. COTTEN)

SYNOPSIS : INTERACTIVE SYSTEM FOR NUCLEAR DATA EVALUATION

A large number of systematic comparisons and plots being asked for evaluations, we introduced procedures on MITRA to handle automatically the system. On the other hand, portability on 16 bits word and 32 bits word computer is in progress. Binary transfer of data is permitted, allowing to save computation time for storing data from a computer to one another.

L'utilisation du système SYNOPSIS de manière intensive pour les évaluations en cours, nous a conduit à automatiser divers traitements prévus en interactif.

Un certain nombre de procédures qui ont été implantées sur MITRA permettent la comparaison automatique, avec tracé, des sections efficaces des différentes bibliothèques entre elles, par exemple. Ceci permet de faire des traitements systématiques qui seraient fastidieux en interactif.

La portabilité du système est en cours dans trois directions :

- a) Les possibilités de transformation des programmes de visualisation et de tracé sont étudiées avec la participation de la CISI.
- b) Les programmes d'édition et de chargement sont en cours de test sur IBM 370.
- c) Nous avons l'assurance de la compatibilité entre MITRA et IBM des fichiers de données (stockés en binaire alphanumérique), ce qui permet leur transfert direct sous cette forme.

Le gain de temps d'ordinateur par rapport à l'utilisation du programme normal de chargement est de l'ordre de 15 heures de MITRA.

C-II-5 - MISE EN GROUPES DE DONNEES NUCLEAIRES (R. PERRIER, D. COTTEN,
G. SIMON, C.A. PHILIS)

DATA PROCESSING

*Calculations of neutron-gamma group
cross-sections have been completed
for Fe and Fe, Ni, Cr mixtures.*

Nous avons utilisé le code EVGRP [1] pour mettre en groupes les données nucléaires du Fer et de l'alliage Fe, Ni, Cr dans un découpage 1-20 MeV neutron (19 groupes) et 0.5-10 MeV gamma (21 groupes). Cette étude complète celle faite en 1981 sur le même alliage.

Le code AMPX, utilisé jusqu'ici pour tester les nouvelles évaluations, a été remplacé par le code NJOY [2]. Ce code plus récent et plus complet que le précédent permet d'effectuer des mises en groupes neutron-gamma, mais aussi de vérifier le bilan énergétique total et de certaines réactions. C'est ainsi qu'ont été vérifiées les nouvelles évaluations des isotopes stables du Tungstène [3].

REFERENCES

- [1] G. SIMON, R. PERRIER, "EVGRP : un code de traitement des données de production photonique contenues dans des fichiers de format ENDF/B", Note CEA-N-2258, NEANDC(E)226"L" (Janvier 1982)
- [2] R.E. McFARLANE et al., "NJOY, nuclear processing system" LA-9303-M.
- [3] E.D. ARTHUR, P.G. YOUNG (LANL), C.A. PHILIS (BRC), "A new evaluation of neutron data of tungsten isotopes between 0.1 and 20 MeV", à publier.

C-II-6 - RESOLUTION D'UN SYSTEME D'EQUATIONS DIFFERENTIELLES A HAUTE DYNAMIQUE DECRIVANT L'EVOLUTION SOUS HAUTS FLUX D'ETATS NUCLEAIRES DE VIE COURTE - OPTIMISATION DES SCHEMAS AVEC CONTROLE D'ERREUR LOCALE ET GLOBALE (M. COLLIN, A. SCHETT*)

SOLVING HIGH DYNAMICS COUPLED DIFFERENTIAL EQUATIONS DESCRIBING THE EVOLUTION OF SHORT HALF-TIME NUCLEAR STATES PRODUCED IN HIGH FLUXES - OPTIMISATION OF ERROR CHECKING SCHEMES

For solving numerically a system of ordinary differential equations with high dynamics, we have applied both an automatic step-size strategy based on local error estimation common in modern RUNGE KUTTA methods and an automatic change of order of such methods. The global error has been controlled by carrying out an additional computation with lower precision.

Des études ont été menées pour améliorer le calcul de la population de différents noyaux (états excités compris) produits par irradiation quand ils sont soumis à un flux tel, que la formation par réactions neutroniques et la décroissance des états excités sont en compétition. Les fortes variations du spectre de neutrons dans le temps ont imposé un traitement multigroupe. Ces conditions éliminaient tout recours à une solution analytique.

Après exploitation d'une importante bibliographie, les méthodes de Runge-Kutta ont paru plus aptes à traiter un problème où les populations peuvent varier de plus de 10 ordres de grandeur, le système différentiel à résoudre comportant jusqu'à 40 équations.

Une telle dynamique de variation des inconnues impose un contrôle continu de l'erreur faite à chaque intégration.

Selon les schémas utilisés, l'erreur locale est estimée

- soit par différence entre les résultats obtenus par des schémas d'ordre voisin,

- soit par différence entre les résultats obtenus directement par un pas H et par 2 intégrations successives de pas H/2.

Dans une seconde étape, nous avons asservi le pas d'intégration au cours

* Collaborateur Temporaire Etranger (Autriche)

du calcul à la précision souhaitée en vue de la minimisation du nombre de calculs effectués. Enfin, il est nécessaire de contrôler la dérive éventuelle des résultats par accumulation de l'erreur locale. Pour déterminer cette erreur globale, un calcul parallèle est mené à plus faible précision - donc plus rapide -

Différents schémas ont été testés : Runge-Kutta explicites d'ordre inférieur ou égal à 9 [1,2,3] et implicites jusqu'à l'ordre 6 [4,5], Un sous-programme de sélection des schémas à utiliser a été écrit, la méthode optimale pouvant varier au cours d'un calcul complet.

D'autre part une comparaison entre les performances de cet ensemble et des méthodes de Gear [6] est en cours.

Il est apparu que les difficultés d'utilisation des méthodes implicites - théoriquement stables - proviennent de la résolution de systèmes linéaires très "raides" et l'apparition de nouveaux algorithmes de résolution de ces systèmes entraînerait une modification des critères de choix dans le sous-programme de sélection.

Un réajustement de la précision nécessaire - au niveau de l'erreur locale - est d'autre part fait pour aboutir à une erreur globale égale à la précision définie en tête de programme.

La validation des différents schémas a été faite sur un problème-test de 40 réactions nucléaires concernant 13 noyaux, l'extension à un système de 40 équations rendant de plus en plus délicate l'utilisation de schémas implicites.

Un ensemble de programmes de recherches de valeurs propres / vecteurs propres doit nous permettre de déterminer la difficulté d'utilisation des schémas implicites, et donc, dans un premier temps, de ne les utiliser qu'à bon escient.

Il est prévu ensuite d'étudier des changements de variables qui diminueraient les difficultés du problème. Les programmes de diagnostic des difficultés évoquées ci-dessus devraient nous permettre de déterminer les changements de variables les plus efficaces.

REFERENCES

- [1] E. FEHLBERG, Klassische RUNGE-KUTTA Formeln fünfter und siebenter ordnung mit Schrittweiten-Kontrolle, Computing 4 (1969) pp. 93-106.

- [2] E. FEHLBERG, Klassische RUNGE-KUTTA Formeln vierter und niedrigste Ordnung mit Schrittweiten-Kontrolle und ihrer Anwendung auf Wärmeleitungs Probleme, Computing 6 (1970) pp. 61-71.
- [3] J.H. VERNER, Explicit RUNGE-KUTTA methods with estimates of the local truncation error, SIAM J. Num. Anal. 15 (1978) pp. 772-790.
- [4] B.A. GOTTWALD, G. WANNER, A reliable Rosenbrock integrator for stiff differential equations, Computing 26 (1981) pp. 355-360.
- [5] P. KAPS, G. WANNER, A study of Rosenbrock-type methods of high order, Numer. Math. 38 (1981) pp. 279-298.
- [6] A.C. HINDMARSH, GEAR : ordinary differential equation system, UCID-30001, Rev. 3, (1974).

C-II-7 - ETUDE DES MATRICES DE COVARIANCES (J. FREHAUT)

STUDY OF COVARIANT MATRICES

Notes taken during lectures given by F.G. Perey from ORNL during his stay in our laboratory in 1978 have been presented under a comprehensive form for general use by the physicists of the laboratory.

La précision des résultats expérimentaux est souvent donnée sous la forme simplifiée de "barres d'erreurs". Cette façon de procéder réduit notablement dans la plupart des cas le contenu de l'information. En effet, dans une série de résultats, les incertitudes sont généralement corrélées et devraient être présentées sous la forme d'une matrice de covariances qui, seule, contient toute l'information disponible. Malheureusement, il n'existe pas encore dans ce domaine d'ouvrage complet et pratique s'adressant spécialement aux utilisateurs de données et aux expérimentateurs, ce qui explique peut-être le timide développement de ces techniques pourtant simples à mettre en oeuvre à l'ère de l'ordinateur.

Dans cet esprit, les notes écrites à la suite de cours donnés sur ce sujet par F.G. Perey (Oak Ridge National Laboratory, USA) en 1978 lors d'un séjour au Service PNN ont été rassemblées et diffusées en 1982 sous une forme compréhensive dans un fascicule à l'usage des Physiciens du Service.

C-III - CALCULS DE DONNEES ET ETUDES DE MODELES NUCLEAIRES

CALCULATION OF NUCLEAR DATA AND STUDIES ON NUCLEAR MODELS

C-III-1 - CALCULS SEMI-MICROSCOPIQUES DE LA DIFFUSION INELASTIQUE DE
NEUTRONS PAR DES NOYAUX LOURDS DEFORMES (Ch. LAGRANGE, M. GIROD)

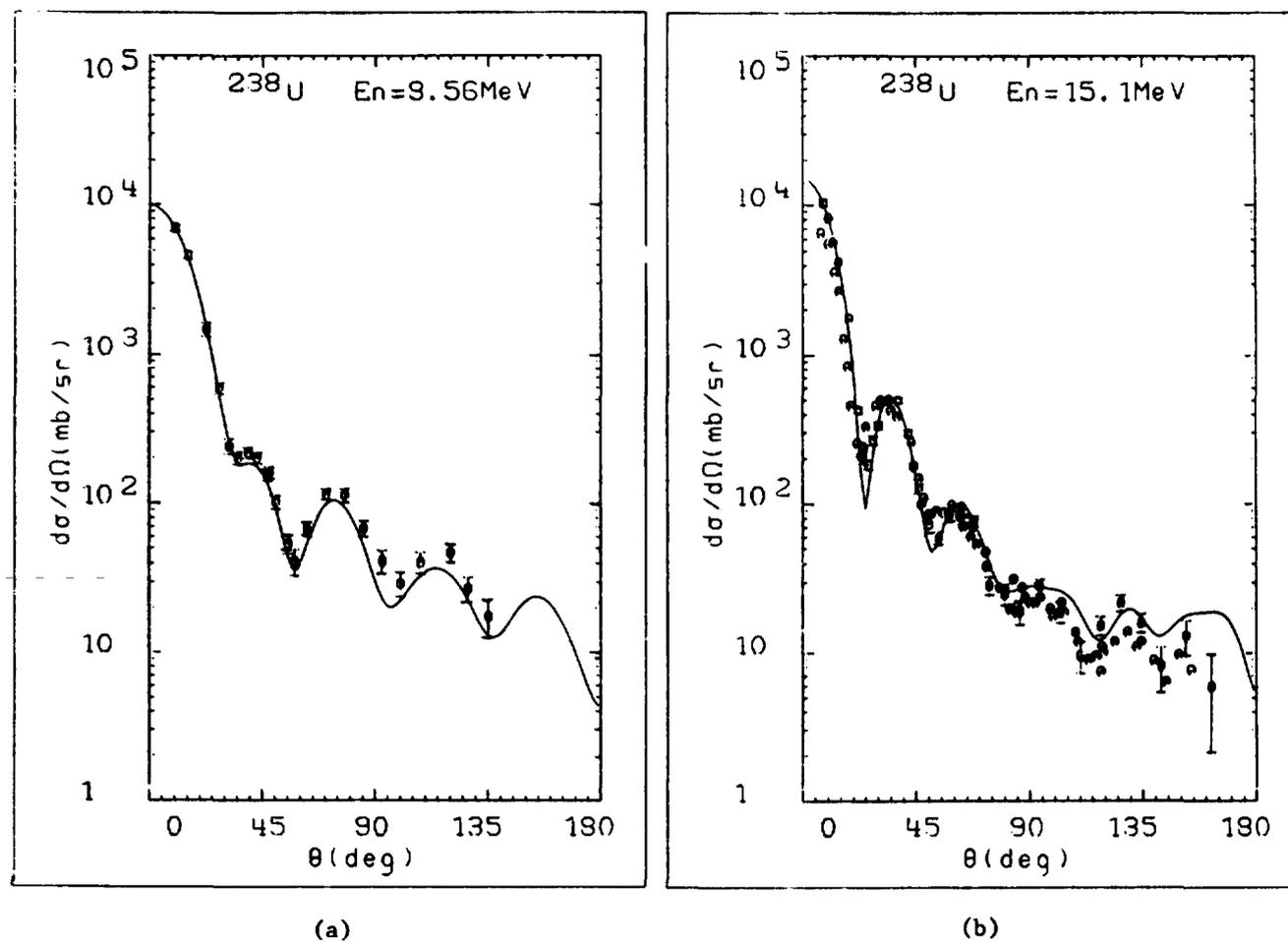
SEMI-MICROSCOPIC CALCULATIONS OF INELASTIC NEUTRON SCATTERING
FROM HEAVY DEFORMED NUCLEI

Semi-microscopic calculations of neutron elastic and inelastic scattering cross sections have been performed between 3.4 MeV and 15 MeV by utilizing the microscopic optical model of Jeukenne, Lejeune and Mahaux, together with Hartree-Fock-Bogolyubov deformed nucleon density distributions. The coupled channel formalism and the adiabatic rotational model were employed. With values for the range of the effective interaction previously determined for ^{208}Pb , we found that theory gives a good description of neutron scattering from ^{238}U , ^{232}Th and ^{154}Sm .

Nous avons effectué dans le domaine d'énergie incidente 3,4 MeV - 15 MeV un calcul semi-microscopique des sections efficaces différentielles de diffusion élastique et inélastique de neutrons par les noyaux lourds déformés. Pour cela, le modèle optique microscopique développé par Jeukenne, Lejeune et Mahaux a été utilisé en même temps que les densités nucléaires par ailleurs obtenues à partir de calculs microscopiques du type Hartree-Fock-Bogolyubov. Le calcul des sections efficaces a été effectué dans le cadre du formalisme du modèle optique en voies couplées. Les paramètres du modèle (normalisations des potentiels et portées effectives) ont été déduits d'une étude antérieurement faite pour le ^{208}Pb [1]. Un exemple des résultats obtenus pour la diffusion élastique sur ^{238}U à deux énergies différentes est donné fig 1.

REFERENCE

- [1] Ch. LAGRANGE, J.C. BRIENT, "Interprétation semi-microscopique de la diffusion élastique et inélastique de neutrons par ^{208}Pb ", Journal de Physique 44 (1983) 27-32.



C-III-1 - FIGURE 1

Distribution angulaire de diffusion de neutrons (somme de sections efficaces pour les premiers états 0^+ , 2^+ , 4^+) par ^{238}U : comparaison théorie-expérience à 9,56 MeV (a) et à 15,1 MeV (b).

C-III-2 - SPECTROSCOPIE DE ^ASe ($A = 70, 72, 74, 76, 78, 80$) A L'AIDE DU
MODELE DES BOSONS EN INTERACTION (IBA-2)(J.P. DELAROCHE, Ph. DUVAL*)
SPECTROSCOPY OF ^ASe ($A = 70, 72, 74, 76, 78, 80$) USING THE INTERAC-
TING BOSON MODEL (IBA-2)

IBA-2 calculations including configuration mixing phenomena have been performed. An overall good agreement between calculations and measurements is achieved.

Les isotopes de Se (et Ge) ont des propriétés spectroscopiques (séquence de niveaux, probabilités de transition réduites,...) qui ne peuvent être expliquées convenablement dans le cadre des modèles conventionnels.

Guidés par des résultats expérimentaux publiés qui suggèrent que différentes formes nucléaires coexistent à l'intérieur d'un même noyau, nous avons effectué des calculs type IBA-2 dans lesquels deux configurations se superposent. Les prédictions ainsi obtenues sont en assez bon accord avec les observables. Ces études suggèrent également l'existence de formes triaxiales pour les isotopes du Selenium [1].

Cette analyse doit faire l'objet d'une prochaine publication.

REFERENCE

- [1] J.P. DELAROCHE, M. GIROD et Ph. DUVAL, "The collective structure of the even-A Se isotopes : interacting boson model and Hartree-Fock-Bogolyubov approaches", Contribution à la Conf. Int. sur la Structure Nucléaire, AMSTERDAM (Août-Sept. 1982) ; CEA-CONF-6440.

* Collaborateur Temporaire Etranger ; adresse permanente : University of Arizona, TUCSON (USA).

C-III-3 - ANALYSE DE LA DIFFUSION ELASTIQUE ET INELASTIQUE DE NEUTRONS
DE 12 MeV PAR $^{80}\text{Se}^*$ (J.P. DELAROCHE)

ANALYSIS OF ELASTIC AND INELASTIC SCATTERING OF 12 MeV NEUTRONS
FROM ^{80}Se

Elastic and inelastic scattering measurements for ^{80}Se performed at 12 MeV using the neutron beam available at the University of Ohio (Athens, Ohio) have been analysed in the framework of coupled channel formalism. From the preliminary comparison between (n,n') and (p,p') works on the same nucleus, it seems that the deformation parameter $\beta_{nn'}$ (neutron distribution) is close to $\beta_{pp'}$ (proton distribution).

Des sections efficaces pour la diffusion élastique et inélastique des neutrons ont été mesurées à Athens (Ohio) à une énergie incidente de 12 MeV. Ces résultats, obtenus pour les premiers niveaux, ont été analysés à l'aide du modèle optique en voies couplées. Comme dans une étude semblable faite à l'aide de protons de 16 MeV sur le même noyau [1], les effets de couplage aux modes collectifs s'avèrent très importants (voir aussi Réf.[2] concernant le couplage aux résonances géantes dans le cas de la diffusion de neutrons). De la comparaison des résultats obtenus pour les diffusions (n,n') et (p,p') sur ^{80}Se , il apparaît que les paramètres de déformation $\beta_{nn'}$, pour la distribution des neutrons, et $\beta_{pp'}$, pour la distribution des protons, seraient très voisins l'un de l'autre. Ce résultat préliminaire serait en contradiction avec le modèle de Madsen et al [3].

REFERENCES

- [1] J.P. DELAROCHE, Note CEA-N-2284 (1982) 155.
- [2] J.P. DELAROCHE, et al., "Effets du couplage aux résonances géantes sur la diffusion élastique et inélastique de neutrons rapides", Contribution à la Conférence "Nuclear Data for Science and Technology, ANVERS (Sept. 1982) ; CEA-CONF-6450.
- [3] V. MADSEN et al., Phys. Rev. C12 (1975) 1205.

* Travail effectué en collaboration avec l'Université de l'Ohio, Athens (Ohio).

C-III-4 - ANALYSE DE LA DIFFUSION ELASTIQUE ET INELASTIQUE DE PROTONS DE
22 MeV SUR $^{70,72,74,76}\text{Ge}$ * (J.P. DELAROCHE)

ANALYSIS OF ELASTIC AND INELASTIC SCATTERING OF 22 MeV PROTONS
FROM $^{70,72,74,76}\text{Ge}$

Elastic and inelastic scattering measurements for $^{70,72,74,76}\text{Ge}$ performed at 22 MeV using the proton beam available at Orsay have been analysed. The asymmetric rotor model has been found to provide a satisfactory description of the data taken for the first 2^+ and 4^+ states.

Des sections efficaces pour la diffusion élastique et inélastique de protons ont été mesurées à Orsay à une énergie incidente de 22 MeV. Une première analyse par un modèle optique en voies couplées des résultats obtenus pour les niveaux les plus bas a montré que le modèle vibrationnel ne décrivait pas très bien les résultats expérimentaux. Dans une seconde analyse le modèle du rotor asymétrique a été utilisé. Une description satisfaisante des mesures faites pour les premiers états 2^+ et 4^+ a été obtenue.

* Une partie de ce travail a été effectuée en collaboration avec l'Université de Nantes.

C-III-5 - REACTIONS ENTRE IONS LOURDS : MODELE DE POINT CHAUD
(J. JARY, A. GILLIBERT*)

HEAVY ION REACTIONS : HOT SPOT MODEL

A computing code has been written for solving the classical equation of heat conduction in presence of temperature dependent characteristics.

Parmi les processus impliqués lors des réactions induites par ions lourds, ceux qui sont caractérisés par un transfert important d'énergie et de moment angulaire de la voie d'entrée vers les degrés de liberté internes des

* Stagiaire militaire

noyaux ont été étudiés par différents modèles. L'un de ceux-ci est le modèle des points chauds. Il suppose que le noyau cible et le projectile fusionnent partiellement et que leur zone de recouvrement est le siège d'échange de nucléons et de mouvements dissipatifs. Au moment de la séparation des noyaux, chacun d'eux possède donc une zone fortement excitée (point chaud) alors que le reste du noyau n'a pas ou a très peu participé à la réaction. Cette énergie d'excitation localisée est ensuite dissipée dans tout le noyau ; des rayonnements γ et des particules dites de prééquilibre sont émis pendant le retour à l'équilibre de ce noyau.

En reliant la densité d'énergie à une température locale par une équation d'état de la matière nucléaire, le retour à l'équilibre thermique du noyau est décrit par l'équation classique de diffusion de la chaleur :

$$\rho c_p \frac{\partial T(\vec{r}, t)}{\partial t} = \text{div} (\chi \text{ grad } T(\vec{r}, t)) \quad (1)$$

où ρ est la densité de la matière nucléaire,
 c_p sa chaleur spécifique à pression constante,
 χ sa conductivité thermique
et T sa température locale.

Toute l'information microscopique est contenue dans ces coefficients encore mal connus pour la matière nucléaire. Un programme a été écrit pour résoudre l'équation (1), dans le cas général où ρ , c_p et χ dépendent de $T(\vec{r}, t)$.

C-IV - DESCRIPTION DES NOYAUX DANS LE CADRE DES THEORIES SELF-CONSISTANTES

DESCRIPTION OF NUCLEI WITHIN THE SELF-CONSISTENT THEORIES

C-IV-1 - COMPOSANTES A HAUTES FREQUENCES DES RESONANCES GEANTES DANS
LE ^{40}Ca (J. DECHARGE, D. GOGNY, L. SIPS* AND B. GRAMMATICOS**)

HIGH FREQUENCY PART OF GIANT RESONANCES IN ^{40}Ca

The fully self-consistent random-phase-approximation (R.P.A.) response of ^{40}Ca to the operator $j_\lambda(qr)$ is calculated by using the D1 density-dependent effective interaction and studied as a function of the momentum transfer q . Corresponding energy-weighted sum rules are evaluated. A striking q dependence is found for low multipoles, and the high-frequency part of the response function is conjectured to be responsible for recently observed resonant like structures in heavy ion collisions.

La fonction de réponse nucléaire à l'opérateur électromagnétique ($j_\lambda(qr)$) a été calculée par la méthode RPA self-consistante pour le noyau ^{40}Ca . Les règles de somme correspondantes (EWSR) ont également été évaluées. L'interaction utilisée est l'interaction effective D1. Une forte dépendance en moment de transfert q a été trouvée pour les bas multipoles λ et la partie haute fréquence de la fonction de réponse est probablement responsable des structures récemment observées en collisions d'ions lourds [1]. Il est également montré que l'utilisation de différentes prescriptions pour l'énergie des centroïdes des résonances conduit généralement à des réponses différentes à moment de transfert fini. Ce travail a fait l'objet de la publication [2].

* Collaborateur Temporaire Etranger ; adresse permanente : R. Boskovic
Institute, Zagreb (Yugoslavia).

** Adresse permanente : Département de Mathématiques CNET, Issy les Moulineaux.

REFERENCES

- [1] N. FRASCARIA, et al., Z. Phys. A294 (1980) 167.
[2] J. DECHARGE, D. GOGNY, B. GRAMMATICOS, L. SIPS, Phys. Rev. Lett. 49
(1982) 982 ; et communication à "Int. Conf. on Nuclear Structure",
Amsterdam, 30 Août - 3 Septembre 1982.

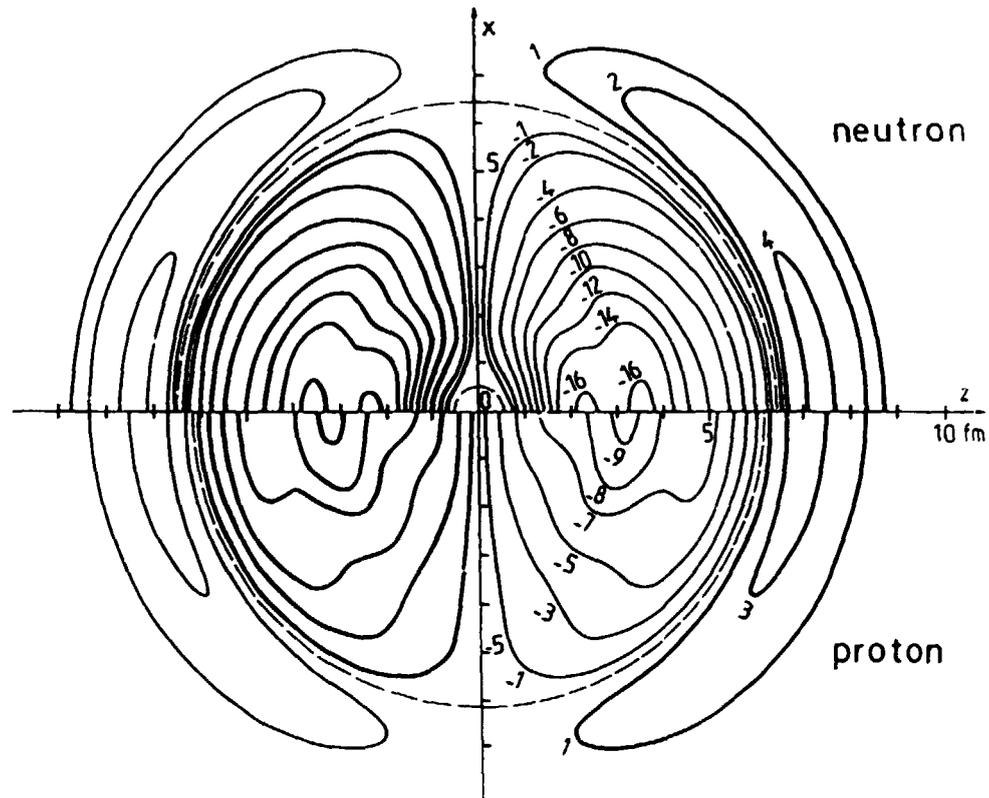
C-IV-2 - CALCULS SELF CONSISTANTS DE LA FONCTION DE REPOSE NUCLEAIRE
POUR LES NOYAUX A COUCHES FERMEES ET RESONANCES GEANTES
(J. DECHARGE, L. SIPS*)

*SELF CONSISTENT CALCULATIONS OF NUCLEAR RESPONSE FOR CLOSED SHELL
NUCLEI AND GIANT RESONANCES*

We present a fully self consistent calculation of nuclear response to the operator $e^{i\vec{q}\vec{r}}$ in the giant resonance region, for closed shell nuclei ^{16}O through ^{208}Pb . The finite range density-dependent D1 interaction has been utilized. Particular attention has been given to momentum transfer dependence. Correctness of transition densities for known resonances have made it possible to suggest the existence of several other resonances in higher frequency region presently accessible experimentally.

Un calcul RPA entièrement self consistant de la fonction de réponse nucléaire a été effectué pour les noyaux ^{16}O , ^{40}Ca , ^{48}Ca , ^{90}Zr et ^{208}Pb . L'interaction utilisée est l'interaction effective D1 de portée finie. Un intérêt particulier a été porté à la dépendance en moment de transfert q . Pour cela la forme simple de l'opérateur électromagnétique $e^{i\vec{q}\vec{r}}$ a été retenue. La région des résonances géantes jusqu'à des excitations d'environ 60 MeV a été étudiée. Comme pour les premiers états excités [1,2], les caractéristiques des résonances géantes connues sont bien reproduites par le calcul. A plus haute énergie (environ 20 à 35 MeV dans le Pb) certains modes récemment découverts sont confirmés par le calcul et leur intensité théorique prédite est

* Collaborateur Temporaire Etranger ; adresse permanente : R. Bóskovic
Institute, Zagreb (Yougoslavia)



C-IV-2 - FIGURE 1

Isodensités proton et neutron de la densité de transition du premier état dipolaire isoscalaire situé à ≈ 22 MeV d'excitation dans le ^{208}Pb . Le trait fort (fin) correspond à une augmentation (diminution) de densité de cette vibration. Une demi période plus tard la situation est inversée. L'échelle des courbes de niveaux est en $\text{e.f.m}^{-3} \times 10^3$.

en bon accord avec l'expérience [3,4]. Elle permet même dans certains cas d'évaluer l'importance relative d'une multipolarité dans ces régions d'excitation où le mélange de multipolarités est important. Un exemple de tels modes est montré Fig. 1. Enfin, d'autres modes à très haute énergie sont prévus par la théorie. Ils correspondent généralement au "deuxième harmonique" du premier mode connu, mais leur mise en évidence expérimentale est délicate car leur grande largeur peut les masquer plus ou moins totalement. Ce travail a été soumis pour publication à Nuclear Physics.

REFERENCES

- [1] D. GOUTTE et al., Phys. Rev. Lett. 45 (1980) 1618.
- [2] J. HEISENBERG et al., Phys. Rev. 25C (1982) 2292.
- [3] C. DJALALI et al., Nucl. Phys. A380 (1982) 42.
- [4] B. BONIN et al. (Saclay), à publier.

C-IV-3 - APPROCHE MICROSCOPIQUE DE LA SPECTROSCOPIE DES NOYAUX
(M. GIROD, B. GRAMMATICOS*)

MICROSCOPIC APPROACH OF NUCLEAR SPECTROSCOPY

Results from Hartree-Fock-Bogolyubov + Bohr hamiltonian calculations using the D1 effective interaction for five germanium isotopes are compared to experimental data. The mass parameter and moments of inertia effects are discussed. A possible explanation of the discrepancies is given.

Faisant suite à nos récents travaux sur les noyaux déformés [1,2], l'étude spectroscopique des isotopes pairs du Nickel, Germanium et Samarium a été reprise en introduisant une prescription nouvelle pour le calcul des paramètres de masse. Notre but est d'obtenir de façon entièrement microscopique et sans paramètre ajustable, le spectre des niveaux de basse énergie de noyaux pair-

* Adresse permanente : Département de Mathématiques CNET, Issy les Moulineaux.

pairs. Nous savons que ces niveaux sont pour la plupart des états de rotation, de vibration ou un mélange des deux. Le problème est donc de définir le hamiltonien régissant ces mouvements collectifs et de le résoudre pour obtenir les états dynamiques du système, c'est-à-dire les niveaux d'énergie et leurs fonctions d'ondes.

Le hamiltonien de Bohr est une approximation de la théorie plus générale de la coordonnée génératrice de Hill-Griffin-Wheeler. Il se présente sous la forme d'une équation dans l'espace des coordonnées collectives de rotation et de vibration. Cette équation se compose essentiellement d'un terme potentiel $V(\beta, \gamma)$ où β et γ représentent les déformations quadrupolaires respectivement axiales et triaxiales, d'un terme d'énergie cinétique de vibration, qui fait intervenir les masses collectives du système, et d'un terme d'énergie cinétique de rotation, qui fait intervenir les moments d'inertie.

A partir de l'interaction effective D1 nous avons calculé à l'approximation Hartree-Fock-Bogolyubov, le potentiel collectif $V(\beta, \gamma)$, les moments d'inertie I_x, I_y, I_z et les masses collectives $M_{\beta\beta}, M_{\beta\gamma}$ et $M_{\gamma\gamma}$. Ces sept données ont été introduites comme entrées dans le programme de résolution du hamiltonien de Bohr mis au point par K. Kumar.

Les résultats obtenus pour les niveaux de basse énergie sont présentés Fig. 1 pour les isotopes de masses 68, 70, 72, 74 et 76 du Germanium ainsi que les spectres expérimentaux.

On peut faire essentiellement deux remarques :

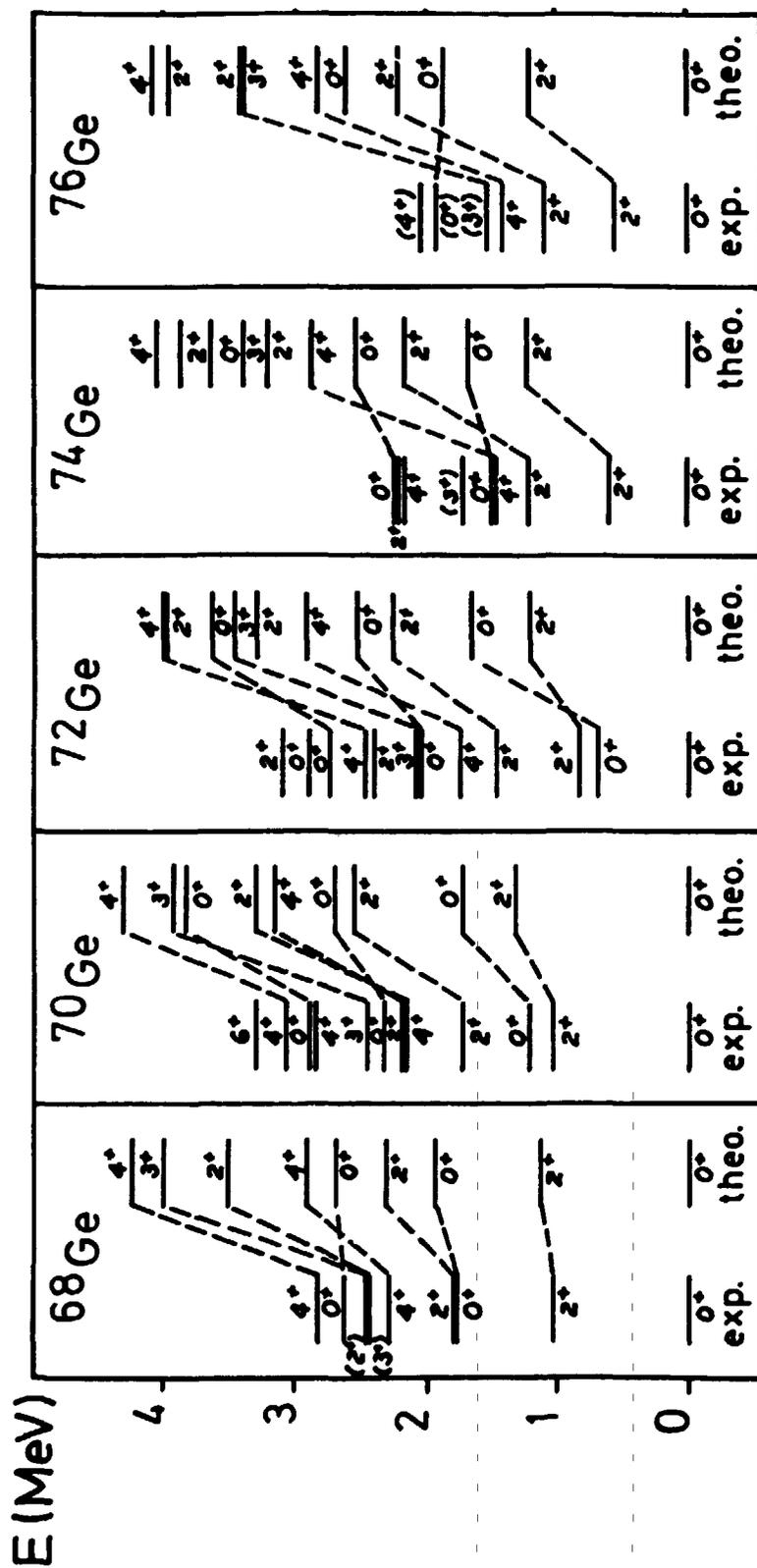
1) Les niveaux 0^+ excités, à part le premier du ^{72}Ge , sont en général assez proches de l'expérience. Cela signifie que les masses collectives sont probablement proches de la bonne valeur. Dans le cas du ^{72}Ge (et dans une moindre mesure du ^{70}Ge) il est probable que le premier niveau 0^+ excité est d'une autre nature que dans les $^{68,74,76}\text{Ge}$.

2) Les autres niveaux $2^+, 3^+, 4^+, 6^+$ sont systématiquement à une énergie trop élevée par rapport à l'expérience.

On peut avancer trois explications possibles :

- soit les moments d'inertie calculés sont trop faibles,
- soit les moments d'inertie sont bien calculés, mais la déformation dynamique calculée est trop faible,
- soit ces deux effets s'additionnent.

En ce qui concerne les moments d'inertie, l'étude des noyaux rigides déformés ($^{154}\text{Sm}, ^{166}\text{Er}, ^{240}\text{Pu}$ etc...) où les spectres sont purement rotation-



C-IV-3 - FIGURE 1

Comparaison expérience-théorie pour les bas niveaux excités d'un ensemble d'isotopes du germanium

nels, permet de déduire les moments d'inertie expérimentaux. Nous obtenons pour ces noyaux une déformation de l'état fondamental en accord avec l'expérience, mais en général les moments d'inertie calculés à l'approximation HFB + cranking avec l'interaction D1 sont trop faibles d'environ 30% (voir p. ex. réf. 3). Il est possible que cela provienne des propriétés d'appariement de l'interaction. On sait en effet que les corrélations d'appariement ont pour effet de fortement diminuer le moment d'inertie. Nous avons vérifié qu'une légère modification de ces propriétés, dans le sens d'une diminution de l'appariement, provoque une augmentation très sensible à la fois des moments d'inertie et des masses collectives. Cela va tout-à-fait dans le sens que les calculs de spectroscopie semblent indiquer.

Nous poursuivrons nos études dans cette direction.

REFERENCES

- [1] M. GIROD, B. GRAMMATICOS, "Triaxial Hartree-Fock-Bogolyubov calculations with D1 effective interaction", à paraître dans Phys. Rev. C.
- [2] M. GIROD, B. GRAMMATICOS, "Triaxial structures in nuclei", communication à "Int. Conf. on Nuclear Structure", Amsterdam (Août-Sept. 1982).
- [3] M. GIROD, D. GOGNY, "Microscopic calculation of deformation properties in the actinide region", dans le rapport "Status of activities on actinide nuclear data at Bruyères-le-Châtel", NEANDC(E) 227 "L", INDC (FR) 54/L (Mars 1982).

C-IV-4 - APPLICATION DES APPROCHES MICROSCOPIQUES AUTO-CONSISTANTES
A LA FISSION NUCLEAIRE (J.F. BERGER, M. GIROD, D. GOGNY)

SELF CONSISTENT MICROSCOPIC APPROACH TO NUCLEAR FISSION

The completely microscopic approach based on the Hartree-Fock-Bogolyubov (HFB) procedure with various constraining field, which has been successfully applied to the study of ^{240}Pu fission, has been extended to two other actinides : ^{236}U and ^{232}Th . Preliminary results indicate that the interpretation of the scission process given previously for ^{240}Pu is also

valid for ^{236}U . No third minimum is observed in the bi-dimensional - energy versus elongation and asymmetry - potential energy surface of ^{232}Th . However, inspection of this PES shows that contrary to ^{240}Pu and ^{236}U the two possible mirror-symmetric pear-shaped configuration of ^{232}Th may interact at large deformation through a window in the symmetric barrier. This effect might explain the intermediate structure resonances which have been observed in the ^{231}Th and ^{233}Th neutron induced fission cross section near threshold.

Notre étude de la fission à basse énergie du noyau ^{240}Pu réalisée ces dernières années [1] a amplement démontré l'intérêt d'aborder ce phénomène nucléaire d'un point de vue complètement microscopique. Rappelons qu'elle a permis, en particulier, de préciser le comportement collectif du noyau aux très grandes déformations, notamment au voisinage de la scission, et d'interpréter des observations expérimentales mal expliquées comme la "fission froide" et la faible dissipation d'énergie dans la descente entre le point selle et la scission.

Pour cette raison, il était naturel d'étendre ce genre d'approche à d'autres actinides, en particulier à des systèmes ayant un comportement expérimental spécifique. Dans cette optique, nous avons entrepris récemment des calculs de surface d'énergie potentielle multidimensionnelle pour les noyaux ^{236}U et ^{232}Th . Le premier noyau est l'un de ceux où les événements de fission froide ont été détectés avec le plus de netteté [2] et il était intéressant de vérifier si l'interprétation de la fission froide donnée dans le cas du ^{240}Pu s'appliquait encore à ce système. Le second des deux noyaux est le système pair-pair intermédiaire entre les isotopes 231 et 233 du Thorium. Dans ces deux actinides, des résonances ont été observées au voisinage du seuil dans les sections efficaces de fission induites par neutron [2]. Elles n'ont pu être interprétées qu'en supposant l'existence d'un troisième minimum dans la barrière de fission de ces noyaux [2,3]. Si cette hypothèse est fondée, un minimum de ce type existe certainement dans la barrière de fission de l'isotope 232 et il devrait apparaître dans la surface d'énergie potentielle déterminée microscopiquement.

L'étude de ces deux noyaux n'étant pas terminée nous ne donnerons ici que des conclusions qualitatives préliminaires. Nos premiers résultats concernant le système ^{236}U indiquent que la surface d'énergie potentielle

$E = V(q_2, q_4)$ - c'est-à-dire l'énergie de déformation en fonction des paramètres d'élongation q_2 et de striction q_4 - a, pour l'asymétrie de masse la plus favorisée, une structure analogue à celle du noyau ^{240}Pu . Le tenseur d'inertie associé au mouvement collectif dans les variables q_2 et q_4 a également des valeurs comparables (en particulier l'élément non diagonal $M_{q_2q_4}$ est négatif). L'interprétation des événements de fission froide que nous avons donnée pour ce noyau semble donc encore valable pour l'Uranium.

Nous disposons aussi de résultats préliminaires concernant la surface d'énergie potentielle $E = V(q_2, q_3)$ - fonction des paramètres d'élongation q_2 et d'asymétrie de masse q_3 - du noyau ^{232}Th dans la région située entre le point selle et le point de scission. Contrairement à ce que l'on pouvait attendre, elle ne présente pas de puits d'énergie potentielle : lorsque l'on augmente la déformation du noyau depuis le point selle jusqu'à la scission en suivant l'asymétrie de masse la plus favorisée, l'énergie potentielle garde des valeurs sensiblement voisines (en légère croissance) sans jamais montrer de nette diminution. Ces premiers résultats de calcul ne confirment donc pas l'existence d'un minimum supplémentaire dans la surface d'énergie potentielle du ^{232}Th . Il est probable que l'on arriverait à la même conclusion dans les deux isotopes impairs voisins.

La surface d'énergie potentielle $E = V(q_2, q_3)$ du ^{232}Th présente cependant une particularité qui la distingue nettement de celles des systèmes ^{240}Pu et ^{236}U et qui peut expliquer la présence de résonances intermédiaires dans les sections efficaces de fission des Thorium. Dans le ^{232}Th , en effet, la barrière séparant les deux vallées de fragmentation asymétrique - c'est-à-dire la vallée correspondant aux configurations où le fragment le plus lourd est à droite (configuration $|\phi_D\rangle$) et la vallée où celui-ci est à gauche (configurations $|\phi_G\rangle$) - tend à s'abaisser lorsque q_2 atteint 180 barns pour remonter ensuite aux déformations $q_2 > 280$ barns. Cet effet, déjà visible dans les noyaux ^{240}Pu et ^{236}U est fortement marqué dans le ^{232}Th . Il est possible, dans ces conditions, que la pénétrabilité de la barrière en question soit beaucoup plus grande dans ce dernier système. Si tel est le cas, les états $|\phi_D\rangle$ et $|\phi_G\rangle$ pourraient interagir à travers la barrière en question, formant un état métastable ayant une durée de vie observable. Les résonances détectées dans les isotopes du Thorium seraient alors non pas dues à l'existence de puits de potentiel supplémentaires situés dans les vallées asymétriques du type $|\phi_D\rangle$ et $|\phi_G\rangle$, mais à un effet dynamique provenant de la présence d'une "fenêtre" mettant en communication les deux vallées. Nous nous proposons de tester quantitativement cette hypothèse lorsque les résultats du calcul microscopique seront complétés.

REFERENCES

- [1] J.F. BERGER, M. GIROD and D. GOGNY, Journal de Physique Lettres 42 n° 23 (1981) L509 et C.R.A.S. T293 série II du 26.10.1981.
- [2] D. PAYA, Physics and Chemistry of Fission IAEA Vienna (1980) 1 p. 207. J. BLONS, Thèse, mai 1982 (Paris Sud - Orsay).
- [3] J.W. BOLDEMAN, D. GOCNY, A.R. de L. MUSGROVE and R.L. WALSH, Phys. Rev. C22 n° 2 (1980) 627.

C-IV-5 - INFLUENCE D'UNE "ANISOTROPIE DE MASSE COLLECTIVE" DANS UN MODELE
BIDIMENSIONNEL POUR LES PENETRABILITES DE FISSION
(B. DUCOMET, J.F. BERGER)

*INFLUENCE OF A COLLECTIVE MASS ANISOTROPY IN A BIDIMENSIONAL MODEL
FOR FISSION PENETRABILITIES*

For a simple bi-dimensional model derived from Ref. [1], we propose a description of the influence of the collective mass tensor on the penetrability of the fission barrier, restricting ourselves to a simple subdynamics, focusing mainly on the barrier effect. Namely, we show that the semi-classical penetrability is increased by a negative extra diagonal collective mass, small enough.

A partir d'un modèle simple bidimensionnel issu des calculs microscopiques sur ^{240}Pu issus de [1], on propose [2] une description de l'influence du tenseur des masses collectives sur la pénétrabilité de la barrière de fission. En nous limitant à une "sous-dynamique" qui caractérise l'effet de barrière, on montre essentiellement ce résultat inattendu qu'une petite masse collective extradiagonale négative, augmente la pénétrabilité de la barrière.

REFERENCES

- [1] J.F. BERGER, M. GIROD, D. GOGNY, C.R.A.S. 293 II (1981) 485, et J. de Phys. Lett. 42 (1981) L-509.
- [2] B. DUCOMET, à publier.

PARTIE D :

THEORIE DES CHAMPS

ET

ASTROPHYSIQUE

D-I - THEORIE DES CHAMPS

FIELD THEORY

D-I-1 - COMPORTEMENT ASYMPTOTIQUE LOGARITHMIQUE DU PRODUIT DE CONVOLUTION
RENORMALISE DANS L'ESPACE EUCLIDIEN A QUATRE DIMENSIONS (B. DUCOMET) [4]

LOGARITHMIC ASYMPTOTIC BEHAVIOUR OF THE RENORMALIZED CONVOLUTION
PRODUCT IN FOUR-DIMENSIONAL EUCLIDEAN SPACE

The asymptotic logarithmic behaviour in r -dimensional euclidean space of the renormalized G -convolution product H_G^{ren} associated with a general graph G has been determined [1]. This study is an extension of previous results, obtained in [2], which contained only the power law asymptotic behaviour with respect to external momenta.

Dans un travail récent [1], l'on a déterminé le comportement asymptotique logarithmique, dans l'espace des impulsions, du produit de convolution H_G^{ren} , renormalisé, associé à un graphe général G , introduit dans [3]. Ce travail prolonge les résultats de [2] qui concernaient le comportement asymptotique en puissances des moments externes. Cette extension s'est avérée nécessaire pour l'étude des équations du mouvement du modèle ϕ_4^4 (cf [4]).

D-I-2 - CONSERVATION DES PROPRIETES AXIOMATIQUES DES CHAMPS PAR LES EQUATIONS
DU MOUVEMENT DU MODELE ϕ_4^4 . (B. DUCOMET, M. MANOLESSOU-GRAMMATICOU*) [5]

CONSERVATION OF AXIOMATIC FIELD THEORY PROPERTIES BY THE ϕ_4^4 EQUATIONS
OF MOTION

We prove that simple graphs with two generalized vertices and an arbitrary number of internal lines, can be associated with generalized G -convolution products which conserve all algebraic and analytic properties resulting from the linear Wightman axioms.

* Institut des Hautes Etudes Scientifiques, 91440 Bures-sur-Yvette (France)

The method used is an extension in the renormalized case of the Bros-Lassalle iterative procedure. As a byproduct, we prove that the ϕ_4^4 equations of motion for Green functions conserve these linear field theory properties.

Dans l'étude [5] nous avons montré que pour un graphe dit "simple" G , à deux vertex généralisés reliés par un nombre arbitraire de lignes internes, le produit de convolution [3] associé à G conserve les propriétés algébriques et analytiques correspondant aux axiomes de Wightman linéaires. La méthode utilisée est une extension au cas renormalisé de la construction de Bros-Lassalle [6,7]. Ce résultat est ensuite appliqué au modèle d'interaction polynomiale ϕ_4^4 .

REFERENCES DU CHAPITRE D-I

- [1] B. DUCOMET, à soumettre à Annals of Physics.
- [2] M. MANOLESSOU-GRAMMATICOU, Ann. Phys. 122 (1979) 297.
- [3] J. BROS, M. MANOLESSOU-GRAMMATICOU, Commun. Math. Phys. 72 (1980) 175 ; Commun. Math. Phys. 72 (1980) 207.
- [4] M. MANOLESSOU-GRAMMATICOU, à paraître.
- [5] B. DUCOMET, M. MANOLESSOU-GRAMMATICOU, soumis aux Annales de l'Institut Henri Poincaré.
- [6] J. BROS, in "Analytic methods in Mathematical Physics", Newton Ed., Gordon and Breach (1970).
- [7] M. LASSALLE, Commun. Math. Phys. 36 (1974) 185.

D-II - ASTROPHYSIQUE

ASTROPHYSICS

D-II-1 - LES NUAGES MOLECULAIRES FORMENT-ILS UNE SEQUENCE D'EBERT-BONNOR ?

(J.P. CHIEZE)

DO MOLECULAR CLOUDS FORM AN EBERT-BONNOR SEQUENCE ?

The observations of molecular clouds of various scales and masses show that there exist definite power law relations between their mass, radius and internal velocity dispersion ([1], [2]). Reference is commonly made to Kolmogoroff's theory of subsonic turbulence to account for such relations. We suggest an alternative interpretation in which the gravitational instability of gas clouds plays a central role. We show that when clouds are imbedded in a uniform medium with constant pressure - the pervasive coronal phase of the interstellar medium - they precisely obey the observed relations :

$$\begin{aligned} M &\propto R^2 \\ \langle v^2 \rangle^{1/2} &\propto R^{1/2} \\ \langle v^2 \rangle^{1/2} &\sim M^{1/4} \end{aligned}$$

when they become gravitationally unstable, that is when they reach the so-called Ebert-Bonnor critical state [3,4]. The normalisations of these relations is in very good agreement with the observations if, after they reached that critical state, clouds fragment, collapse and then achieve virial equilibrium, as commonly stated. These results can be extended to other astrophysical objects, such as giant HI complexes.

L'observation des nuages moléculaires de toutes tailles ($1M_{\odot} \leq M \leq 5.10^5 M_{\odot}$) montre que leurs rayons (R), leurs masses (M) et leurs dispersions de vitesse (σ) sont liés par des relations du type :

$$\begin{aligned} M &\propto R^\alpha \\ \sigma &\propto R^\beta \end{aligned}$$

où les exposants α et β sont voisins de 2 et $\frac{1}{2}$ respectivement [1]. La théorie de Kolmogoroff de la turbulence subsonique prévoit, à l'aide d'arguments dimensionnels, des relations du même type, avec des exposants proches de ceux observés. Mais aucune théorie complète adaptée au cas des nuages moléculaires, qui se distinguent par des contrastes de densité atteignant 10^4 , n'a été proposée à ce jour.

Nous suggérons une autre interprétation de ces relations, dans laquelle la notion d'instabilité gravitationnelle est au premier plan. La phase coronale du milieu interstellaire soumet les nuages interstellaires à une pression constante et uniforme $\frac{P_0}{K} \simeq 1500 \text{ K cm}^{-3}$. Dans ces conditions, nous montrons que l'équilibre hydrostatique d'un nuage cesse d'être stable quand sa masse et son rayon sont reliés par la relation

$$M = g_1 \left(\frac{P_0}{G}\right)^{\frac{1}{2}} R^2, \quad (1)$$

La dispersion de vitesse thermique du gaz est alors :

$$\langle v^2 \rangle^{1/2} = g_2 P_0^{\frac{1}{8}} G^{\frac{3}{4}} M^{\frac{1}{4}}. \quad (2)$$

Les coefficients g_1 et g_2 ne dépendent que de l'équation d'état du gaz dont est composé le nuage. En pratique, une équation d'état isotherme se révèle être une excellente approximation [5].

Quand un nuage est gravitationnellement instable, il se contracte puis se fragmente vraisemblablement. En tenant compte de ces phénomènes, les relations précédentes (1) et (2) deviennent :

$$\frac{M}{1M_\odot} = 100 \left(\frac{R}{1\text{pc}}\right)^2 \quad (3)$$

$$\frac{\langle v^2 \rangle^{1/2}}{1 \text{ km S}^{-1}} = 0.60 \left(\frac{R}{1\text{pc}}\right)^{1/2} = 0.19 \left(\frac{M}{1M_\odot}\right)^{1/4}. \quad (4)$$

Elles sont en excellent accord (cf fig. 1) avec les observations les plus récentes [2]. Il est à noter que la dispersion de vitesse $\langle v^2 \rangle^{1/2}$ figurant dans l'équation (4) ne représente pas la dispersion de vitesse thermique du gaz moléculaire (vitesse de 0.3 km S^{-1} pour une température de 10 K)

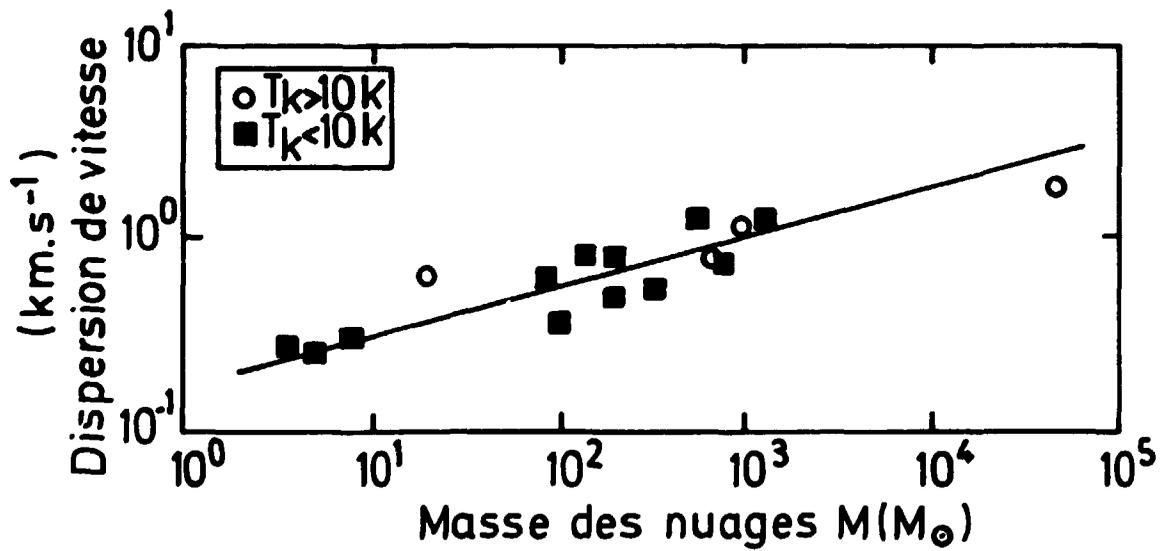
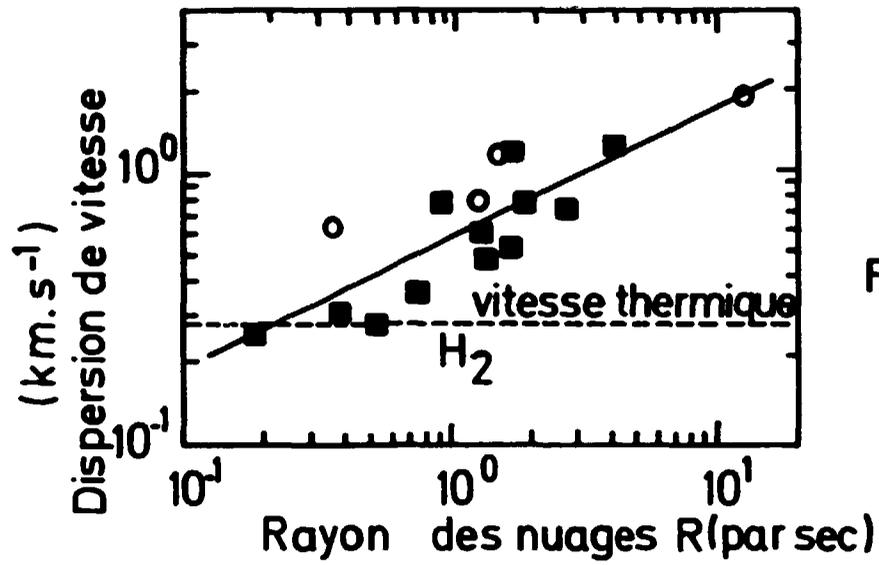
mais bien celle des divers fragments qui ont atteint l'équilibre viriel. Il apparaît que ces mouvements sont supersoniques dans les nuages de masses supérieures à environ $10 M_{\odot}$.

Une conséquence importante concerne la morphologie des nuages moléculaires, qui seraient ainsi formés d'un ensemble de fragments isolés, gravitationnellement liés entre eux en sous ensembles vérifiant également les relations précédentes. La vérification de cette conclusion fait partie du programme d'observation de radio-astronomie millimétrique mené par J.L. Puget, E. Falgaronne et M. Perraut (Laboratoire de Physique de l'Ecole Normale Supérieure).

Le travail ci-dessus décrit fait l'objet de la publication [6].

REFERENCES DU CHAPITRE D-II

- [1] R.B. LARSON, Mon. Not. R. Astr. Soc. 194 (1981) 809.
- [2] C.M. LEUNG, M.L. KUTNER, K.N. MEAD, Ap. J. 262 (1982) 583.
- [3] R. EBERT, Z. Astrophys. 37 (1955) 217.
- [4] W.B. BONNOR, Mon. Not. R. Astr. Soc. 116 (1957) 351.
- [5] P.F. GOLDSMITH, W.D. LANGER, Ap. J. 222 (1978) 881.
- [6] J.P. CHIEZE, "Role of the gravitational instability and the interstellar medium pressure in the structure of molecular clouds", soumis à "Astronomy and Astrophysics".



B-II - FIGURES 1a et 1b

Les figures 1a et 1b sont extraites de la référence [2]. La dispersion de vitesse du gaz moléculaire est déterminée à partir de la largeur de la raie à 2.6 mm de ^{13}CO . Elle est représentée en fonction du rayon R (fig. 1a) et de la masse M (fig. 1b) des nuages observés. Les résultats des relations (4) y sont reportés en trait plein.

PARTIE E :

BIBLIOGRAPHIE

PUBLICATIONS

(Documents émis ou publiés dans le Service P2N au cours de l'Année 1982)

-
- Phenomenological and microscopic optical model analyses of the interaction of low energy nucleons with ^{93}Nb
Ch. LAGRANGE, A. LEJEUNE
Physical Review Vol. 25, n° 5 (Mai 1982).

 - A microscopic calculation of the collective ground state correlations in the FE-NI-ZN isotopes
M. GIROD, P.G. REINHARD
Nuclear Physics A384 (1982) p. 179-189.

 - A new evaluation of neutron data for the tungstene isotopes between 0.1 and 20 MeV
E.D. ARTHUR, P.G. YOUNG, C.A. PHILIS
Rapport LOS ALAMOS (à paraître).

 - Neutron scattering cross sections for ^{232}Th , ^{233}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{239}Pu and ^{242}Pu between 0.6 and 3.4 MeV
G. HAOUAT, J. LACHKAR, Ch. LAGRANGE, J. JARY, J. SIGAUD, Y. PATIN
Nuclear Science and Engineering Vol. 81, n° 4 (1982) p. 491-511.

 - Etude de la dissipation d'énergie dans la fission de ^{234}U à l'aide de la réaction $^{233}\text{U}(d, pf)$
Y. PATIN, F. COÇU, J. LACHKAR, J. SIGAUD, G. HAOUAT, S. CIERJACKS
Nuclear Physics A283 (1982) p. 31-55.

 - Spin-orbit deformations deduced from analyzing powers for inelastic neutron scattering from ^{54}Fe , ^{56}Fe , ^{58}Ni , ^{120}Sn and ^{208}Pb
P.P. GUS, C.E. FLOYD, K. MURPHY, C.R. HOWELL, R.S. PEDRONI, G.M. HONORE.
H.G. PFUTZNER, G. TUNGATE, R.C. BYRD, R.L. WALTER, J.P. DELAROCHE
Physical Review Vol. 25 n° 5 (1982) p. 2854.

- Study of the $^{208}\text{Pb}(n,\gamma)^{209}\text{Pb}$ reaction between 0.8 and 7.7 MeV
S. JOLY, G. GRENIER, D.M. DRAKE, I. BERGQVIST, D.K. McDANIELS, A. LINDHOLM,
L. NILSSON, N. OLSSON, A. WAHEED, R. ZORRO, I. RIGAUD
Nuclear Physics A382 (1982) p. 71-78.

- Préparation de cible en zirconium sur dépôt d'or pour la production de neutrons
C. BONETTI
Nuclear Instruments and Methods 203 (1982) p. 595-596.

- Simulation compressed-air diving : a physicist's approach
B. GRAMMATICOS, M. GIROD
à paraître dans American Journal of Physics.

- A microscopic calculation of collective potential and mass in Hg -isotopes
M. GIROD, P.G. REINHARD
Physics Letters Vol 117 B, N° 1,2, (1982) p. 1-4.

- On the high frequency part of giant resonances
J. DECHARGE, D. GOGNY, B. GRAMMATICOS, L. SIPS
Physical Review Letters 49 (1982) p. 982.

- Coupled-channel optical-model calculations for evaluating neutron cross
sections of odd-mass actinides
Ch. LAGRANGE, O. BERSILION, D.G. MADLAND
à paraître dans Nuclear Science and Engineering.

- Status of activities on actinide nuclear data at Bruyères-le-Châtel
J. SALVY, et al.
Rapport NEANDC (E) 227 "L" - INDC (FR) 54/L

- Correlated charge and mass distributions from reactions of ^{56}Fe with ^{58}Ni ,
 ^{64}Ni and ^{122}Sn
H.C. BRITT, B.H. ERKLILA, A. GAVRON, Y. PATIN, R.H. STOKES, M.P. WEBB,
P.R. CHRISTENSEN, Ole HANSEN, S. PONTOPPIDAN, F. VIDEBAEK, R.L. FERGUSON,
F. PLASIL, G.R. YOUNG, J. RANDRUP
Physical Review Vol. 26 N° 5 (1982).

- Elastic and inelastic scattering of neutrons from $^{54,56}\text{Fe}$ and $^{63,65}\text{Cu}$: II
scattering and nuclear structure effects from coupled channels calculations
J.P. DELAROCHE, S.M. EL-KADI, P.P. GUSS, C.E. FLOYD, R.L. WALTER
Nuclear Physics A390 (1982) p. 541.

- Triaxial Hartree-Fock-Bogolyubov calculations with D1 effective-interaction
M. GIROD, B. GRAMMATICOS
à paraître dans Physical Review C.

- Rapport des activités de recherche dans le domaine des données nucléaires en
France pour l'année 1981.
P. FIGEAC
Rapport NEANDC (E) 233 "U".

- Sensitivity of neutron scattering properties to the coupling to giant
resonances
J.P. DELAROCHE, P.P. GUS, C.E. FLOYD, R.L. WALTER, W. TORNOW
Physical Review C Vol. 26 N° 5 (1982) p. 1899.

- Results of coupled channel calculations for the neutron cross sections of
a set of actinide nuclei
Ch. LAGRANGE
Rapport NEANDC (E) 228 "L" - INDC (FR) 56/L.

- The effects of triaxial deformations in the structure of the $2^+_{(1)}$ transition
charge density in ^{58}Ni
B. FROIS, S. TURCH-CHIEZE, J.B. BELLICARD, M. HUET, P. LECONTE, X.H. PHAN,
I. SICK, J. HEISENBERG, M. GIROD, K. KUMAR, B. GRAMMATICOS
à paraître dans Physics Letters.

- Scattering of polarized neutrons from ^{208}Pb at 10 and 14 MeV : discrepancies
between measurements and predictions
C.E. FLOYD, R.C. BYRD, P.P. GUSS, C. HOWELI, K. MURPHY, R. PEDRONI, G. TUNGATE,
R.L. WALTER, J.P. DELAROCHE, T.B. CLEGG
à paraître dans Physical Review Letters.

- 1)-La formation des étoiles, 2)-Les supernovae, 3)-Les nuages moléculaires, 4)-Le milieu interstellaire

J.P. CHIEZE

Soumis à Atlas de l'Univers, éditeur : Encyclopedia Universalis

- Self consistent calculations of nuclear response for closed shell nuclei

J. DECHARGE, L. SIPS

à paraître dans Nuclear Physics.

- Logarithmic asymptotic behaviour of the renormalized G- convolution product in four dimensional eucliden space

B. DUCOMET

à paraître dans Annales de l'Institut Henri Poincaré.

- Semi-microscopic calculations of inelastic neutron scattering from heavy deformed nuclei

Ch. LAGRANGE, M. GIROD

à paraître dans Journal of Physics "G", Nuclear Physics (Letters).

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

J.P. CHIEZE

à paraître dans Astronomy and Astrophysics.

- Quasielastic Transfer Reactions Induced by ^{56}Fe on ^{58}Ni , ^{64}Ni and ^{122}Sn
S. PONTOPPIDAN, P.R. CHRISTENSEN, Ole HANSEN, F. VIDEBAEK, H.C. BRITT,
B.H. ERKKILA, Y. PATIN, R.H. STOKES, M.P. WEBB, R.L. FERGUSON, F. PLASIL,
G.R. YOUNG

Soumis à la revue Physical Review C.

- Interprétation semi-microscopique de la diffusion élastique et inélastique de neutrons par ^{208}Pb .

Ch. LAGRANGE, J.C. BRIENT

Journal de Physique 44 (1983) 27-32.

COMMUNICATIONS

The XX International winter meeting on nuclear physics, BORMIO (Italie) du 25 au 29 Janvier 1982

- Competition between a few nucleon emission and γ -deexcitation for the system $^{65}\text{Cu} + ^{87}\text{Rh} \rightarrow ^{162}\text{Dy}^*$ at $E^* \sim 54$ MeV

C. CABOT, H. GAUVIN, H. SERGOLLE, P. AGUER, G. BASTIN, J.P. THIBAUD, Y. PATIN
CEA-CONF 6219.

Third joint Varenna Grenoble international Symposium on heating in toroidal plasmas, GRENOBLE (Isère) du 22 au 27 Mars 1982

- Sur les possibilités de chauffage additionnel des grands tokamaks par des ions lourds de haute énergie

R. DEI-CAS.

NEANDC/NEACRP Specialist's Meeting on Fast Neutron Capture Cross Sections, ARGONNE (USA) du 20 au 23 Avril 1982

- Correction techniques for cross section and angular distribution measurements in fast neutron capture

S. JOLY, G. GRENIER, J. VOIGNIER

CEA-CONF 6253.

- Fast neutron capture mechanisms for neutron energies between 0.5 and 6.0 MeV

S. JOLY, G. GRENIER, J. VOIGNIER

CEA-CONF 6252.

- Fast neutron capture cross section measurements using a NaI detector

S. JOLY, G. GRENIER, J. VOIGNIER

CEA-CONF 6254.

Meeting of the American Physical Society, WASHINGTON D.C. (U.S.A.) du 26 au 29 Avril 1982

- Sensitivity of neutron scattering properties to the coupling to giant resonances

J.P. DELAROCHE, PP. GUSS, C.E. FLOYD, R.L. WALTER, W. TORNOW.

- Spin-orbit informations deduced from analyzing powers for inelastic neutron scattering from ^{54}Ne , ^{56}Fe , ^{58}Ni , ^{60}Ni , ^{120}Sn and ^{208}Pb

PP. GUSS, C.E. FLOYD, K. MURPHY, C.R. HOWELL, R.S. PEDRONI, G.M. HONORE,

H.G. PFUTZNER, G. TUNGATE, R.C. BYRD, R.L. WALTER, J.P. DELAROCHE.

- Analysis of proton scattering from the even-A selenium isotopes at 16 MeV
J.P. DELAROCHE, T.B. CLEGG, R.L. WALTER.

Conférence Internationale sur quelques aspects des réactions entre ions lourds,
SACLAY (France) du 3 au 7 Mai 1982

- Investigation of nucleons transfer in the reaction $^{24}\text{Mg} + ^{197}\text{Au}$ at 11.3 MeV/A
M. MORJEAN, J.L. CHARVET, M. BERLANGER, Y. BERNARD, F. GUILBAULT, C. LEBRUN,
S. LERAY, R. LUCAS, C. MAZUR, C. NGO, A. OLMI, M. RIBRAG, J.L. UZUREAU.

International Conference on Nuclear Structure, AMSTERDAM (Pays-Bas) du 30 Août
au 3 Septembre 1982

- On the high frequency part of giant resonances
J. DECHARGE, D. GOGNY, L. SIPS, B. GRAMMATICOS.
- Triaxial structures in nuclei
M. GIROD, B. GRAMMATICOS.
- The collective structure of the even-A Se isotopes : interacting boson model
and Hartree-Fock-Bogolyubov approaches
J.P. DELAROCHE, M. GIROD, Ph. DUVAL
CEA-CONF 6440.

4^{ème} Meeting sur l'intercomparaison des données nucléaires des actinides, GEEL
(Belgique) du 2 au 3 Septembre 1982

- Some comments on $\bar{\nu}_p$ for ^{237}Np
J. FREHAUT
CEA-CONF 6509.

Conférence Internationale sur les données nucléaires, ANVERS (Belgique) du 6 au
10 Septembre 1982

- A new evaluation of neutron data for the ^{209}Bi between 10^{-5} eV and 20 MeV
O. BERSILLON, B. CAPUT, C.A. PHILIS
CEA-CONF 6501.

- Effets dynamiques dans la fission de ^{232}Th et ^{230}Th induite par neutrons
J. TROCHON, J. FREHAUT, J.W. BOLDEMAN, G. SIMON, Y. PRANAL
CEA-CONF 6500.

- Mesures absolues de $^{240}\text{Pu}(n,f)$, $^{242}\text{Pu}(n,f)$ et $^{237}\text{Np}(n,f)$ à l'énergie incidente de 2,5 MeV
M. CANCE, G. GRENIER
CEA-CONF 6499.

- Mesure du $\bar{\nu}_p$ et \bar{E}_γ pour la fission de ^{232}Th , ^{235}U et ^{237}Np induite par des neutrons d'énergie comprise entre 1 et 15 MeV
J. FREHAUT, A. BERTIN, R. BOIS
CEA-CONF 6451.

- Mesure de la section efficace de capture radiative du lanthane, du bismuth, du cuivre naturel et de ses isotopes pour des neutrons d'énergie comprise entre 0,5 et 3 MeV
J. VOIGNIER, S. JOLY, G. GRENIER
CEA-CONF 6502.

- Direct interaction of fast neutrons scattered from the β^- and γ^- band head levels of the even-A tungsten isotopes
J.P. DELAROCHE
CEA-CONF 6453.

- Effets du couplage aux résonances géantes sur la diffusion élastique et inélastique de neutrons rapides
J.P. DELAROCHE, P. GUSS, C.E. FLOYD, R.L. WALTER, W. TORNOW
CEA-CONF 6450.

- Study of nuclear deformation of S-D shell nuclei by fast neutron scattering
G. HAOUAT, R. DE SWINIARSKI, F. DIETRICH, Ch. LAGRANGE, Y. PATIN
CEA-CONF 6452.

- Analysis of $n + ^{165}\text{Ho}$ and $n + ^{169}\text{Tm}$ reactions
P.G. YOUNG, E.D. ARTHUR, C. PHILIS, P. NAGEL, M. COLLIN
CEA-CONF 6503.

Conférence sur "The neutron and its applications (50th anniversary, discovery of the neutron) CAMBRIDGE (Grande-Bretagne) du 13 au 19 Septembre 1982

- Microscopic analysis of nucleon elastic and inelastic scattering cross sections in the mass region $A = 208-238$.

Ch. LAGRANGE, J.C. BRIENT.

- NOTES C.E.A.

- Réalisation et gestion par microprocesseur d'un ensemble de seize voies amplif-
ficatrices à gain programmable

R. FAUJOUR, D. NGABERE

Note CEA-N-2280.

- "EVMCA" : un moyen de calcul pour l'évaluation et la visualisation de données
nucléaires

R. PERRIER

Note CEA-N-2312.

- Compte rendu d'activité du Service de Physique Neutronique et Nucléaire pour
l'année 1981

Note CEA-N-2284, NEANDC (E) 232 "L" - INDC (FR) 55/L.

DIVERS

- Regroupeur H.F. compte rendu de la réunion P2N-SIR du 22.12.1981 (n° 12)
R. DEI CAS
Note Technique n° P2N-68/82 du 21 Janvier 1981.

- Compte rendu de la visite de W. LOEWE (Lawrence Livermore Laboratory - Weapon effect group) 19-20/11/1981 au Service P2N/B.III
J. LACHKAR, J. SIGAUD, A. DUCAUZE
Rapport DO 82 005 de Janvier 1982.

- Rapport de stage militaire au Service P2N pour la période du 7.1.1981 au 27.1.1981
J.C. BRIENT
N° P2N-13/82

- Transport de particules suprathermiques dans un plasma. Description des sous-programmes de calcul des coefficients de Fokker-Plank
F. COÇU, R. PERRIER, M.A. BEUVE
N° P2N-52/82 du 18.1.1982.

- Van de Graaff Tandem, rapport de sûreté des regroupeurs haute énergie
R. DEI CAS
Note Technique n° P2N-214/82 du 1.3.1982.

- Réunion de travail sur la capture radiative de nucléons rapides. "Fast nucleon capture workshop" S. JOLY.
N° P2N-139/82 du 8.2.1982.

- Quelques aspects expérimentaux de la Physique des ions lourds aux énergies intermédiaires
J.L. UZUREAU
N° P2N-344/82 du 6.4.1982.

- Essais sous faisceau d'une cible gazeuse
J. TROCHON, F. BRISARD, M. DUMAZERT, Y. PRANAL, G. SIMON
n° P2N-451/82 du 21.5.1982.

- Alimentation H.T. 10 keV, compte rendu de réception du 22 Juillet 1982.
R. DEI CAS, J. BARDY
Note P2N-739/82 du 24.9.1982.

- Rapport d'activité pour la période du 9.11 au 15.6.1982
A. SCHETT
Note interne n° P2N-585/82 du 8.7.1982.

- Rapport de stage militaire au Service P2N pour la période du 1.11.1981 au 30.7.1982
C. PULCRANO
N° P2N-602/82 du 16.7.1982.

- Rapport de stage militaire , rapport technique
F. SAINT LAURENT
N° P2N-603/82 du 13.7.1982.

- Quelques aspects de l'intégrale fonctionnelle
B. DUCOMET
Note interne n° P2N-656/82 du 11.8.1982.

- Regroupeurs à haute énergie asservissement en phase des regroupeurs haute et basse énergie
R. DEI CAS
n° P2N-693/82 du 2.9.1982.

- Bilan et perspectives d'utilisation de l'accélérateur 4 MeV de P2N
R. DEI CAS
Note interne n° P2N-831/82 du 27.10.1982.

- Bibliothèque de niveaux nucléaires utilisés dans les codes de modèles nucléaires
N. VERGES
N° P2N-814/82 du 19.10.1982.

- Rapport DO 82 113 de Novembre 1982
Mesure expérimentale de la section efficace de la réaction ${}^7\text{Li}(d,n)$
n° P2N-888/82 du 17.11.1982.

PARTIE F :
SEMINAIRES

LISTE DES SEMINAIRES DONNES AU SERVICE P2N EN 1982

(en principe le lundi de chaque semaine)

Lundi 4 Janvier 1982

L'accélérateur SARA de Grenoble : sa mise en opération, ses futurs développements et les premières expériences de physique.

J-M. LOISEAUX - Institut des Sciences Nucléaires - Grenoble.

Lundi 11 Janvier 1982

Nouvelles résonances géantes électriques et magnétiques

C. DJALALI - Institut de Physique Nucléaire - Orsay.

Lundi 18 Janvier 1982

Thermodynamics of black body radiation

R.E. KELLY - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel et University of Mississippi Saint Louis (USA).

Lundi 25 Janvier 1982

Echange de nucléons et dissipation d'énergie dans les réactions entre ions très lourds

G. RUDOLF - Centre de Recherches Nucléaires - Strasbourg.

Mercredi 3 Février 1982

Equivalents locaux de potentiels non locaux

M. COZ, IPN - Orsay et Université du Kentucky - Lexington (USA).

Lundi 22 Février 1982

Influence des effets collectifs sur l'évaporation de particules α dans les réactions induites par ions lourds

D. GUERREAU - Institut de Physique Nucléaire - ORSAY.

Mercredi 3 Mars 1982

Sûreté des réacteurs nucléaires de puissance

G. PETIT - Centre d'Etudes Nucléaires - BORDEAUX.

Lundi 8 Mars 1982

The (p,n) reaction at intermediate energies

J. RAPAPORT - OHIO University - ATHENS, OHIO (USA).

Lundi 15 Mars 1982

Etude du transfert de moment angulaire dans les collisions très inélastiques à l'aide des réactions de fission séquentielle

C. LEBRUN - Laboratoire de Physique Corpusculaire - CAEN.

Lundi 22 Mars 1982

Etude de la réaction (p, p') sur les isotopes du sélénium à $E_p = 16$ MeV

J.P. DELAROCHE - Centre d'Etudes Nucléaires de Bruyères-le-Châtel.

Jeudi 15 Avril 1982

Rayons de neutrons et de protons dans les noyaux sphériques

E. CAURIER - Centre de Recherches Nucléaires - Strasbourg.

Jeudi 29 Avril 1982

Etudes de structure nucléaire à l'aide des techniques gamma

J.C. MERDINGER - Centre de Recherches Nucléaires - Strasbourg.

Lundi 10 Mai 1982

Méthodes de mesure de la section efficace totale de réaction

J. COLE - Institut des Sciences Nucléaires - Grenoble.

Lundi 17 Mai 1982

Investigation of nuclear reaction mechanism with polarized protons

W. KRETSCHMER - Institut de Physique de L'Université d'Erlangen (RFA).

Lundi 24 Mai 1982

Description du projet du nouvel ensemble accélérateur de l'IPN d'Orsay

S. GALES - Institut de Physique Nucléaire - Orsay.

Lundi 7 Juin 1982

Transfert d'impulsion dans la fission induite par des ions légers entre 70 et 1000 meV

F. SAINT LAURENT - Centre d'Etudes Nucléaires de Bruyères-le-Châtel.

Lundi 21 Juin 1982

Etude analytique nucléaire d'objets archéologiques

F. WIDEMAN - Groupe d'Archéologie Nucléaire d'Orsay et Saclay (GANOS).

Application d'une méthode semi-comparative de l'analyse par activation de neutrons de 14 MeV en minismatique

A.G. ELAYI - Groupe d'Archéologie Nucléaire d'Orsay et Saclay (GANOS).

Lundi 26 Juin 1982

Les particules de prééquilibre dans les collisions entre ions lourds

A. DEMEYER - Institut de Physique Nucléaire - Lyon.

Jeudi 1^{er} Juillet 1982

Excitation de quasiparticules dans la fission nucléaire

H. NIFENECKER - Centre d'Etudes Nucléaires - Grenoble.

Vendredi 10 Septembre 1982

Microscopic Foundation of the Interacting Boson Model

S. PITTEL - Bartol Research Foundation, University of Delaware (USA).

Lundi 13 Septembre 1982

A post-acceleration bunching system at the Studsvik CN VdG-accelerator

N. OLSSON - Studsvik Science Research Laboratory, Studsvik (Suède).

Mardi 14 Septembre 1982

Scattering of polarized neutrons from nuclei

R. WALTER, Duke University, Durham (USA).

Jeudi 16 Septembre 1982

Precision Measurement of Low-Energy D(t, α)n Cross Sections

N. JARMIE, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos (USA).

Lundi 20 Septembre 1982

l-dependent spherical optical model potentials from high resolution neutron cross sections

R. WINTERS - Division University (USA).

Mercredi 22 Septembre 1982

Some recent results on the microscopic interpretation of low and medium energy elastic nucleon scattering

F. DIETRICH - Lawrence Livermore National Laboratory (USA).

Lundi 18 Octobre 1982

Calculs semi-classiques de propriétés moyennes avec les forces de Skyrme
M. BRACK - Université de Regensburg (RFA).

Lundi 25 Octobre 1982

Formalisme des réactions nucléaires dans le domaine des résonances
H. DERRIEN - Centre d'Etudes Nucléaires - Cadarache.

Lundi 8 Novembre 1982

Quark gluon plasma in heavy ion collisions
M. DANOS - National Bureau of Standards, Washington (USA).

Lundi 6 Décembre 1982

High-energy, high-intensity neutron sources
S. CIERJACKS, Kernforschungszentrum, Karlsruhe (RFA).

Mercredi 15 Décembre 1982

Evaluation semi-classique des densités de niveaux à 1 particule - 1 trou et
2 particules - 2 trous
P. SCHUCK - Institut des Sciences - Grenoble.

Lundi 20 Décembre 1982

Interaction ions lourds-plasma créé par laser : description de l'expérience
envisagée et point sur les diagnostics prévus
R. DEI CAS, Centre d'Etudes Nucléaires de Bruyères-le-Châtel.

Manuscrit reçu le 27 avril 1983

