2

FR850-1123

CEA-N-2396
NEANDC (E) 234 «L»
INDC (FR) 62/L

- Note CEA-N-2396 -

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

COMPTE RENDU D'ACTIVITE DU SERVICE DE PHYSIQUE NEUTRONIQUE ET NUCLEAIRE POUR L'ANNEE 1983

- Octobre 1984 -

Note CEA-N-2396

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

en français	*en anglais*
PROGRAMMES DE RECHERCHE	RESEARCH PROGRAMS
PHYSIQUE NUCLEAIRE	NUCLEAR PHYSICS
NEUTRONS RAPIDES	FAST NEUTRONS
REACTIONS PAR NEUTRONS	NEUTRON REACTIONS
REACTIONS PAR IONS LOURDS	HEAVY ION REACTIONS
THEORIES DU CHAMP	FIELD THEORIES
ASTROPHYSIQUE	ASTROPHYSICS
C E A	C E A

NOTE CEA-N-2396 NEANDC(E) 234 "L" - INDC(FR) 62/L

COMPTE RENDU D'ACTIVITE DU SERVICE DE PHYSIQUE NEUTRONIQUE ET NUCLEAIRE POUR L'ANNEE 1983.

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-Châtel, pendant l'année 1983.

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 1983 ainsi que la liste des séminaires qui ont eu lieu dans le laboratoire.

1984 196 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

NOTE CEA-N-2396 NEANDC(E) 234 "L" - INDC(FR) 62/L

PROGRESS REPORT OF THE NEUTRON AND NUCLEAR PHYSICS DIVISION FOR THE YEAR 1983.

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 1983.

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 1983 and a list of talks given in the laboratory.

1984 196 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

- Note CEA-N-2396 -

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

COMPTE RENDU D'ACTIVITE
DU SERVICE DE PHYSIQUE NEUTRONIQUE ET NUCLEAIRE
POUR L'ANNEE 1983

P R E F A C E

Les activités du Service de Physique Neutronique et Nucléaire pour l'année 1983 sont présentées sous trois grands chapitres correspondant aux activités de support technique et d'amélioration des moyens, aux études expérimentales et aux travaux théoriques .

Le fonctionnement des deux principaux accélérateurs du Service (VDG 4 MeV, TANDEM VDG 7 MV) s'est maintenu à un niveau analogue à ceux des années précédentes et s'est globalement passé sans problème majeur . Il faut noter, sur le plan de l'utilisation des faisceaux produits par ces accélérateurs, la part de plus en plus grande prise par des activités autres que la physique nucléaire expérimentale "traditionnelle" : étalonnages de détecteurs, irradiations diverses, et surtout utilisation de la microsonde nucléaire, en liaison avec le Service d'Etudes Analytiques de Saclay, correspondant à 40 % de l'activité autour du VDG 4 MeV .

Un axe important de développement a eu trait à la mise en oeuvre de deux regroupeurs sur les lignes du Tandem . Un effort de régulation pour tenir compte des dérives lentes a été entrepris et une procédure d'informatisation de commande-contrôle des regroupeurs a été mise en place et sera poursuivie pour aboutir à l'informatisation totale du Tandem . L'équipe d'Informatique du Service, en l'absence de modifications sur la composition du parc des ordinateurs, a contribué à l'ensemble de ces travaux .

La mise en place de l'expérience d'interaction Ions lourds-plasma créé par laser s'est poursuivie au cours de l'année et parallelement des diagnostics spécifiques sont en cours de développement .

Au plan de la diffusion de neutrons rapides, on peut souligner le développement de détecteurs à haute résolution temporelle afin de bénéficier pleinement des possibilités offertes par le regroupeur . Les mesures précises faites sur les noyaux ^{24}Mg, ^{28}Si et ^{32}S ont été analysées en utilisant le modèle du potentiel optique déformé et une interprétation semi-microscopique des données relatives à ^{208}Pb a été effectuée .

Citons en outre les mesures de capture radiative sur les noyaux Mo, Pr, Lu, Ta et Bi, ainsi que des mesures de nombre moyen de neutrons prompts de fission sur les noyaux ^{243}Am et ^{230}Th .

Les études du processus de fission ont donné lieu d'une part au développement d'une double chambre à ionisation axiale permettant de déterminer l'énergie cinétique des fragments de fission avec une très haute résolution et d'autre part à notre participation à des mesures (d,pf) sur les noyaux ^{230}Th et ^{233}U effectuées sur le Tandem de Saclay par le Service DPhN/MF .

Ce compte rendu fait état de 4 expériences concernant l'étude de réactions entre ions lourds . Deux ont été réalisées auprès de SARA, les deux autres auprès de GANIL ; elles ont été effectuées en collaboration avec divers laboratoires (Saclay, IPN Lyon, IN2P3, GANIL) et ont utilisé l'ensemble de détection CASIMIR, complété pour certaines par un multidétecteur de particules légères chargées . Par ailleurs nous avons réalisé un détecteur de temps zéro et de localisation, dans le cadre des équipements du spectromètre SPEG de GANIL .

Au plan des évaluations nous avons poursuivi l'étude du ^{169}Tm, en collaboration avec LLNL et nous avons plus spécialement approfondi les réactions (n,n') et (n,γ). Signalons en outre une étude faite en collaboration avec LANL concernant les spectres énergétiques de renvoi lors de réactions entre particules légères où 3 corps sont émis en voie de sortie, ainsi que le développement d'une méthode numérique permettant de résoudre un système d'équations différentielles à grande dynamique .

Les analyses théoriques de sections efficaces ont porté sur les réactions (α,α') pour les noyaux ^{24}Mg et ^{28}Si et, dans le cadre d'une collaboration avec TUNL (USA) sur les réactions (n,n') pour les noyaux ^{24}Mg, $^{76,80}Se$ et ^{12}C .

La force effective D1, utilisée dans le cadre des calculs microscopiques, a été améliorée dans ses effets d'appariement et de restitution des termes d'énergie de surface dans le calcul des masses nucléaires et conduit à des résultats de spectroscopie plus proches des résultats expérimentaux . Par ailleurs, un code de calcul Hartree-Fock, utilisant une technique employée en Physique Nucléaire, a été mis au point et appliqué aux atomes, avec des résultats intéressants .

Faisant suite aux calculs statiques de surfaces d'énergie potentielle dans le cadre de la description microscopique de la fission, nous avons abordé le problème de la dynamique, avec comme première application l'étude du comportement du noyau ^{240}Pu au voisinage du point de scission .

Signalons enfin, pour clore ce panorama des activités du Service, la soutenance d'une thèse d'Astrophysique concernant la structure et la dynamique du milieu interstellaire et une étude prometteuse de chromodynamique quantique

visant à étudier les propriétés du vide physique à partir d'une interaction effective entre gluons .

P. FIGEAC

Chef du Service de Physique
Neutronique et Nucléaire

Je remercie tout spécialement Mme G. LABBE d'avoir bien voulu assurer la présentation matérielle du 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-Bilan d'exploitation et évolution des accélérateurs Tandem et 4 MeV 2

A-I-1-Exploitation des accélérareurs 2

A-I-2-Transformations et améliorations 5

A-II-FONCTIONNEMENT AVEC REGROUPEUR HF. 8

A-II-1-Amélioration de la résolution en énergie du spectromètre à temps de vol..... 8

A-II-2-Ligne de faisceau à impulsion courte 10

A-III-EXPERIENCE D'INTERACTION IONS LOURDS-PLASMA 17

A-IV-LA MICROSONDE NUCLEAIRE 21

A-IV-1-Détermination de la concentration du deutérium et du tritium dans des microballons 21

A-IV-2-Caractérisation des impuretés superficielles sur les verres d'optique utilisés dans des lasers de puissance . 23

A-IV-3-Analyse de fragments de diaphragmes utilisés dans le tokamak TFR 24

A-V-DEVELOPPEMENT D'APPAREILLAGE 35

A-V-1-Spectromètre à aimants permanents 35

A-V-2-Cible gazeuse tritium 35

A-VI-ELECTRONIQUE 40

A-VI-1-Etude de dispositifs d'imagerie utilisant des CCD 40

A-VI-2-Commande-contrôle par microprocesseur 40

. Aiguillage entre les 2 cavités 41

. Fonctionnement avec puissance HF 41

CONTENTS

PART A : UTILIZATION AND IMPROVEMENTS OF THE EXPERIMENTAL FACILITIES

A-I-The 7 MV Tandem and the 4 MeV accelerator 2

A-I-1-Accelerator utilization 2

A-I-1-Modifications and improvements 5

A-II-OPERATING CONDITIONS WITH THE HIGH ENERGY BUNCHERS 8

A-II-1-Improvement of the TOF neutron spectrometer energy resolution 8

A-II-2-The 100 ps beam line 10

A-III-HEAVY ION PARTICLE BEAM INTERACTION WITH AN IONIZED TARGET .. 17

A-IV-THE NUCLEAR MICROPROBE 21

A-IV-1-D-T concentration measurements inside microball targets 21

A-IV-2-Measurements of surface impurities on optical lenses used in high power laser technology 23

A-IV-3-Analysis of impurities in the TFR limiter 24

A-V-PERMANENT MAGNET SPECTROMETER AND TRITIUM GASEOUS TARGET 35

A-V-1-Permanent magnet spectrometer 35

A-V-2-Tritium gaseous target 35

A-VI-ELECTRONICS 40

A-VI-1-Development of diagnostics using CCD 40

A-VI-2-Software for a microprocessor control of the RF bunchers 40

A-VII-INFORMATIQUE 43
A-VII-1-Situation actuelle des ordinateurs 43
A-VII-2-Informatisation à l'aide du MITRA 225 de la commande et du contrôle du regroupeur HF 44
A-VII-3-Acquisition en ligne 46
A-VII-4-Système CAMAC 50
A-VII-5-Le logiciel TRIBU 51

A-VIII-CALCUL SCIENTIFIQUE 54

A-IX-TECHNOLOGIE 55

PARTIE B : EXPERIENCES ET INTERPRETATIONS
B-I-DIFFUSION ELASTIQUE ET INELASTIQUE DES NEUTRONS RAPIDES 57
B-I-1-Amélioration des caractéristiques du spectromètre de neutrons par temps de vol 57
B-I-2-Déformations nucléaires des noyaux ^{24}Mg, ^{28}Si et ^{32}S étudiées par diffusion de neutrons rapides 58
B-I-3-Diffusion élastique et inélastique de neutrons rapides sur ^{208}Pb. Interprétation semi-microscopique 60

B-II-AUTRES REACTIONS INDUITES PAR NEUTRONS 62
B-II-1-Faisceaux de neutrons monoénergétiques étalonnés 62
B-II-2-Sections efficaces de capture radiative de neutrons rapides 63
B-II-3-Mesures de $\bar{\nu}_p$ pour ^{243}Am 69

B-III-ETUDE DU PROCESSUS DE FISSION 72
B-III-1-Etude d'une double chambre à ionisation axiale pour la détection des fragments de fission 72
B-III-2-Mesure du nombre moyen de neutrons prompts émis dans la fission par neutrons de ^{230}Th 73
B-III-3-Observations dans la réaction $^{230}Th(d,pf)$ d'états du 3ième puits dans la barrière de fission de ^{231}Th 76

A-VII-INFORMATICS 43
A-VII-1-The data acquisition and computing systems 43
A-VII-2-Computer control of the RF bunchers 44
A-VII-3-On line diagnostics 46
A-VII-4-The CAMAC system 50
A-VII-5-The TRIBU software 51

A-VIII-SCIENTIFIC PROGRAMMING 54

A-IX-TECHNOLOGY 55

PART B : EXPERIMENTS AND INTERPRETATIONS

B-I-FAST NEUTRON ELASTIC AND INELASTIC SCATTERING 57
B-I-1-Improvements in the time-of-flight fast neutron spectrometer 57
B-I-2-Nuclear deformations of ^{24}Mg, ^{28}Si and ^{32}S from fast neutron scattering 58
B-I-3-Semi-microscopic interpretation of fast neutron elastic and inelastic scattering from ^{208}Pb 60

B-II-OTHER NEUTRON INDUCED REACTIONS 62
B-II-1-Calibrated monoenergetic neutron beams 62
B-II-2-Fast neutron capture cross sections 63
B-II-3-Measurement of $\bar{\nu}_p$ for ^{243}Am 69

B-III-STUDY OF FISSION PROCESS 72
B-III-1-Study of a twin axial ionization chamber for fission fragment 72
B-III-2-Measurement of the mean number of neutrons emitted in the neutron in,duced fission of ^{230}Th 73
B-III-3-Experimental study of third well in the fission barrier of ^{231}Th from the $^{230}Th(d,pf)$ neutron 76

B-III-4-Etude expérimentale des structures fines dans la réaction $^{233}U(d,pf)$ 82

B-IV-ETUDE DES REACTIONS ENTRE IONS LOURDS 86

B-IV-1-Détecteur de temps zéro et de localisation à galettes de microcanaux 86

B-IV-2-Etude du transfert incomplet d'impulsion dans les réactions $^{20}Ne + ^{197}Au$ et $^{20}Ne + ^{209}Bi$ à 30 MeV/n 87

B-IV-3-Mesure de la corrélation angulaire entre deux fragments lourds émis dans la réaction $^{40}Ar + ^{238}U$ à 44 MeV/n 95

B-IV-4-Différents régimes de fragmentation nucléaire dans le cas du système Ne + Al à 30 MeV/n 100

B-IV-5-Fragmentation d'un faisceau d'argon de 27 MeV/n 104

B-IV-6-Détection des particules légères émises au cours de réactions entre ions lourds 107

B-IV-7-Probabilité d'ionisation de la couche K par diffusion inélastique dse protons dans la réaction $^{88}Sr(p,p')^{88}Sr$. 113

PARTIE C : THEORIE ET EVALUATION

C-I-EVALUATION ET TRAITEMENT DE DONNEES NUCLEAIRES 115

C-I-1-Contribution à l'évaluation des données du ^{169}Tm 115

C-I-2-Complément à l'étude de la fonction force γ à partir des spectres γ expérimentaux 116

C-I-3-Bibliothèque de niveaux nucléaires 118

C-I-4-Evaluation des spectres neutron et alpha issus de la réaction $^{6}Li + ^{3}H \rightarrow n + \alpha + \alpha$ dans la gamme $E(^{6}Li)$ = 4 - 20 MeV 118

C-I-5-Résolution d'un système d'équations différentielles ordinaires à haute dynamique avec optimation continue du schéma et du pas d'intégration 119

C-I-6-Aménagement d'un programme de tracé de courbes 121

C-II-CALCULS DE DONNEES ET ETUDES DE MODELES NUCLEAIRES 124

C-II-1-Analyse des réactions $^{24}Mg(\alpha,\alpha')$ et $^{28}Si(\alpha,\alpha')$ à 120 MeV en utilisant des fonctions d'ondes nucléaires issues de calculs microscopiques 124

B-III-4-Experimental study of the fine structure in the $^{233}U(d,pf)$ 82

B-IV-STUDY OF HEAVY ION INDUCED REACTIONS 86

B-IV-1-A position sensitive time detector using microchannel plates 86

B-IV-2-Linear momentum transfer investigates in the ^{20}Ne + ^{197}Au and ^{20}Ne + ^{209}Bi systems at 30 MeV/n 87

B-IV-3-Angular correlation measurement between two heavy fragments emitted in the reaction ^{40}Ar + ^{238}U at 44 MeV/n 95

B-IV-4-Different nuclear fragmentation processes in the Ne + Al system at 30 MeV/n 100

B-IV-5-Argon beam fragmentation at 27 MeV/n 104

B-IV-6-Detection of light charged particles emitted in heavy ion collisions 107

B-IV-7-K-shell ionization probability in the $^{88}Sr(p,p')^{88}Sr$ reaction 113

PART C : THEORY ET EVALUATION

C-I-EVALUATION AND PROCESSING OF NUCLEAR DATA 115

C-I-1-Contribution to complete evaluation of ^{169}Tm nuclear data 115

C-I-2-Study of gamma strength function from measured gamma spectra 116

C-I-3-Nuclear level library 118

C-I-4-Evaluation of neutron and alpha spectra issued from the $^{6}Li(^{3}H,n)2\alpha$ reaction within the ^{6}Li energy range 4 MeV - 20 MeV 118

C-I-5-Solving high dynamics coupled differential equations with computational optimizations 119

C-I-6-A versatile plotting package for HP-9845 computer 121

C-II-CALCULATION OF NUCLEAR DATA AND STUDY OF NUCLEAR MODELS 124

C-II-1-A study of $^{24}Mg(\alpha,\alpha')$ and $^{}Si(\alpha,\alpha')$ at 120 MeV using deformation dependent wave functions 124

C-II-2-Calcul en modèle rotation-vibration de la diffusion inélastique de neutrons par ^{24}Mg 127
C-II-3-Spectroscopie des isotopes de Sélénium (A = 70-80) à l'aide du modèle des bosons en interaction (version IBM-2) 128
C-II-4-Potentiel spin-orbite dans l'interaction neutron-noyau . 129

C-II-5-Analyse de la diffusion (n,n') sur $^{76,80}Se$ 130
C-II-6-Analyse de la diffusion $^{12}C(n,n')$ entre 20 et 26 MeV ... 132

C-III-APPLICATIONS DES THEORIES SELF-CONSISTANTES 134
C-III-1-Calculs self-consistants de la réponse nucléaire pour les noyaux à couches fermées 134
C-III-2-Nouvelle méthode de calculs Hartree-Fock en physique atomique 135
C-III-3-Spectroscopie nucléaire comme test de l'interaction effective - Effets de l'appariement 136
C-III-4-Approche de la dynamique collective dans le phénomène de fission 138

PARTIE D : THEORIE DES CHAMPS ET ASTROPHYSIQUE
D-I-Une équation de type BETHE-SALPETER renormalisée "non perturbative" pour la fonction à 4 points en théorie des champs 148
D-2-Etude des propriétés du vide de la chromodynamique quantique à partir d'une interaction effective entre les gluons 150
D-3-Le coeur des amas globulaires 153
D-4-Structure et dynamique du milieu interstellaire 156
D-5-Modèle N-corps dissipatif de l'évolution des nuages moléculaires 157

PARTIE E : BIBLIOGRAPHIE 159

PARTIE F : SEMINAIRES 172

C-II-2-Neutron inelastic scattering from ^{24}Mg analysed with the rotation-vibration model 127
C-II-3-Spectroscopy of Selenium isotopes (A = 70-80) analysed with the interacting boson model (IBM-2 version 128
C-II-4-Spin-orbit potential in the neutron-nucleus interaction 129
C-II-5-Analysis of (n,n') scattering from $^{76,80}Se$ 130
C-II-6-Analysis of $^{12}C(n,n')$ scattering in the energy range 20 MeV - 26 MeV 132

C-III-APPLICATIONS OF SELF-CONSISTENT THEORIES 134
C-III-1-Self consistent calculations of nuclear response for closed shell nuclei 134
C-III-2-New Hartree-Fock calculations in atomic physics 135
C-III-3-Nuclear spectroscopy as a test of the effective interaction - Pairing effects 136
C-III-4-Collective dynamics approach to the fission phenomena . 138

PART D : FIELD THEORY AND ASTROPHYSICS
D-I-A non perturbational BETHE-SALPETER type equation renormalized for the $_4\Phi$ function..... 148
D-2-Model for the QCD vacuum from an effective interaction between gluons 150
D-3-The cores of globular clusters 153
D-4-Structure and Dynamics of the Interstellar Medium 156
D-5-Dissipative N body simulation of giant molecular clouds 157

PART E : BIBLIOGRAPHY 159

PART F : SEMINARS 172

PARTIE A :

EXPLOITATION ET AMELIORATIONS DES MOYENS EXPERIMENTAUX

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

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

The 7 MV Tandem and the "4" MeV accelerators.

The total running time was of 1551 hours for the Tandem accelerator and 1668 for the 4 MeV accelerator. A continuous effort has been done to improve the R.F. high energy bunchers (Chap. A-II) of the 7 MV facility and a new operator desk has been installed. A large part of the 4 MeV running time was devoted to the nuclear microprobe program (Chap. A-IV).

A-I-1 Exploitation des accélérateurs.

Le Tandem a été utilisé 1551 heures en 1983. Il est à noter que 71% du temps machine a été consacré aux travaux effectués pour les besoins du Service, et en particulier aux essais et à la mise au point des regroupeurs HF (cf A-II). Les 29% du temps restant ont été consacrés pour la plus grande partie à des étalonnages de détecteurs et à des irradiations.

Une seule ouverture du tank a été effectuée en 1983 au cours de laquelle : 59 nouvelles feuilles de "stripping" ont été installées, l'alimentation des "steerers" HT a été réparée, les aiguilles Corona ont été changées, et de nombreuses vérifications ont été effectuées.

L'aimant de commutation du faisceau vers les salles La 01, La 02, La 03 a été réaligné pour améliorer la transmission. Toutefois des difficultés subsistent dans la salle La 02. Il est envisagé, pour l'année 1984

de réaligner l'aimant d'analyse et d'installer un "steerer" magnétique entre les deux aimants.

L'accélérateur Van de Graaff 4 MeV a été utilisé pendant 1668 heures et la part consacrée à la microsonde nucléaire et aux utilisateurs externes a représenté 61% du temps machine. Le Tableau A-I-1 récapitule le bilan d'exploitation des 2 accélérateurs. Cinq ouvertures du tank du 4 MeV ont été effectuées pour le remplacement de la source d'ions. La durée de vie de ces sources qui était il y a quelques années de 400 h à 500 h a diminué jusqu'à 300 h environ. Quelques sources se sont mêmes brisées après quelques heures de fonctionnement. Le tube accélérateur ne tenait plus la tension de 4 MV après plus de 13000 heures de fonctionnement . Il a été remplacé, ainsi que le moteur d'entraînement de la courroie, l'alternateur, et quelques résistances de 400 MΩ de la chaîne de répartition du potentiel de l'accélérateur.

Le temps de vidage et de remplissage du tank en SF_6 a été diminué. Il est passé de 3 heures à 1h30 environ grâce à l'utilisation d'une pompe à vide plus puissante et de canalisations de plus grand diamètre . Le tube accélérateur, l'aimant d'analyse, l'aimant de commutation, l'aimant à 45° de la ligne de faisceau microsonde ont été réalignés.

Au plan de la sécurité des installations, un système d'alarme destiné à signaler les fuites de SF_6 a été installé sur le tank de l'accélérateur et sur le réservoir de stockage.

Les pompes à vide secondaire ont été équipées de tuyaux de refroidissement en cuivre, et de tuyaux souples de grande résistance mécanique pour éviter les inondations.

Pour prendre en compte les principales évolutions sur cette installation : augmentation des lignes de faisceaux, fonctionnement à flux de neutrons plus élevé, installation d'une microsonde nucléaire, réexamen des procédures de fonctionnement avec cible gazeuse de tritium, le rapport de sûreté de cette installation a été réactualisé et présenté devant la CSLO (Commission de sûreté des laboratoires et usines).

	Van de Graaff 7 MV	Van de Graaff 4 MV
Entretien et Réparations	517	1065
Etudes et améliorations	449	56
Réglages et temps morts	428	270
Temps total d'utilisation	1551	1668
Protons - Deuterons	1227	1575
Ions lourds	324	93 (^{3}He)
Utilisation P2N	1097 (71%)	653 (39%)
Microsonde nucléaire	——	680 (61%)
Prestations extèrnes	454 (29%)	335 (61%)

TABLEAU A-I-1

Temps d'exploitation des accélérateurs (en heures)

A-I-2-Transformations et améliorations.

Plusieurs actions ont été entreprises pour améliorer le fonctionnement du Tandem en particulier : un nouveau pupitre de commande-contrôle a été installé, un regroupeur accordable a été mis en service et un effort important a été entrepris pour informatiser le Tandem.

Le nouveau pupitre de commande permet de centraliser les fonctions de commande-contrôle ; il comporte un périphérique à écran à touches sensitives permettant de choisir des "menus" (cf. Chap. A-VII-2) utilisés lors de la mise en route et de la surveillance de certains sous-ensembles : regroupeurs HF, analyseur multicanaux de surveillance et oscilloscope digital (Cf Chap. A-VII-3). L'analyseur TRACOR, le moniteur vidéo de l'oscilloscope et une console ont de plus été incorporés dans ce pupitre.

Pour permettre d'effectuer un regroupement indépendant de la vitesse des particules, en particulier pour regrouper plus aisément des ions lourds pour l'expérience d'interaction ions lourds-plasma (cf. Chap. A-III), le regroupeur basse énergie à deux gaps d'accélération espacés de 38 cm a été remplacé par un regroupeur de longueur variable (de 29 à 48 cm). Il est constitué de deux tubes coulissant l'un dans l'autre (cf. Figure A-I-1), d'un "gap" fixe et d'un "gap" mobile. La bride portant le "gap" mobile coulisse sur trois tiges en restant parfaitement centrée. L'entraînement est réalisé par une chaîne entraînée par un moteur commandé à distance. La bride mobile porte le curseur d'un potentiomètre linéaire disposé parallèlement au tube coulissant. La longueur du regroupeur est lue directement après étalonnage préalable et conversion en millimètres de la tension aux bornes du potentiomètre.

Ce dispositif permet d'optimiser la longueur du regroupeur pour tous les ions légers H^- et D^-, et de regrouper des ions lourds. Par ailleurs, un nouveau hacheur 5 MHz a été installé en basse énergie. Il permet de doubler l'intensité du faisceau pulsé obtenue avec le hacheur 2,5 MHz, sans détérioration de la longueur de la bouffée finale. Une nouvelle ligne de faisceau en direction de la salle La 03 (ligne Laser) est en cours d'installation (cf. Chap. A-III).

Enfin de nombreuses alimentations de lentilles quadrupolaires et de "steerers", sont en cours de remplacement ou de modification, en vue de la mise en place, dès 1984, du système de commande et de contrôle informatisé du Tandem.

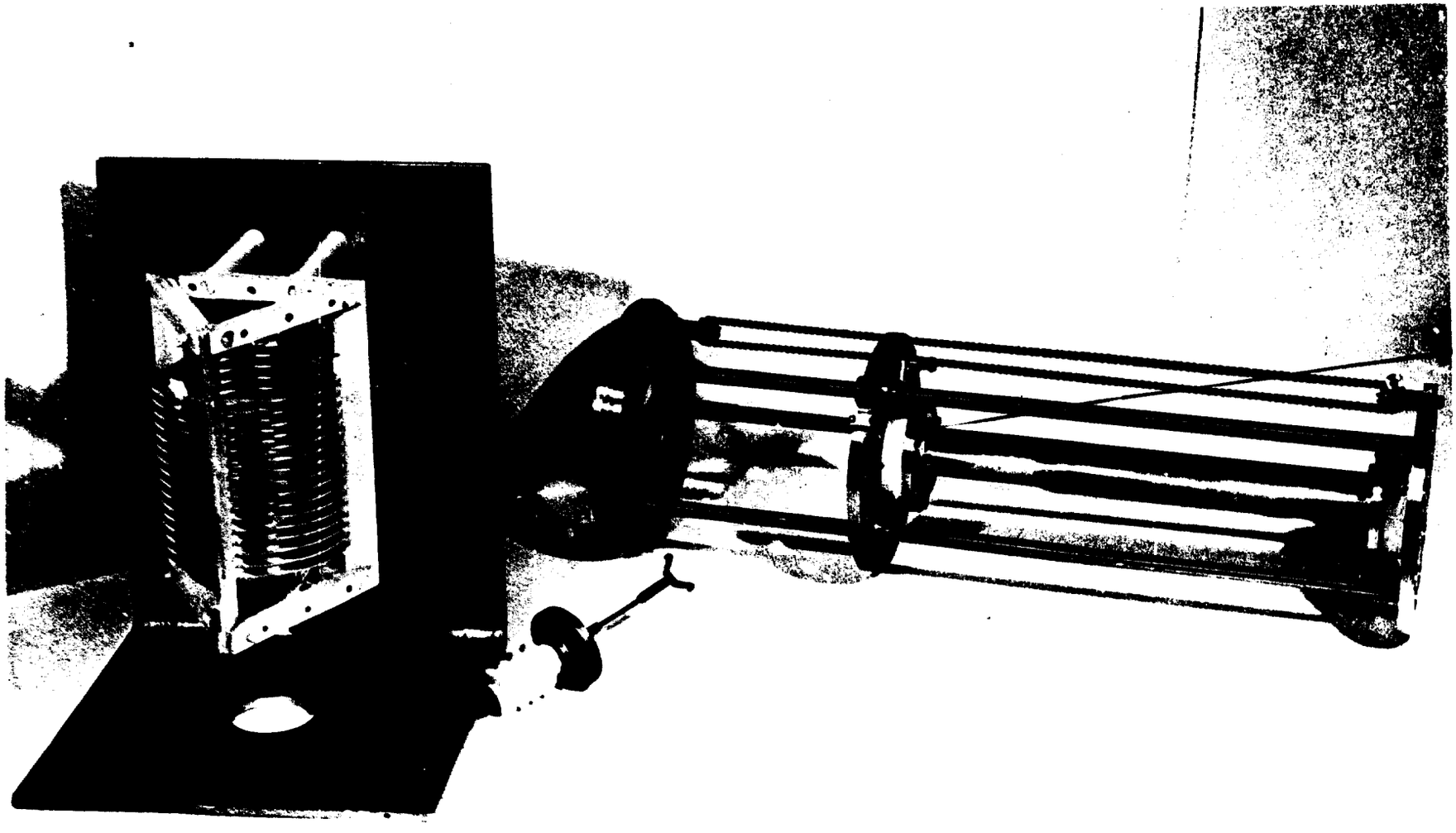


Fig. A I 1 - Regroupeur accordable coté basse énergie.

A-II-Fonctionnement avec regroupeur HF.

(R. DEI CAS, J. BARDY, A. COURTAIN, A. DANDINE, J.P. GUEGUEN*; P. JOUY*)
J.P. LAGET, J. POTTIER*, et les techniciens groupes accélérateur, électronique et informatique).

Operating conditions with the high energy bunchers

By using a high energy buncher the bunch duration of the time-of-flight neutron spectrometer beam line was reduced by a factor of the order of three (~ 250 ps) ; on an other beam line, with a shorter bunching length, the bunch duration was shortened down to 100 ps.

Deux regrcupeurs HF identiques ont été installés dans le hall neutrons :
- l'un sur la ligne de faisceau du spectromètre à temps de vol ,
- l'autre sur une ligne de faisceau utilisée pour l'étalonnage de détecteurs.

Le passage du fonctionnement d'un regroupeur à l'autre est effectué par commutation des circuits de commande, de contrôle et de puissance HF.

En 1983, les travaux ont porté essentiellement sur la mise au point du système informatisé de commande-contrôle.

A-II-1-Amélioration de la résolution en énergie du spectromètre à temps de vol.

Les travaux effectués pour améliorer la résolution en énergie du spectromètre à temps de vol sont décrits dans les références [1,2] et les résultats obtenus avec regroupeur HF ont été présentés à la Conférence de CHESTER [3].

---

* DEIN/SIR - CEA-SACLAY.

La figure A-II-1_1 représente le schéma d'ensemble du dispositif avec ses boucles de régulation.

La tension du signal d'erreur représentant les fluctuations du temps de transit est élaborée à partir du signal d'un "pick-up" et du signal de l'antenne HF à l'aide d'un échantillonneur-bloqueur. Après amplification, cette tension est appliquée sur un déphaseur analogique mis en série avec le pilote.

Les figures A-II-1-2a,b,c montrent l'effet de la boucle d'asservissement sur le signal d'erreur lui-même (a) sur les fluctuations de phase entre la bouffée et le signal HF et sur le spectre de ces fluctuations de phase (c). Le bruit de phase résiduel n'excède pas ± 3° et ne devrait donc pas détériorer la dispersion en énergie des bouffées.

La méthode actuelle de réglage de la boucle d'asservissement est manuelle. Elle consiste : à régler le déphasage des deux signaux avec une ligne à retard jusqu'à apparition du signal d'erreur à la sortie de l'échantillonneur-bloqueur, à fermer la boucle d'asservissement d'un amplificateur à gain variable et décalage du zéro pour éliminer la composante continue, ce qui permet de varier le gain de cette boucle d'asservissement.

Une solution de réglage automatique de la ligne à retard utilisée dans le circuit d'élaboration du signal d'erreur est en cours d'étude.

La figure A-II-1-3 représente la largeur temporelle de la bouffée (mesurée à l'aide d'une méthode de comptage γ) avec et sans regroupeur HF. Si l'on tient compte des corrections dues au système de mesure, la largeur réelle de la bouffée est réduite de 700 à 750 ps sans HF à une largeur de 200-250 ps avec HF.

Au cours du fonctionnement sur plusieurs heures, on observe des variations lentes des caractéristiques du faisceau : énergie et largeur des bouffées. Ces fluctuations sont attribuables à des dérives lentes des diverses alimentations utilisées pour la production et le guidage du faisceau. Elles sont trop lentes pour pouvoir être prises en compte par la boucle de

réaction en phase et se traduisent par un élargissement progressif de la bouffée ce qui a pour effet une diminution de la résolution en énergie du spectromètre.

Un dispositif comprenant deux "pick up" éloignés de 6 mètres, un détecteur γ de mesure de la largeur de la bouffée par temps de vol, deux convertisseurs-temps-amplitude, et un analyseur multicanaux (TRACOR TN 7200) relié au MITRA 225, (cf. figure A-II-1-1) ont été installés pour surveiller périodiquement les caractéristiques du faisceau de façon à réagir sur la phase HF et la puissance HF (cf. Chap. A-VII-3).

REFERENCES

[1] - Rapport annuel P2N pour 1981, Note CEA-N-2284 (1982).

[2) - Rapport annuel P2N pour 1982, Note CEA-N-2343 (1983).

[3) - R. DEI CAS et al., "Improvement of the energy resolution of a T.O.F. neutron spectrometer by using a high energy buncher" - 6th Tandem Conference CHESTER - 18-22 April 1983.

A-II-2-Ligne de faisceau à impulsion courte.

Une seconde cavité a été installée sur une ligne de faisceau ayant une longueur de regroupement beaucoup plus courte (~ 6 m) ; dans ce cas la largeur de la bouffée obtenue est réduite. La figure A-II-2-1 représente le résultat obtenu sur cette ligne de faisceau. Si l'on tient compte du temps de réponse du système de détection, la largeur réelle serait de l'ordre de 60 à 80 ps.

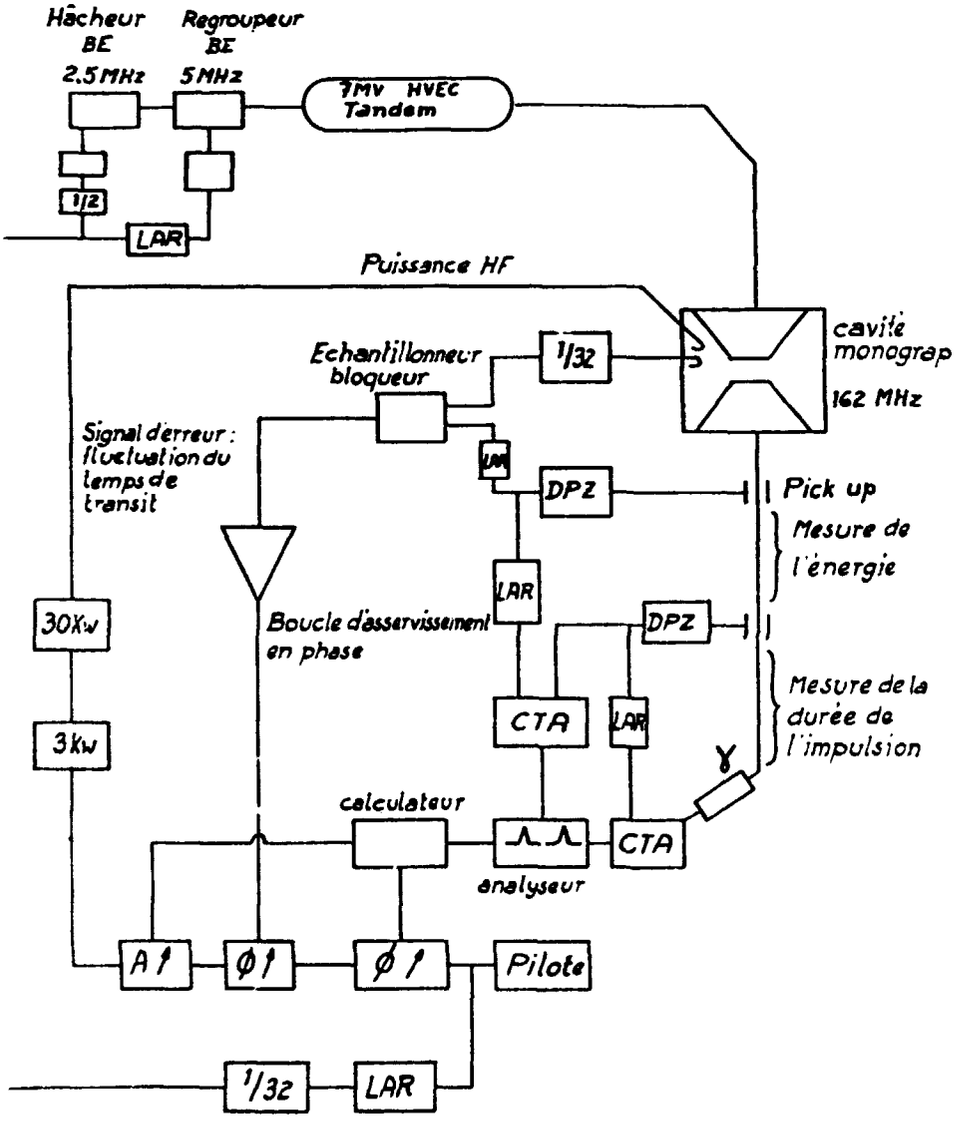
Sur cette même ligne de faisceau l'on a installé un système de déviation permettant de sélectionner une seule bouffée de particules.

Le faisceau est d'abord réglé avec la fréquence de pulsation habituelle de 2,5 MHz. Une tension de 400 volts est ensuite appliquée sur le système de déflexion situé en amont du pulsateur BE. Le signal de l'oscillateur du pulsateur, après division par 250, est convenablement retardé et mis en forme, puis appliqué sur un système de commande qui annule la tension de déflexion . Le faisceau est donc rétabli toutes les 100 μs (F = 10 kHz), pendant le temps Δt juste nécessaire (Δt < 400 ns) à l'élaboration d'une bouffée de particules chargées.

Dans ces conditions le courant moyen après les fentes de régulation du tandem est de $\bar{I} \simeq 16$ nA. C'est le courant moyen minimum qui permet d'assurer le fonctionnement de la boucle de régulation Corona de la tension de l'accélérateur.

Le fonctionnement en monocoup est alors obtenu à partir de ce fonctionnement à l'aide d'un deuxième déviateur installé après l'aimant d'analyse du faisceau et alimenté par un générateur capable de générer une impulsion rectangulaire d'amplitude ≃ 4500 volts et de largeur ~ 40 μs depuis le monocoup jusqu'à quelques centaines de Hz. La mise en coincidence du passage de la bouffée entre les plaques de déviation et l'impulsion de tension est synchronisée par le signal d'un "pick up" situé en amont des plaques.

Le déroulement chronométrique du fonctionnement est représenté sur la figure A-II-2-2. On obtient donc en monocoup, ou en récurrent jusqu'à 100 Hz, des bouffées de largeur < 100 ps contenant de l'ordre de 3.10^6 à 5.10^6 particules.

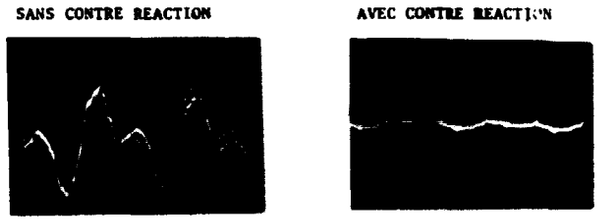


LAR : Ligne à retard
DFZ : Détection de passage à zéro
CTA : Convertisseur temps amplitude

FIGURE A-II-1-1

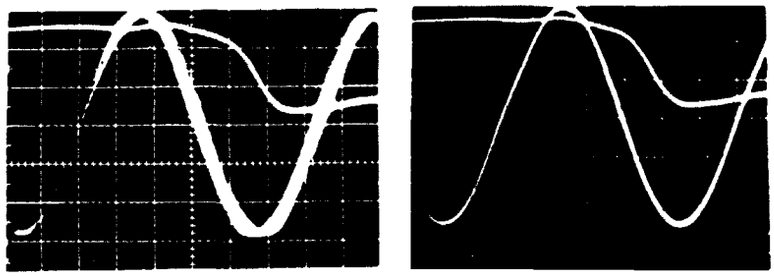
Synoptique du système d'asservissement.

a)



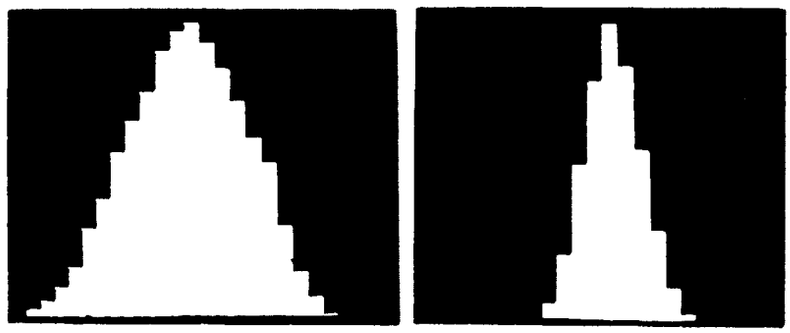
Signal d'erreur proportionnel aux fluctuations de temps de transit ; 5ns/div.

b)



Signal à 162 MHz ; l'oscilloscope est déclenché par le signal pick up.

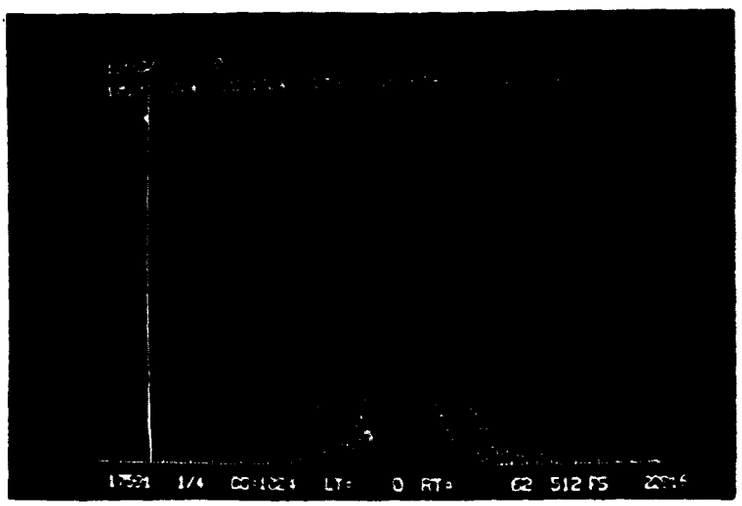
c)



Spectre des fluctuations du temps de transit 25 ps/canal.

FIGURE A-II-1-2

Suppression des fluctuations des temps de transit à l'aide de la boucle d'asservissement en phase.



Sans HF 775 ps

Avec HF 370 ps

Correction si $\Delta T_{PM+Ampli} = 300$ ps

Sans HF $775^2 = \Delta T^2_{réel} + 300^2 \Longrightarrow \Delta T = 714$ ps.

Avec HF $370^2 = \Delta T^2_{réel} + 300^2 \Longrightarrow \Delta T = 216$ ps.

Compression $\sim 2{,}6 \left(\begin{array}{l} \Delta T = 270 \text{ ps} \\ \text{si } \Delta T_{mes} = 250 \text{ ps} \end{array} \right)$

FIGURE A-II-1-3

Mesure de la largeur de la bouffée par comptage γ.

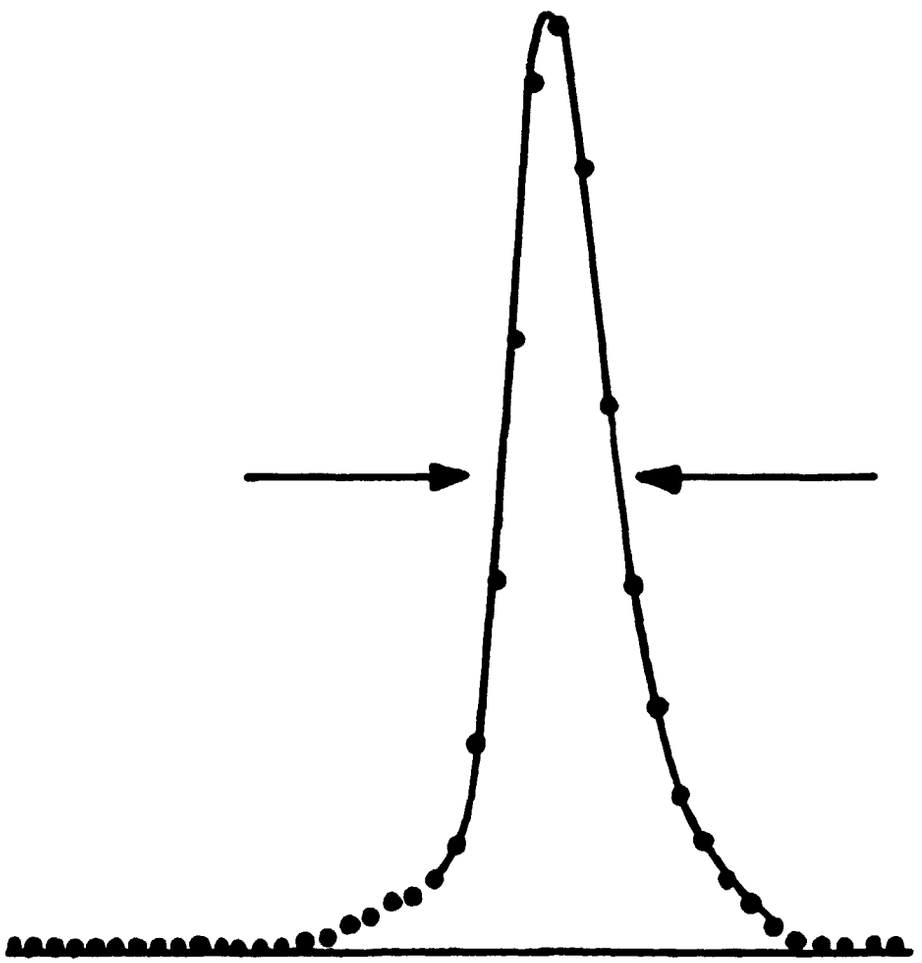


FIGURE A-II-2-1

Largeur de la bouffée obtenue sur une ligne de faisceau

$\Delta T_{mes.}$ = 180 ps (comptage γ)

$\Delta T_{réel} \simeq$ 60 à 80 ps

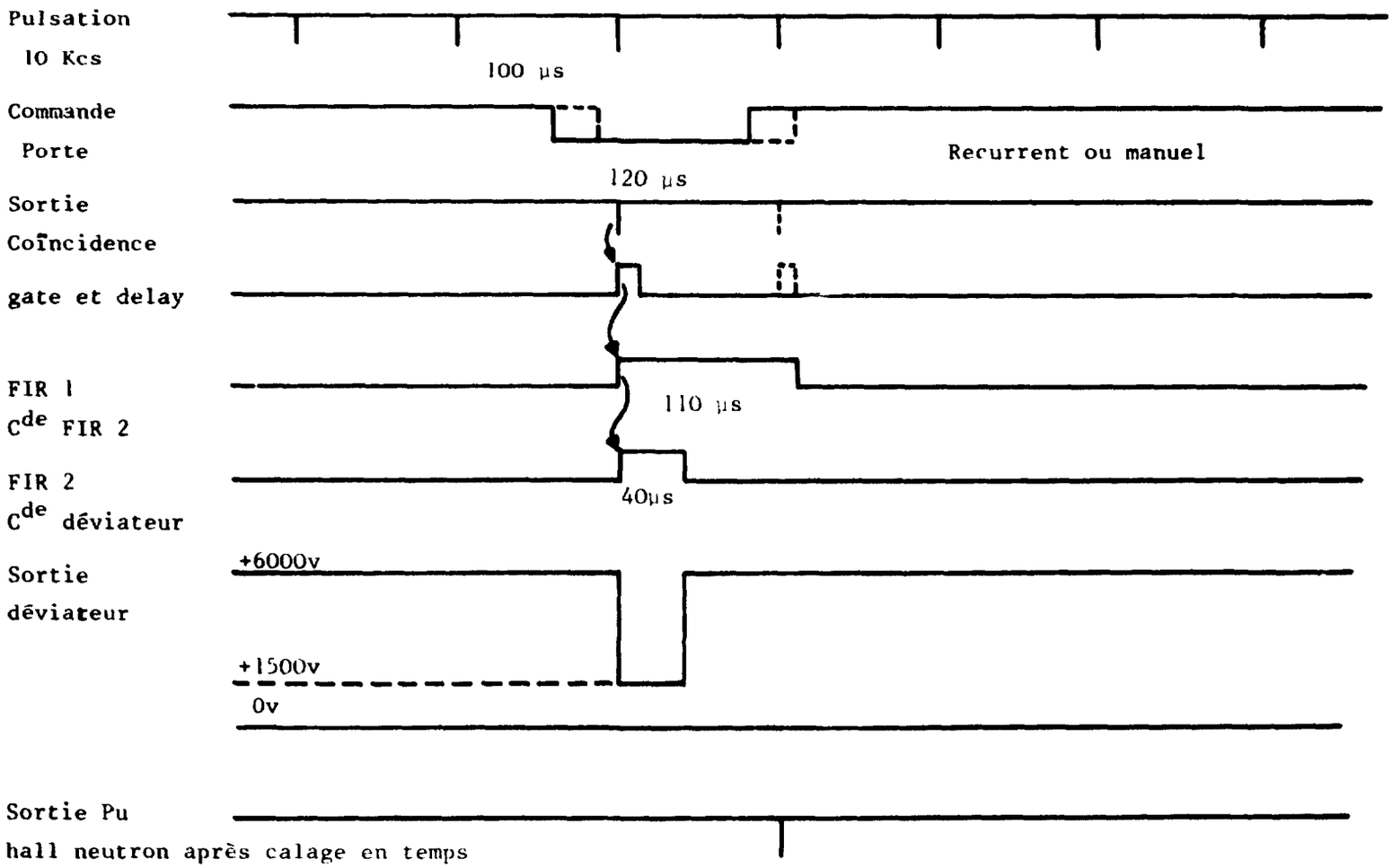


FIGURE A-II-2-2

Sélection d'une seule impulsion.

A-III-Expérience d'interaction ions lourds-plasma.

(R. DEI CAS, J.P. LAGET, M. RENAUD, G. FINE, A. COURTAIN).

Heavy ion particle beam interaction with an ionized target

The present status of the experimental facility is described

Les travaux relatifs à cette installation ont été décrits dans les références [1] et [2]. La figure A-III-1 représente le schéma de principe de cette expérience. Les conditions de fonctionnement et les diagnostics en cours de développement ont été décrits dans [1] et [2]. La ligne de faisceau est achevée et les figures A-III-2 et 3 représentent le laser à CO_2 en cours d'installation et la chambre d'interaction avec le spectromètre à parabole de Thomson.

Les premiers essais avec laser devraient commencer à la fin du 1er Semestre 1984.

REFERENCES

[1] - R. DEI CAS et al., "Heavy ion particle beam interaction with a hot ionized target", Journal de Physique, colloque C8, N° 11, T. 44 (1983).

[2] - R. DEI CAS et al., "Etude expérimentale de l'interaction d'un faisceau d'ions lourds avec un plasma créé par un laser à CO_2 - SFP, GRENOBLE (1983), CEA-CONF-7088.

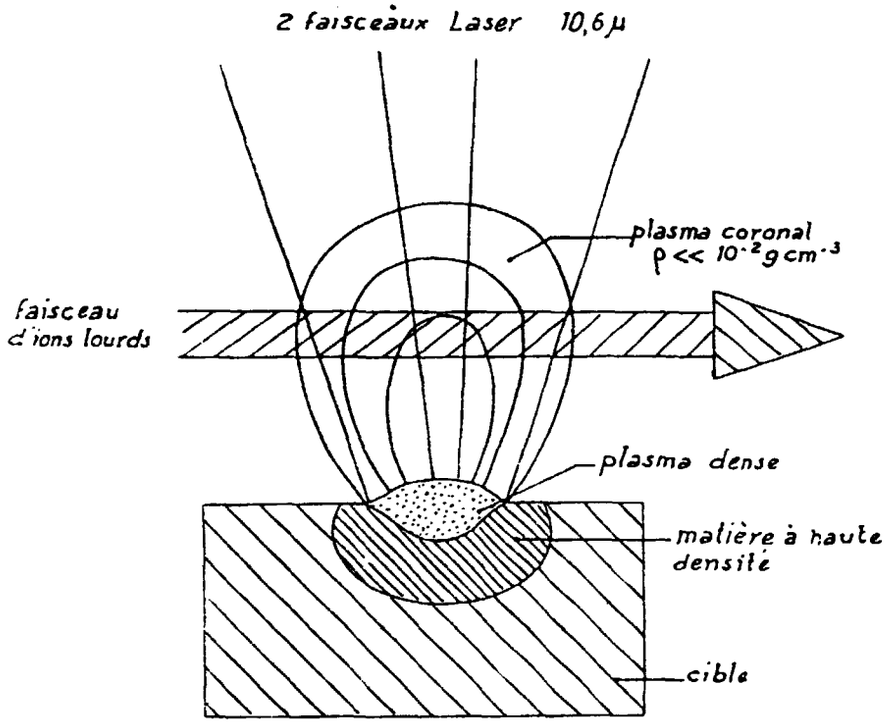


FIGURE A-III-1

Schéma de principe de l'expérience d'interaction d'un faisceau d'ions lourds avec un plasma créé par laser.

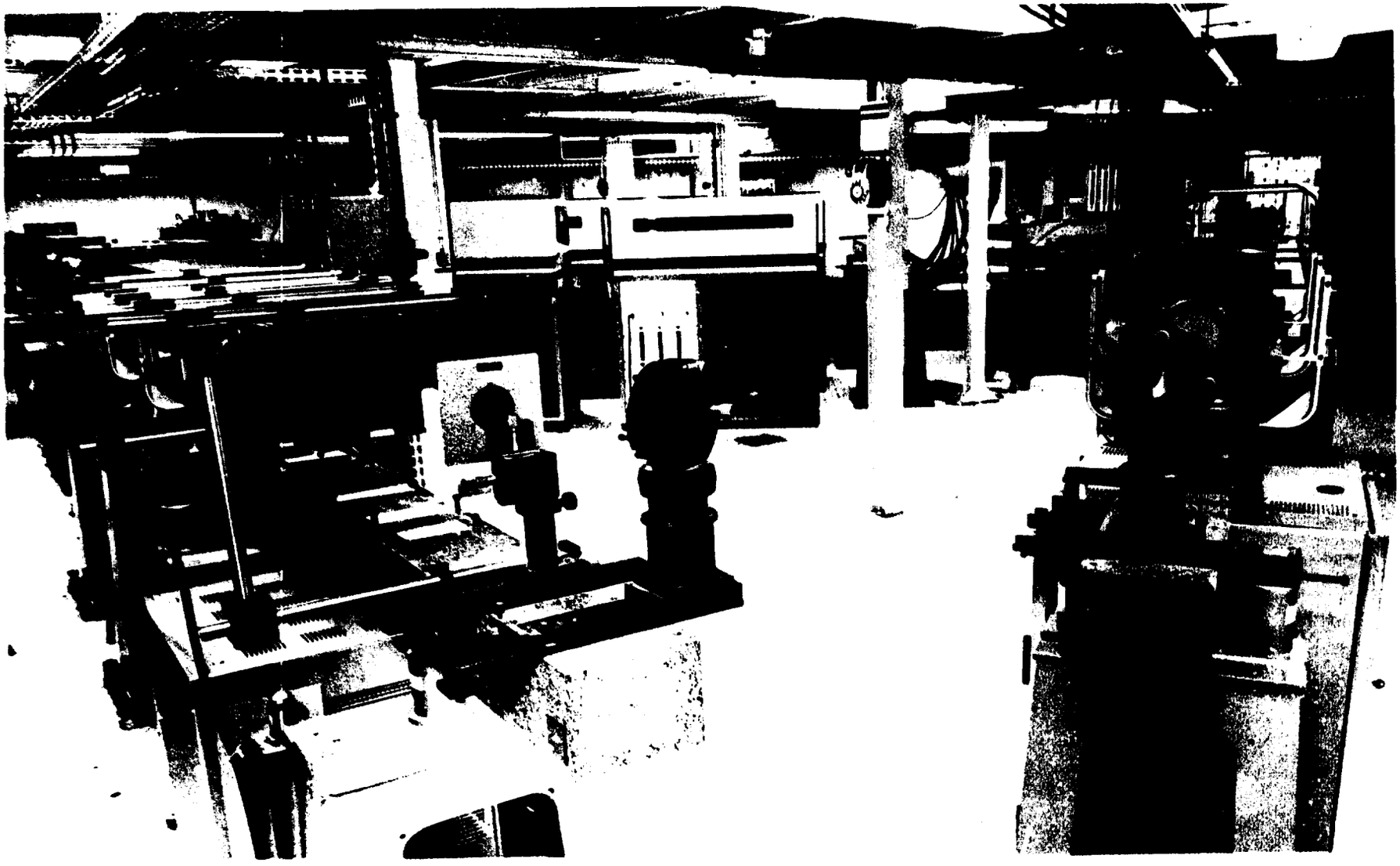


Fig. A III 2 - Laser à CO_2 en cours d'installation.

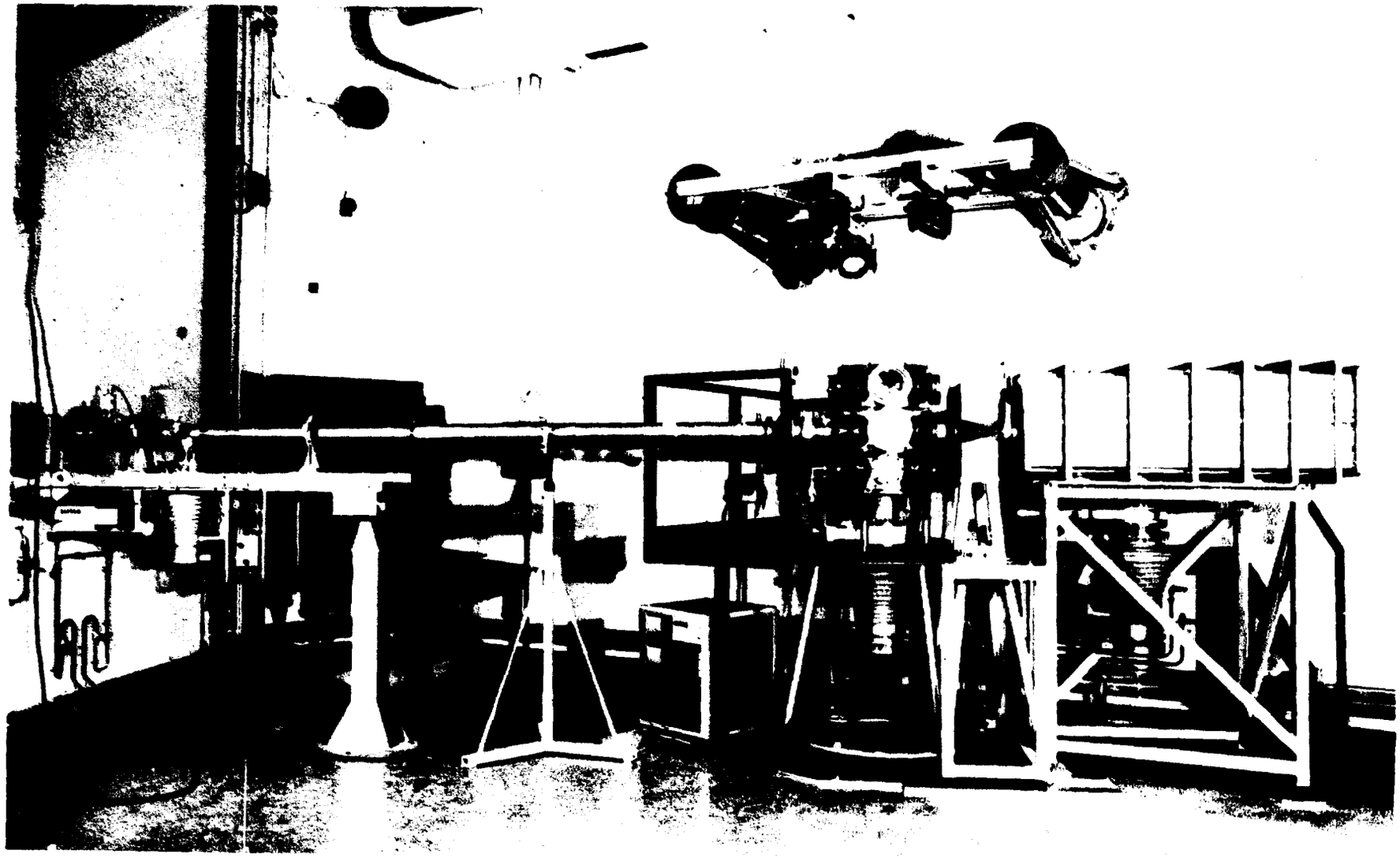


Fig. A III 3 - Vue de la ligne de faisceau de la chambre d'intéraction et du spectromètre.

A-IV-La microsonde nucléaire.

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

The nuclear microprobe

The nuclear microprobe has been used to measure the D,T density inside micro-targets used in IF experiments, to characterize surface impurities on optical lenses used in high power laser technology and to analyse pieces of limiter used in the TFR tokamak. Preliminary results are given and other applications are described in ref. [1] [2].

La première microsonde nucléaire française est implantée auprès de l'accélérateur Van de Graaff 4 MV [1,2].

En 1983, 40% du temps machine a été utilisé pour cette microsonde Les faisceaux obtenus ont des diamètres d'environ 5 à 10 µm pour des intensités de l'ordre de 1 nA.

Les particules accélérées sont des protons, des deutons, des Hélium 3 et des particules α.

Nous présentons ci-dessous les premiers résultats obtenus dans 3 domaines particuliers. D'autres applications sont décrites en références [1] et [2].

A-IV-1-Détermination de la concentration du deutérium et du tritium dans des microballons.

Une cible laser est en général constituée d'un microballon de verre

---

* SEA/SEAIN - CEN-SACLAY.

de 100 à 300 µm de diamètre et d'environ 1 µm d'épaisseur remplie d'un mélange de deutérium-tritium à une pression de 10 à 20 bars.

Les expériences microsonde sur les microballons ont pour objet de doser les gaz contenus dans les cibles, de voir leur évolution et d'évaluer les impuretés soit gazeuses, soit solides de l'enveloppe.

Les résultats ci-dessous n'ont pour l'instant qu'un caractère exploratoire, car il s'agissait dans un premier temps de vérifier la faisabilité de l'analyse.

La méthode de détermination du deutérium et du tritium repose sur les réactions $^{2}H(d,p)^{3}H$ et $^{3}H(d,p)^{4}He$. La détection du proton et de l'hélium 4 permet l'identification et le dosage de ces éléments.

Les figures A-IV-1-1 et 2 représentent des spectres typiques d'un microballon renfermant du deutérium et du tritium.

Le faisceau incident avait une énergie de 600 keV et un courant d'environ 1 nA.

Les raies caractéristiques du deutérium et du tritium sont parfaitement identifiables. En outre ces spectres permettent d'affirmer que les seuils de détection autorisés pour ces éléments sont inférieurs à 10^{-12} g.

La figure A-IV-1-3 montre que les résultats des mesures ne semblent pas affectés par un bombardement prolongé des microballons. Il est à noter que la durée d'analyse n'excède pas 1000 sec. soit une charge intégrée de 1 µc.

Les figures A-IV-1-4 et 5 mettent en évidence les temps caractéristiques de diffusion du deutérium et du tritium pour 2 microballons. Une différence très sensible est observée, de l'ordre d'un facteur 2, sur les deux temps de diffusion correspondants. Cette même technique de détermination de D,T à l'intérieur d'un microballon peut être utilisée pour caractériser

la composition de la coquille à partir de l'émission X induite par le faisceau ; la figure A-IV-1-6 montre le spectre γ de 2 microballons de fabrications différentes

A-IV-2-Caractérisation des impuretés superficielles sur les verres d'optique utilisés dans des lasers de puissance.

Une étude portant sur l'identification et la localisation d'impuretés superficielles sur des lentilles utilisées dans les lasers de puissance a été entreprise. La technique mise au point auprès de la microsonde nucléaire est celle de la micro-analyse X.

Les optiques étudiées avaient la forme de cylindres de silice vitreuse (diamètre 30 mm, hauteur 30 mm) numérotés de 1 à 4 et polis à l'aide de 4 poudres différentes portant les références suivantes :

- poudre 1 : "diamant",
- poudre 2 : "opaline",
- poudre 3 : "alumine",
- poudre 4 : "zircone".

Une analyse préliminaire par fluorescence X a montré la présence de cérium en surface du verre n° 2 et de zirconium sur le verre n° 4, les verres 1 et 3 ne montrant aucune pollution superficielle.

Les deux blocs pollués ont été examinés au moyen de la microsonde nucléaire par détection de l'émission X engendrée par l'impact d'un faisceau incident de protons de 2 MeV d'énergie et d'environ 10 µm de diamètre (I ≈ 200 pA).

La figure A-IV-2-1 met en évidence une localisation très prononcée de la pollution en Zr contrairement à celle du Ce.

A-IV-3-Analyse de fragments de diaphragmes utilisés dans le tokamak TFR.

L'objet de cette étude consistait à comparer deux échantillons de graphite issus d'un diaphragme utilisé sur le tokamak TFR de Fontenay-aux-Roses.

Un échantillon était plus particulièrement soumis au bombardement ionique et l'autre au bombardement électronique.

Les figures A-IV-3-1 et 2 représentent la répartition d'impuretés métalliques en surface sur des échantillons de graphite côté ionique (graphite I) et électronique (graphite II).

La figure A-IV-3-3 donne une comparaison des distributions superficielles du deutérium.

REFERENCES

[1] - Ch. ENGELMANN, J. BARDY, La microsonde nucléaire française : description et exemples d'application, 6th Int. Conf. on Ion Beam Analyses - TEMPE (Mai 1983)

[2] - La microsonde nucléaire, rapport interne P2N-423/83.

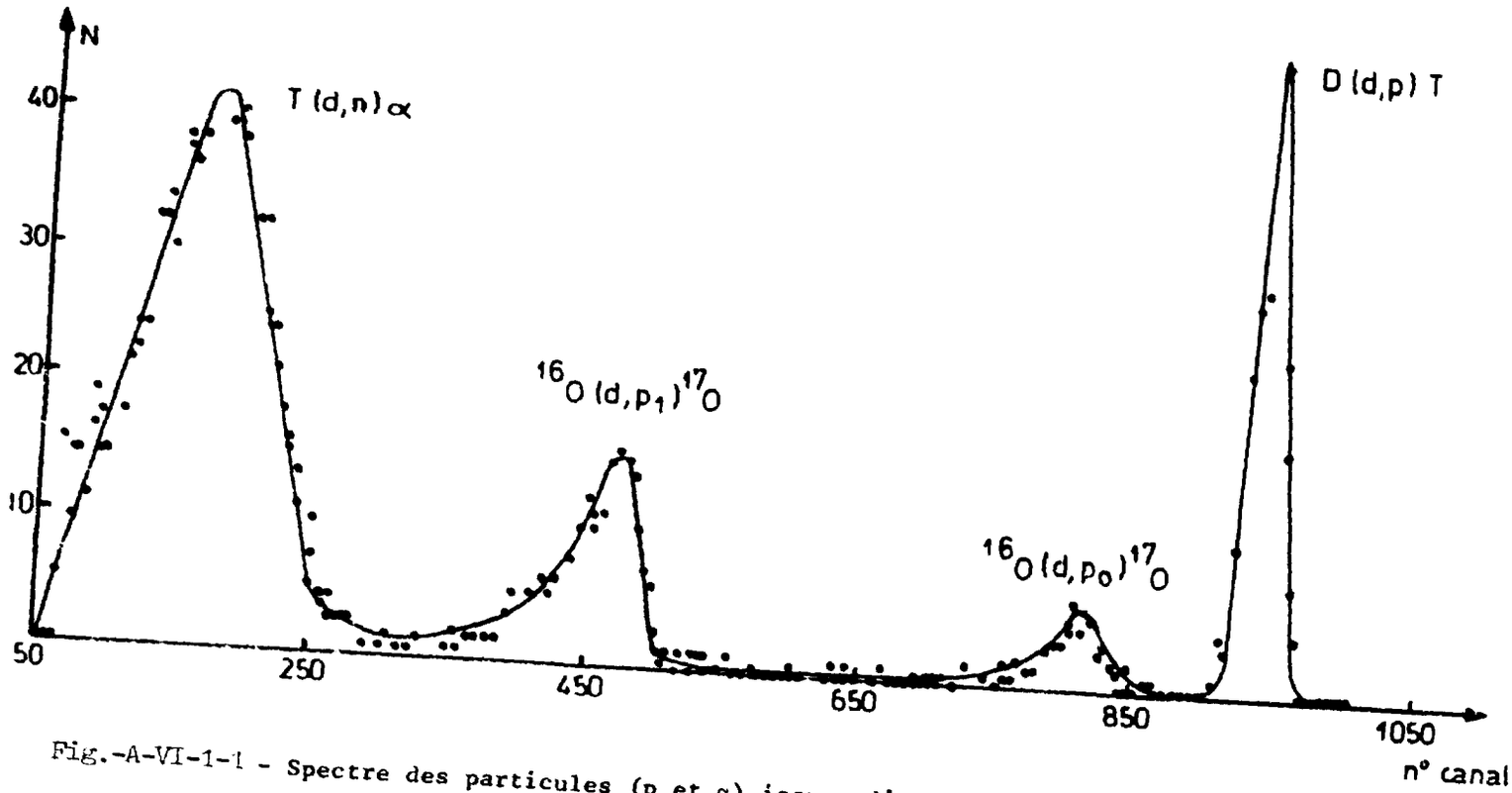


Fig.-A-VI-1-1 - Spectre des particules (p et α) issues d'un microballon contenant du deutérium et du tritium bombardé par des deutons de 600 keV.
Cas de l'emploi du détecteur annulaire.
(Id = 0,8nA ; Q = 0,35µc)

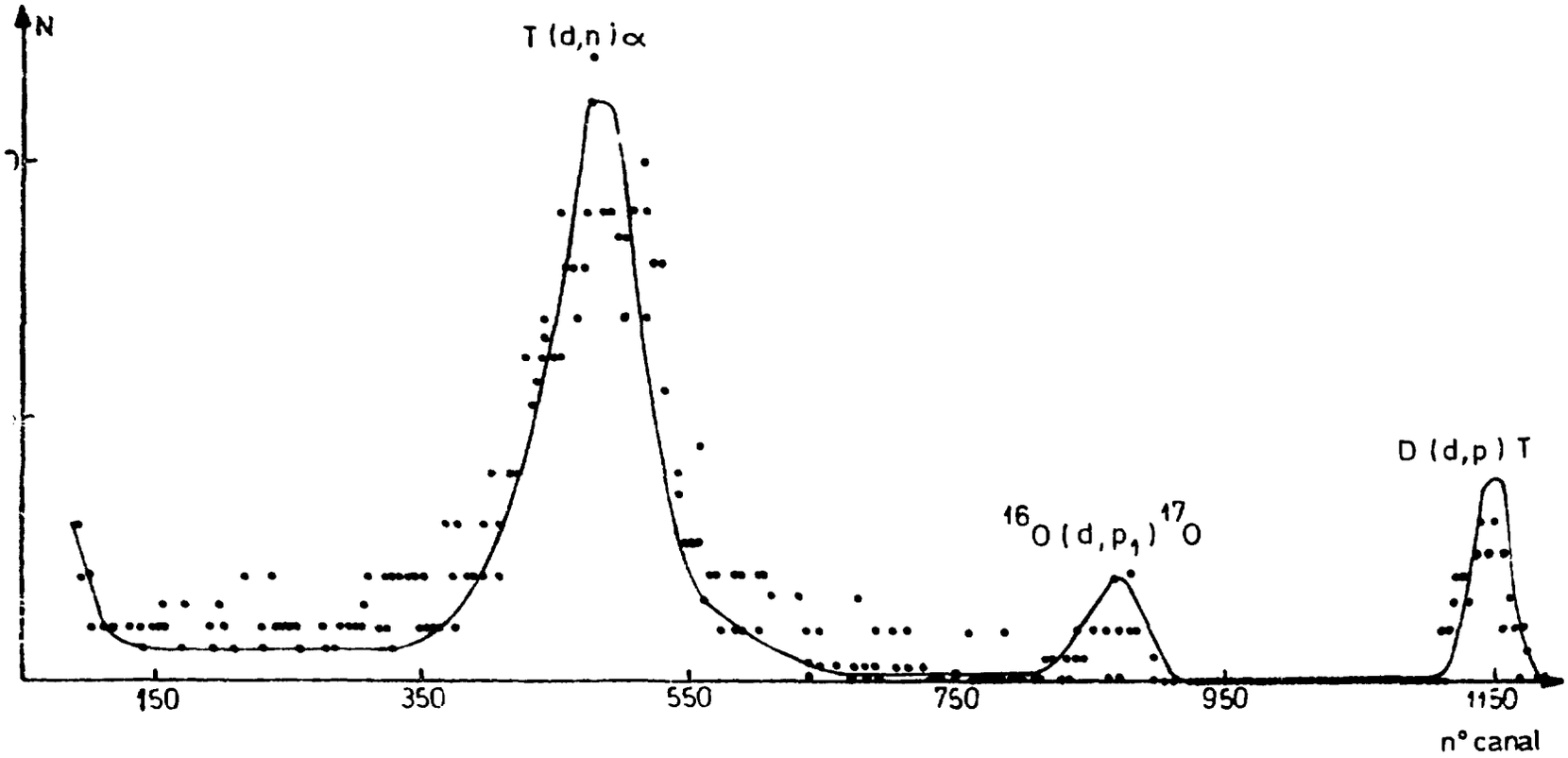


Fig. A-IV-1-2 - Spectre des particules (p et α) issues du microballon correspondant à la figure précédente, bombardé par des neutrons de 600 keV.
Cas de l'emploi du détecteur normal.
(Id = 0,75nA ; Q = 2,5 µC)

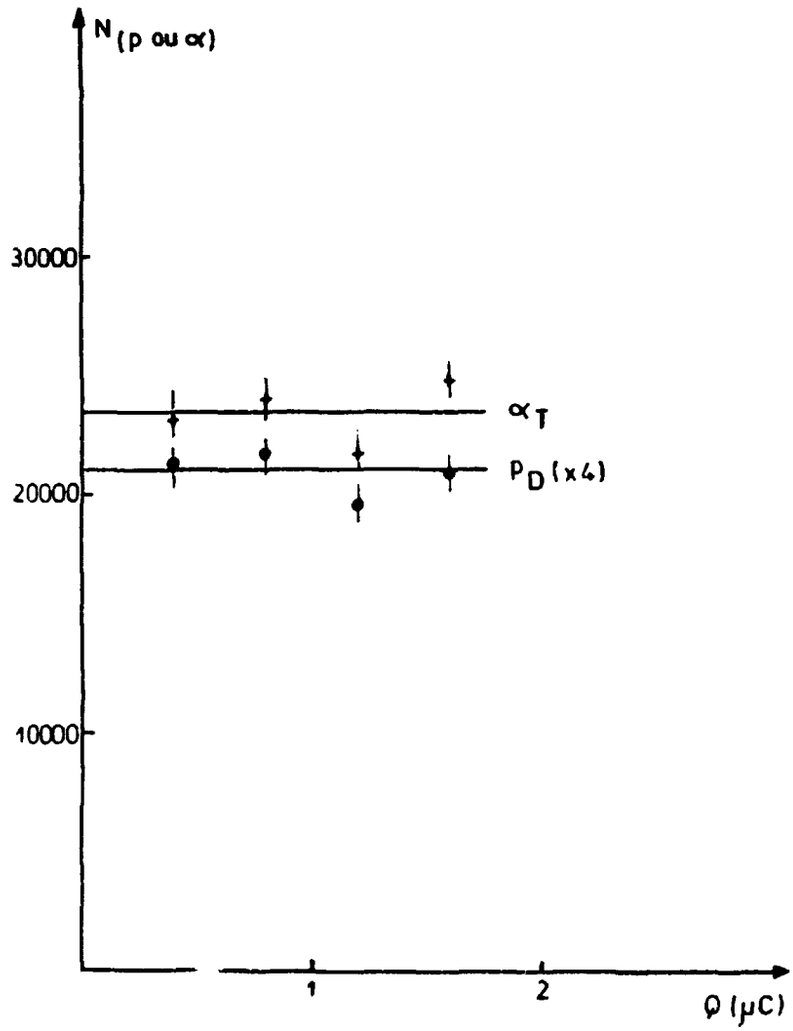


FIGURE A-IV-1-3

Influence de la charge intégrée (durée de bombardement à intensité constante) sur la détermination du deutérium et du tritium dans les microballons.

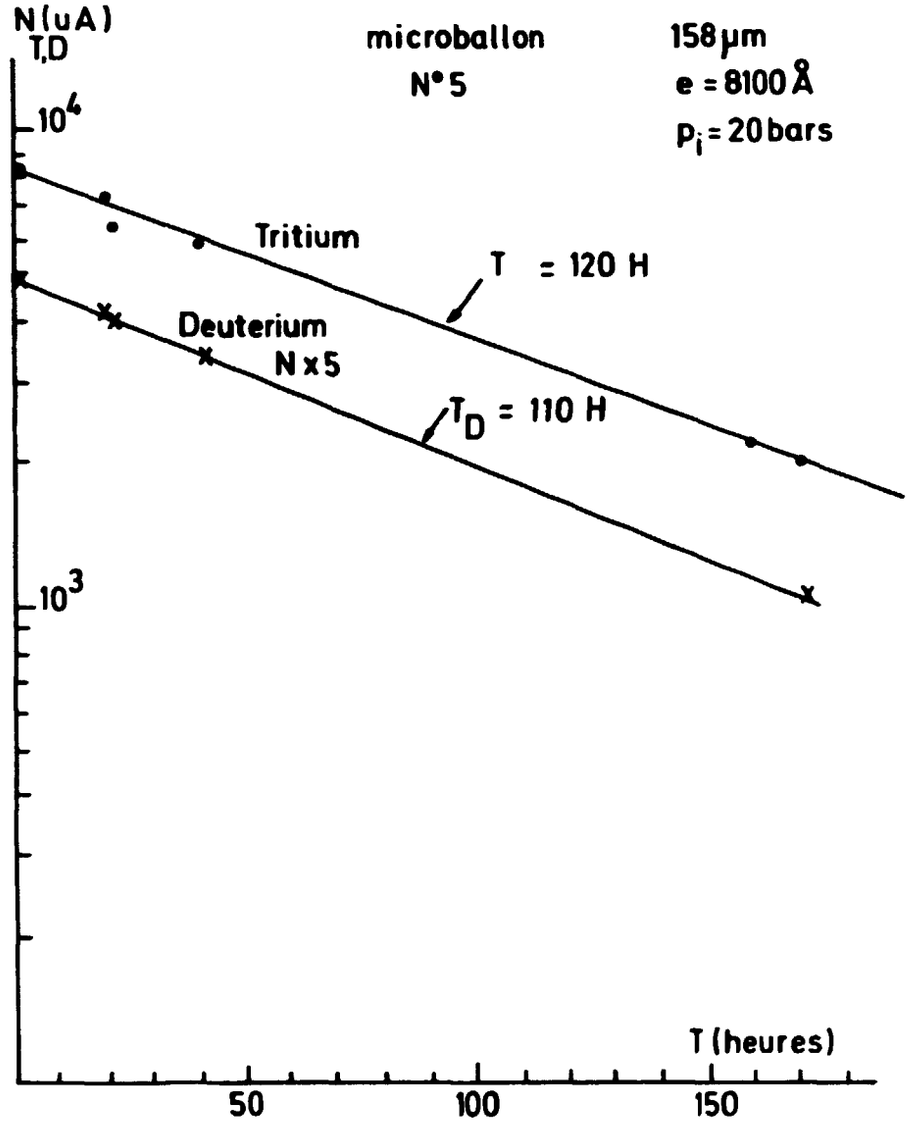


FIGURE A-IV-1-4

Temps caractéristique de diffusion de D,T.

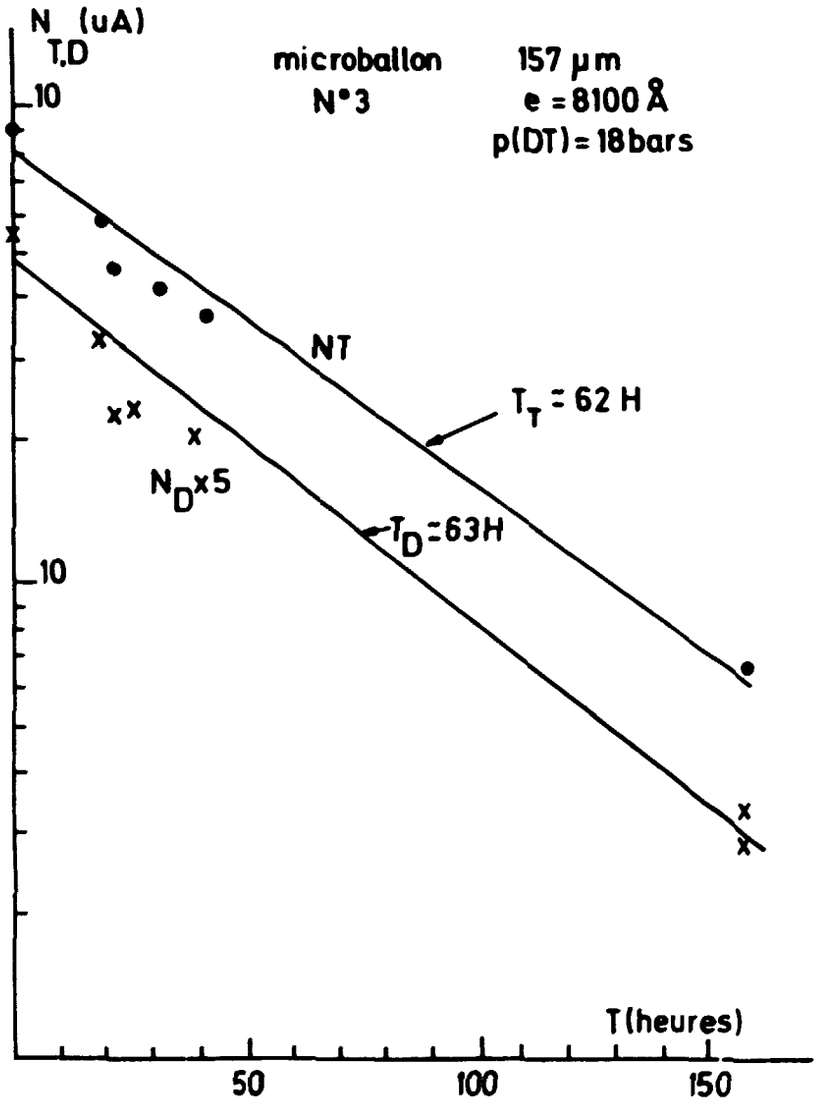


FIGURE A-IV-1-5

Temps de diffusion caractéristique de D,T.

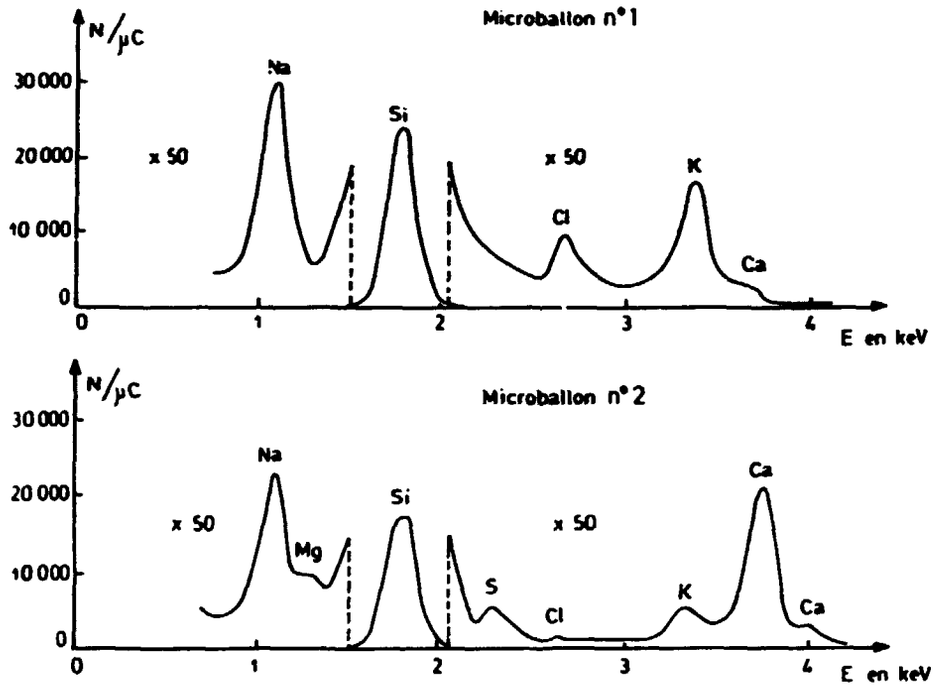


FIGURE A-IV-1-6

Analyse du verre de deux types de microballons.

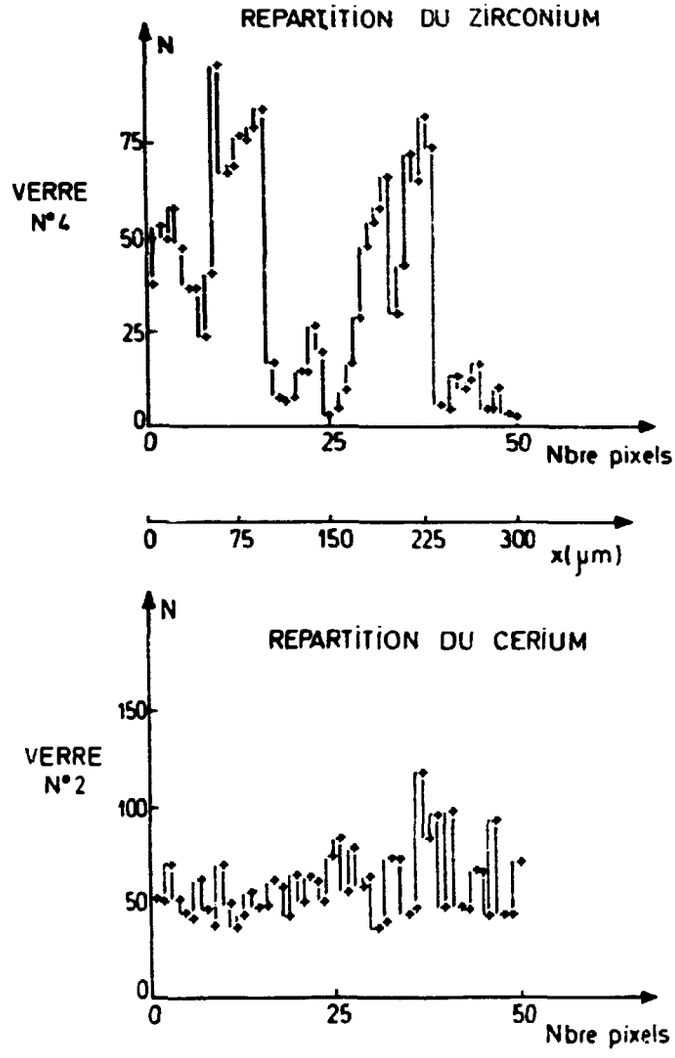


FIGURE A-IV-2-1

Répartitions microscopiques de Zr et Ce sur deux types de verre.

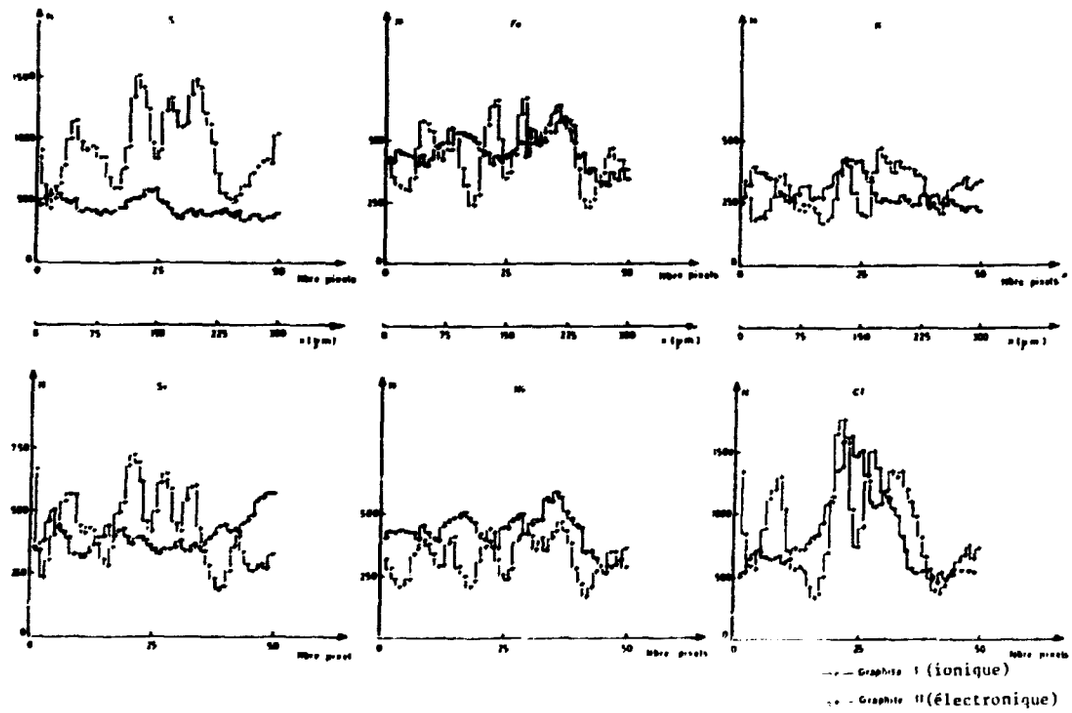


FIGURE A-IV-3-1

Répartitions superficielles d'impuretés métalliques.

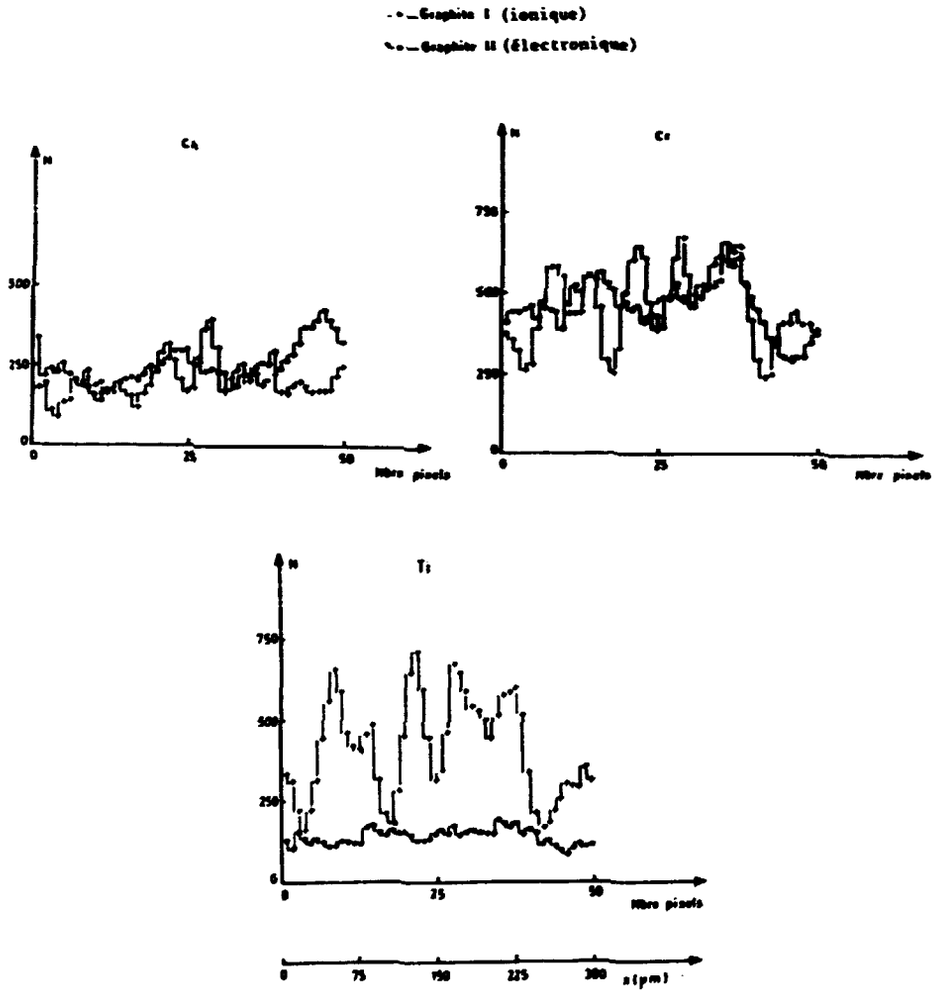


FIGURE A-IV-3-2

Répartitions superficielles d'impuretés métalliques.

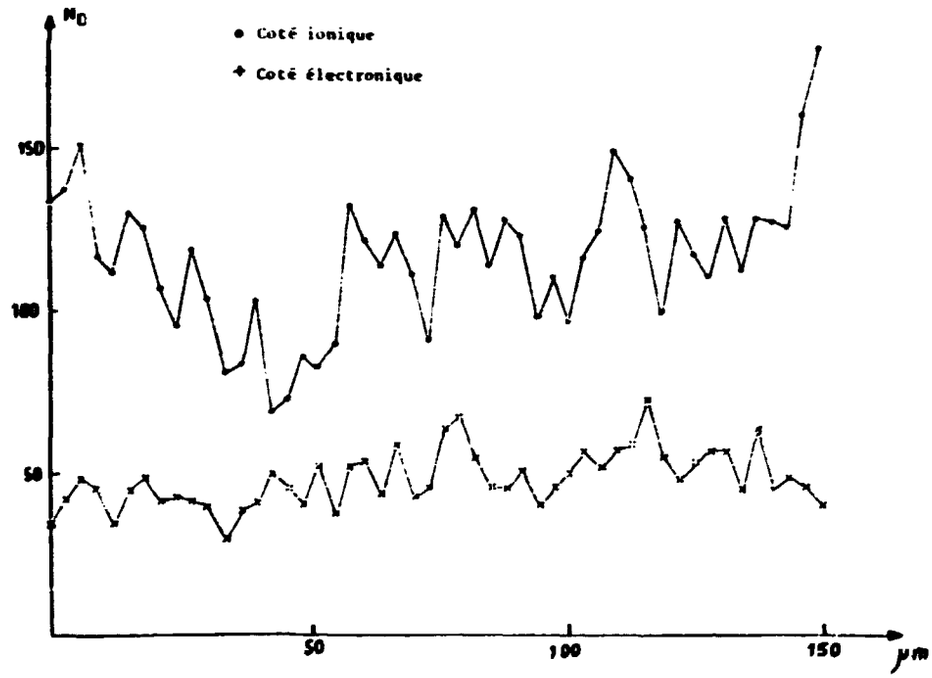


FIGURE A-IV-3-3

Répartition superficielle du Deutérium sur les graphites.

A-V-Développement d'appareillage.

(R. DEI CAS, C. BONETTI, J.P. LAGET, A. COURTAIN, M. RENAUD, G. GOMES)

Permanent magnet spectrometer and tritium gaseous target

We have developed a proton recoil spectrometer using permanent magnets and we have rebuild a simplified version of the tritium gaseous targets.

A-V-1-Spectromètre à aimants permanents.

Un protoype de spectromètre à aimants permanents a été réalisé, il est destiné à analyser les protons de recul émis dans une réaction (n,p) pour des neutrons ayant une énergie voisine de 14 MeV.

La figure A-V-1-1 représente le dispositif expérimental de mesure automatique du champ magnétique à l'intérieur de l'aimant. Le champ magnétique est de l'ordre de 9 KG dans un entrefer de 15 × 40 mm^2. La figure A-V-1-2 représente la section droite de cet aimant.

Un étalonnage des propriétés de cet aimant a été effectué en diffusion (p,p') à l'aide de protons d'énergie comprise entre 13 et 14 MeV. La figure A-V-1-3 représente les spectres obtenus pour 2 situations expérimentales différentes ; le détecteur utilisé dans le plan de détection est constitué par une diode à localisation. La résolution obtenue est de l'ordre de 80 à 100 keV autour de 13,5 MeV. Un rapport de synthèse est en préparation.

A-V-2-Cible gazeuse tritium.

Un effort a été entrepris pour simplifier la procédure de remplissage des cibles gazeuses tritium utilisées dans le Service P2N depuis de nombreuses années. La figure A-V-2-1 représente une cible gazeuse actuelle. Le tritium est absorbé sur un four à uranium pyrophorique solidaire de la cible. Une fenêtre d'observation permet de surveiller la température de la première fenêtre d'havar à l'aide d'une caméra infrarouge.

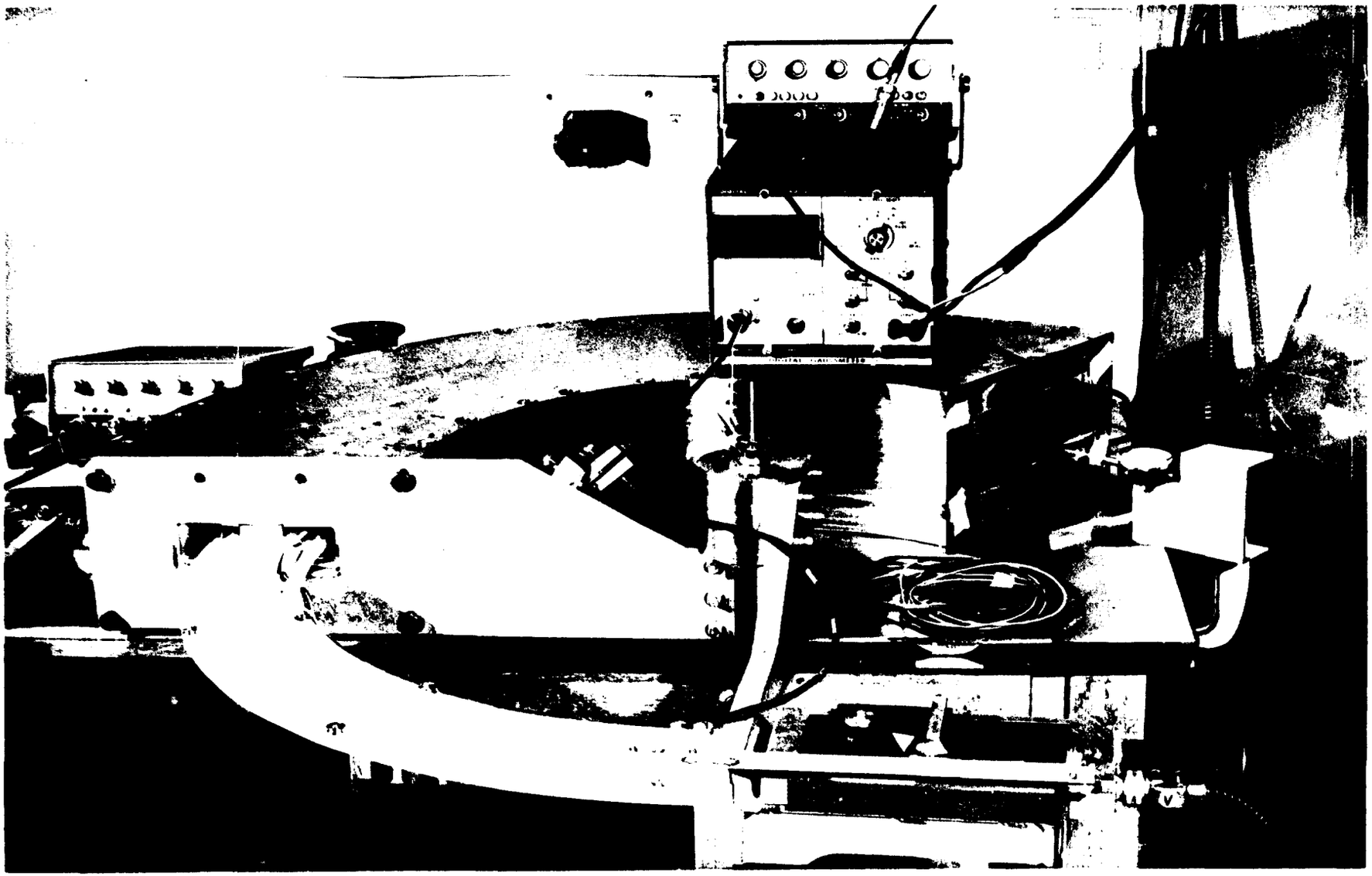


Fig. A-V-1-1 - Spectromètre à aimants permanents : dispositif de mesure automatique du champ magnétique.

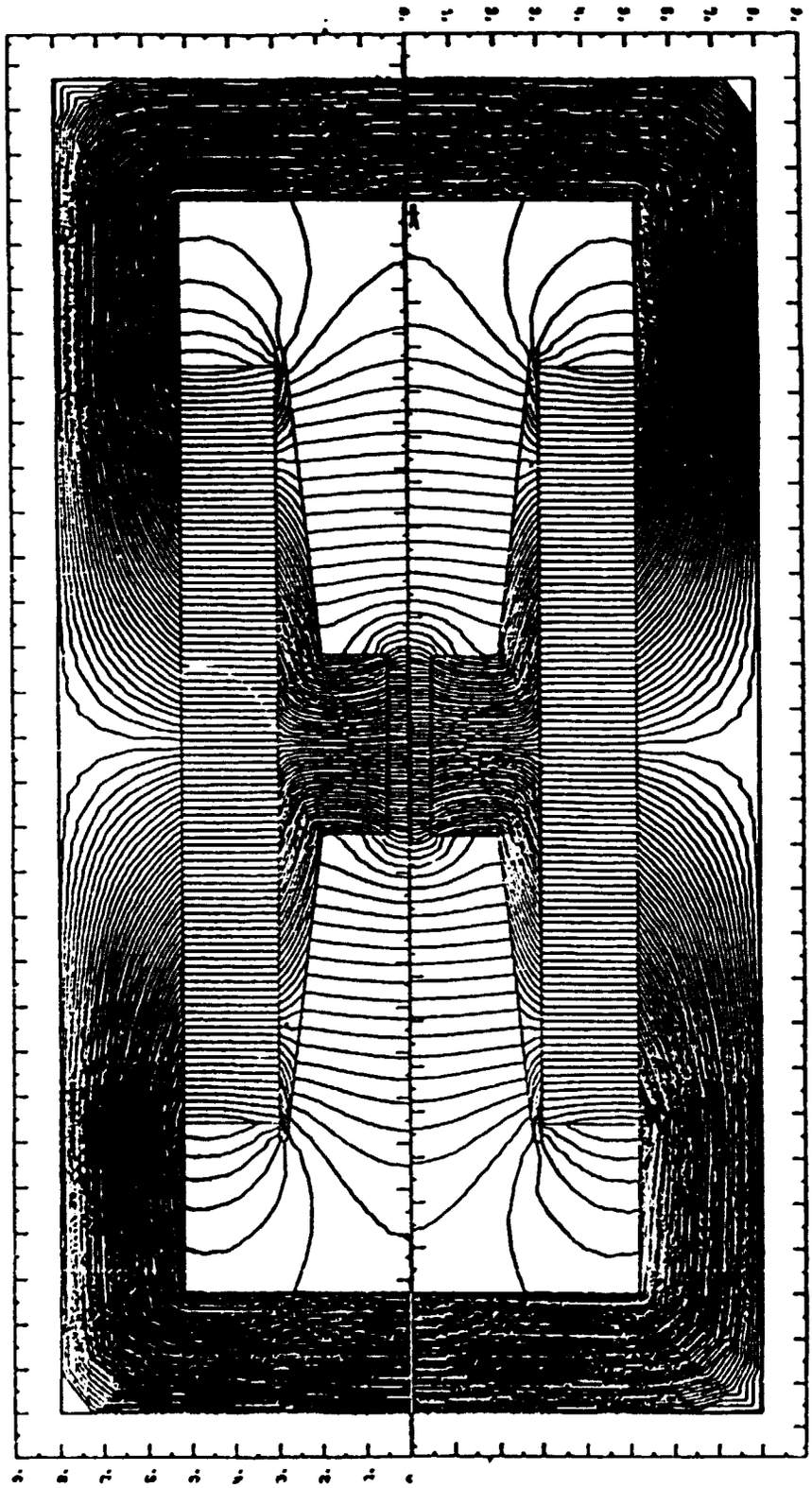


Fig. A-V-1-2 - Section du spectromètre à aimants permanents.

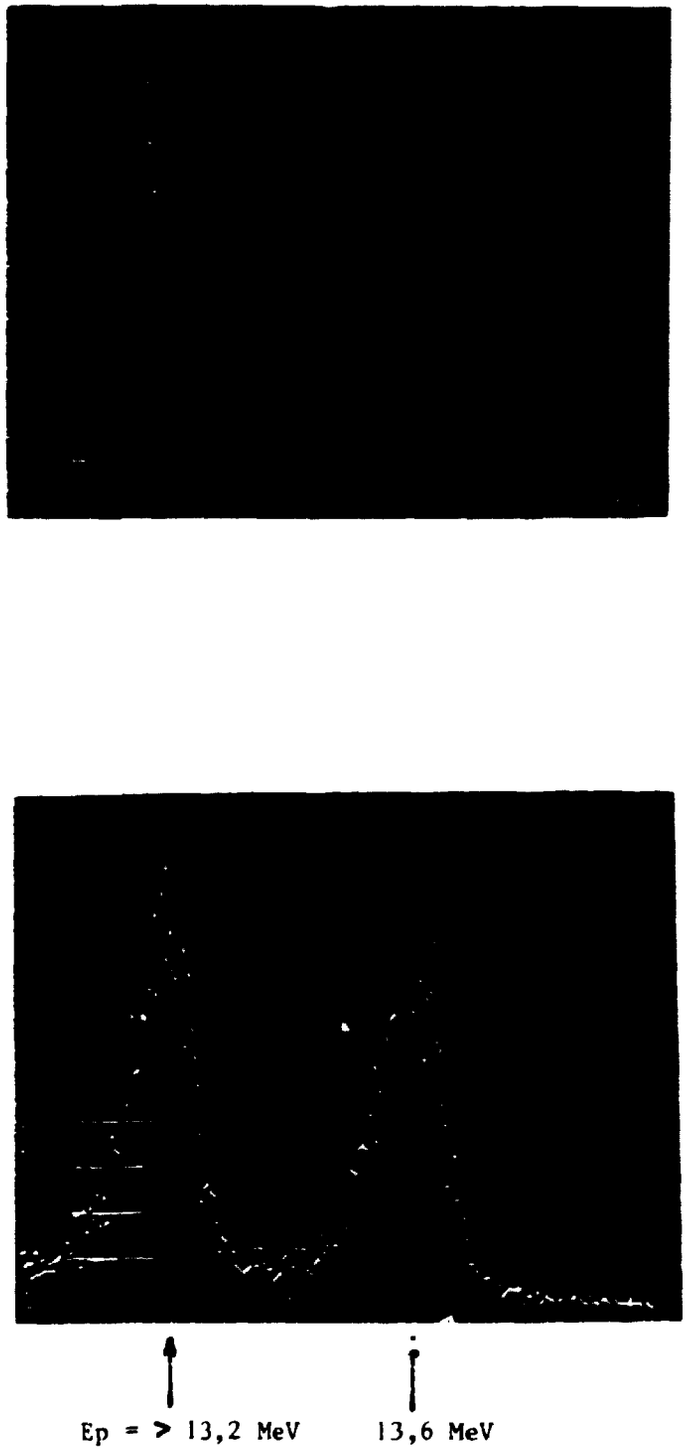


Fig. A-V-1-3 - Spectre d'énergie des protons diffusés par une cible CH_2 de 5µ.
Résolution ~ 80 à 100 keV.

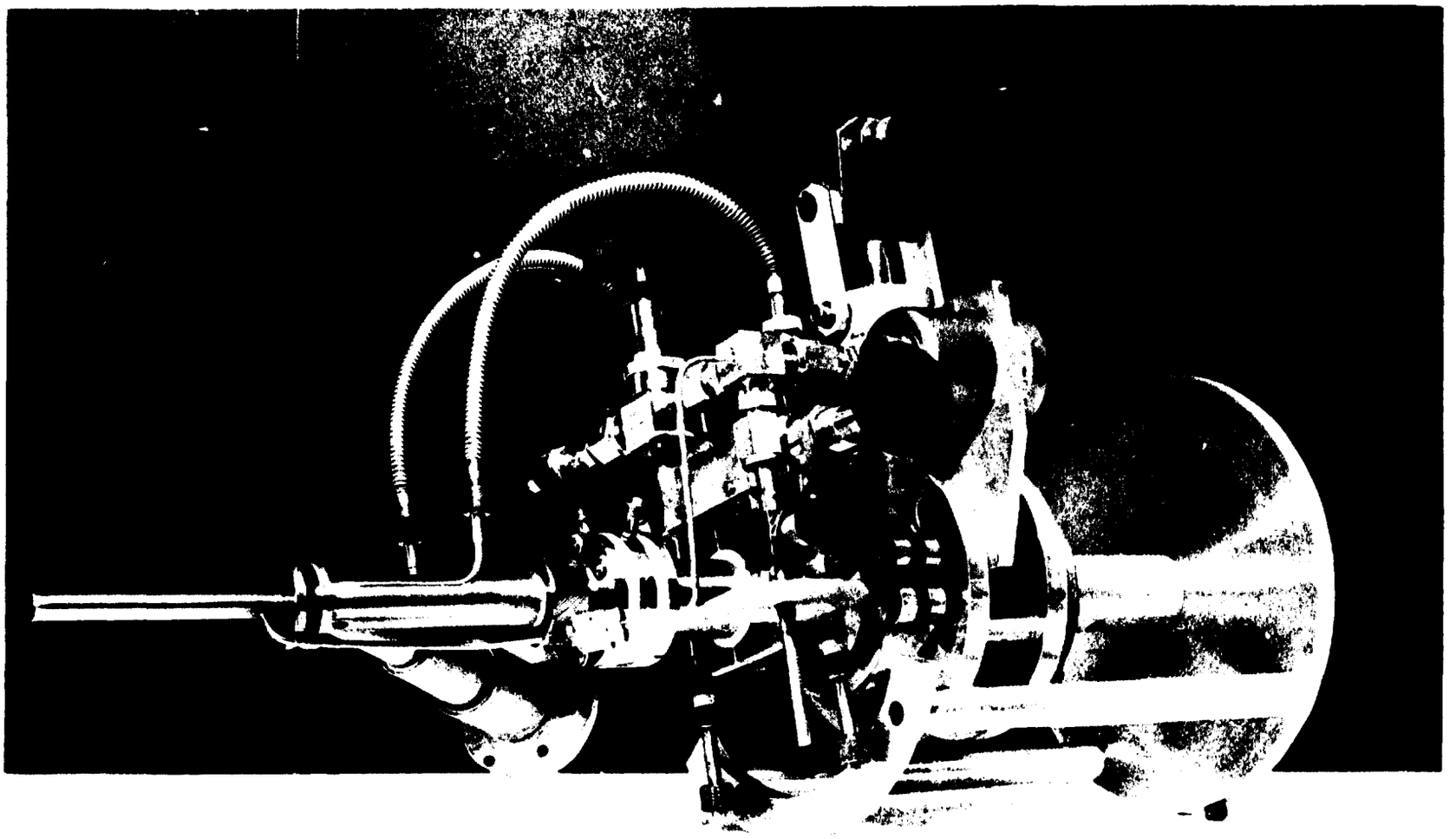


Fig. A-V-2-1 - Cible gazeuse tritium.

A-VI-ELECTRONIQUE
ELECTRONICS

(J.P. LAGET, M. RENAUD, H. FAUJOUR, J.L. MARTIN)

A-VI-1-Etude de dispositifs d'imagerie utilisant des CCD.

Nous avons repris l'étude de dispositifs d'imagerie utilisant des barrettes linéaires et des matrices de photodiodes. Nous envisageons leur utilisation pour les diagnostics liés aux expériences d'interaction plasma-ions lourds. Trois applications sont actuellement envisagées :
- reprise de l'image fournie par un tube ionographique (cf. références du Chap. A-III),
- analyse des franges d'interférences dans une configuration JAMIN

- spectrométrie X à l'aide d'une barrette linéaire (cf. références Chap. A-III).

Ces applications nécessitent un fonctionnement monocoup et l'association d'une électronique permettant la numérisation et la mise en mémoire des informations. L'exploitation des signaux et la représentation des images nécessitent un calculateur et une mémoire d'image associée à un écran de visualisation.

A-VI-2-Commande-contrôle par microprocesseur (cf. A-I-2).

Cette étude s'est achevée au mois de Septembre 1983 et le rapport correspondant intitulé "Informatisation par microprocesseur d'un système regroupeur haute fréquence" est en préparation.

Cette année, l'informatisation s'est poursuivie avec la commande et le contrôle de la chaîne amplificatrice aiguillée sur la seconde cavité, puis dans la phase finale avec le fonctionnement de chaque cavité en puissance HF.

Aiguillage entre les 2 cavités.

La chaîne amplificatrice est commutable sur l'une ou l'autre des deux cavités simplement par le fonctionnement manuel d'un cavalier coaxial et par le choix du numéro de cavité au clavier d'une console. Tous les circuits annexes de refroidissement et de contrôle de température sont aiguillés automatiquement vers la cavité choisie.

Pour chaque cavité il est possible de choisir la configuration "préamplificateur seul" ou "préamplificateur + amplificateur".

Fonctionnement avec puissance HF

Dans un premier temps, nous avons travaillé en local, avec la console située à proximité des baies d'alimentations de manière à pouvoir aisément étalonner les mesures de puissance transmise, réflécnie ou incidente. Ensuite nous avons fait fonctionner l'ensemble à distance depuis la salle de commande du Tandem. Un "menu" HF est présenté sur l'écran à la demande de l'opérateur. Lorsque la séquence de démarrage est terminée, celui-ci choisit les différentes fonctions à réaliser :
- ouverture de la porte HF (relais coaxial),
- commande d'asservissement de fréquence ou de phase . La montée en puissance se fait par paliers, l'opérateur définit également la valeur du pas de réglage.

Le réglage de la puissance HF s'effectue de la manière suivante : on observe à l'oscilloscope le signal HF au niveau de la puissance transmise et, à l'aide de deux touches de la console, on fait croître ou décroître la puissance suivant le comportement de la cavité. En plus de l'observation du signal HF l'opérateur dispose d'un affichage immédiat après chaque action de montée ou de descente des indications suivantes :
- puissance transmise en KW,
- puissance réfléchie en KW,
- puissance incidente en KW,
- pression,
- tensions et courants de toutes les alimentations.

Pour chacune des trois puissances, on acquiert un niveau analogique compris entre 0 et 10 Volts après redressement et filtrage. Si x est le niveau analogique, on obtient P (Puissance détectée en milliwatts) à partir de la formule :

$$P = 0,03933\ x^3 + 0,832\ x^2 + 3,708\ x + 0,32.$$

Le niveau HF en watts est alors :

$$P_{HF} = K.P.$$

Le coefficient K est donné par étalonnage pour chacune des puissances mesurées. Il est différent selon la cavité.

A-VII-INFORMATIQUE
INFORMATICS

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

Data acquisition and computing systems.

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

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

Le parc d'ordinateurs du Service est resté stable durant l'année 1983.

Il se compose d'un MITRA 125, d'un MITRA 225, de deux MITRA 15 et d'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 CISI (co/ordinateur 500) et d'avoir ainsi accès aux ordinateurs IBM, CDC et CRAY de ce réseau.

Le MITRA 225 et les deux MITRA 15 sont des postes d'acquisition de données utilisées pour les expériences de physique nucléaire réalisées sur les accélérateurs Van de Graaff 7 MV et 4 MeV du Service.

a)-Centre de calcul (MITRA 125 - co/ordinateur 500).

Cet ensemble étant viellissant et ne correspondant plus aux besoins du Service, nous avons étudié les possibilités de remplacement et un choix sera effectué début 1984.

b)- Système d'acquisition de données.

MITRA 225.

L'augmentation de l'activité Ions Lourds du Service s'est répercutée sur le taux d'occupation de cette machine, dont la vitesse et la capacité mémoire sont trop limitées pour cette activité où le traitement

interactif est très important. En conséquence, il est prévu de remplacer cet ordinateur par un autre plus puissant.

MITRA 15-1 et MITRA 15-2

L'utilisation de MITRA 15-2 doit être arrêtée en fin d'année 1984. Les 2 postes d'acquisition du Tandem seront regroupés sur le nouvel ordinateur.

En ce qui concerne le MITRA 15-1, il devrait être remplacé par le MITRA 225.

A-VII-2-Informatisation à l'aide du MITRA 225 de la commande et du contrôle du regroupeur HF.

Un menu affiché sur l'écran à touches sensitives (ETS) permet à l'opérateur :

1)-définir le système :

- Choix de la cavité (1 ou 2),
- Mode de fonctionnement (avec ou sans faisceau),
- Choix de la puissance (< 3 KW ou ≥ 3 KW),
- Entrée des points de consigne avec 2 possibilités :
  - * par dialogue sur la console,
  - * par choix sur la console d'une des séries de valeurs type préalablement mémorisées.

Ces points de consigne sont transmis au microprocesseur.

2)-de commander la phase de démarrage du système

Cette phase se décompose en deux parties :

- la commande proprement dite exécutée par le microprocesseur (programme

chargé à partir du MITRA),
- le contrôle du déroulement de cette mise en route assurée par une tâche MITRA qui à cette fin affiche sur l'ETS les points de consigne demandés et les valeurs réelles obtenues et se met en attente d'un appel éventuel du micro signalant une anomalie. A la réception de cet appel un dialogue est établi à la console avec l'opérateur qui, après intervention, donne l'ordre au micro de poursuivre ou d'abandonner la phase de démarrage. Dans ce dernier cas, le système est ramené à l'état de repos.

A la fin de cette phase de démarrage, les tâches de surveillance exécutées par le micro (bon fonctionnement des différents éléments du système et points de consigne restant à l'intérieur de fourchettes imposées au départ) sont activées et une tâche du MITRA 225 est mise en attente d'un appel du micro. A la réception d'un appel, le défaut est inscrit en clair sur la console et le dialogue est établi avec l'opérateur qui décide de la poursuite ou de l'arrêt du fonctionnement du système. Dans ce dernier cas, le système est ramené à l'état de repos.

Dans la phase de fonctionnement normal du système, une tâche MITRA 225 permet de visualiser à tout moment sur l'ETS l'état du système c'est-à-dire les tensions et courants caractéristiques du fonctionnement ainsi que la pression dans la cavité et les températures de la cavité et des gaines de ventilation.

Montée en puissance HF.

La tâche MITRA 225 mise en oeuvre à partir de l'ETS permet, après avoir demandé la valeur du pas de progression, de faire varier la puissance. Les valeurs des puissances : incidente (P_i), réfléchie (P_r), et transmise, sont affichées après chaque pas de variation.

Le contrôle de $P_r/P_i < 0,2$ est automatiquement effectué par le micro dès que la puissance incidente est ≥ 1 KW.

A-VII-3-Acquisition en ligne : TRACOR, TEKTRONIX 7912AD.

A-VII-3-1-TEKTRONIX 7912AD.

A-Utilisation du TEKTRONIX.

Le TEKTRONIX 7912AD est un oscilloscope à mémoire numérique qui offre à la fois des sorties analogiques et des sorties numériques pour programmation à distance et transfert de données dans les deux sens à travers une interface standard ordinateur GPIB/IEEE488. Il se compose de deux tiroirs un tiroir amplificateur non programmable et un tiroir base de temps programmable.

Deux modes de fonctionnement sont possibles :
- en mode numérique, le 7912AD peut mémoriser soit un signal mono-coup soit un signal récurrent. Des sorties analogiques permettent la visualisation du signal sur un moniteur XYZ.,
- en mode TV, il transforme le signal en une sortie compatible vidéo.

Dans l'un ou l'autre mode, le 7912AD peut acquérir des signaux ayant une largeur de bande pouvant aller jusqu'à 500 MHz. La calibration en temps peut varier de 5 picosecondes à 0,5 seconde.

L'oscilloscope fait partie de la chaîne de contrôle-commande des regroupeurs HF (cf. Chap. A-II) et sert à mémoriser un signal. Il est commandé à distance à l'aide d'un écran à touches sensitives, via une liaison CAMAC-Série, à partir du MITRA 225 comme indiqué sur la figure A-VII-1.

B-Commande à distance du TEKTRONIX.

On choisit à partir d'un menu visualisé sur l'écran sensible, la fonction désirée. Lorsque c'était possible, on a essayé de respecter au mieux

sur les 16 touches de l'écran, la disposition réelle des boutons-poussoirs du tiroir base de temps.

On dispose des commandes suivantes programmées :
- modification des paramètres de fonctionnement de l'appareil : réglage de l'intensité du signal, de la grille, de la focalisation, affichage ou non des sensibilités,
- réglage de la base de temps qui comprend : le choix de la calibration en temps, du type de déclenchement (mode, choix du signal, source), la sélection du seuil de déclenchement, la valeur de la pente, le déplacement horizontal,
- mémorisation du signal. Avant cette opération il est conseillé de réduire au maximum l'intensité de la grille, sinon de la supprimer, afin d'éviter la récupération de points abérrants dus aux noeuds du maillage. Après, le signal est alors stocké sur fichier et disponible pour tout traitement ultérieur,
- traitement du signal : calculs simples des caractéristiques du signal (centre de gravité, largeur à mi-hauteur) et sortie graphique sur imprimante.

On pourra vérifier la bonne prise en compte des valeurs entrées en demandant l'"état des paramètres de fonctionnement" et l'"état du tiroir base de temps".

A-VII-3-2-TRACOR.

A-Utilisation du TRACOR.

Le TRACOR est un analyseur multicanaux. Il est utilisé dans la chaîne contrôle-commande des regroupeurs HF pour faire la surveillance des points de consigne. Il est relié au MITRA 225 par une ligne asynchrone et commandé à distance à partir de l'écran à touches sensitives.

Il s'agira, dans un premier temps, de faire une fois pour toute et sans HF, l'acquisition du spectre temps de transit de la bouffée et du spectre

temps de vol qui seront alors pris comme spectres de référence. Pour le premier spectre, on relèvera la position du maximum et pour le second, on calculera la largeur à mi-hauteur.

Ensuite, en fonctionnement normal, on fera périodiquement l'acquisition de ces deux spectres dont l'analyse permettra de surveiller le fonctionnement de la boucle d'asservissement et de rajuster certains points de consigne en cas de dérive.

Le principe de surveillance est le suivant :

1)-Spectre temps de transit.

La position du maximum donne l'énergie moyenne des particules de la bouffée ; l'écart entre ce pic et le pic du spectre de référence correspondant, permet de connaître la variation d'énergie :

$$\Delta E_{keV} = (\text{écart en nombre de canaux}) \times \beta_{keV/canal}.$$

β étant l'étalonnage en énergie.

On en déduit la valeur de l'angle de déphasage :

$$\emptyset = \text{Arc sinus } \frac{\Delta E}{V_{HF}}.$$

et la courbe $\emptyset = f(V_{HF})$ donnera la nouvelle valeur du point de consigne à à introduire sur la phase HF pour corriger la dérive (cf. figure A-II-1).

2)-Spectre temps de vol.

La largeur à mi-hauteur fournit le $\Delta T_{mesuré}$:

$$\Delta T^2_{\text{mesuré}} = \Delta T^2_{\text{faisceau}} + \Delta T^2_{\text{électronique}}.$$

En supposant que la variation du $\Delta T_{\text{mesuré}}$ suit la variation du $\Delta T_{\text{faisceau}}$ et que la contribution de la chaîne électronique est constante, on calculera :

$$\left| \frac{\Delta T_m - \Delta T_0}{\Delta T_0} \right|$$

avec ΔT_0 largeur à mi-hauteur du spectre de référence correspondant, quantité qui devra être inférieure à un certain pourcentage de ΔT_0.

Si cette condition n'est pas réalisée on se reportera aux courbes $\Delta T_{\text{faisceau}} = f(P_{HF})$ qui donneront la valeur de P_{HF} pour laquelle la compression temps réelle est optimale.

B-la commande à distance du TRACOR.

1) une première série de commandes concerne la visualisation ; ces commandes sont réunies sur une page du "TOUCH PANEL" appelable à partir de l'image : "MISE AU POINT VISUALISATION".

On peut alors :
- visualiser une partie (2048, 1024 ou 512 canaux) ou toute la mémoire de stockage des spectres,
- déplacer le curseur,
- modifier l'amplitude,
- faire un effet de loupe.

Les autres commandes concernent l'acquisition proprement dite :

2) lancement et arrêt de l'acquisition,

3) stockage et récupération sur fichier des spectres de référence, opération qui doit être suivie du :

4) traitement des spectres de référence : récupération du maximum pour l'un et calcul de la largeur à mi-hauteur pour l'autre,

5) lancement de la surveillance : ce qui permet, soit de corriger la phase HF, soit d'alerter l'opérateur si la correction accentue au contraire la dérive.

Dans ce dernier cas, un message indicatif est envoyé sur l'écran de la console du pupitre de commande du regroupeur et le processus de surveillance s'arrête.

A-VII-4-Système CAMAC.

A-VII-4-1-Utilisation du micro calculateur CAB

Ce micro calculateur , étudié dans les laboratoires de l'Ecole Polytechnique, est un micro calculateur CAMAC réalisé à partir de AMD 2901 (temps de cycle 200 ns). En plus de l'ALU, il possède une unité multiplicatrice et une unité de décalage fonctionnant en parallèle. Utilisé dans un système d'acquisition il doit augmenter l'efficacité de celle-ci dans des proportions importantes.

Afin de permettre son utilisation nous avons implanté sur le MITRA 225 l'assembleur croisé, le chargeur et le "debbuger" ; ceci est actuellement opérationnel.

Pour tester l'efficacité de l'ensemble MITRA 225-CAB, un programme d'acquisition spécifique est en cours de réalisation. La partie active du CAB est réalisée et testée ; les résultats sont très encourageants.

Le principe d'utilisation est le suivant : les programmes du CAB son[illegible] sur le MITRA 225, stockés sur disque, puis chargés dans le CAB par la [illegible] au moment de l'utilisation.

Ces programmes d'acquisition se chargent de la prise en compte des informations et des traitements de console sur celle-ci, en particulier de la constitution des spectres. Le rôle du MITRA se réduit au stockage des informations et à la visualisation des résultats.

A-VII-4-2-Réalisation de 64 K mots de 16 bits.

Cette mémoire est réalisée dans un module CAMAC une unité. Elle est constituée de 16 mémoires RAM 64 K/bit, à refroidissement externe, et de registres pour les adressages et les données.

Ce module permet de réaliser :

A) A partir d'ordre CAMAC
   1) la lecture ou l'écriture à une adresse donnée,
   2) la lecture ou l'écriture à une adresse donnée avec incrémentation de celle-ci,
   3) l'incrémentation d'une donnée à une adresse donnée.

B) Des fonctions à partir d'ordres extérieurs
   1) la lecture du contenu de la mémoire par un organe extérieur ; l'adresse de départ étant donnée par la ligne CAMAC, celle-ci est ensuite incrémentée automatiquement,

   2) l'écriture de données issues de codeurs. Celles-ci constituent l'adresse mémoire dans laquelle on met + 1 au moment de l'adressage (constitution de spectres mono et biparamétriques).

A-VII-5-Le logiciel TRIBU.

TRIBU est utilisé pour gérer une partie de la documentation scientifique du Service.

A-Maintenance

Avant la fin de l'année sera implantée sur le MITRA 225, la nouvelle version TRIBU 2 V3.1 qui annule et remplace la précédente version TRIBU 2 V3.0. Cette nouvelle version devrait corriger les anomalies détectées lors de l'installation de la base de données.

B-Evolution

En relation avec les besoins en documentation du Service, une étude est faite pour intégrer dans la base de données la gestion d'autres documents du Service. Compte tenu des améliorations apportées à la dernière version TRIBU 2, cette opération est techniquement possible et sa réalisation est prévue pour le début 1984.

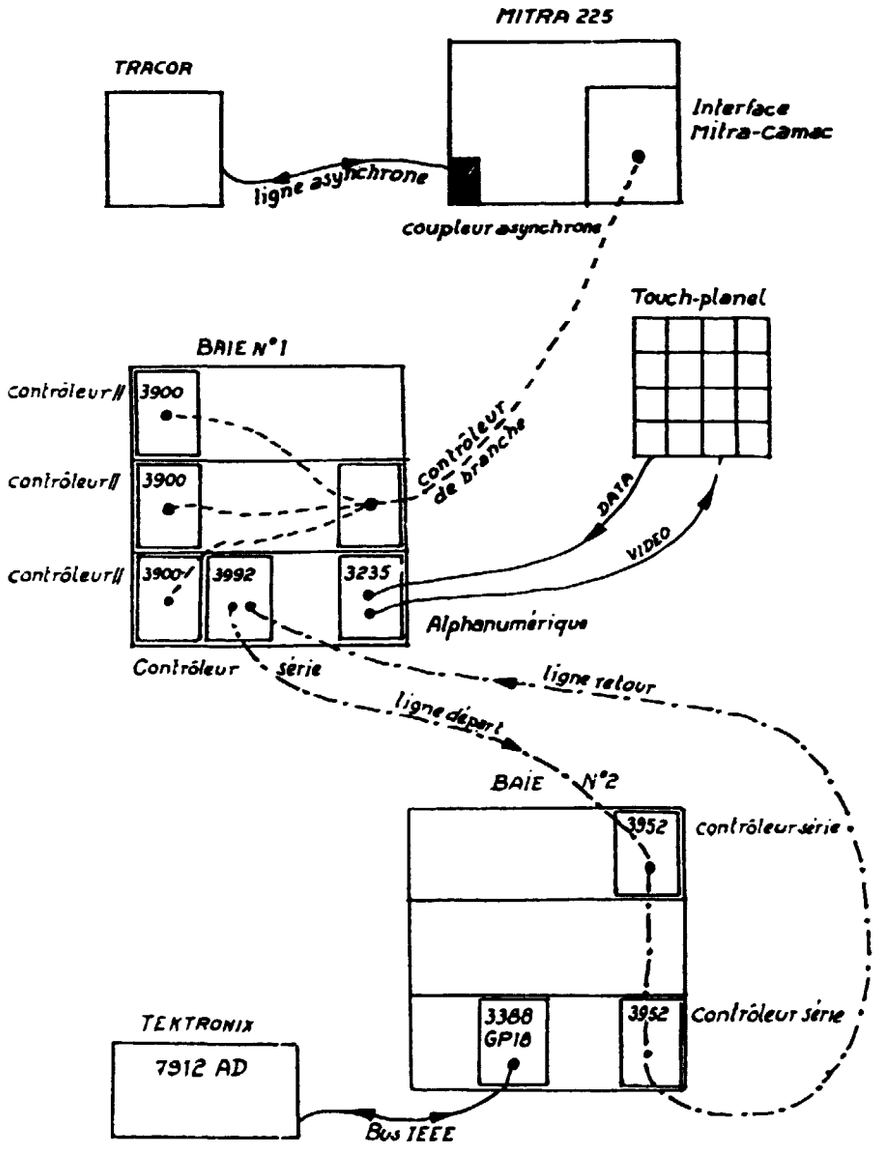


Figure A-VII-1

Commande à distance du Tracor et de l'oscilloscope.

A-VIII-CALCUL SCIENTIFIQUE
SCIENTIFIC PROGRAMMING

(M.A. BEUVE, L. MATHIEU, R. DEI CAS)

Les principaux travaux effectués ont porté sur les points suivants :

- calcul de plusieurs configurations à aimants permanents avec ou sans fer,

- comparaison entre les valeurs mesurées et les valeurs calculées. Un bon accord a pu être obtenu après avoir mesuré la courbe de perméabilité magnétique du fer utilisé,

- écriture de codes 3D de reconstitution de trajectoires à partir des champs magnétiques mesurés réellement (cf. Chap. A-V-1),

- calculs de trajectoires de particules dans des champs électriques ou magnétiques pour diverses applications : spectromètre magnétique, étude de sources d'ions lourds, étude d'un canon à électrons,

- calcul et intercomparaison des différents codes de calcul des dépôts d'énergie des particules lourdes et légères dans la matière froide.

A-IX-TECHNOLOGIE
TECHNOLOGY

(C. BONETTI, G. GOMES, M. DUMAZERT, R. DEI CAS)

Plusieurs activités méritent d'être soulignées en plus de celles déjà citées (cible tritium, lignes de faisceaux, appareillages nouveaux).

Un banc d'essai a été monté pour étudier le comportement des fenêtres d'Havar utilisées dans les cibles gazeuses. Ce banc permet de simuler les dépôts d'énergie par un canon à électrons. Ces fenêtres sont observées par une caméra à infrarouge. Un étalonnage du système de mesure a été effectué et le banc est opérationnel.

Des études sont entreprises pour caractériser les performances d'un dépôt scintillant nécessaire pour le tube ionographique en cours de développement (cf. Chap. A-II).

L'ensemble de la chambre d'interaction (expérience laser - ions lourds, cf. Chap. A-III) et des diagnostics associés a été dessiné.

Le laboratoire d'évaporation a par ailleurs été largement sollicité pour réaliser des dépôts minces et des cibles.

PARTIE B :

EXPERIENCES

ET

INTERPRETATIONS

B-I-DIFFUSION ELASTIQUE ET INELASTIQUE DES 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

The high timing performance of a neutron detector was designed to be used in fast neutron scattering experiments, in conjunction with the tandem high-energy buncher. Measurements of the tandem pulsed beam have yielded values of ≈ 250 ps FWHM.

Dans les expériences de diffusion élastique et inélastique de neutrons rapides la qualité des mesures et des résultats obtenus dépend en grande partie de la résolution en énergie du spectromètre utilisé. Les performances du spectromètre de neutrons par temps de vol du Service P2N ont été décrites et illustrées dans de nombreux rapports et publications [1].

Dans le souci d'améliorer les caractéristiques de ce spectromètre, le Service s'est doté récemment d'un dispositif de regroupement à haute énergie des faisceaux pulsés de l'accélérateur Tandem Van de Graaff. La mise en place de cet appareillage a été suivie des premiers essais qui indiquent que l'on peut obtenir des impulsions de 200 à 300 ps [2]. Afin d'utiliser au mieux les possibilités de ce dispositif, il est apparu nécessaire de développer des détecteurs de neutrons à scintillation de grande surface avec des caractéristiques temporelles supérieures à celles des détecteurs précédemment utilisés [1]. Nous avons conçu et réalisé des détecteurs à haute résolution en temps qui sont décrits en détail dans le rapport [3].

Nous avons construit une cible gazeuse de tritium répondant à des spécifications précises. Elle a été équipée d'un système de contrôle du nombre d'atomes contenu dans la cible par mesure de la pression du gaz (P), de sa température (T) et calcul du rapport $P/T = nR/V$. S'il n'y a pas de fuite de gaz dans la cible ce rapport doit rester constant.

REFERENCES

[1] - J. LACHKAR, G. HAOUAT, J. SIGAUD, Y. PATIN, F. COCU, C. HUMEAU, S. SEGUIN, Rapport CEA-R-4839 (1977).

- G. HAOUAT, J. LACHKAR, Ch. LAGRANGE, J. JARY, J. SIGAUD, Y. PATIN, Nucl. Sci. Eng. 81, 491 (1982).

[2] - Voir ce compte-rendu, chap. A-II.

[3] - C. HUMEAU, Note CEA-N-2361 (Octobre 1983).

B-I-2-Déformations nucléaires des noyaux ^{24}Mg, ^{28}Si et ^{32}S étudiées par diffusion de neutrons rapides.

(G.HAOUAT, Ch.LAGRANGE, R. DE SWINIARSKI*, F. DRIETRICH**, J.P.DELAROCHE, Y. PATIN).

Nuclear deformations of ^{24}Mg, ^{28}Si and ^{32}S from fast neutron scattering.

Nuclear deformations of the s-d shell nuclei ^{24}Mg, ^{28}Si and ^{32}S have been investigated by means of neutron elastic and elastic scattering at 9.76 and 14.83 MeV incident energies. Detailed comparison of the deformations obtained in this study with those deduced from (p,p'), (d,d'), (α,α'), (^{16}O,^{16}O') and charge distribution measurements shows that for these N = Z nuclei quadrupole deformations and deformation lengths are in good agreement when measured through neutron and proton scattering as well as electromagnetic processes.

---

* IN2P3, Institut des Sciences Nucléaires, GRENOBLE (France).

** Adresse présente : LLNL, LIVERMORE, Californie (USA).

Les déformations nucléaires des noyaux ^{24}Mg, ^{28}Si et ^{32}S, situés dans la couche s-d, ont été étudiées au moyen de la diffusion de neutrons rapides. Des mesures précises de sections efficaces de diffusion élastique et inélastique aux énergies de neutrons de 9,76 et 14,83 MeV [1] ont été analysées en utilisant le modèle du potentiel optique déformé et en supposant divers modes d'excitation de surface. Les propriétés de diffusion des trois noyaux ont été décrites avec des paramètres du potentiel optique différents pour chaque noyau puisque ces noyaux ont des comportements collectifs très différents. Nous avons considéré dans l'interprétation des données à la fois les mécanismes d'interaction directe et de formation du noyau composé. La recherche des paramètres du potentiel optique a été basée sur les présents résultats et sur les données de section efficace totale entre 0,5 et 15 MeV.

Les déformations du potentiel nucléaire ont été déterminées dans le cadre de l'application du formalisme des équations couplées. L'analyse de la diffusion inélastique sur les états excités de la bande de rotation fondamentale de ^{24}Mg montre sans ambiguité que ce noyau est un rotor "prolate" avec une grande déformation quadrupolaire et une déformation hexadécapolaire négligeable. Toutefois la diffusion sur les états excités de la bande de rotation γ n'est correctement reproduite que si l'on suppose que le noyau ^{24}Mg est un rotor triaxial ou un vibrateur déformé à symétrie axiale. La déformation permanente du noyau ^{28}Si dans son état fondamental, avec une forme "oblate" est confirmée dans la présente étude. Par contre le noyau ^{32}S présente une structure moins prononcée et ses propriétés collectives peuvent être décrites à l'aide aussi bien du modèle rotationnel que du modèle vibrationnel, l'accord avec l'expérience étant sensiblement meilleur dans ce dernier cas.

Les déformations et longueurs de déformation quadrupolaires de ces trois noyaux obtenues dans cette étude sont généralement compatibles avec les autres données (n,n') et les données déduites des expériences (p,p'), (d,d') et des mesures de distribution de charges. Ces résultats sont, par contre, en désaccord avec ceux résultant des mesures de diffusion de particules α et de particules composites plus lourdes. Ces différences pourraient suggérer que les projectiles lourds sondent différemment le noyau cible.

Le bon accord observé entre les déformations et longueurs de déformation quadrupolaires (n,n') et (p,p') pourrait s'expliquer par le fait que pour ces noyaux, dans lequels N = Z, l'interaction des neutrons est

identique à celle des protons, abstraction faite de l'interaction coulombienne, et que les distributions de densité des protons et des neutrons sont semblables [2]. Il n'est pas surprenant, dans ce cas, de constater que les déformations et longueurs de déformation quadrupolaires déduites des mesures électromagnétiques sont comparables à celles obtenues dans ces expériences (n,n') et (p,p').

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

REFERENCES

[1] - 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". Nuclear Data for Science and Technology, Proc. of the Intern. Conf. Antwerp (6-10 Sept. 1982), p. 796.

[2] - M. GIROD, communication privée.

B-I-3-Diffusion élastique et inélastique de neutrons rapides sur ^{208}Pb. Interprétation semi-microscopique.

(G.HAOUAT, Ch.LAGRANGE, J.C.BRIENT*, Y.PATIN, R. DE SWINIARSKI**, F.DIETRICH***).

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

Semi-microscopic calculations of neutron elastic and inelastic scattering cross sections, measured for ^{208}Pb between 7.5 and 13.5 MeV, have used the microscopic optical model of JEUKENNE, LEJEUNE and MAHAUX, together with a Hartree-Fock-Bogolyubov ground state nucleon density and Random-Phase-Approximation transition densities. The nucleon excitation strengths deduced in this study are compared to values obtained at higher energies.

---

* LPNHE, Université Pierre et Marie Curie, PARIS (France).
** IN2P3, Institut des Sciences Nucléaires, GRENOBLE, (France).
*** Adresse présente : LLNL, LIVERMORE (USA).

Les sections efficaces différentielles de diffusion de neutrons sur ^{208}Pb, mesurées à six énergies situées entre 7,5 et 15,5 MeV, ont été analysées afin d'obtenir les intensités d'excitation de nucléons à basse énergie pour les états collectifs les plus bas de ce noyau. La diffusion de neutrons permet, en effet, de déterminer ces intensités d'excitation en évitant les ambiguités rencontrées dans les analyses de diffusion de protons et dues à l'excitation Coulombienne.

Les données de diffusion élastique et de diffusion inélastique sur les états excités 3^- (2,614 MeV), 5^- (3,198 MeV), 2^+ (4,070 MeV) et 4^+ (4,323 MeV) + 6^+ (4,356 MeV) de ^{208}Pb ont été analysées à l'aide du modèle optique semi-microscopique de JEUKENNE, LEJEUNE et MAHAUX [1], en utilisant pour l'état fondamental de ce noyau une densité de nucléons calculée par la méthode Hartree-Fock-Bogolyubov (H.F.B.) et pour les états excités des densités de transition calculées dans le cadre de l'approximation des phases aléatoires (R.P.A.). Ces données microscopiques ont été calculées par J. DECHARGE [2] à partir de la force effective dépendante de densité D1 [3].

Cette étude a été présentée au Congrès de Florence [4]. Elle fera l'objet d'une publication prochaine dans laquelle nous comparerons les intensités d'excitation obtenues dans ce travail à celles obtenues à plus haute énergie avec d'autres projectiles.

REFERENCES

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

[2] - J. DECHARGE, Rapport CEA-N-2260 (1982) et communication privée.

[3] - D. GOGNY, Nuclear Self-Consistent Fields, Ed. G. RIPKA et M. PORNEUF (North-Holland, Amsterdam 1975).

[4] - G. HAOUAT, Ch. LAGRANGE, J.C. BRIENT, Y. PATIN, R. DE SWINIARSKI, F. DIETRICH, Proc. of the Intern. Conf. on Nucl. Phys., FLORENCE (Aug. 29-Sept. 3 1983) Vol. 1, p. 449.

B-II-AUTRES REACTIONS INDUITES PAR NEUTRONS
OTHER NEUTRON INDUCED REACTIONS

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

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

Calibrated monoenergetic neutron beams

Monoenergetic neutrons are used for the study and the homologation of new neutron detectors.

Des efforts importants sont consentis pour améliorer la sécurité en radioprotection et pour accroître la connaissance des effets des rayonnements. Ceux-ci se traduisent notamment par des études et des développements de nouveaux détecteurs ou dosimètres dont il est nécessaire de déterminer expérimentalement les caractéristiques. Dans le cas des neutrons ceci ne peut se faire qu'en utilisant des sources de neutrons monoénergétiques qui sont obtenues à partir des réactions nucléaires suivantes : $^{7}Li(p,n)^{7}Be$, $T(p,n)^{3}He$, $D(d,n)^{3}He$ et $T(d,n)^{4}He$.

Les faisceaux de neutrons monoénergétiques étalonnés mis à la disposition des laboratoires du CEA s'occupant de radioprotection ou de protection sanitaire se situent essentiellement dans la gamme d'énergie 0,1 -7 MeV, ainsi qu'à 14 MeV.

Suivant l'accord passé avec le Centre Technique d'Homologation des Instruments de Radioprotection, ces faisceaux de neutrons monoénergétiques étalonnés sont aussi utilisés pour l'homologation des nouveaux appareils.

De tels faisceaux sont aussi fournis à des laboratoires extérieurs au C.E.A, c'est le cas par exemple de l'Etablissement Technique Central de l'Armement désirant obtenir des spectres de réponse précis sur une large gamme d'énergie pour un spectromètre neutron.

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

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

Fast Neutron Capture Cross Sections

Absolute measurements of the neutron capture cross sections for ^{nat}Mo, ^{141}Pr, ^{nat}Lu and ^{181}Ta were carried out in the 0.5 to 3.0 MeV energy range. Present results for ^{nat}Mo, ^{141}Pr and ^{181}Ta are compared with available data. The bismuth capture cross section enhancement above 1 MeV neutron energy is confirmed

L'étude de la section efficace de capture radiative induite par des neutrons rapides s'est poursuivie par la mesure de la section efficace de capture du molybdène, du praséodyme, du lutétium et du tantale. D'autre part, en vue de confirmer la remontée assez inhabituelle de la section efficace de capture du bismuth au-delà de 1 MeV [1], nous avons mesuré la section efficace de capture du bismuth aux deux énergies supplémentaires de 2,5 MeV et 3,2 MeV.

Rappelons que la section efficace de capture que nous mesurons est une mesure absolue, déterminée à partir de la mesure du spectre des rayonnements γ émis par l'échantillon. Cette méthode (mesure du spectre d'énergie) a déjà été décrite par ailleurs [2], [3]. Le domaine d'énergie des neutrons est compris entre 0,5 et 3 MeV. La technique du temps de vol est utilisée pour sélectionner les rayonnements γ provenant de l'échantillon de ceux produits par diffusion inélastique ou par capture des neutrons autour du détecteur ou dans la salle de mesure.

Les dimensions de chaque échantillon sont optimisées pour diminuer autant que possible l'importance de la diffusion multiple et de l'auto-absorption des neutrons et des rayonnements γ dans l'échantillon. Les cibles de ^{nat}Mo, ^{141}Pr et de ^{181}Ta sont des disques de 50 mm de diamètre. Leur épaisseur est comprise entre 1,5 mm (Ta) et 4,5 mm (Pr). L'échantillon de lutétium se présente sous la forme d'un lingot (20 g de métal) d'épaisseur moyenne égale à 5 mm.

Nous avons reporté sur la Figure B-II-2-1 la section efficace de capture du molybdène naturel entre 100 keV et 3 MeV. Les mesures de DIVEN (renormalisées) [4] FRICKE [5] et POENITZ [6] ont été obtenues avec un gros scintillateur liquide. La mesure de STAVISSKII [7] a été faite avec un scintillateur Ca F_2 de petites dimensions. Au-dessus de 400 keV, l'accord est généralement satisfaisant (± 12%) entre les mesures de ces différents auteurs et nos propres résultats.

Le ^{141}Pr existe à l'état naturel avec une abondance de 100%. Les sections efficaces de capture disponibles dans le domaine d'énergie 100 keV - 3 MeV ont toutes été obtenues à partir de l'activation du ^{141}Pr [8 à 12] (Figure B-II-2-2). Nos valeurs sont en très bon accord avec celles de STUPEGIA [11] (± 5%) et, après renormalisation, avec celles de ZAIKIN [12] et de JOHNSRUD [9] (± 10%).

La section efficace de capture de ^{181}Ta (abondance isotopique de l'élément naturel : 99,988%) a été mesurée par la méthode d'activation (LINDNER 1976 [13]) et par la méthode du gros scintillateur liquide [4] [13 à 15]. Exception faite de la mesure déjà ancienne de DIVEN [4] (± 20%), il y a généralement bon accord (± 5%) entre ces 2 méthodes et la méthode du spectre d'énergie que nous avons utilisée (cf. Figure 3).

Enfin la remontée de la section efficace de capture du bismuth observée précédemment à 2 MeV et à 3 MeV [1] [16] a été confirmée par deux mesures supplémentaires à 2,5 MeV et à 3,2 MeV.

REFERENCES

[1] - Compte rendu d'activité du Service P2N pour l'année 1982, Note CEA-N-2343, p. 51-55 et p. 114-115 (1983).

[2] - S. JOLY et Coll., Nucl. Sci. Eng., 70, 53 (1979).

[3] - J. VOIGNIER, S. JOLY, G. GRENIER, Rapport CEA-R-5089 (1981).

[4] - B.C. DIVEN, J. TERRELL, A. HEMMENDINGER, Phys. Rev., 120, 556 (1960).

[5] - M.P. FRICKE et Coll., Nuclear Data for Reactors, Conf. Helsinki, 15-19 Juin 1970, Vol. II, p. 281.

[6] - W.P. POENITZ, Specialist's Meeting on Fast Neutron Capture Cross Sections, Argonne Nat. Lab., 20-23 Avril 1982, ANL-83-4, NEANDC (US) 214/L.

[7] - Yu. Ya. STAVISSKII, A.V. SHAPAR, Rapport AEC-TR-3946 (1959).

[8] - W. LYON, R. MACKLIN, Phys. Rev., 114, 1619 (1959).

[9] - A. JOHNSRUD, M. SILBERT, H. BARSHALL, Phys. Rev., 116, 927 (1959).

[10] - G. PETO, Z. MILIGY, I. HUNYADI, J. of Nucl. Energ., 21, 797 (1967).

[11] - D. STUPEGIA et Coll., J. of Nucl. Energ., 22, 267 (1968).

[12] - G. ZAIKIN et Coll., Ukrainskij Fizicesky Zurnal, 16, 1205 (1970) et INDC (CCP) - 15 U (1971).

[13] - M. LINDNER, R.J. NAGLE, J.H. LANDRUM, Nucl. Sci. Eng., 59, 381 (1976).

[14] - J. HELLSTROM, J. of Nucl. Energ., 27, 71 (1973).

[15] - W.P. POENITZ, Rapport ANL/NDM-15 (1975).

[16] - J. VOIGNIER, S. JOLY, G. GRENIER, Nuclear Data for Science and Technology, Conf. Anvers, 6-10 Septembre 1982, p. 759-761.

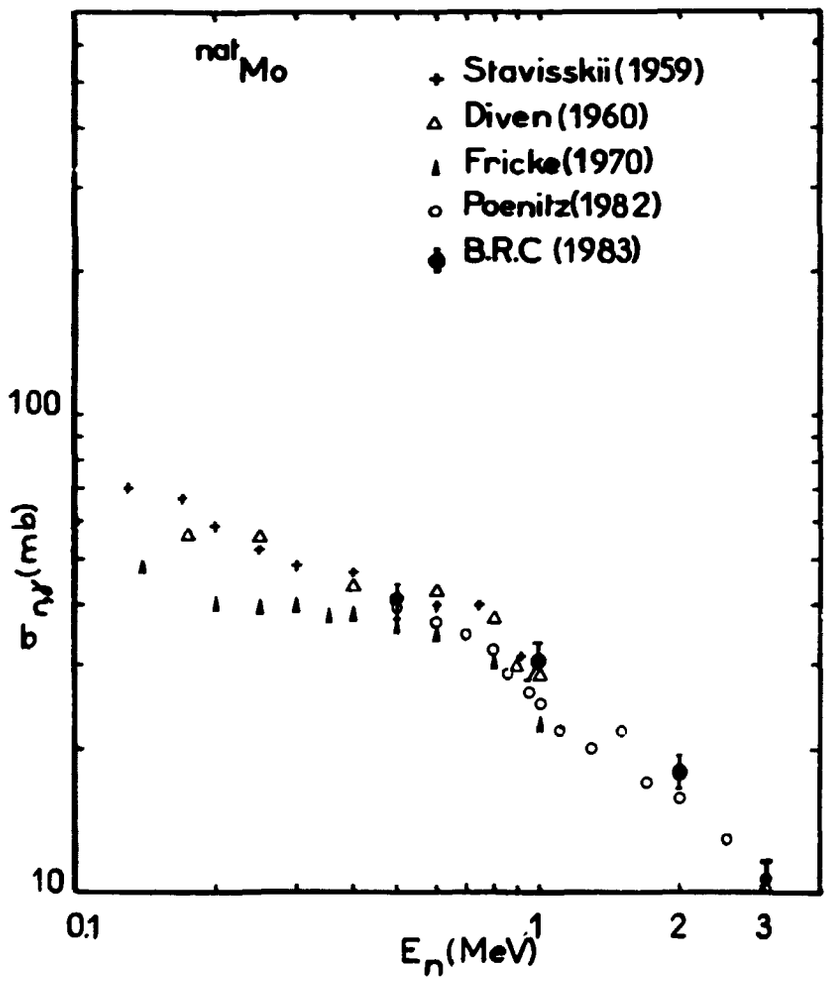


Figure B-II-2-1

Section efficace de capture de ^{nat}Mo.

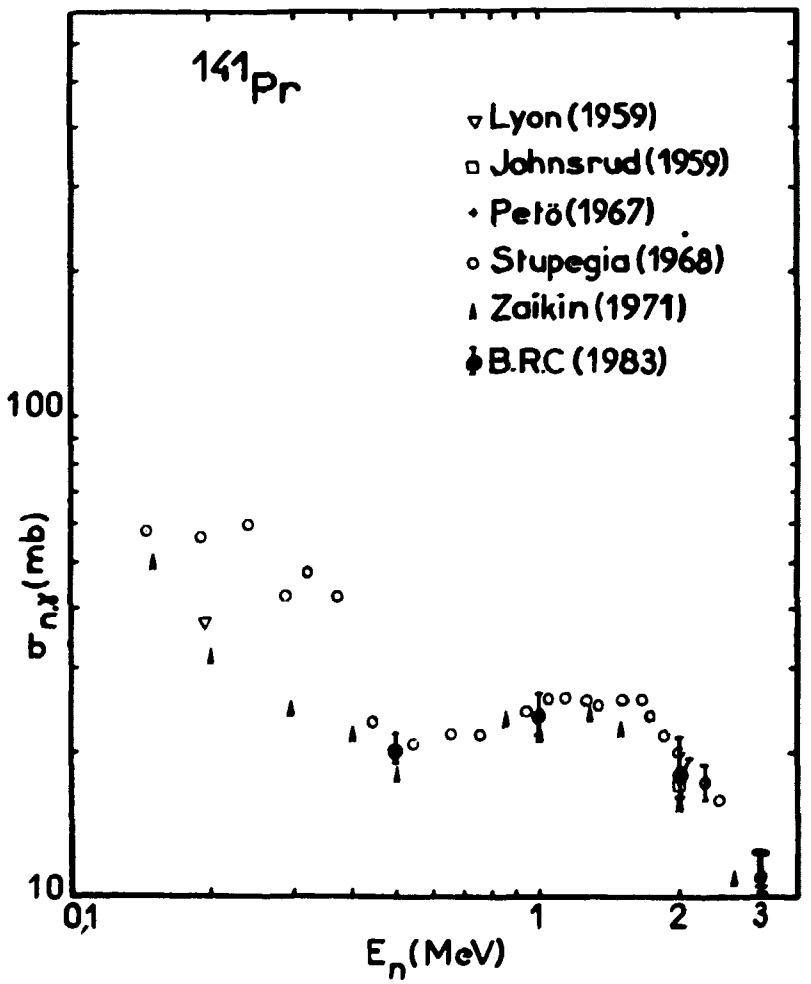


Figure B-II-2-2

Section efficace de capture de ^{141}Pr.

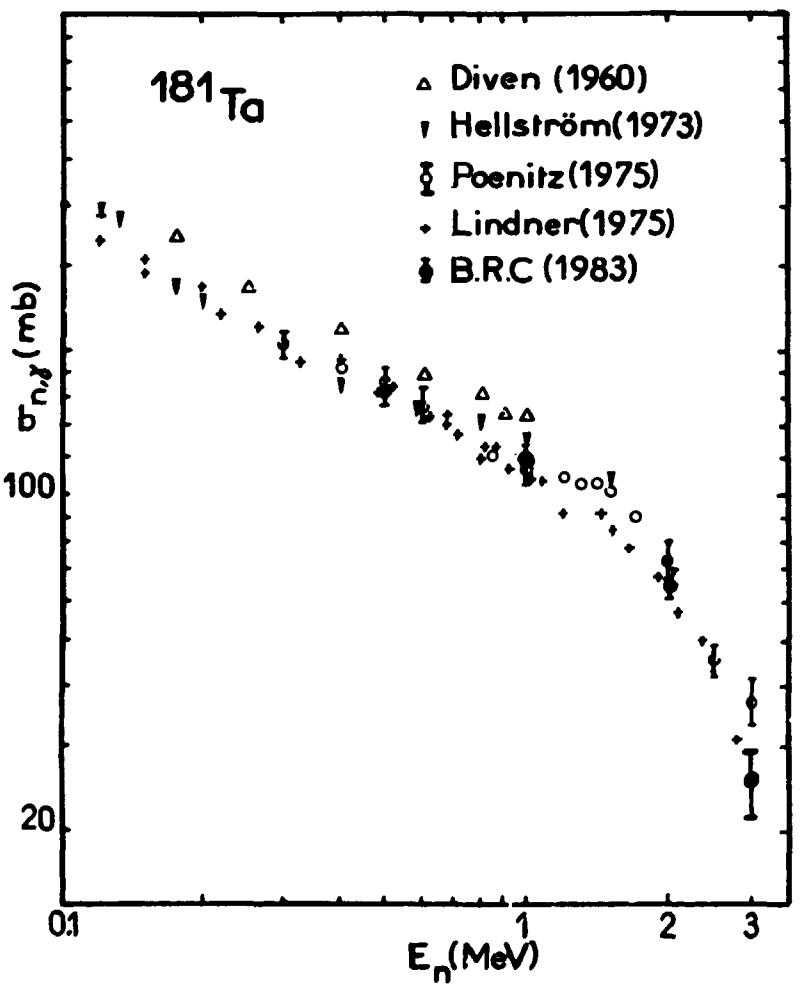


Figure B-II-2-3

Section efficace de capture de ^{181}Ta.

B-II-3-Mesures de $\bar{\nu}_p$ pour ^{243}Am.

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

Measurement of $\bar{\nu}_p$ for ^{243}Am.

The average number of prompt neutrons $\bar{\nu}_p$ and the average total prompt γ-ray energy $\bar{E}_\gamma$ have been measured for the fission of ^{243}Am induced by neutrons in the energy range from 6 to 15 MeV (Fig. B-II-3-1). Further measurements between 1 and 6 MeV are planned in 1984.

Les mesures de $\bar{\nu}_p$ réalisées précédemment pour les principaux isotopes de U et Pu, ^{232}Th et ^{237}Np [1] ont été complétées par des mesures sur ^{243}Am. Elles ont été réalisées pour l'instant dans la gamme d'énergie de neutrons incidents comprise entre 6 et 15 MeV. Des mesures complémentaires entre 1 et 6 MeV seront entreprises en 1984.

Les résultats préliminaires obtenus pour $\bar{\nu}_p$ et pour $\bar{E}_\gamma$ (énergie moyenne totale de rayonnement γ prompt de fission) entre 6 et 15 MeV sont portés sur la Fig. B-II-3-1.

Les valeurs de $\bar{\nu}_p$ sont bien représentées par une droite d'équation :

$$\bar{\nu}_p = 0{,}139\ E_n + 3{,}28$$

ce qui est notablement différent des prévisions semi-empiriques de la réf. [3], à savoir :

$$\bar{\nu}_p = 0{,}159\ E_n + 3{,}37$$

L'intérêt de mesures des ν_p pour les transplutoniens est ainsi confirmé.

$\bar{E}_\gamma$ est une fonction linéaire de $\bar{\nu}_p$ avec une pente de ~ 0,90 MeV/neutron, comparable aux valeurs obtenues pour ^{235}U et ^{237}Np [2]. Toutefois il est nécessaire d'obtenir des résultats en dessous du seuil de réaction (n,n'f) avant d'en tirer des conclusions plus définitives.

REFERENCES

[1] - M. SOLEILHAC, J. FREHAUT, J. GAURIAU, J. Nucl. Energy 33 (1969) 257.

- J. FREHAUT, G. MOSINSKI, R. BOIS, M. SOLEILHAC, Rapport CEA-R-4626 (1974).

[2] - J. FREHAUT, R. BOIS, A. BERTIN, Comptes rendus "Conf. on Nuclear Data for Science and Technology", Anvers, 1982, p. 78.

[3] - R. BOIS, J. FREHAUT, Rapport CEA-R-4791 (1976).

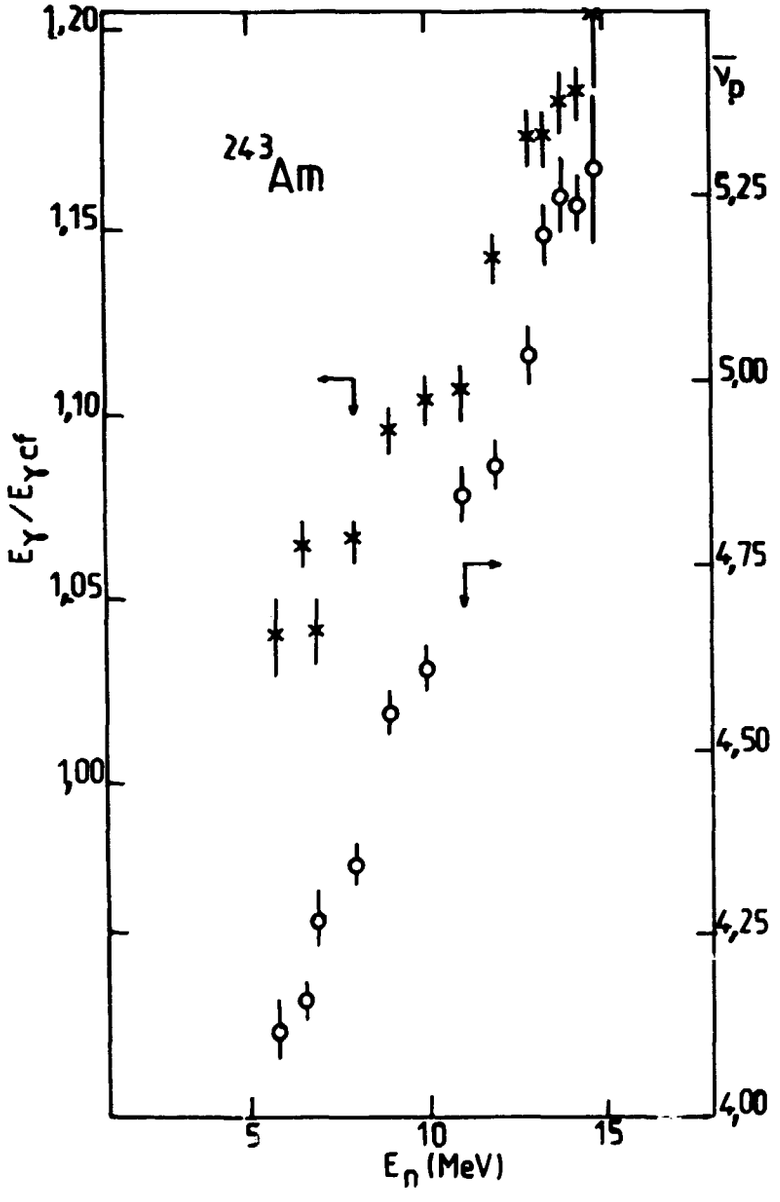


FIGURE B-II-3-1

Variation de $\bar{\nu}_p$ et de $\bar{E}_\gamma$ pour la fission de ^{243}Am induite par des neutrons d'énergie comprise entre 6 et 15 MeV.
Les valeurs de $\bar{E}_\gamma$ sont données par rapport à la valeur $\bar{E}_{\gamma Cf}$ mesurée pour la fission spontanée du ^{252}Cf.

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

B-III-1-Etude d'une double chambre à ionisation axiale pour la détection des fragments de fission.

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

Study of a twin axial ionization chamber for fission fragment detection.

A twin axial ionization c amber has been built for fission fragment detection. A selection of the emission angle is made to improve the energy resolution

Les récents progrès obtenus sur les chambres à ionisation en font des détecteurs qui, dans certains cas, peuvent apporter d'importantes améliorations par rapport aux détecteurs solides [1,2]. Dans le cadre de la mesure des caractéristiques des fragments de fission, une double chambre à ionisation a été ainsi construite, pour déterminer l'énergie cinétique des fragments avec une très haute résolution. Les essais ont été effectués en atmosphère de méthane, avec un champ électrique de 1,05 v/cm/mb entre la grille de FRISCH et la cathode.

Le taux de recombinaison des électrons étant sensiblement dépendant du trajet parcouru, il est nécessaire de sélectionner avec précision l'angle d'émission des fragments. Dans ce but, l'une des deux anodes a été séparée en un disque central correspondant à un angle de 6° d'ouverture et un anneau extérieur. Une anticoincidence entre les impulsions délivrées par les deux électrodes permet d'éliminer les évènements émis dans un angle supérieur. Dans ces conditions une résolution de 40 keV a été obtenue avec les α d'un dépôt mince de ^{235}U.

REFERENCES

[1] - H.H. KNITTER, C. BUDTZ-JORGENSEN, Proceedings Conf. Knoxville - Nuclear Cross Section for Technology, NBS SP 594 (1979) 947.

[2] - A. OED et Coll., N.I.M. 205 (1983) 455.

B-III-2-Mesure du nombre moyen de neutrons prompts émis dans la fission par neutrons de ^{230}Th.

(M.BEAU, F.BRISARD, J.FREHAUT, G.SIMON, J.TROCHON)

Measurement of the mean number of neutrons emitted in the neutron induced fission of ^{230}Th.

A measurement of the number $\bar{\nu}_p$ of prompt neutrons emitted per fission has been performed at BRC, using the large gadolinium loaded liquid scintillator technique. The fission chamber contained 253 mg of ThO_2 plated on 27 discs.
A linear behavior is observed in the studied neutron energy range $0.7 < E_n < 3.2$ MeV, in agreement with the previous experiment by BOLDEMAN et al. [3].

Les grandes variations précédemment observées dans la fission de $^{231}Th^*$ [1] de l'énergie cinétique totale des fragments en fonction de l'énergie d'excitation, laissaient prévoir des variations également sur le nombre moyen $\bar{\nu}_p$ de neutrons émis, comme dans le cas de $^{232}Th^*$.

Les résultats expérimentaux sur ce sujet étant rares et incomplets, nous avons effectué la mesure en utilisant la technique du gros scintillateur liquide [2]. La chambre à fission placée au centre de ce scintillateur et utilisée pour la détection des évènements de fission, a été réalisée à BRC. Elle contenait 253 mg de Th O_2 répartis sur 27 plateaux. La matière fissile provenait du BCMN de GEEL où les opérations de déposition sur ces plateaux ont été effectuées.+

+ Les auteurs tiennent spécialement à remercier MM. VAN HODENHOVE et PAUWELS du BCMN de GEEL (Belgique) pour la réalisation des dépôts et pour leur aide dans le montage de la chambre elle-même.

La difficulté de la mesure a résidé dans l'éblouissement du scintillateur liquide par l'importante activité du rayonnement γ des dépôts fissiles. Pour réduire cet effet, un manchon de 2 cm de plomb d'épaisseur a été disposé autour de la chambre. Celà a réduit l'efficacité de détection des neutrons dans le scintillateur (65% au lieu de 95% sans activité γ). De même l'efficacité de détection du rayonnement γ a chuté à 80%.

Les résultats sont présentés sur la Fig. B-III-2 et comparés à ceux de BOLDEMAN et Coll. [3]. Un accord excellent est observé, concluant à une dépendance linéaire du nombre $\bar{\nu}_p$ avec l'énergie d'excitation, à savoir $\bar{\nu}_p$: = (0,087 ± 0,037) E_n + (1,98 ± 0,02) dans la gamme d'énergie 0,7 < E_n < 3,2 MeV.

Contrairement au cas de ^{232}Th, aucune structure n'apparaît dans la région du seuil de fission.

REFERENCES

[1] - J. TROCHON et Coll., "Nuclear Data for Science and Technology", Proceedings Conf. Anvers (1982) 733.

[2] - J. FREHAUT et Coll., Rapport CEA-R-4626 (1974).

[3] - J.W. BOLDEMAN, R.L. WALSH, Phys. Lett. 62B n° 2 (1976) 149.

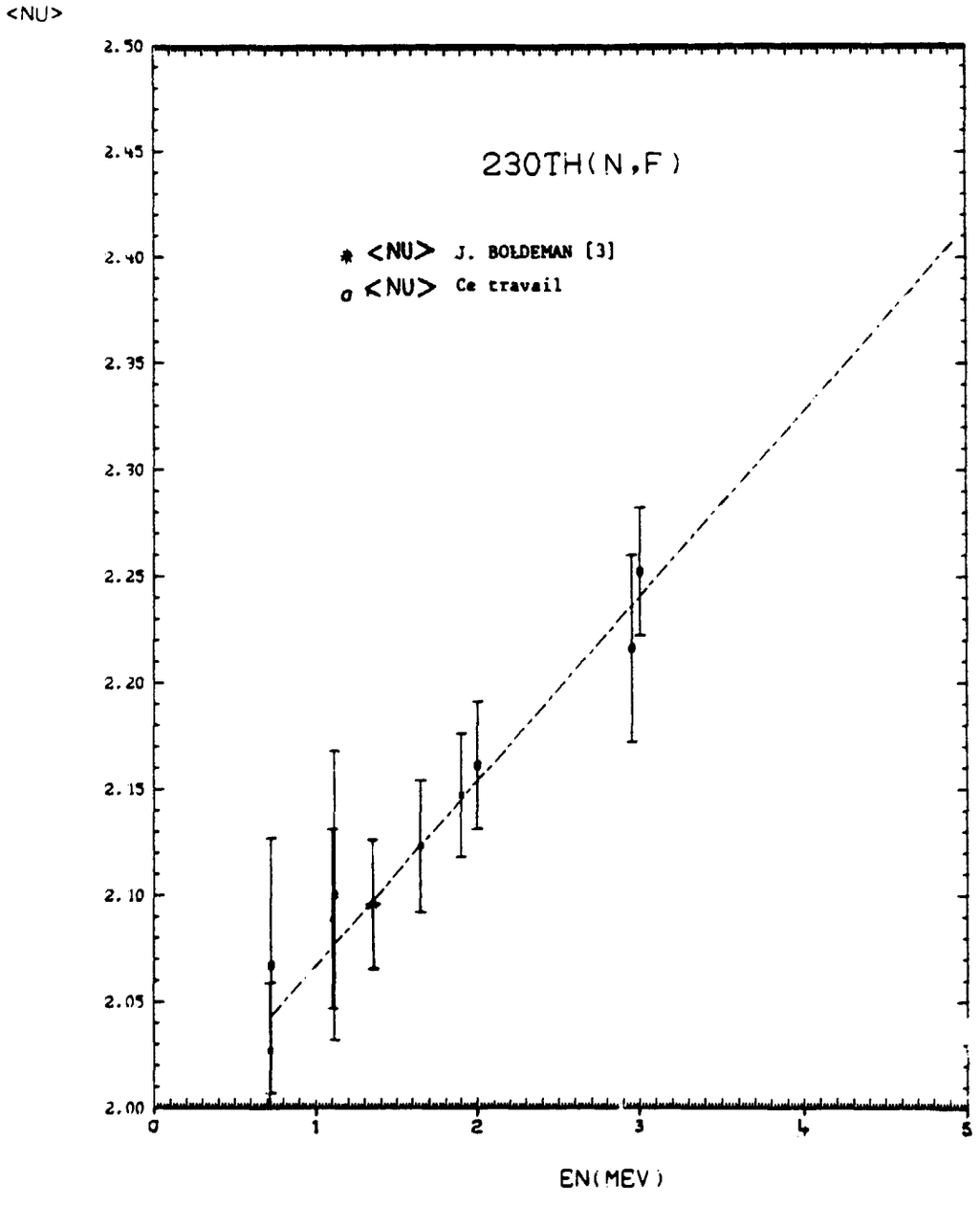


FIGURE B-III-2

Valeurs expérimentales du nombre moyen $\bar{\nu}$ de neutrons émis par fission induite sur ^{230}Th. La courbe en pointillée est le résultat d'un lissage par moindres carrés.

B-III-3-Observation dans la réaction ^{230}Th(d,pf) d'états du "3ème puits" dans la barrière de fission de ^{231}Th+.

(J.BLONS*, B.FABBRO*, J.M. HISLEUR*, C.MAZUR*, Y.PATIN, D.PAYA*, M.RIBRAG*).

Experimental study of third well in the fission barrier of ^{231}Th from the ^{230}Th(d,pf) reaction

As expected from the previous ^{230}Th(n,f) results, the ^{230}Th(d,pf) reaction exhibits fine structures corresponding to contributions of up to 7/2 spins rotational states. Both (n,f) and (d,pf) reactions show evidence for two rotational bands (K^{π} = 1/2$^+$ and 1/2$^-$) in a third well of the ^{231}Th fission barrier.

L'analyse des structures fines dans la section efficace de la réaction ^{230}Th(n,f) tend à démontrer l'existence d'un troisième minimum dans la barrière de fission de ^{231}Th [1]. Afin de compléter les informations sur ces barrières, nous avons entrepris de mesurer le spectre des protons émis lors de la réaction ^{230}Th(d,pf). L'avantage d'utiliser des particules chargées pour exciter la fission est d'accéder à des états de fort moment angulaire. En réaction (d,p) on peut en effet transférer jusqu'à l = 6 $\hbar$ (J = 13/2$^+$) pour une énergie d'excitation du noyau de ^{231}Th voisine de 5,9 MeV [2], alors qu'en réaction ^{230}Th(n,f) la limite, à cette énergie, est l = 3 $\hbar$ (J = 7/2$^-$).

La probabilité de fission lors de la réaction ^{230}Th(d,pf) a été mesurée dans la gamme d'énergie d'excitation E_{exc} comprise entre 5,6 et 6,1 MeV. L'énergie des deutons incidents, E_d = 12 MeV, a été choisie après une série de tests expérimentaux et de calculs théoriques [2]. Ces

---

* DPh-N/MF-CEN-SACLAY (France).

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

deutons, après accélération par le tandem Van de Graaff de Saclay, étaient envoyés sur une cible de 129 $\mu g/cm^2$ de ^{230}Th déposée sur un support de polyimide de 33 $\mu g/cm^2$ recouvert de 20 $\mu g/cm^2$ d'or. Les fragments de fission ont été détectés dans deux compteurs à plaques parallèles permettant la mesure des distributions angulaires par rapport à l'axe de recul du noyau fissionnant. D'autre part, les protons ont été détectés dans le spectromètre magnétique Q3D avec une résolution en énergie d'environ 7 keV.

La Figure B-III-3-1 présente le spectre de protons en coincidence avec les fragments de fission pour une énergie d'excitation de ^{231}Th voisine de la résonance isolée de E_{exc} = 5,85 MeV. Ce spectre est comparé à la probabilité de fission obtenue en réaction (n,f). Il apparaît clairement que la partie haute énergie de la résonance est favorisée en réaction (d,pf) ce qui suggère la présence de moments angulaires élevés dans cette région.

Pour chaque couple $J\pi$, nous avons calculé la probabilité de formation du noyau composé de ^{231}Th en fonction de l'énergie d'excitation [2]. Les probabilités de fission ont été obtenues en utilisant les barrières de fission caractérisées par les nombres quantiques K, J, π et qui reproduisent au mieux les résultats expérimentaux en réaction (d,pf) ainsi qu'en réaction (n,f). La Figure B-III-3-2 compare les probabilités de fission expérimentales et calculées en réaction (d,pf) pour $0 < \theta_f < 30°$.

Le meilleur ajustement obtenu à ce jour l'a été avec les paramètres de rotation suivant :

$\hbar^2/2\ I\ (K^\pi = 1/2^+) = (1,9 \pm 0,1)$ keV, $a\ (K^\pi = 1/2^+) = 0,2 \pm 0,1$

$\hbar^2/2\ I\ (K^\pi = 1/2^-) = (2,0 \pm 0,1)$ keV, $a\ (K^\pi = 1/2^-) = -0,1 \pm 0,1$

Ces valeurs sont très proches de celles obtenues dans l'analyse de la réaction (n,f) seule.

D'autre part, les distributions angulaires étudiées pour différentes bandes en énergies d'excitation (Figure B-III-3-3) montrent :

a) qu'elles sont caractéristiques d'une valeur du nombre quantique K égale à 1/2.

b) que le rapport d'anisotropie W(5°)/W(85°) augmente régulièrement avec l'énergie d'excitation, ce qui confirme l'existence de moments angulaires croissants.

Ces résultats vérifient pleinement les prévisions effectuées sur la base des données de la réaction ^{230}Th(n,f), en particulier en ce qui concerne la présence de deux bandes de rotation de parités opposées.

Ces bandes de rotation peuvent être interprétées comme des niveaux construits dans un troisième minimum de la barrière de fission. Notons cependant que les calculs de J.F. BERGER et al. [3] suggèrent que ces états métastables pourraient provenir non pas de l'existence d'un 3ème puits mais plutôt d'effets dynamiques dus à la présence d'une "fenêtre" mettant en communication les 2 vallées asymétriques droite et gauche.

REFERENCES

[1] - J. BLONS et al., article à paraître dans Nuclear Physics.

[2] - Y. PATIN, dans le rapport NEANDC (E) 229 "L",(1982), p. 83.

[3] - J.F. BERGER et al., dans le rapport NEANDC (E) 229 "L",(1982), p. 146 ; voir aussi ce compte rendu, chap. C-III-4.

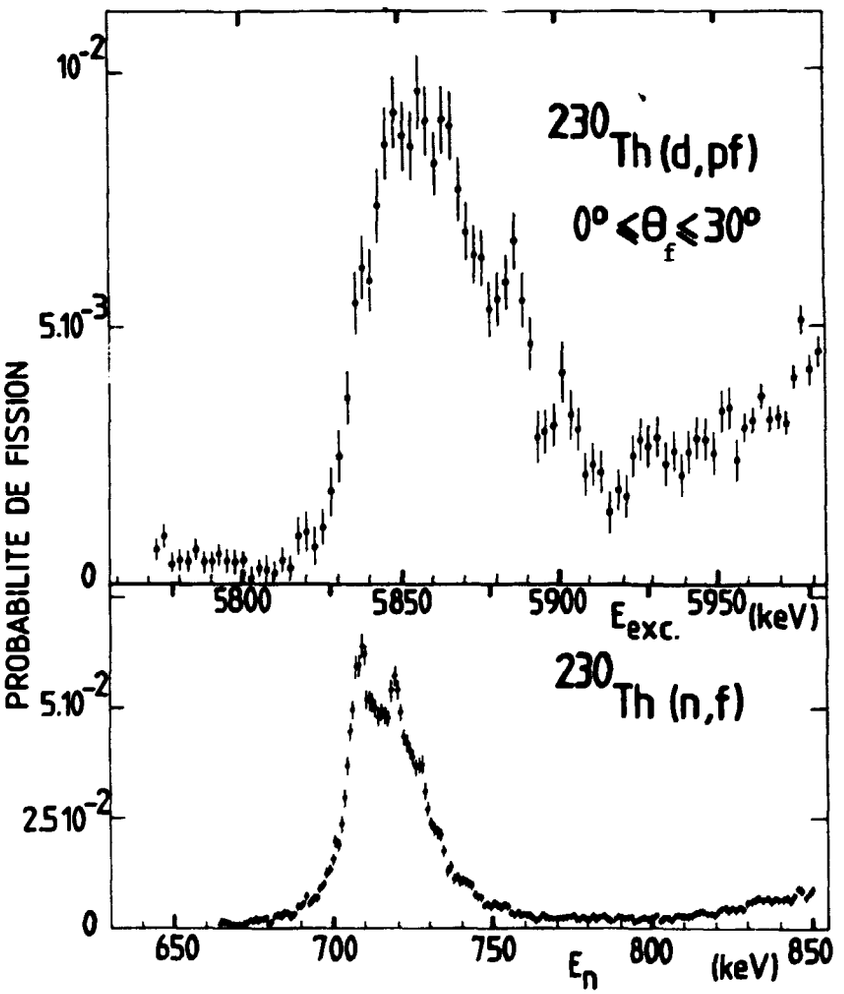


FIGURE B-III-3-1

Comparaison des probabilités de fission obtenues par réaction (n,f) et par réaction (d,pf).

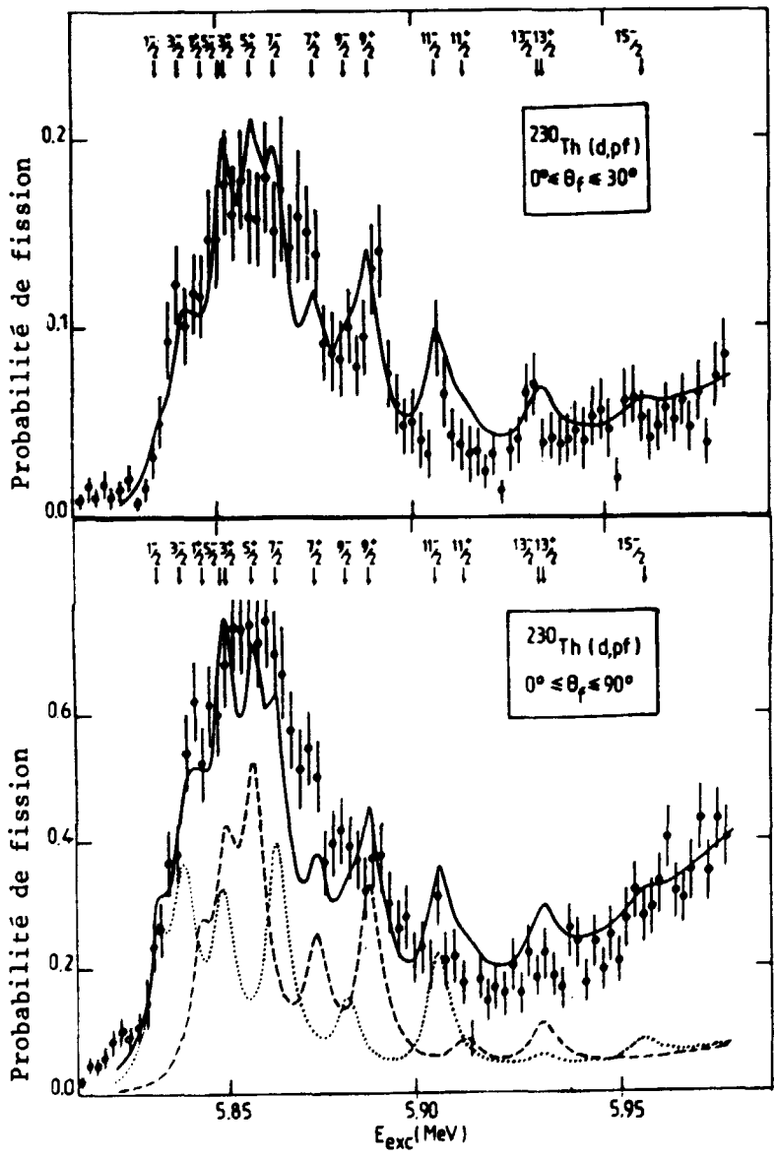


Figure B-III-3-2

Comparaison entre les valeurs expérimentales (ϕ) et théoriques (———) de la probabilité de fission obtenue par réaction ^{230}Th(d,pf) aux environs de E_{exc} = 5,85 MeV. Les contributions de la bande $K\pi = 1/2^-$ est tracée (-----) ainsi que celle de la bande $K\pi = 1/2^+$ (- - - -).

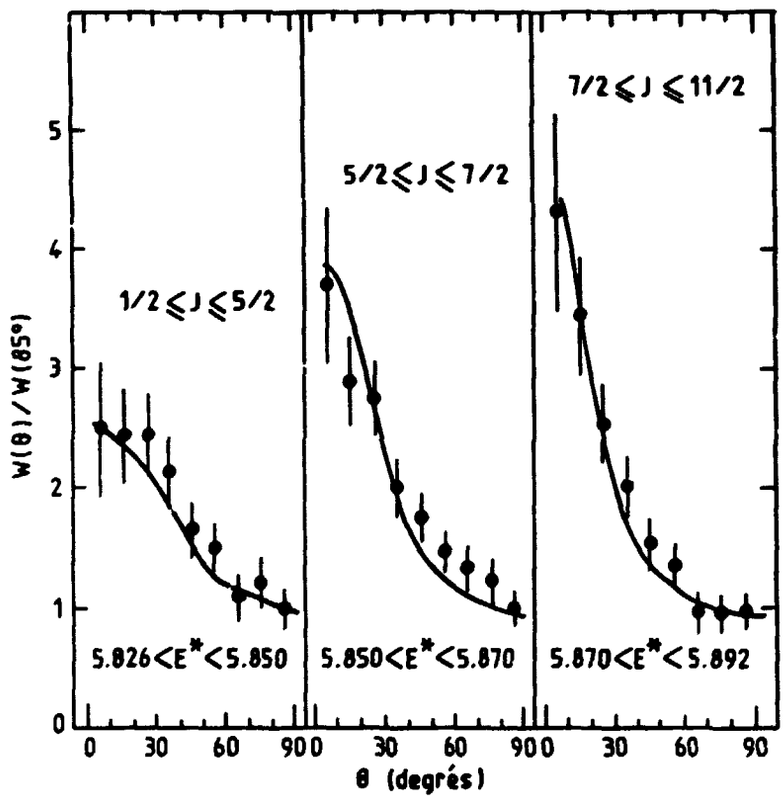


FIGURE B-III-3-3

Distributions angulaires des fragments de fission de la réaction ^{230}Th(d,pf). Les angles sont repérés par rapport à la direction de recul du noyau composé ^{231}Th. Le trait continu correspond aux résultats de calculs de pénétrabilités de barrières.

B-III-4-Etude expérimentale des structures fines dans la réaction $^{233}U(d,pf)$+

(J.BLONS*, B.FABBRO*, J.M.HISLEUR*, E.LABAYE**, L.LEBORGNE**, M.MAZUR*, Y.PATIN, D.PAYA*, M.RIBRAG*).

Experimental study of the fine structures in the $^{233}U(d,pf)$ reaction.

The proton spectrum of the $^{233}U(d,pf)$ reaction has been measured on the Q3D magnet analyser SACLAY facility with a 7 keV resolution. This spectrum exhibits fine structures with a mean spacing of 30 keV. From the shape of the fission fragment angular distributions, it is concluded that this effect can be attributed to intermediate states in the second well but not to the presence of an expected third well in the fission barrier.

L'étude des barrières de fission des isotopes 231 et 233 du thorium a pu mettre en évidence l'existence d'un troisième puits [1]. Il nous est apparu intéressant d'étudier l'évolution de la forme des barrières au voisinage des isotopes de thorium. Nous avons entrepris l'étude de la barrière de fission de ^{234}U par la réaction $^{233}U(d,pf)$. Ce cas est d'autant plus intéressant que B.B. BACK et al. [2] ont montré l'existence d'une structure résonnante dans la section efficace de fission $^{233}U(n,f)$ avec une résolution en énergie de l'ordre de 70 keV pour une énergie d'excitation voisine de 5 MeV.

Les conditions expérimentales obtenues auprès de l'analyseur magnétique Q3D associé au Tandem de SACLAY permettent d'obtenir une résolution de l'ordre de 7 keV. Une telle résolution en énergie permet d'espérer la mise en évidence d'éventuelles sous-structures et d'établir leurs identités (états de classe II ou de classe III).

---

* DPh-N/MF-CEN-SACLAY (France)

** Stagiaires Ecole Polytechnique

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

En utilisant la technique mise au point dans l'étude des isotopes de thorium [3], nous avons mesuré la probabilité de fission de ^{234}U dans une gamme d'énergie d'excitation comprise entre 4,6 et 5,6 MeV. Les deuterons de 12,5 MeV bombardaient une cible de ^{233}U de 60 $\mu g/cm^2$ déposée sur un support de polyimide de 30 $\mu g/cm^2$ recouvert d'or. La Figure B-III-4-1 montre le spectre de proton obtenu en coincidence avec les fragments de fission. On observe aux environs de E_{exc} = 4,9 MeV et 5,2 MeV deux groupes de résonances qui présentent des structures fines dont l'espacement moyen est d'environ 30 keV. On remarquera que cet espacement correspond plus à des états attendus dans le 2ème puits qu'à des états de classe III qui seraient moins espacés.

La Figure B-III-4-2 montre quelques exemples de distributions angulaires de fragments de fission correspondant aux structures fines situées aux environs de 4,9 MeV (zônes a, b et c de la Figure 1) et à l'ensemble de la structure résonnante située aux environs de 5,2 MeV (zône d de la Figure 1). Il est frappant de constater que ces distributions angulaires sont toutes identiques, contrairement à ce qui est observé dans le cas des isotopes de thorium [1].

Les niveaux observés au voisinage du seuil de fission de ^{234}U ne présentent donc pas les caractères spécifiques de niveaux de "troisième puits" (espacement et anisotropie). Par contre ils peuvent être interprétés comme des états du noyau composé de classe II, couplés à des états de vibration du second puits.

REFERENCES

[1] - B. FABBRO, Thèse d'Etat, Université Paris-Sud, Juillet 1983.

- J. BLONS et al., ce compte rendu, chap. B-III-3.

[2] - B.B. BLACK et al., Nucl. Phys. A165 (1971) 449.

[3] - J. BLONS et al., Int. Winter Meeting on Nuclear Physics, Bormio (1983).

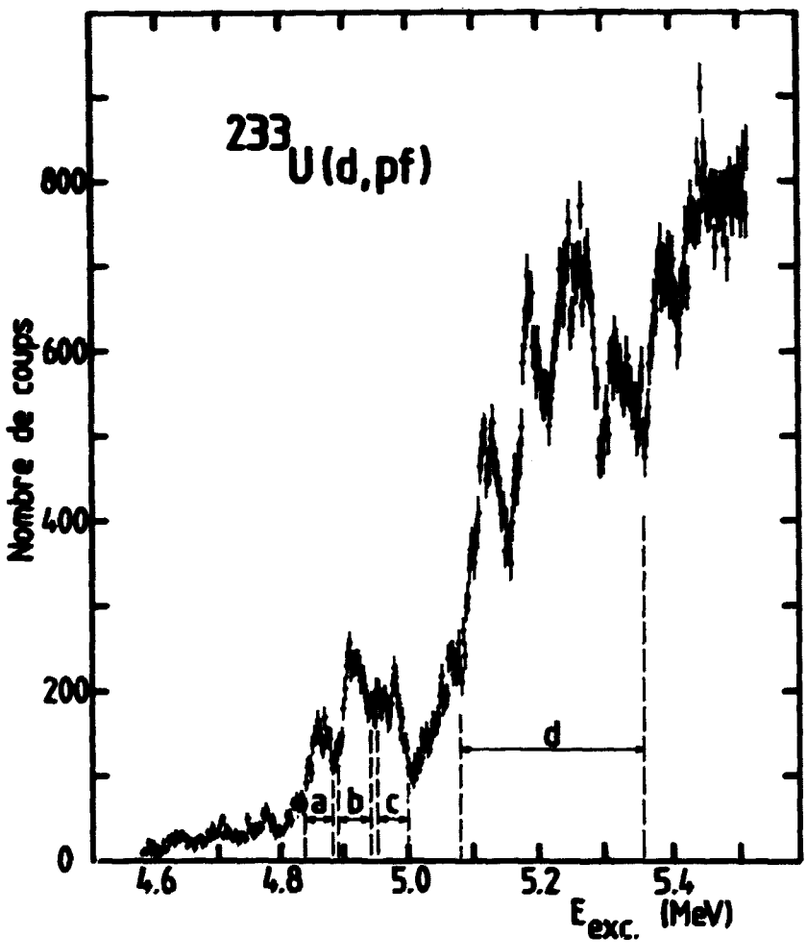


FIGURE B-III-4-1

Spectre des protons en coïncidence avec les fragments de fission en fonction de l'énergie d'excitation de ^{234}U.

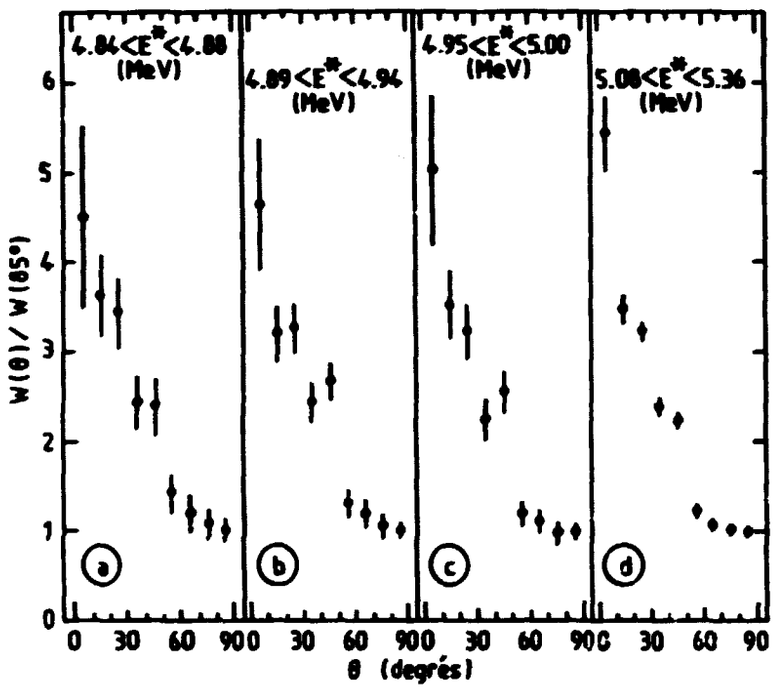


FIGURE B-III-4-2

Distributions angulaires des fragments de fission pour diverses bandes en énergie d'excitation de ^{234}U. Les zônes d'énergie d'excitation a, b, c, d sont indiquées sur la Figure B-III-4-1.

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

B-IV-1-Détecteur de temps zéro et de localisation à galettes de microcanaux

(Y.PRANAL, M.MORJEAN).

A position sensitive time detector using microchannel plates

A position sensitive (ϕ 70 mm) start detector using microchannel plates is under tests.

Dans le cadre des équipements du spectromètre SPEG de GANIL, nous avons réalisé un détecteur permettant la détermination simultanée de l'instant de passage et de la position des produits de réaction.

Le principe de fonctionnement du détecteur a été décrit dans la référence [1].

Les tests effectués à ce jour nous permettent d'en tirer les caractéristiques provisoires suivantes de ce détecteur :

- résolution en localisation dans le plan de réaction (X) : 0,8 mm.

- résolution en localisation hors du plan de réaction (Y) : 2 mm.

- résolution en temps : << 500 ps, mais non encore mesurée de façon précise.

Ces caractéristiques sont susceptibles d'évoluer en fonction des essais planifiés jusqu'à l'installation définitive sur le site du SPEG à GANIL.

REFERENCE

[1] - Y. PRANAL, J.P. LOCHARD, M. MORJEAN, Compte rendu d'Activité 1982, Note CEA-N-2343, p. 99, (1983).

B-IV-2-Etude du transfert incomplet d'impulsion dans les réactions ^{20}Ne + ^{197}Au et ^{20}Ne + ^{209}Bi à 30 MeV/n.

(G.LA RANA*, G.NEBBIA*, E.TOMASI*, C.NGO*, X.S.CHEN*, S.LERAY*, P.LHENORET*, R.LUCAS*, C.MAZUR*, M.RIBRAG*, C.CERRUTI**, S.CHIODELLI**, A.DEMEYER**, D.GUINET**, J.L.CHARVET, M.MORJEAN, A.PEGHAIRE, Y.PRANAL, L.SINOPOLI, J.L.UZUREAU, R. DE SWINIARSKI***).

Linear momentum transfer investigated in the ^{20}Ne + ^{197}Au and ^{20}Ne + ^{209}Bi systems at 30 MeV/n.

The SARA has been used to measure the correlation of fission fragments produced in the ^{20}Ne + ^{197}Au and ^{20}Ne + ^{209}Bi reactions at 30 MeV/n. The results show that the most probable proportion of linear momentum transferred from the projectile to the fissionning nucleus is about 80%. This corresponds to about 3.7 GeV/c. The fission cross section is still rather large at this bombarding energy : 1.6 ± 0.3 b for the Au target and 2.2 + 0.5 b for the Bi one.

Avec l'avènement des accélérateurs d'ions lourds tels que GANIL et SARA, les physiciens espèrent étudier la région de transition située entre le domaine des basses énergies (≤ 8-10 MeV/n) dominé par les effets de champ moyen d'une part et le domaine des énergies relativistes dominé par l'interaction nucléon-nucléon d'autre part. Pour explorer puis comprendre cette région transitionnelle, l'étude du transfert d'impulsion du projectile vers la cible constitue actuellement l'une des plus prometteuses approches expérimentales.

Le transfert total de la quantité de mouvement, que l'on rencontre à basse énergie incidente (E_i ≤ 8 MeV/n), est associé à la

---

* DPh-N/MF - CEN-SACLAY (France).

** IPN, LYON (France).

*** IN2P3, Institut des Sciences Nucléaires, GRENOBLE, (France).

formation d'un noyau composé (réaction de fusion complète). Dès que l'énergie incidente dépasse 8-10 MeV/n, le transfert total devient moins probable. Le transfert partiel observé peut provenir soit de la "participation" à la collision d'une partie seulement des nucléons du projectile (réaction de fusion incomplète) soit de l'émission (préférentiellement vers l'avant) de particules de pré-équilibre. Il est à noter que les petits transferts d'impulsion sont généralement associés aux collisions les plus périphériques.

Si la cible est "lourde", le transfert de moment linéaire peut se déduire facilement et avec une assez bonne précision de la mesure de l'angle de corrélation entre les deux fragments de fission obtenus après désexcitation du noyau composite.

Devant le manque de données expérimentales aux énergies intermédiaires (20-80 MeV/n), nous avons d'abord utilisé le faisceau de ^{20}Ne de 600 MeV délivré par l'accélérateur SARA de l'I.S.N. de GRENOBLE pour bombarder des cibles d'Au et de Bi.

La mesure de la corrélation angulaire des fragments de fission a été effectuée à l'aide du dispositif suivant comprenant :

a) un télescope temps de vol (constitué d'un détecteur à galettes de microcanaux et d'une jonction Si) pour la détection à $\theta_3 = 70°$ de l'axe du faisceau incident de l'un des deux fragments de fission,

b) un détecteur à plaques parallèles, à localisation X,Y, de grande ouverture angulaire (30° en θ et 30° en φ) disposé de l'autre côté par rapport à l'axe du faisceau pour la détection de l'autre fragment. Pour chaque système étudié, trois positionnements de cet ensemble ont été nécessaires afin de couvrir toute la plage de transfert d'impulsion linéaire.

La Figure B-IV-2-1 montre la fonction de corrélation angulaire obtenue pour les évènements détectés hors du plan de réaction avec le système *Ne + Au. Il apparaît que la distribution est symétrique par rapport au plan* de réaction ($\varphi_4 = 0$), sa largeur à mi-hauteur étant relativement faible (déviation standard de l'ordre de 6°). Par ailleurs, il a été vérifié qu'à

l'énergie incidente utilisée cette distribution était indépendante de l'angle θ.

Les fonctions de corrélation angulaire dans le plan de réaction sont présentées pour les deux systèmes étudiés sur les Figures B-IV-2-2 et B-IV-2-3. Dans les deux cas, l'angle de corrélation $\theta_3 + \theta_4$ le plus probable est de 130° environ. Le transfert total, correspondant à $\theta_3 + \theta_4 = 120°$, n'est donc pas le mécanisme le plus probable. La valeur la plus probable du moment linéaire transféré du projectile au noyau fissionnant représente 80% environ de la valeur initiale ce qui correspond à 3,7 GeV/c. Les 20% manquants sont vraisemblablement emportés par les particules légères rapides non mesurées dans cette expérience. Par ailleurs, en comparant les fonctions de corrélation obtenues pour les deux systèmes, on constate que la queue de la distribution vers les grands angles de corrélation est un peu plus importante pour la cible de Bi que pour la cible d'Au. Mais le noyau de bismuth étant plus lourd que le noyau d'or, la fission séquentielle du noyau quasi-Bi s'en trouve favorisée. Il est à noter, enfin, que les courbes en trait plein apparaissant sur les Figures B-IV-2-1 à 3 représentent une simulation par méthode de Monte Carlo discutée dans la référence [1].

En supposant que le système composite se désexcite entièrement par fission et après avoir soustrait la contribution due à la fission séquentielle, il est possible d'extraire à partir des mesures effectuées les sections efficaces de fusion incomplète. Les valeurs $\sigma_F = 1,6 \pm 0,3$ b et $\sigma_F = 2,2 \pm 0,5$ b ont été obtenues pour les cibles d'Au et de Bi, respectivement, ce qui représente environ 50% et 70% de la section efficace totale de réaction. En conclusion, les systèmes Ne + Au et Ne + Bi à 30 MeV/n ont des propriétés qui sont encore proches de celles observées à de plus basses énergies incidentes. A 30 MeV/n, le mécanisme dominant n'est pas encore celui de l'interaction nucléon-nucléon rencontré à haute énergie.

Sur la Figure B-IV-2-4, nous présentons la variation de la quantité de moment linéaire transféré $\rho = \frac{\rho_{3_{//}} + \rho_{4_{//}}}{\rho_{1_{//}}}$ en fonction de $\sqrt{E/A}$ pour différent systèmes étudiés dans la littérature (Réf. 2-4). Ces quantités $\rho_{1_{//}}$, $\rho_{3_{//}}$ et $\rho_{4_{//}}$ sont, respectivement, les composantes du moment linéaire (le long de l'axe faisceau) du projectile et des deux fragments de fission. Pour $\sqrt{E/A} > 3{,}2$ $(MeV/n)^{1/2}$, une loi de décroissance linéaire $\rho = - 0{,}092 \sqrt{E/A} + 1{,}273$ semble se dégager lorsque les projectiles sont de masse inférieure ou égale à 20. Nos résultats expérimentaux portés sur cette figure sont compatibles avec la systématique observée.

Cette étude a fait l'objet de deux publications [1,5] et d'une communication [6] à la Conférence Internationale de FLORENCE (1983).

REFERENCES

[1] - G. LA RANA et al., Nucl. Phys. A407 (1983) 233.

[2] - V.E. VIOLA et al., Phys. Rev. C26 (1982) 178.

[3] - F. SAINT-LAURENT et al., Phys. Lett. 110B (1982) 372.

[4] - J. GALIN et al., Phys. Rev. Lett. 48 (1982) 1787.

[5] - G. NEBBIA et al., Z. Phys. A311 (1983) 247.

[6] - G. NEBBIA et al., Proceedings of the International Conference on Nuclear Physics, FLORENCE, August 29-September 3, 1983.

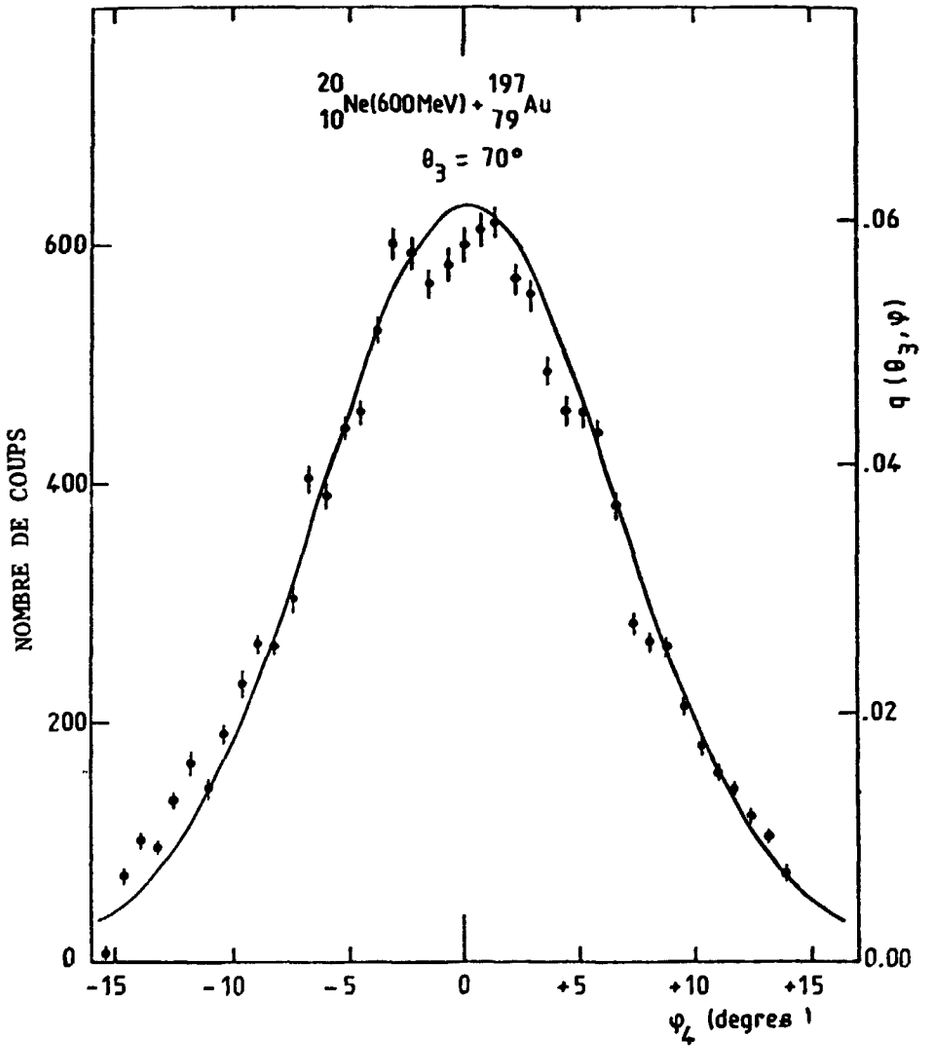


FIGURE B-IV-2-1

Fonction de corrélation angulaire obtenue pour les évènements détectés hors du plan de réaction avec le système Ne + Au. La courbe en trait plein représente une simulation de Monte Carlo discutée dans la réf. [1].

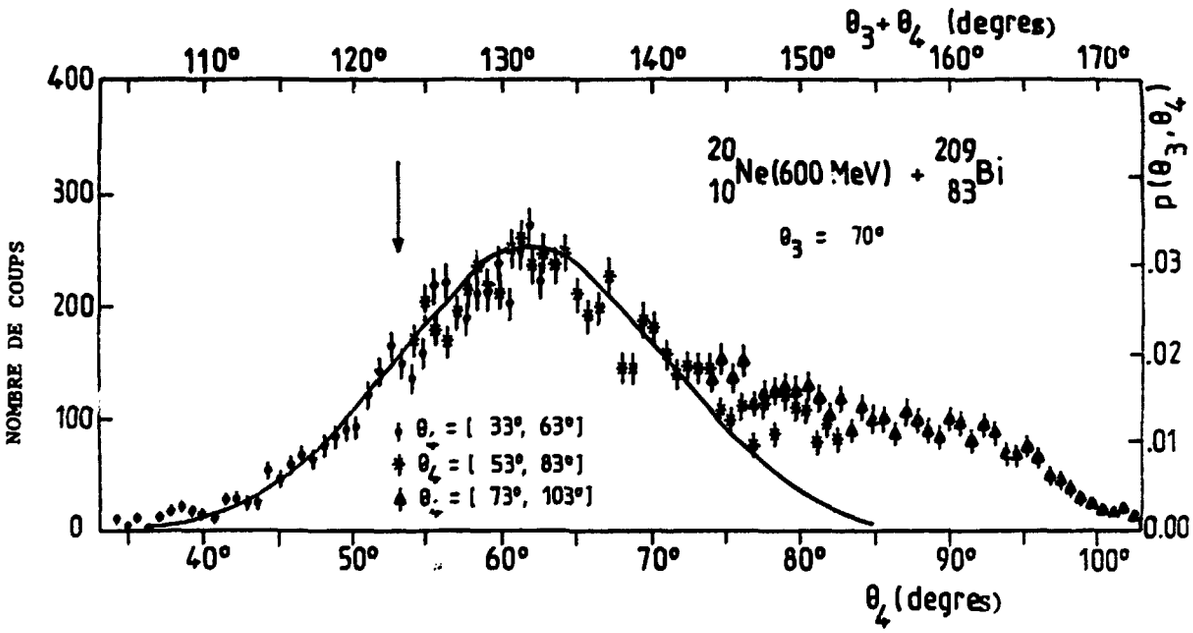


FIGURE B-IV-2-2

Fonction de corrélation angulaire dans le plan de réaction pour la réaction Ne + Au. La flèche indique l'angle de corrélation correspondant au transfert total. La courbe en trait plein représente une simulation de Monte Carlo.

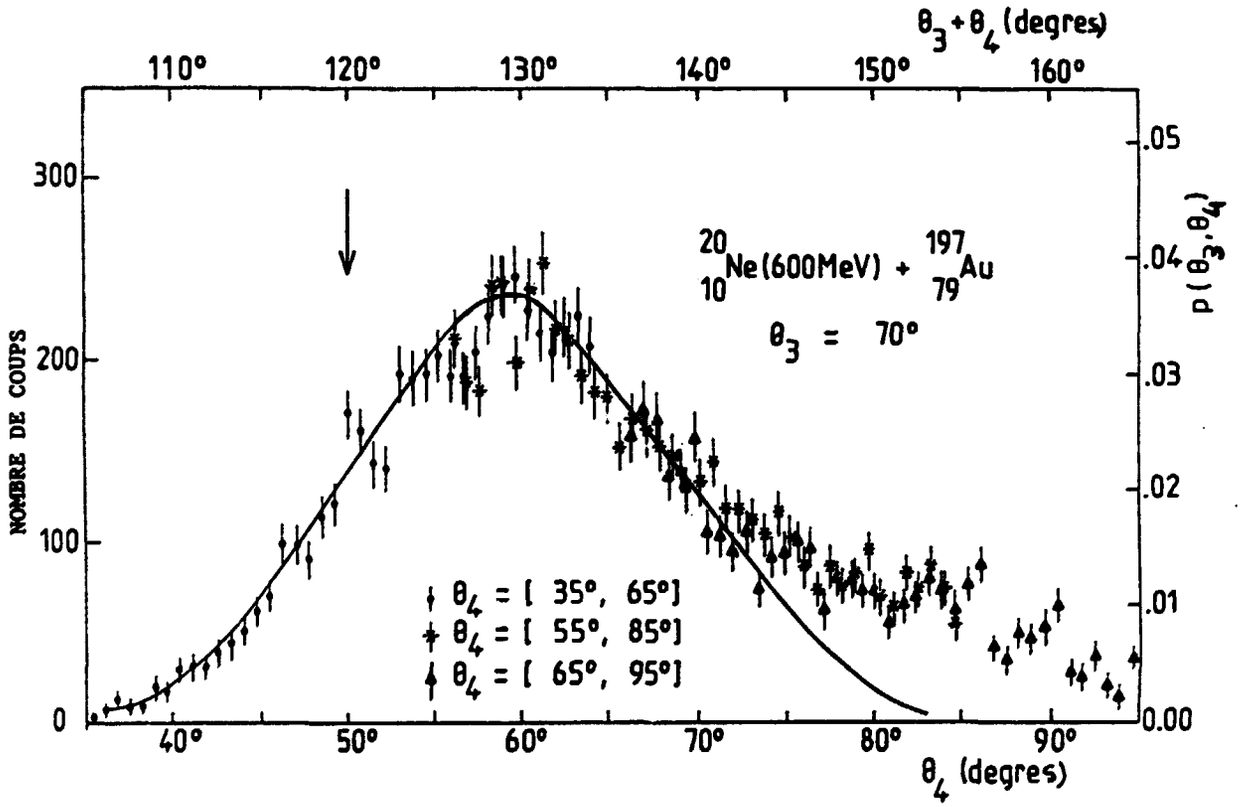


FIGURE B-IV-2-3

Même légende que celle de la Figure B-IV-2-2 pour le système Ne + Bi.

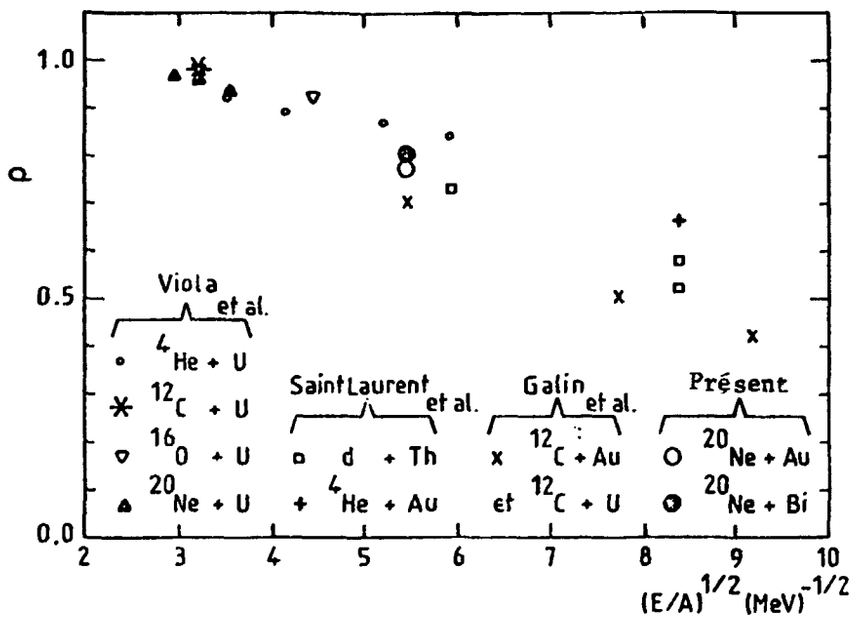


FIGURE B-IV-2-4

Variation de la quantité du moment linéaire transféré (pour des réactions de fusion incomplète) en fonction de la racine carrée de l'énergie incidente par nucléon pour différents systèmes [2-4].

B-IV-3-Mesure de la corrélation angulaire entre deux fragments lourds émis dans la réaction ^{40}Ar + ^{238}U à 44 MeV/n.

(G.LA RANA*, S.LERAY*, P.LHENORET*, R.LUCAS*, C.MAZUR*, C.NGO*, M.RIBRAG*, T.SUOMIJARVI*, E.TOMASI*, J.L.CHARVET, C.HUMEAU, M.MORJEAN, Y.PATIN, L.SINOPOLI, J.L.UZUREAU, C.GREGOIRE**, A.PEGHAIRE**).

Angular correlation measurement between two heavy fragments emitted in the reaction ^{40}Ar + ^{238}U at 44 MeV/n

We have measured the angular correlation between two fragments emitted in the reaction ^{40}Ar + ^{238}U at 44 MeV/n at GANIL. The aim was to investigate the amount of initial linear momentum transferred from the projectile to a fissioning nucleus. Analysis of the data is in progress.

Dans la précédente contribution à ce compte rendu d'activité, il a été montré que les systèmes Ne + Au et Ne + Bi à 30 MeV/n avaient des propriétés encore proches de celles observées à de plus basses énergies incidentes tout au moins en ce qui concerne le mécanisme de fusion (incomplète). Mais jusqu'à ce jour, les données expérimentales n'ont été obtenues qu'avec des projectiles "légers" (A < 20). Aussi, nous-a-t'il semblé intéressant de voir si un comportement analogue existait ou non avec des projectiles plus lourds, en d'autres termes, s'il existait encore dans le domaine des énergies intermédiaires (20 - 80 MeV/n) de la fusion complète ou incomplète ou si d'autres mécanismes apparaissaient. Nous avons donc utilisé, pour bombarder une cible d'^{238}U, le faisceau d'^{40}Ar de 44 MeV/n délivré par le GANIL pendant ses premiers mois de fonctionnement.

Afin de déterminer le transfert d'impulsion du projectile vers le système fissionnant, nous avons mesuré la corrélation angulaire entre les deux fragments de fission à l'aide du dispositif expérimental décrit en

---

* DPh-N/MF - CEN-SACLAY (France).

** GANIL, CAEN (France).

B-IV-2. La figure B-IV-3-1 représente un spectre biparamétrique (temps de vol, énergie) obtenu à l'aide du télescope temps de vol disposé à un angle θ_3 = 43°3. La distance de vol entre le détecteur à galettes de microcanaux et la fonction Si était de 54 cm. Le spectre observé est associé aux produits de fission. Les figures B-IV-3-2 et 3 montrent les distributions des positions dans le plan et hors du plan de réaction des fragments de fission détectés par le compteur à plaques parallèles (à localisation X, Y) en coincidence avec le télescope temps de vol. L'angle moyen de corrélation $\theta_3 + \theta_4$ est alors de 170°, angle pour lequel on s'attend à ce que la fission séquentielle soit favorisée.

Le dépouillement des données expérimentales est actuellement en cours. Mais d'ores et déjà, il apparaît que la fonction de corrélation dans le plan de réaction est beaucoup plus plate (aux petits angles de corrélation) pour le système Ar + U à 44 MeV/n qu'elle ne l'était pour les systèmes Ne + Au et Ne + Bi étudiés à 30 MeV/n auprès de SARA. Le pourcentage d'impulsion initiale transférée par le projectile au noyau fissionnant est plus faible que ce que l'on pouvait extrapoler à partir des expériences antérieures. En outre, la probabilité de former un noyau qui fissionne semble peu importante.

Le prolongement en 1984 de nos expériences de transfert incomplet d'impulsion consistera à mesurer en coincidence avec les fragments de fission les particules chargées légères émises vers l'avant. On s'attend, en effet, à ce que ces particules emportent une fraction importante de la partie manquante du moment linéaire transféré. Dans ce but, nous avons pu tester, pendant l'expérience décrite ici, le multidétecteur de particules chargées développé à BRC. Les résultats de ces tests sont donnés dans le chap. B-IV-6 de ce compte rendu.

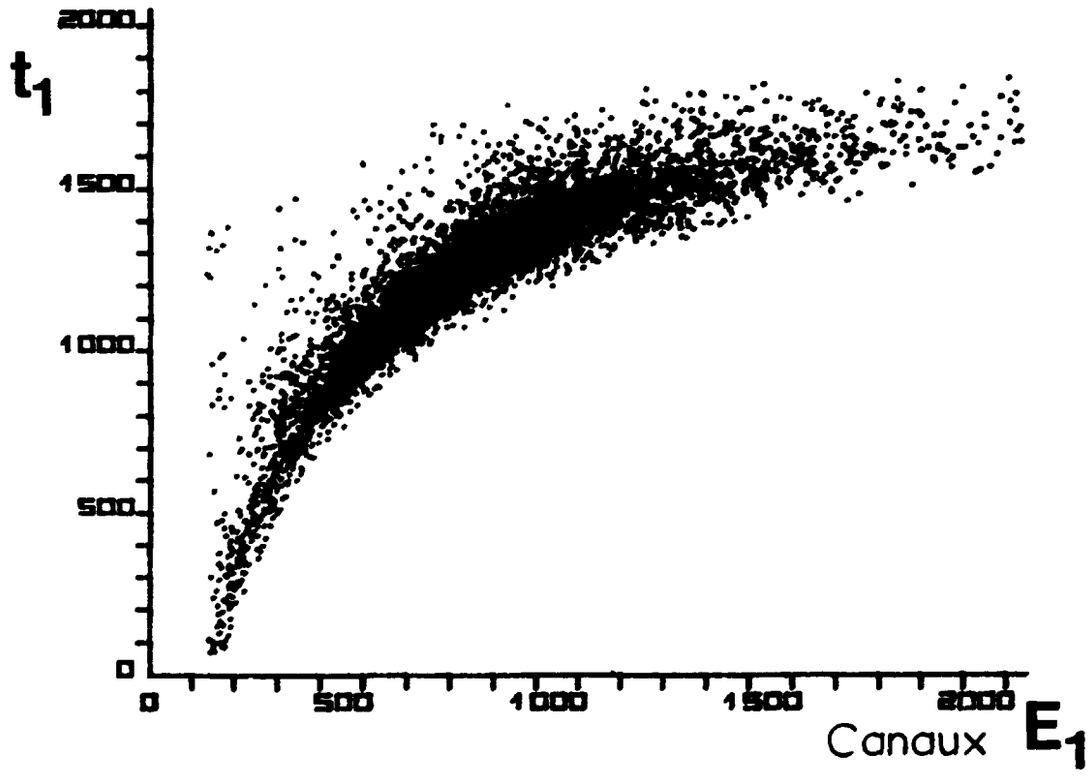


FIGURE B-IV-3-1

Spectre bi-paramétrique (temps de vol, énergie) obtenu à l'aide du télescope temps de vol placé à un angle θ_3 = 43°3.

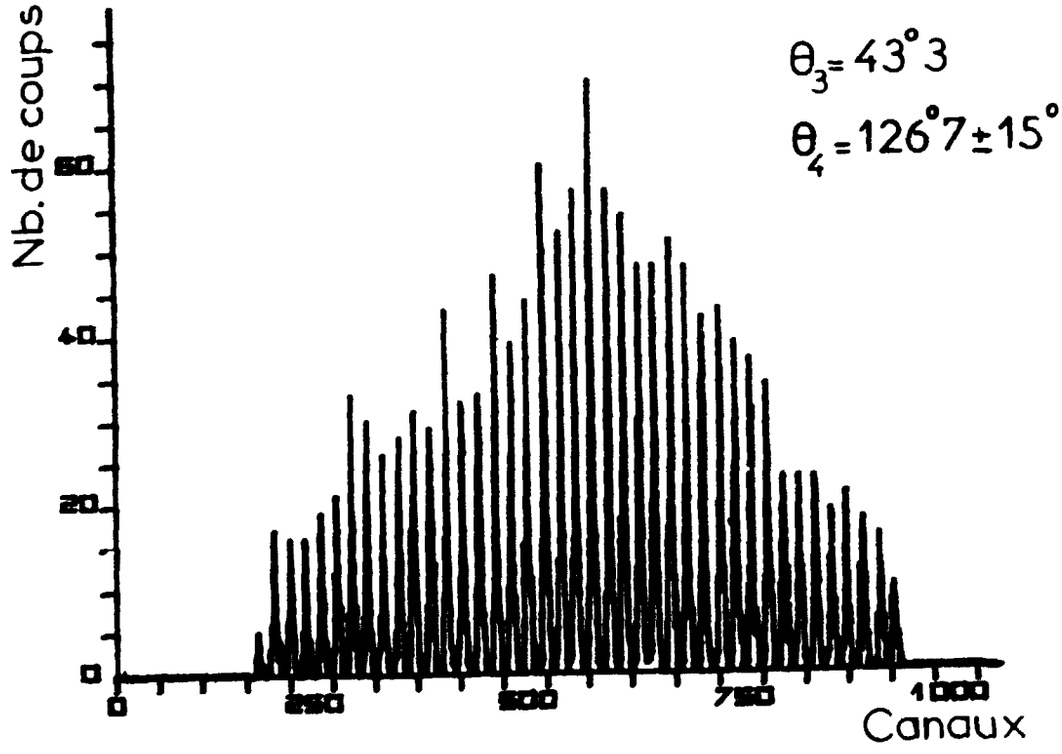


FIGURE B-IV-3-2

Distribution des positions dans le plan de réaction des fragments de fission détectés par le compteur à plaques parallèles à localisation en coïncidence avec le télescope temps de vol.

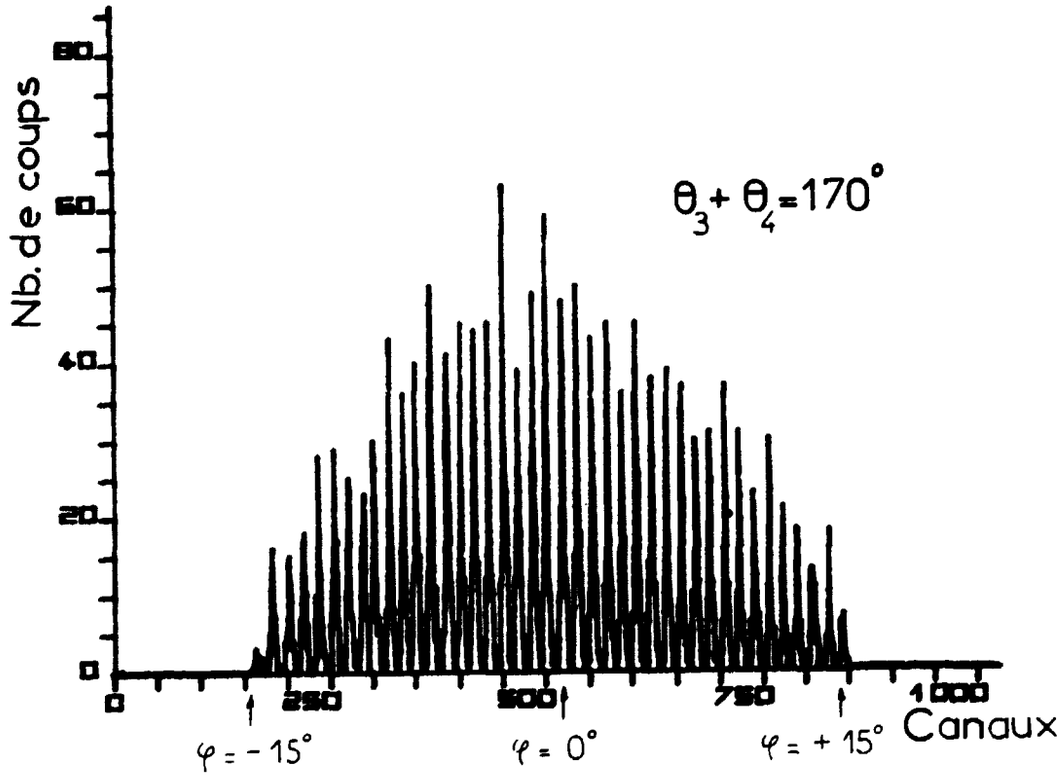


FIGURE B-IV-3-3

Distribution des positions hors du plan de réaction. Par ailleurs voir légende Figure B-IV-3-2.

B-IV-4-Différents régimes de fragmentation nucléaire dans le cas du système Ne + Al à 30 MeV/n.

(M.MORJEAN, J.L.CHARVET, Y.PATIN, A.PEGHAIRE*, Y.PRANAL, L.SINOPOLI, J.L.UZUREAU, K.BILLEREY**, A.CHEVARIER**, N.CHEVARIER**, A.DEMEYER**, M.STERN** G.LARANA***, S.LERAY***, R.LUCAS***, C.MAZUR*** G.NEBBIA***, C.NGO***, M.RIBRAG***.

Different nuclear fragmentation processes in the Ne + Al system at 30 MeV/n

Inclusive energy spectra and angular distributions of Z < 9 fragments from the Ne + Al reaction have been measured at 30 MeV/n. The spectra present three components. The high-energy component has a reduced momentum width of approximately 60 MeV/c which is lower than the values observed in reactions induced by relativistic heavy ions. On the opposite, for the low-energy component, the results are rather similar to high-energy heavy ion data.

Dans le cadre d'un programme destiné à étudier la fragmentation nucléaire issue de collisions entre ions lourds à des énergies intermédiaires (20-80 MeV/n), nous avons effectué, auprès de l'accélérateur SARA, une première étude de la réaction ^{20}Ne + ^{27}Al à 30 MeV/n. L'expérience a été réalisée à l'aide de l'ensemble expérimental CASIMIR décrit dans le précédent compte rendu d'activités du Service [1].

Pour les angles inférieurs à 12°, les fragments, depuis le béryllium jusqu'au néon, ont été détectés et identifiés en charge et en masse (pour une gamme d'énergie de 200 à 600 MeV) à l'aide d'un télescope constitué

---

* GANIL, CAEN (France)

** IPN, LYON (France)

*** DPH-N/MF - CEN-SACLAY (France).

de détecteurs solides (Si). Pour les angles supérieurs à 12°, les mesures ont été faites en utilisant une chambre d'ionisation à grand angle solide ($\Delta\Omega$ = 2 × 11 msr) et de grande profondeur (1,10 m). Cette chambre, remplie de CF_4 à 200 torr, a permis de couvrir continuement le domaine angulaire compris entre 12°5 et 50° en trois positionnements.

L'examen des différents spectres en énergie met en évidence trois composantes. La première particulièrement importante aux angles avant correspond à des fragments de grande énergie (~ 28 MeV/n, soit approximativement l'énergie du projectile). Cette composante haute énergie a été analysée suivant le modèle de fragmentation de GOLDHABER [2]. Comme le montre la Figure B-IV-4-1, les spectres en impulsion sont décalés vers les valeurs négatives ; une faible partie de l'énergie a donc été dissipée sous forme d'énergie d'excitation. Une analyse complète de cette première composante conduit à une valeur de σ_0 (paramètre du modèle de GOLDHABER) égale à 60 MeV/c confirmant que le régime de fragmentation pure du projectile n'est pas atteint.

Les deux autres composantes (Figure B-IV-4-2) apparaîssent essentiellement avec les fragments légers ($Z < 7$), la production de ces fragments étant d'autant plus grande que Z est plus petit. L'une correspond à des fragments de moyenne énergie (10-15 MeV/n) dont la distribution angulaire est très fortement piquée vers l'avant ($\theta < 25°$), l'autre à des fragments de basse énergie (E/A < 10 MeV/n)) dont la distribution angulaire est également piquée vers l'avant mais s'étend jusqu'à 50°. Ces résultats n'ont pu être interprétés en termes de collisions très inélastiques ou de fusion complète ou incomplète. Par contre, les fragments de basse énergie semblent provenir d'une source en mouvement dans la direction du faisceau (β = 0,08) avec une vitesse approximativement égale au tiers de la vitesse du projectile. En outre, leur production n'est pas incompatible avec une loi en $A^{-\tau}$ (avec $\tau \simeq 2,6$) déjà observée aussi bien avec des protons incidents de grande énergie (jusqu'à 350 GeV) qu'avec des ions lourds relativistes ou d'énergies intermédiaires.

Cette étude doit faire l'objet d'une communication prochaine.

REFERENCES

[1] - A. PEGHAIRE et al., Note CEA-N-2343 (Mai 1983) p.S9.

[2] - A.S. GOLDHABER, Phys. Lett. 53B (1974) p.306.

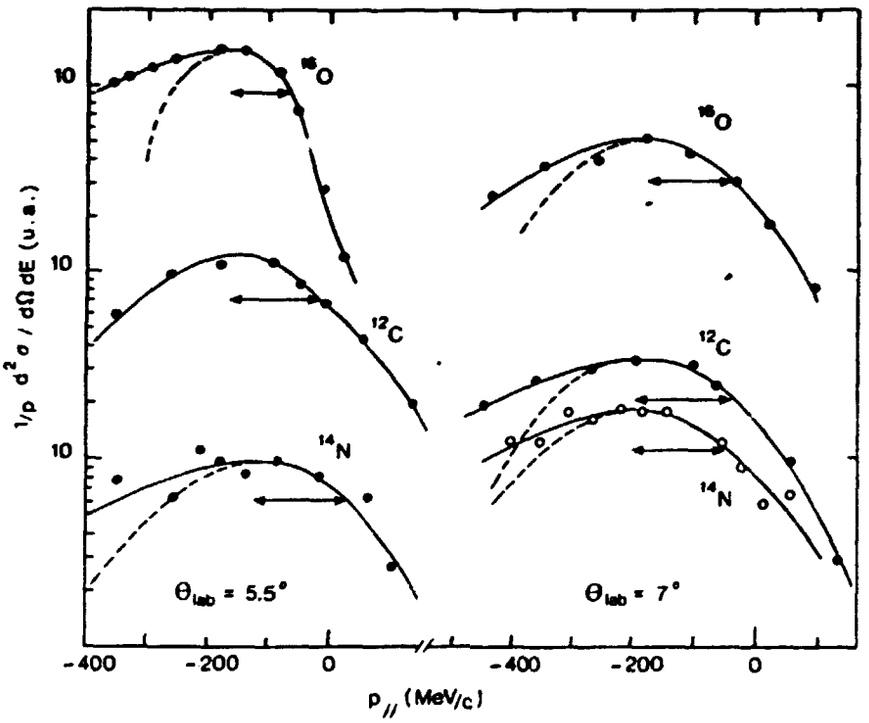


FIGURE B-IV-4-1

Spectres en impulsion des fragments ^{12}C, ^{14}N et ^{16}O obtenus à θ_{lab} = 5°5 et θ_{lab} = 7°. Les courbes en traits pointillés ont été calculées en supposant une fragmentation pure, les courbes en traits pleins en tenant compte d'une fluctuation de l'impulsion du projectile avant l'interaction.

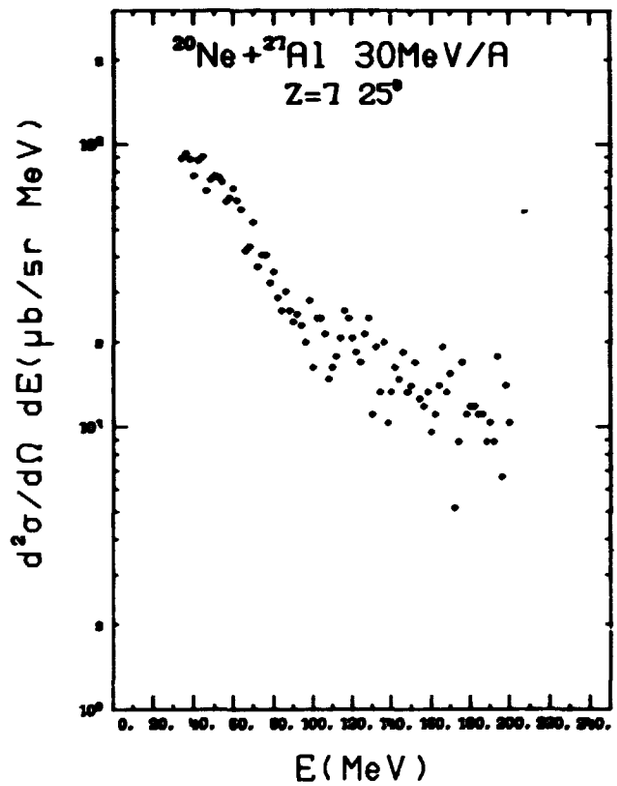


FIGURE B-IV-4-2

Spectre en énergie des produits de charge Z = 7 obtenus avec la chambre d'ionisation remplie de CF_4 à 200 torr.

B-IV-5-Fragmentation d'un faisceau d'argon de 27 MeV/n

(J.L.CHARVET, S.JOLY, M.MORJEAN, R.PASTEL, Y.PATIN, Y.PRANAL, L.SINOPOLI, J.L.UZUREAU, R.BILLEREY*, B.CHAMBON*, A.CHEVARIER*, N.CHEVARIER*, D.DRAIN*, C.PASTOR*, M.STERN*, A.PEGHAIRE**, F.SAINT-LAURENT**, E.TOMASI***).

Argon beam fragmentation at 27 MeV/n

Light charged particles and projectile like fragments have been detected for the Ar + Ti and Ar + Nb systems at 27 MeV/n incident energy. Inclusive spectra show events due to projectile break-up as well as those due to more complicated processes. Analysis is going on.

Dans les réactions nucléaires induites par ions lourds, la détection des particules légères émises en coincidence avec les fragments lourds est devenue désormais une source importante d'informations sur les mécanismes de réaction mis en jeu. A basse énergie ($E_i \leq 10$ MeV/A), l'équilibre thermique est généralement atteint et ces particules proviennent soit d'un noyau composé (réactions de fusion) soit de deux fragments principaux (collisions très inélastiques, fission rapide ...). Dans quelques

---

* I.P.N, LYON (France)

** GANIL, CAEN (France)

*** C.E.A.- SACLAY (France).

cas, cependant, la présence d'une composante d'émission non statistique a été signalée.

A des énergies incidentes plus élevées, (et dès 15-20 MeV/n), divers processus directs (tels que la cassure du projectile, la formation de points chauds ou l'émission de particules de pré-équilibre) semblent probables. Ces processus de non-équilibre se manifestent essentiellement par l'émission de particules légères dont la vitesse est supérieure ou égale à celle du faisceau incident. Il apparaît donc que la compréhension des mécanismes de réaction aux énergies intermédiaires (20-80 MeV/A) passe d'abord par l'étude des différents processus d'émission de ces particules.

Avant d'entreprendre l'étude des corrélations entre les particules chargées légères et les fragments issus des collisions périphériques (proposition PE 22a), nous avons effectué auprès du GANIL des mesures inclusives de ces particules et fragments produits lors du bombardement de cibles de Ti et Nb par un faisceau d'^{40}Ar de 27 MeV/n. L'expérience a été réalisée à l'aide de l'ensemble expérimental CASIMIR décrit précédemment [1].

Les produits de charge $8 \leq Z \leq 18$ ont été identifiés entre 4° et 18° dans le laboratoire à l'aide d'une chambre à ionisation de grande ouverture angulaire ($\Delta\Omega = 2 \times 11$ msr) et de profondeur utile 110 cm. Le gaz utilisé était du CF_4 à une pression de 500 torr. La Figure B-IV5 montre une carte (E,ΔE) intégrée sur le domaine angulaire précité.

Les particules légères ($A \leq 4$) étaient détectées soit par deux télescopes ΔE (silicium) E (scintillateur inorganique rapide Ba F_2) soit par deux ensembles constitués chacun de deux scintillateurs couplés à un seul photomultiplicateur (système "phoswich"). Ces détecteurs ont été utilisés pour explorer le domaine angulaire compris entre 8° et 40°.

Une analyse préliminaire des spectres des fragments montre que :
- pour les fragments de charge $8 \leq Z \leq 17$, une partie importante de la section efficace correspond à des vitesses proches de celle du projectile,
- pour les fragments les plus proches du projectile, le transfert de nucléons semble plus important pour la cible de Nb ($\theta_g \approx 5°5$) que pour la

cible de Ti (θ_g = 2°5),

- avec les deux cibles, il existe une chute notable de la section efficace pour Z = 9,
- pour chaque Z, le spectre présente une trainée vers les basses énergies devenant de plus en plus importante lorsque Z diminue.

REFERENCE

[1] - A. PEGHAIRE et al., Note CEA-N-2343 (Mai 1983), p. 89.

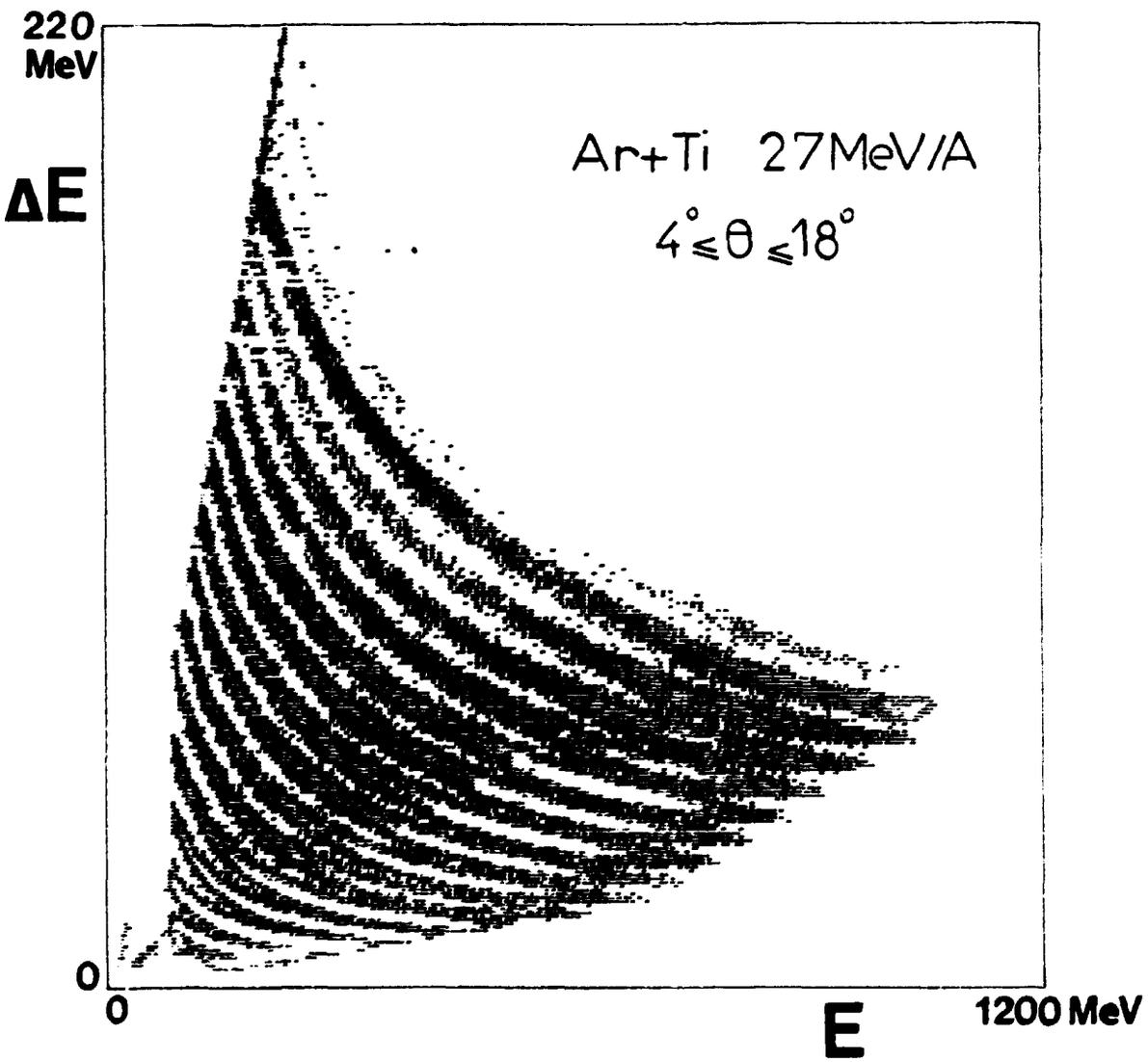


FIGURE B-IV-5

Spectre biparamétrique E-ΔE pour le système Ar + Ti à 27 MeV/n et 4° < θ < 18°.

B-IV-6-Détection des particules légères émises au cours de réactions entre ions lourds

(Y.PATIN, C.HUMEAU, J.P.LOCHARD, S.SEGUIN, J.L.CHARVET, M.MORJEAN, L.SINOPOLI, J.L.UZUREAU, G.LA RANA*, E.TOMASI*, C.NGO*, S.LERAY*, P.LHENORET*, R.LUCAS*, C.MAZUR*, M.RIBRAG*, C.GREGOIRE**, A.PEGHAIRE**)

Detection of light charged particles emitted in heavy ion collisions

We have measured at GANIL the time-of-flight of the light charged particles emitted in the ^{40}Ar on ^{238}U collision at 40 MeV/n. A 24 detectors hodoscope was used to detect and identify the light particles. An exemple of spectra obtained in inclusive measurements is shown.

Dans les réactions entre ions lourds avec des projectiles de haute énergie (30 à 100 MeV/n) le transfert d'impulsion linéaire (du projectile vers la cible) devient incomplet. Une tentative d'explication serait de

---

* DPh-N/MF - CEN-SACLAY (France)

** GANIL, CAEN (France).

supposer qu'un grand nombre de collisions entre les nucléons du projectile et ceux de la cible conduit à l'éjection d'un certain nombre d'entre eux ou de particules composites.

Nous avons utilisé le multidétecteur de particules chargées réalisé dans notre laboratoire pour détecter, dans une expérience préliminaire, les particules légères en coincidence avec les fragments de fission émis au cours de la réaction ^{40}Ar + ^{238}U à 44 MeV/n. Cette expérience a été réalisée auprès du GANIL en associant le multidétecteur à la chambre à réaction CASIMIR [1].

Le multidétecteur a été décrit par ailleurs [2]. Il se compose pour cette expérience de 24 détecteurs placés à 1,3 m de la cible et disposés autour du faisceau dans des angles allant de 0° à 35°. La disposition des détecteurs est schématisée sur la Figure B-IV-6-1. La méthode de détection des fragments de fission est expliquée en détail dans ce compte rendu [3]. L'instant zéro du temps de vol était fourni soit par la HF de l'accélérateur pour les spectres directs, soit par le télescope fission pour les spectres coincidents. La Figure B-IV-6-2 donne un exemple de spectre biparamétrique (temps de vol, ΔE) obtenu en mesure directe à 14° par rapport au faisceau incident. On remarquera l'excellente séparation entre les divers Z, même pour des particules de basse énergie totalement arrêtées dans le scintillateur.

En remplaçant la cible par un anneau de même dimension, il a été vérifié pendant l'expérience que le bruit de fond dû au faisceau direct était très faible. Le taux de comptage des détecteurs les plus proches du faisceau (3,5 degrés) était dans ce cas de quelques coups par seconde pour un courant d'Argon de 40 nA, alors qu'il était de l'ordre de 50.000 coups par seconde en présence de la cible. Cependant il est apparu un problème pour les détecteurs proches du faisceau ($\theta < 10°$). La Figure B-IV-6-3 montre les spectres biparamétriques temps de vol, ΔE obtenus pour l'ensemble des détecteurs. Ces spectres sont disposés suivant la configuration des détecteurs présentée en Figure B-IV-6-1. On voit que pour tous les détecteurs proches du faisceau il apparaît un bruit de fond qui masque complètement les spectres de particules chargées attendus.

Ce bruit de fond est dû à des électrons de haute énergie (jusqu'à 15 MeV) qui sont produits au cours de collisions entre ions lourds. Il semblerait que ce phénomène a déjà été observé dans d'autres expériences [4]. Ces électrons très rapides sont dans notre cas arrêtés dans le guide de lumière des détecteurs. Ainsi, à l'impulsion lumineuse de très faible amplitude qu'ils produisent dans le scintillateur mince s'ajoute une autre impulsion, beaucoup plus importante, due au rayonnement de freinage dans le plexiglass. Ceci explique la forme des spectres de bruit de fond qui montrent une grande dynamique de hauteur d'impulsion, non explicable par le scintillateur, et un temps de vol sensiblement constant (électrons relativistes).

Un aimant permanent est actuellement à l'étude et doit permettre, avec un champ magnétique de l'ordre de 600 gauss, de dévier ces électrons hors du champ de détection.

Les spectres de coincidences avec les fissions sont actuellement en cours de dépouillement. Cependant il semble très difficile d'en tirer des conclusions. En effet, il semble que les coincidences les plus probables se produisent pour des particules légères proches du faisceau, là où le bruit de fond est le plus important.

REFERENCES

[1] - J.L. UZUREAU et al., Rapport NEANDC (E) 232 "L" (1981), p. 100.

[2] - Y. PATIN et al., Rapport NEANDC (E) 229 "L" (1982), p. 93.

[3] - G. LA RANA et al., ce compte rendu, Chap. B-IV-3.

[4] - J. JULIEN, DPh-N/MF-CEN-SACLAY, communication privée.

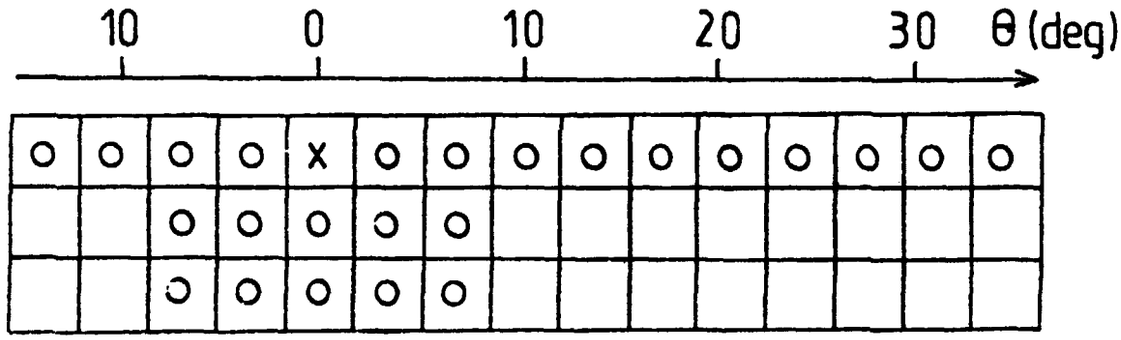


FIGURE B-IV-6-1

Disposition des détecteurs autour du faisceau. Le faisceau est marqué par une croix et chaque détecteur est repéré par son angle moyen.

FIGURE B-IV-6-2

Spectre biparamétrique, temps de vol, ΔE obtenu en mesure directe à 14° par rapport au faisceau incident.

FIGURE B-IV-6-3

Spectre biparamétrique temps de vol, ΔE obtenu pour l'ensemble des détecteurs. Ces spectres sont disposés suivant la configuration des détecteurs présentée dans la figure B-IV-6-1.

B-IV-7-Probabilité d'ionisation de la couche K par diffusion inélastique de protons dans la réaction $^{88}Sr(p,p')^{88}Sr$

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

K-shell ionization probability in the $^{88}Sr(p,p')^{88}Sr$ reaction

The analysis of the previously quoted experiment [1] confirms that the ionization probability associated to the inelastic scattering of protons in the $^{88}Sr(p,p')^{88}Sr$ reaction is larger than the probability associated to elastic scattering

Nous avons poursuivi l'analyse de la mesure de la probabilité d'ionisation de la couche K par diffusion inélastique de protons dans la réaction $^{88}Sr(p,p')^{88}Sr$ [1]. Nous avions choisi l'énergie E_p = 7,020 MeV correspondant à une résonance dans la section efficace de la réaction de diffusion inélastique associée au premier niveau excité à 1,836 MeV. L'analyse des spectres délivrés par les détecteurs de particules a mis en évidence une dérive en énergie du faisceau de protons au cours de la mesure ; nous étions donc éloignés des conditions idéales (section efficace maximale). Nous avons pu déterminer l'influence des rayonnements γ détectés par les scintillateurs NaI sur le spectre des rayonnements.

Cette mesure confirme le désaccord déjà mentionné [1] entre les probabilités d'ionisation obtenues par diffusion élastique et inélastique, et dont la théorie actuelle ne peut rendre compte. Cependant, afin de s'assurer que le phénomène observé n'est pas dû à la structure du noyau cible aux conditions cinématiques de la réaction, nous envisageons d'effectuer des mesures analogues sur des noyaux voisins.

REFERENCE

[1] - S. ANDRIAMONJE et al., Note CEA-N-2343 (1982).

---

* Centre d'Etudes Nucléaires de BORDEAUX-GRADIGNAN (France).

PARTIE C :

THEORIE
ET
EVALUATION

C-I-EVALUATION ET TRAITEMENT DE DONNEES NUCLEAIRES
EVALUATION AND PROCESSING OF NUCLEAR DATA

C-I-1-Contribution à l'évaluation des données du ^{169}Tm.

(O.BERSILLON, J.F.LEGENDRE*, C.A.PHILIS).

Contribution to complete evaluation of ^{169}Tm nuclear data

A precise study of level densities and gamma strength function was needed in view to evaluating ^{169}Tm(n,2n) and capture cross sections by using the STAPRE code and comparison with experimental data.

L'évaluation complète des sections efficaces neutroniques du ^{169}Tm s'est poursuivie en approfondissant l'analyse des réactions (n,γ) et (n,2n) à l'aide du code STAPRE. Il apparaît que les densités de niveaux et les fonctions force γ déduites des systématiques sont insuffisantes pour reproduire les résultats expérimentaux disponibles pour ce noyau déformé.

Une étude plus particulière de ces deux quantités a donc été entreprise en collaboration avec le laboratoire de LIVERMORE. En particulier la spectroscopie des isotopes impair-impair a fait l'objet de calculs détaillés jusqu'à une énergie d'excitation voisine de 1,5 MeV [1]. Une analyse statistique ultérieure des résultats obtenus fait ressortir un écart sensible par rapport aux répartitions statistiques généralement adoptées. Cette investigation est toujours en cours et devrait être complétée par des mesures spectroscopiques précises. La fonction force γ a également été analysée en détail (cf. C-I-2).

REFERENCE

[1] - R.W.HOFF et al., Annual Report UCAR-100 62-83/1, p. 218 (1983).

---

* Stagiaire Militaire.

C-I-2-Complément à l'étude de la fonction force γ à partir des spectres γ expérimentaux.

(O.BERSILLON, S.JOLY, J.F.LEGENDRE*).

Study of gamma strength function from measured gamma spectra

An analysis of the gamma strength function was performed from measured gamma spectra issued from ^{169}Tm(n,xγ) reaction and photonuclear data.

Le calcul des sections efficaces neutroniques du ^{169}Tm ayant montré, dans la région du MeV, une grande sensibilité à la fonction force γ, nous avons voulu préciser au mieux cette quantité en analysant plus complètement les spectres γ expérimentaux issus de la réaction ^{169}Tm(n,xγ) [1]. Cette nouvelle analyse diffère de celle précédemment proposée par la possibilité d'inclure dans le programme de déconvolution toute forme de densité de niveaux à la place d'une seule loi en température. Il est apparu que, pour Eγ compris entre 2 et 6 MeV, la fonction force γ que l'on peut extraire des spectres γ est peu sensible à la forme de la densité de niveaux utilisée. Disposant ainsi de la fonction force γ à basse énergie et la combinant à celle déduite de réactions photonucléaires [2], nous avons ajusté sur cet ensemble expérimental différentes formes analytiques généralement admises. Seule le forme EDBW ("Energy Dependent Breit-Wigner") s'est avérée susceptible de reproduire de façon satisfaisante les résultats expérimentaux. La Figure C-I-2 illustre l'accord obtenu.

REFERENCES

[1] - S.JOLY et al., Phys. Rev. C20 (1979) 6.

[2] - R.BERGERE et al., Nucl. Phys. A133 (1969) 417.

---

* Stagiaire Militaire.

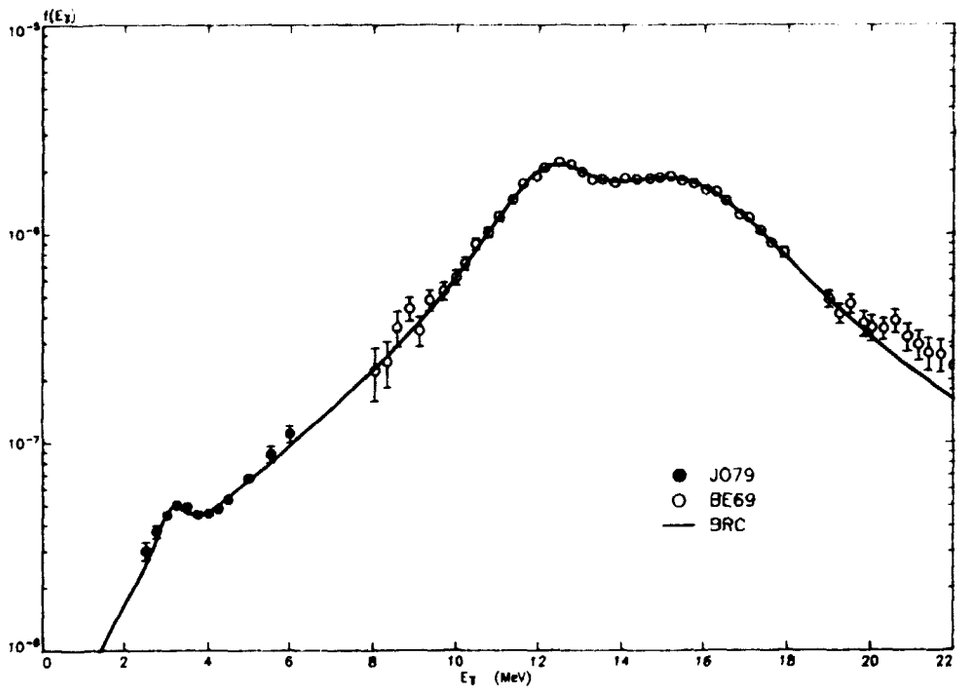


FIGURE C-I-2

Ajustement de la fonction force γ de forme EDBW ("Energy Dependent Breit-Wigner") sur différents résultats expérimentaux : J079 [1], BE69 [2].

C-I-3-Bibliothèque de niveaux nucléaires.

(N.VERGES)

Nuclear level library.

The nuclear level library needed for nuclear model calculations has been completed by lutétium and tungsten isotopes data.

La bibliothèque de niveaux nucléaires utilisés dans les codes de modèles nucléaires a été complétée par la compilation des données relatives aux noyaux suivants : ^{171}Lu, ^{172}Lu, ^{173}Lu, ^{174}Lu, ^{175}Lu, ^{176}Lu, ^{177}Lu, ^{180}W, ^{181}W, ^{182}W, ^{183}W, ^{184}W, ^{185}W, ^{186}W [1].

REFERENCE

[1] - N. VERGES, Note P2N-752/83.

C-I-4-Evaluation des spectres neutron et alpha issus de la réaction $^{6}Li + {}^{3}H \rightarrow n + \alpha + \alpha$ dans la gamme $E(^{6}Li) = 4 - 20$ MeV.

(G.HALE*).

Evaluation of neutron and alpha spectra issued from the $^{6}Li(^{3}H,n)2\,\alpha$ reaction within the ^{6}Li energy range 4 MeV - 20 MeV.

A number of improvements have been developed in view to evaluating the spectra of particles issued from reactions with three outgoing particles. Such spectra have been calculated for the $^{6}Li(^{3}H,n)2\,\alpha$ reaction.

---

* Collaborateur temporaire étranger (LANL).

Le stage de G. HALE à BRC a permis d'apporter de multiples améliorations au code destiné au calcul, dans le référentiel du laboratoire, des spectres des différentes particules émises lors d'une réaction nucléaire entre éléments légers et produisant trois corps en voie de sortie. Ces améliorations ont porté essentiellement sur une description plus fine et sur l'intégration, en énergie et en angle, de ces spectres.

En particulier des calculs ont été faits pour prédire les spectres des neutrons et des alphas issus de la réaction $^{6}Li + {}^{3}H \rightarrow n + \alpha + \alpha$, dans une gamme d'énergie E(^{6}Li) de 4 à 20 MeV, et pour des angles allant de 0 à 160°. Les normalisations en fonction de l'énergie ont été déterminées à partir du spectre proton de la réaction $^{3}He + {}^{6}Li \rightarrow p + \alpha + \alpha$ [1] . Un exemple de spectre de neutrons obtenu pour E(^{6}Li) = 4 MeV est reporté sur la Figure C-I-4.

REFERENCES

[1] - ELWYN et al., Phys. Rev. C22, 1406 (1980).

C-I-5-Résolution d'un système d'équations différentielles ordinaires à haute dynamique avec optimisation continue du schéma et du pas d'intégration.

(M. COLLIN, A. SCHETT*).

Solving high dynamics coupled differential equations with cumputational optimizations

For solving numerically a system of ordinary differential equations describing high dynamics irradiations of short half life nuclear states, the GEAR method fails [1] [2]. We checked a Runge-Kutta solver with automatic change of integration step and method, controlled by local and long size error [3].

---

* Collaborateur Temporaire Etranger (Autriche).

L'étude des systèmes d'équations différentielles ordinaires décrivant un ensemble de réactions nucléaires entre éléments à vies courtes nous a montré les limites des méthodes et programmes disponibles.

Après examen de plus d'une centaine de références, il est apparu que la méthode de GEAR [1] [2], remise à jour périodiquement, devrait être la plus efficace des méthodes disponibles.

Cependant l'échec de cette méthode dans les cas que nous devions traiter nous a conduit à développer des méthodes à pas séparés, de type Runge-Kutta, plus efficaces pour les problèmes à haute dynamique. Notre objectif était triple :

- disposer d'une grande diversité de schémas pour faire face aux cas les plus délicats sans pénaliser les phases de calcul simples par un schéma trop lourd,

- garantir la fiabilité des résultats par un contrôle continu des erreurs permettant un ajustement automatique du pas d'intégration,

- avoir un système de choix automatique de l'algarithme à utiliser (nature et ordre) en fonction des performances de chaque méthode utilisée depuis le début du problème.

Le code "OSIRIS" qui a été mis au point regroupe un ensemble d'algorithmes de Runge-Kutta (4 méthodes explicites et 2 implicites) choisis parmi ceux décrits dans le rapport [3]. Il comporte également un système de pilotage du pas d'intégration et de choix du schéma qui est encore actuellement testé sur une plus grande variété de problèmes.

Les performances de la version actuelle sont illustrées dans la Figure C-I-5 (a,b,c) extraite de [3]. Les échelles étant logarithmiques on y voit, en fonction du temps, une dynamique de variations supérieure à 10^{10} tant pour les fonctions Y (Figure a) que pour les valeurs propres de la matrice A définie par $y' = Ay$.

Les méthodes traditionnelles permettent le traitement de problèmes

pour lesquels les valeurs propres sont réelles (ou à parties imaginaires petites) et avec une dynamique de l'ordre de 10^3.

REFERENCES

[1] - C.W. GEAR, Numerical Initial Values problem in Ordinary differential Equations, Prentice-Hall, England Cliffs, N.Y., (1971).

[2] - A.C. HINDMARSH, C.W. GEAR, "Ordinary differential equation system", UCID 30 001, Rev.3 (1974).

[3] - M. COLLIN, A. SCHETT, "OSIRIS : a Runge-Kutta solver of Ordinary Differential Equations", NEANDC (E) 231 "L", INDC (FR) 61/L (1983).

C-I-6-Aménagement d'un programme de tracé de courbes

(O. BERSILLON).

A versatile plotting package for HP-9845 computer.

A conversational plotting package was written using the same set of graphical instructions whatever the graphic terminal is.

Afin de se libérer des différentes contraintes liées à l'utilisation de l'ordinateur MITRA 125 pour le tracé de courbes, un programme conversationnel de tracé a été écrit pour l'ordinateur HP 9845. Ce programme permet en particulier de construire et de visualiser les différents éléments du dessin sur l'écran avant le tracé sur papier, ceci avec un ensemble unique d'ordres graphiques simples.

Les différents graphiques présentés dans cette section C-I illustrent les possibilités de ce programme.

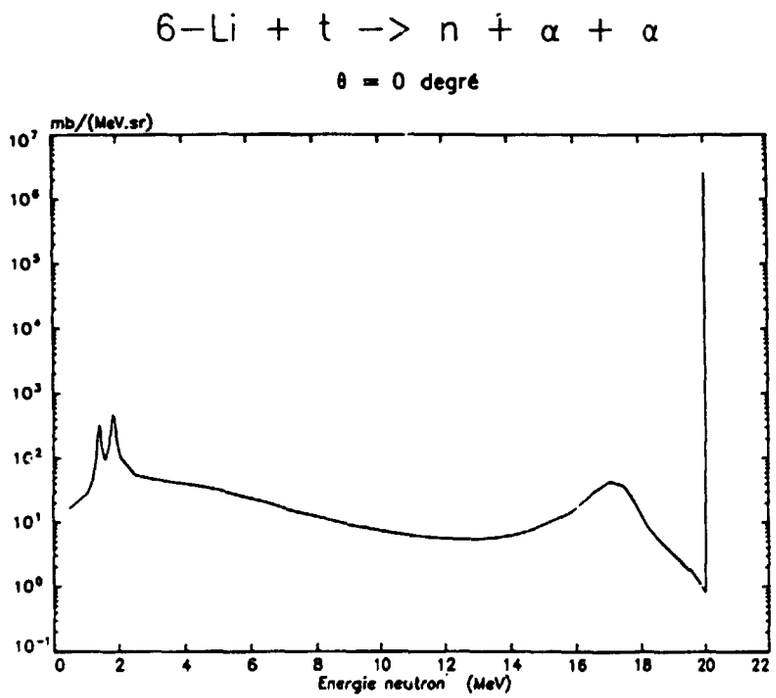


FIGURE C-I-4-1

Spectre à 0° des neutrons issus de la réaction $^{6}Li + {}^{3}H \rightarrow n + \alpha + \alpha$ pour E(^{6}Li) = 4 MeV et dans le référentiel du laboratoire.

Système différentiel de réactions nucléaires couplées

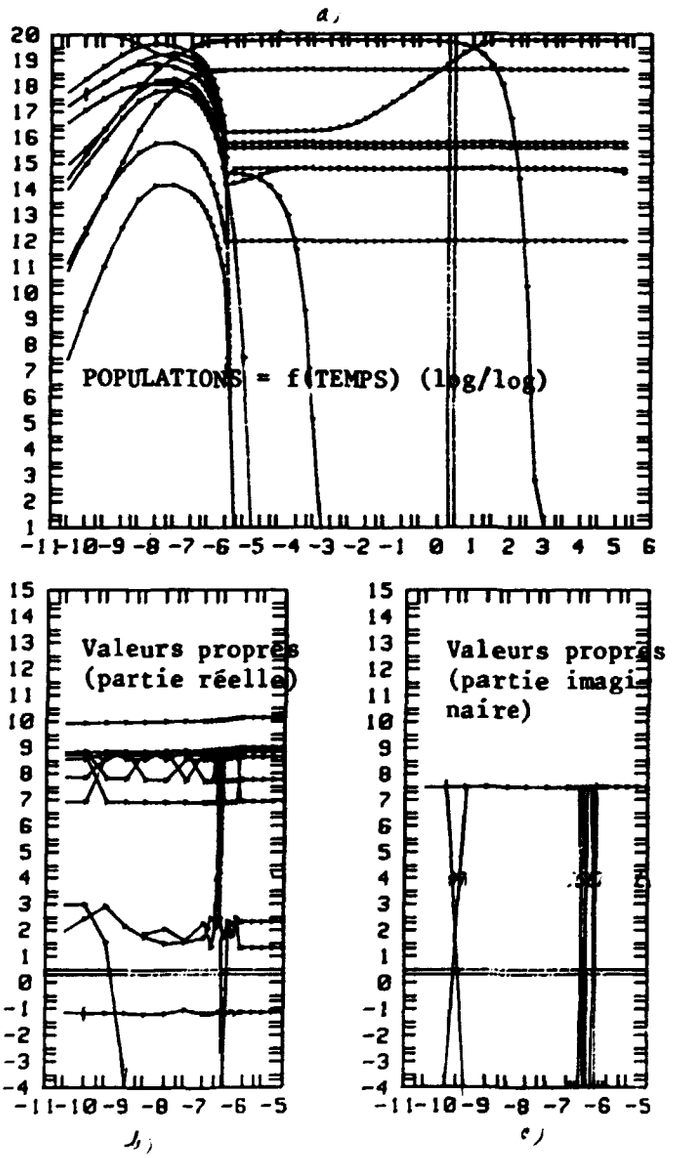


FIGURE C-I-5-1

Représentation de résultats obtenus par résolution d'un système différentiel à haute dynamique décrivant l'évolution en fonction du temps d'un ensemble fictif de réactions nucléaires couplées : a) populations des noyaux, b (et c) : parties réelles (et imaginaires) des valeurs propres de la matrice de couplage.

C-II-CALCULS DE DONNEES ET ETUDES DE MODELES NUCLEAIRES
CALCULATION OF NUCLEAR DATA AND STUDY OF NUCLEAR MODELS

C-II-1-Analyse des réactions $^{24}Mg(\alpha,\alpha')$ et $^{28}Si(\alpha,\alpha')$ à 120 MeV en utilisant des fonctions d'ondes nucléaires issues de calculs microscopiques.

(Ch.LAGRANGE, M.GIROD, B.GRAMMATICOS*, K.KUMAR**).

A study of $^{24}Mg(\alpha,\alpha')$ and $^{28}Si(\alpha,\alpha')$ at 120 MeV using deformation dependent wave functions

The microscopic wave functions obtained from the numerical method of KUMAR and BARANGER for the complete numerical solution of BOHR's collective hamiltonian, together with collective potential and masses issued from Hartree-Fock-Bogolyubov calculations are used in a generalization of the coupled channel optical model.

Les fonctions d'ondes microscopiques obtenues par les méthodes numériques [1,2] développées par KUMAR et BARANGER [3]pour la diagonalisation de l'hamiltonien de BOHR, et en utilisant les surfaces d'énergie potentielle et masses déduites [2] de calculs Hartree-Fock-Bogolyubov, ont été utilisées dans des calculs du type modèle optique en voies couplées généralisé.

Ces fonctions d'ondes s'écrivent sous la forme suivante :

$$I,M,n > = \sum_{k,\alpha} A^{n}_{I,K}(\beta_\alpha, \gamma_\alpha)\, \Phi^{I,n}_{M,K} .$$

---

* CRN de Strasbourg, 67037 STRASBOURG (France).

** Physics Department, Tennessee Technological University, COOKEVILLE, (USA).

Nous avons adopté la convention utilisée dans le cas d'un rotateur triaxial pour paramétriser (β_α, γ_α) le rayon du potentiel nucléaire. Le formalisme que nous avons développé nous permet ainsi de traiter aisément le cas de noyaux (ou d'états nucléaires) de formes très différentes.

Les calculs par modèle optique en voies couplées ont utilisé des paramètres du potentiel optique déterminés antérieurement.

Nous avons effectué les calculs de section efficace pour les états suivants du ^{24}Mg : 0^+ (E_x = 0 et 6,43 MeV), 2^+ (E_x = 1,37 et 4,24 MeV), 3^+ (E_x = 5,24 MeV) et 4^+ (E_x = 4,14 et 6,01 MeV).

Pour le ^{28}Si nous avons considéré les états suivants : 0^+ (E_x = 0 et 4,98 MeV), 2^+ (E_x = 1,78 MeV), 3^+ (E_x = 6,28 MeV), et 4^+ (E_x = 4,68 MeV). Les distributions angulaires sont, à l'exception du premier état 3^+ et du second 4^+ du ^{24}Mg, en accord satisfaisant, comme il est montré sur la Figure C-II-1, avec les résultats expérimentaux [4]. Voir aussi référence [5].

REFERENCES

[1] - K. KUMAR, dans les Proceedings de l'"International Conference on Medium Heavy Nuclei", Rhodes, 1979, ed. par "Democritos" Tandem Accelerator group, Athens (The Institute of Physics, Bristol, 1980), p. 169.

[2] - M. GIROD, K. KUMAR, B. GRAMMATICOS, P. AGUER, Phys. Rev. Lett. 41, (1978) 1765.

[3] - K. KUMAR, M. BARANGER, Nucl. Phys. A92 (1967) 608.

[4] - K. VAN DER BORG, M.N. HARAKEH, A. VAN DER WOUDE, Nucl. Phys. A367 (1981) 243.

[5] - Ch. LAGRANGE, M. GIROD, B. GRAMMATICOS, K. KUMAR, "International Conf. on Nuclear Physics", FLORENCE, Août-Septembre 1983.

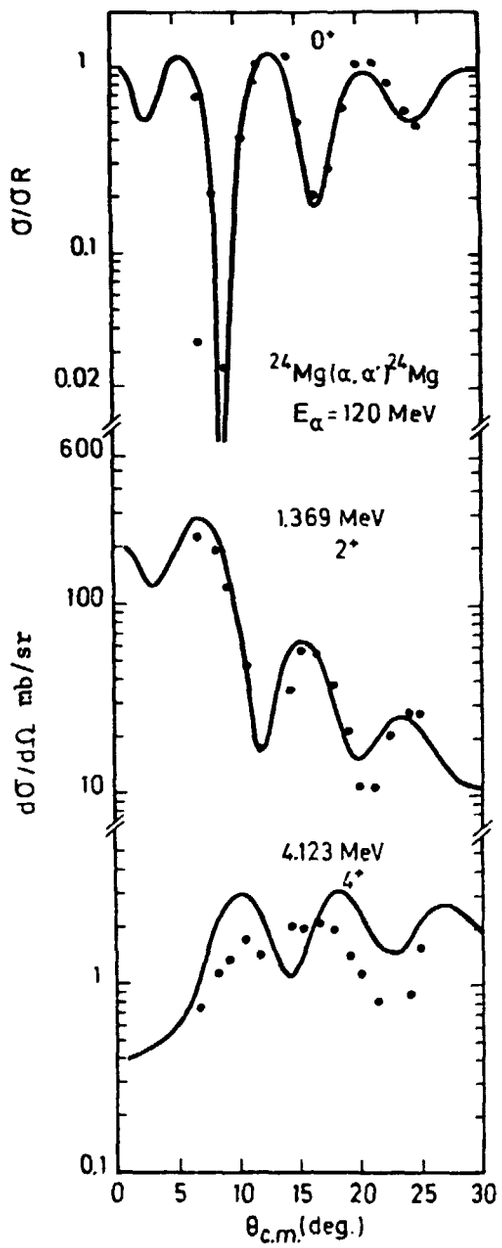


FIGURE C-II-1

Diffusion de particules α par le noyau ^{24}Mg : comparaison théorie-expérience.

C-II-2-Calcul en modèle rotation-vibration de la diffusion inélastique de neutrons par ^{24}Mg.

(J.P. DELAROCHE)

Neutron inelastic scattering from ^{24}Mg analysed with the rotation-vibration model.

Measurements of neutron inelastic scattering from ^{24}Mg performed at Bruyères-le-Châtel were analysed in the framework of the coupled channel optical model associated to the rotation-vibration bound state model.

Des mesures de diffusion de neutrons ont été effectuées récemment à Bruyères-le-Châtel pour quelques noyaux déformés de la couche s-d (cf. Chap. B-I-2). Ces mesures ont été interprétées dans le cadre du modèle optique en voies couplées en utilisant les modèles conventionnels d'états liés du type rotationnel et vibrationnel. En ce qui concerne la cible ^{24}Mg une analyse complémentaire a été faite au moyen du modèle d'état lié du type rotation-vibration. Les calculs correspondants reproduisent aussi bien les mesures que ceux basés sur une image physique du noyau très différente le considérant comme un rotor asymétrique.

C-II-3-Spectroscopie des isotopes de Sélénium (A = 70-80) à l'aide du modèle des bosons en interaction (version IBM-2).

(J.P. DELAROCHE, Ph. DUVAL*).

Spectroscopy of Selenium isotopes (A = 70-80) analysed with the interacting boson model (IBM-2 version).

In view to examining the possibility of a systematics in the mass region of Zn, Ge and Se nuclei a previous study was completed by the IBM-2 interpretation of E0, M1 and E2 transitions associated to a set of Se isotopes.

L'étude décrite dans le rapport annuel précédent [1] et présentée à la Conférence d'Amsterdam [2] a été complétée de façon à rendre compte avec un minimum de paramètres des transitions E2, mais aussi E0 et M1. Ce travail complémentaire a été entrepris en vue de cerner les limites possibles du modèle IBM-2 dans cette région de masses et de dégager une systématique pour les noyaux Zn, Ge et Se. Il a aussi bénéficié d'une coopération avec des Physiciens de SACLAY (ALS) et de la Faculté d'Orsay.

REFERENCES

[1] - Note CEA-N-2343, NEANDC (E) 229 "L" (1983) p. 136.

[2] - J.P. DELAROCHE, M. GIROD, Ph. DUVAL, Contribution à l'"International Conference on Nuclear Structure" AMSTERDAM, 30 Août-3 Septembre 1982.

---

* Collaborateur Temporaire Etranger (Carnegie-Mellon University, PITTSBURGH, USA).

C-II-4-Potentiel spin-orbite dans l'interaction neutron-noyau[+].

(J.P. DELAROCHE).

Spin-orbit potential in the neutron-nucleus interaction

A number of analyzing powers Ay (θ) and differential cross sections σ (θ) measured in USA (T.U.N.L.) for scattering of about 10 MeV neutrons were analyzed with the optical model. In these calculations the major concern was to study the spin-orbit interaction. The need for an imaginary spin-orbit term has been stressed, and an ambiguity found between the deformation of the real spin-orbit potential and the strength of the imaginary spin-orbit potential has been reduced.

les analyses par modèle optique sphérique et déformé d'un ensemble de mesures de pouvoirs d'analyse Ay (θ) et de sections efficaces différentielles σ (θ) obtenues au laboratoire TUNL (USA) pour la diffusion de neutrons au voisinage de 10 MeV (notamment sur les cibles ^{208}Pb, $^{54,56}Fe$, $^{63,65}Cu$) ont abouti aux conclusions principales suivantes :

- le potentiel spin-orbite neutron a sensiblement la même géométrie que le potentiel spin-orbite proton,

- le caractère complexe de l'interaction spin-orbite neutron-noyau se confirme même à ces énergies relativement basses,

- il existe une ambiguité, que ces études ont permis de réduire, entre la déformation du potentiel spin-orbite réel et la profondeur du potentiel spin-orbite imaginaire.

[+] Travail effectué en collaboration avec le laboratoire TUNL (USA).

Les 2 publications récentes [1], [2] ont permis de détailler une partie des résultats acquis.

REFERENCES

[1] - J.P. DELAROCHE, C.E. FLOYD, P.P. GUSS, R.C. BYRD, K. MURPHY, G. TUNGATE R.L. WALTER, "Complex Spin-orbit potential for $^{208}Pb(n,n)^{208}Pb$ at 10 MeV", Phys. Rev. C28, 1410 (Sept. 1983).

[2] - C.E. FLOYD, P.P. GUSS, R.C. BYRD, K. MURPHY, R.L. WALTER, J.P. DELAROCHE, "Spin-orbit potential properties derived from measurements of analysing powers for neutron scattering from ^{54}Fe and ^{65}Cu", Phys. Rev. C28, 1498 (Oct. 1983).

C-II-5-Analyses de la diffusion (n,n') sur $^{76,80}Se^{+}$.

(J.P. DELAROCHE).

Analysis of (n,n') scattering from $^{76,80}Se$.

Differential cross sections for elastic and inelastic scattering of 8 and 10 MeV neutrons from $^{76,80}Se$ measured at TUNL (USA) were analyzed in a coupled-channel framework in which different collective models for the levels of the Se nuclei were tested. Emphasis was placed on the study of inelastic scattering to the first excited 4^{+} and 3^{-} states and second excited 2^{+} states in each nucleus. Deformation parameters were extracted and discussed. No single collective model is adequate to describe simultaneously all of the observations, but previously reported anomalies in the deformation parameters and isovector absorption term of the optical potential have been removed.

Le but de ce travail a été de mieux comprendre les propriétés du potentiel optique isovecteur et d'estimer la valeur de paramètres de déformation à partir de nouvelles mesures de diffusion (n,n') effectuées à 8 MeV et à 10 MeV sur les isotopes ^{76}Se et ^{80}Se. L'étude présente, qui tient compte de l'excitation des états à 2 phonons quadrupolaires et des états octupolaires, constitue une extension importante des précédentes mesures de diffusion effectuées à BRC [1], et complète les investigations de la réaction (p,n) de la référence [2] et le travail récent [3] effectué sur les diffusions ($\vec{p}$,p'). Il a été montré qu'une base de couplage élargie doit effectivement être considérée dans les calculs en voies couplées pour rendre compte de façon cohérente des résultats de diffusion (p,p') et (n,n') à des énergies incidentes comparables. Plusieurs modèles ont été envisagés pour la représentation des états collectifs de ces noyaux qui appartiennent à une zône de masses où la structure de ces états est encore mal comprise. Comme confirmation des résultats de l'étude [3], il a été trouvé qu'aucun de ces modèles ne conduit à une description simultanée très satisfaisante de l'ensemble des mesures (n,n') à présent à notre dispopsition, ce qui confirme la nature complexe des états étudiés qui ne sont pas de simples vibrateurs comme il est coutume de les considérer. De plus il a été trouvé que les paramètres de déformation quadrupolaire déduits des données (p,p') et (n,n') sont sensiblement égaux, résultat inattendu pour des noyaux voisins d'une couche fermée en neutrons (N = 50).

Les résultats présents seront détaillés dans l'article à paraître [4].

REFERENCES

[1] - J. LACHKAR, M.T. McELLISTREM, G. HAOUAT, Y. PATIN, J. SIGAUD, F. COCU, Phys. Rev. C14 (1976) 933.

[2] - C. WONG, S.M. GRIMES, C.H. POPPE, V.R. BROWN, V.A. MADSEN, Phys. Rev. C26 (1982) 889.

[3] - J.P. DELAROCHE, R.L. VARNER, T.B. CLEGG, R.E. ANDERSON, B.L. BURKS, E.J. LUDWIG, J.F. WILKERSON, Nucl. Phys. A414 (1984) 113.

[4] - R.G. KURUP, R.W. FINLAY, J. RAPAPORT, J.P. DELAROCHE, "Strong coupling and isospin effects in neutron scattering from $^{76\ 78}$Se", accepté pour publication dans Nucl. Phys. C.

+ Travail effectué en collaboration avec le laboratoire de l'Université de l'Ohio, ATHENS (USA).

C-II-6-Analyse de la diffusion $^{12}C(n,n')$ entre 20 et 26 MeV+.

(J.P. DELAROCHE).

Analysis of the $^{12}C(n,n')$ scattering in the energy range 20 MeV - 26 MeV.

A coupled-channel optical model analysis has been undertaken for interpreting recent measurements performed at the University of Ohio of neutron scattered from the 0^+, 2^+, 0^+_2, 3^-, 1^-, 4^+ states of ^{12}C in the energy range 20-26 MeV. In order to fully describe the differential cross sections for all these states, form factors must be introduced into ECIS 79 externally.

Les mesures de sections efficaces différentielles analysées dans le cadre du modèle optique en voies couplées concernent plusieurs états (0^+, 2^+, 0^+_2, 3^-, 1^-, 4^+) du ^{12}C pour lesquels plusieurs modèles ont été testés [1]. Alors que les états 0^+, 2^+, 4^+ peuvent être décrits par un modèle rotationnel,

les données relatives aux états 3^-(9,6 MeV) et 0_2^+ (7,6 MeV) ne correspondent, respectivement, ni à la vibration octupolaire suggérée ni à une vibration β. Afin de décrire complètement les sections différentielles mesurées, une étude est en cours sur les facteurs de forme qui doivent être construits et injectés dans le programme utilisé ECIS 79 [2].

REFERENCES

[1] - A.S. MEIGSONI, J.S. PETLER, R.W. FINLAY, J.P. DELAROCHE, Contribution au "Meeting of the American Society", 13-15 Oct. 1983.

[2] - J. RAYNAL (Saclay), ECIS 79 (non publié).

+ Travail effectué en collaboration avec l'Université de l'Ohio (USA).

C-III-APPLICATIONS DES THEORIES SELF-CONSISTANTES.
APPLICATIONS OF SELF-CONSISTENT THEORIES.

C-III-1-Calculs self consistants de la réponse nucléaire pour les noyaux à couches fermées.

(J. DECHARGE, L. SIPS*).

Self consistent calculations of nuclear response for closed shell nuclei.

A fully self-consistent calculation of nuclear response in the giant resonance region for closed-shell nuclei ^{16}O through ^{208}Pb is presented. The finite-range density-dependent interaction D1 has been utilized. Particular attention has been give to the momentum transfer dependence and thus the electromagnetic transition operator exp ($i\vec{q}.\vec{r}$) has been considered. Corresponding energy-weighted sum rules have been evaluated to ascertain the relevance of the calculated response. The correctness of transition densities for known resonances has made it possible to suggest the existence of several other resonances in the higher frequency region presently accessible experimentally.

Dans ce travail [1] un calcul entièrement self consistant de la réponse nucléaire dans la région des résonances géantes a été effectué pour les noyaux à couches fermées ^{16}O, ^{40}Ca, ^{48}Ca, ^{90}Zr et ^{208}Pb. L'interaction effective, de portée finie, D1 a été utilisée. Une attention particulière a été portée à la dépendance en moment de transfert q. L'opérateur électromagnétique ~ exp ($i\ \vec{q}.\vec{r}$) a été choisi en raison de sa simplicité. Les

---

* Collaborateur Temporaire Etranger, ZAGREB (Yougoslavie).

règles de somme, en particulier la règle de somme EWSR, ont été evaluées pour s'assurer de la validité de la réponse. L'accord avec les mesures de densités de transition pour les résonances connues, permet de suggérer l'existence de plusieurs autres résonances dans les régions de haute fréquence qui deviennent maintenant accessibles à l'expérience.

REFERENCES

[1] - J. DECHARGE, L. SIPS, Nuclear Physics A407 (1983), 1-28.

C-III-2-Nouvelle méthode de calculs Hartree-Fock en physique atomique.

(J. DECHARGE).

New Hartree-Fock calculations in atomic physics.

A new atomic Hartree-Fock code has been built up using a method already employed in nuclear physics. This method lies on a separable development of the particle-particle interaction when calculating two body matrix elements in a mixed harmonic oscillator basis. In a first step, the calculkations are limited to the non relativistic case. The results obtained are as precise and reliable as the best ones obtained by other current methods. The compmutational time is also comparable. In addition, the properties of atoms in the presence of an external field, can be easily described in the harmonic oscillator basis. Finally, in such a representation the study of the equation of state for the atoms at non zero temperature can be undertaken.

Un code de calcul Hartree-Fock, utilisant une technique employée en physique nucléaire, a été mis au point pour les atomes [1]. Cette technique

basée sur un développement séparable de l'interaction particule-particule, permet un calcul rapide des éléments de matrice de cette interaction. Dans une première étape nous nous sommes limités au cas non relativiste. La qualité des résultats obtenus est comparable à celle des calculs Hartree-Fock qui font référence actuellement. Les temps de calculs obtenus par cette méthode sont également très raisonnables. De plus, les propriétés de l'atome en présence d'un champ extérieur, peuvent être facilement décrites dans le système de fonctions d'ondes de base de l'oscillateur harmonique, utilisé dans cette méthode. Enfin, une telle représentation est également bien adaptée à l'étude de l'équation d'état des atomes à température non nulle.

REFERENCE

[1] - J. DECHARGE, Rapport Interne DO 83101 (1983).

C-III-3-Spectroscopie nucléaire comme test de l'interaction effective - Effets de l'appariement.

(M. GIROD, D. GOGNY).

Nuclear spectroscopy as a test of the effective interaction - Pairing effects.

Results from Hartree-Fock-Bogoliubov + Bohr Hamiltonian calculations using the D1 effective interaction give some discrepancies in the level energies. A change of the pairing properties of D1 seems to improve the results. The effects on the inertia parameters are discussed.

Nous avons poursuivi l'étude de la spectroscopie des noyaux par résolution du hamiltonien de BOHR. Les résultats obtenus sur les isotopes de Nickel, Germanium, Samarium révèlent un accord d'ensemble assez satisfaisant

avec les données expérimentales. Toutefois on peut constater des déviations systématiques par rapport à ces données en ce qui concerne les niveaux d'énergie, à savoir :

- les bandes rotationnelles sont trop dilatées,
- les têtes de bandes vibrationnelles 0^+ sont à trop haute énergie (cf. par exemple la figure C-III-3-1 concernant le noyau ^{152}Sm).

Les grandeurs intervenant dans le hamiltonien de BOHR sont : le potentiel collectif $V(\beta,\gamma)$ que nous calculons à l'approximation Hartree-Fock-Bogoliubov (HFB) avec l'interaction effective D1, les masses collectives qui gouvernent l'énergie cinétique de vibration et les moments d'inertie qui gouvernent l'énergie cinétique de rotation.

Les déviations systématiques constatées semblent indiquer que les moments d'inertie et les masses collectives ainsi calculées sont trop faibles. La seule façon d'agir sur ces grandeurs, qui ne dépendent ici d'aucun paramètre ajustable, est de modifier l'interaction elle-même.

L'interaction D1 a donné d'excellents résultats dans les noyaux sphériques traités aux approximations HF et HF + RPA où l'appariement ne joue aucun rôle. Pour préserver ces résultats nous n'avons modifié que les propriétés d'appariement de D1. Il existe peu de grandeurs expérimentales permettant de donner des indications quantitatives sur l'intensité des corrélations d'appariement. La Figure C-III-3-2 montre les différences d'énergies de liaison de noyaux voisins pair-impair expérimentales et calculées pour les isotopes d'étain. On voit que la courbe D1 est nettement au-dessus de l'expérience ce qui semble indiquer que les corrélations d'appariement sont un peu fortes. En fait d'autres effets peuvent venir atténuer ces différences, mais on ne possède que des indications non quantitatives. La courbe "D1A" qui correspond à l'interaction D1 modifiée, est à présent très proche de l'expérience. Cela signifie que l'on a, d'une certaine façon, pris en compte les effets collectifs dans l'ajustement de la force effective.

Cette diminution des corrélations d'appariement se traduit par une augmentation très substantielle à la fois des masses collectives

(Figure C-III-3-3) et des moments d'inertie (Figure C-III-3-4) et aussi, dans certains cas, par une modification de la surface d'énergie potentielle $V(\beta,\gamma)$ (Figure C-III-3-5).

Dans le cas du ^{152}Sm dont nous montrons les résultats, ces corrections vont toutes dans le bons sens : la bande rotationnelle sera plus comprimée, l'énergie du deuxième 0^+ sera plus faible, la déformation dynamique sera plus forte.

Dans le cas, très différent, du ^{58}Ni où nous trouvons avec l'interaction D1 une déformation dynamique trop forte, la nouvelle force D1A modifie aussi l'énergie potentielle $V(\beta,\gamma)$ dans le bon sens, c'est-à-dire celui d'une diminution de la déformation.

Il semble donc, à la lumière de ces résultats et de ceux également obtenus sur d'autres noyaux, que l'étude systématique de la spectrométrie nucléaire peut apporter des indications précieuses sur les propriétés de l'interaction effective qui sont encore mal connues. Celà ne peut qu'augmenter la fiabilité de nos calculs microscopiques dans les régions inaccessibles à l'expérience.

C-III-4-Approche de la dynamique collective dans le phénomène de fission.

(J.F. BERGER, D. GOGNY, B. DUCOMET).

Collective dynamics approach to the fission phenomena

A time dependent two-dimensional dynamics model using the potential energy surface and inertia tensor deduced from our constrained Hartree-Fock-Bogoliubov study of fissionning nuclei, has been applied to the description of the scission process in the ^{240}Pu low energy fission. Preliminary results fully confirm the analysis given previously concerning the mechanism of scission and the origin of cold fission events

La description microscopique de la fission que nous proposons depuis quelques années repose essentiellement sur l'étude détaillée des surfaces d'énergie potentielle (S.E.P.) nucléaires résultant de nos calculs auto-consistants. Ainsi, une analyse de l'évolution collective tenant compte des structures (vallées, barrières) présentes dans ces surfaces, nous a permis d'expliquer des aspects fondamentaux du phénomène comme, par l'exemple, l'asymétrie en masses des fragments de fission, le mécanisme de la scission et l'existence des événements de "fission froide" [1].

Une approche de la dynamique de la fission fondée uniquement sur l'examen du S.E.P. n'est cependant pas complètement satisfaisante : d'une part, l'information obtenue est en grande partie qualitative ; d'autre part, l'influence des effets dynamiques - par exemple ceux provenant des variations de l'inertie collective - ne peut être appréciée que très approximativement. Ainsi, les résultats de l'analyse des S.E.P. par la méthode quasi-statique doivent-ils être complétés par une estimation quantitative incluant explicitement la dynamique du phénomène.

Dans cette optique, nous avons d'abord tenté de généraliser l'approche quasi-statique à l'aide des techniques de l'intégrale fonctionnelle qui ont fait l'objet d'études par B. DUCOMET [2]. L'objectif était d'inclure les effets dynamiques à l'approximation semi-classique. La méthode s'est révélée, en fait, difficilement exploitable dans nos cas de dynamique multidimensionnelle : le potentiel collectif n'étant pas séparable et les inerties collectives étant variables, les trajectoires classiques doivent être déterminées numériquement. De plus, la nature des trajectoires dans les zônes classiquement interdites et la prescription à adopter pour sélectionner les plus "utiles" ne sont bien connues que dans le cas monodimensionnel. Ce type d'obstacles montre que l'approximation semi-classique n'apporte pas de simplification notable dans la résolution des équations dynamiques multidimensionnelles. Aussi, avons-nous préféré aborder le problème de la dynamique collective de la fission d'un point de vue complètement quantique.

Nous n'entrerons pas dans les détails de notre approche quantique du mouvement collectif. Mentionnons simplement qu'elle suppose l'évolution collective adiabatique. Grâce à cette hypothèse, la détermination de l'état

dynamique $\phi(t)$ du système se ramène à celle d'une fonction d'onde collective $\chi(t)$, définie dans l'espace des paramètres collectifs $q \equiv (q_1, q_2 \ldots\ldots)$, et obéissant à une équation de SCHRODINGER dépendante du temps :

$$i\hbar \frac{\delta \chi(q,t)}{\delta t} = H_{coll}(q)\ \chi(q,t) \qquad (A)$$

Le hamiltonien collectif H_{coll} comprend d'une part un terme d'énergie cinétique incluant le tenseur des inerties collectives, d'autre part le potentiel collectif représenté par la S.E.P. Ces ingrédients étant tous deux donnés, dans notre approche, par la théorie Hartree-Fock-Bogoliubov avec contraintes, la résolution de l'équation (A) détermine complètement l'état dynamioque du système.

Comme première application de cette méthode, nous avons commencé à étudier le comportement dynamique du noyau ^{240}Pu au voisinage de la scission. Nous supposons l'évolution collective gouvernée par deux paramètres : l'élongation du noyau q_2 et la variable de striction q_4. Le hamiltonien collectif H_{coll} est construit à partir du potentiel $V(q_2,q_4)$ et du tenseur d'inertie $B_{ij}(q_2,q_4)$ obtenus lors de l'étude microscopique des configurations de scission du ^{240}Pu [1]. Pour résoudre l'équation (A), dans ce cas, nous avons d'abord effectué un changement de variables $(q_2,q_4) \rightarrow (x,y)$) de façon à rendre le tenseur d'inertie B diagonal. Cette transformation (non linéaire) fournit un hamiltonien collectif :

$$\hat{\mathcal{H}} = -\frac{\hbar^2}{2M}\frac{\delta^2}{\delta x^2} - \frac{\hbar^2}{2My(x)}\frac{\delta^2}{\delta y^2} + \mathcal{V}(x,y)$$

proche de la forme habituelle. La fonction d'onde collective $\chi(x,y,t)$ a ensuite été calculée par pas de temps successifs en discrétisant l'équation de propagation :

$$\chi(x,y,t + \Delta t) = e^{\frac{\Delta t}{i\hbar}\hat{\mathcal{H}}} \chi(x,y,t)$$

dans un domaine fini du plan (x,y) correspondant à la région de scission. Pour éviter les réflexions de la fonction d'onde χ sur les bords du domaine fini, nous avons utilisé une technique empirique d'absorption de la fonction d'onde revenant à ajouter au hamiltonien $\hat{\mathcal{H}}$ un potentiel imaginaire . Nous avons choisi comme condition initiale $\chi(x,y,t = 0)$ un paquet d'ondes gaussien dont l'énergie moyenne se situe au voisinage du seuil de fission. Les premiers résultats obtenus dans ce cadre dynamique confirment en tous points les conclusions de l'analyse quasi-statique :

- la région de scission la plus probable se situe à l'endroit où la barrière de striction est très petite (plus de 95% de probabilité),

- les temps moyens d'évolution entre point selle et point de scission sont relativement longs ($\sim 10^{-20}$ s), ce qui justifie l'hypothèse adiabatique,

- une partie du paquet d'ondes (moins de 5%) passe par effet tunnel à travers la barrière de striction. La raison de cette décroissance semble essentiellement d'origine dynamique. En effet, la vitesse d'étalement du paquet d'ondes dans la vallée de fission se trouve être comparable à sa vitesse moyenne de propagation. La partie arrière du paquet d'ondes est, par conséquent, quasi-stationnaire dans cette vallée et peut décroître progressivement à travers la barrière,

- une proportion faible mais non négligeable du paquet d'ondes franchit la barrière de striction dans la zône où l'énergie de déformation des fragments de fission est petite, c'est-à-dire dans la région donnant naissance à des évènements de "fission froide". En fixant l'énergie d'excitation maximum des fragments à 10 MeV, nous trouvons cette proportion égale à 10^{-3} environ, ce qui est de l'ordre de grandeur des mesures expérimentales.

REFERENCES

[1] - Compte rendu annuel pour 1982, Rapport CEA-N-2343, NEANDC (E) 229 "L" (Mai 1983), p. 146 ;
voir aussi :
J.F. BERGER, M. GIROD, D. GOGNY, J. de Physique Lettres 42, n° 23 (1981) L 509, et C.R.A.S. T. 293, série II du 26.10.1981.

[2] - B. DUCOMET, cf. Réf. [1], et rapport interne.

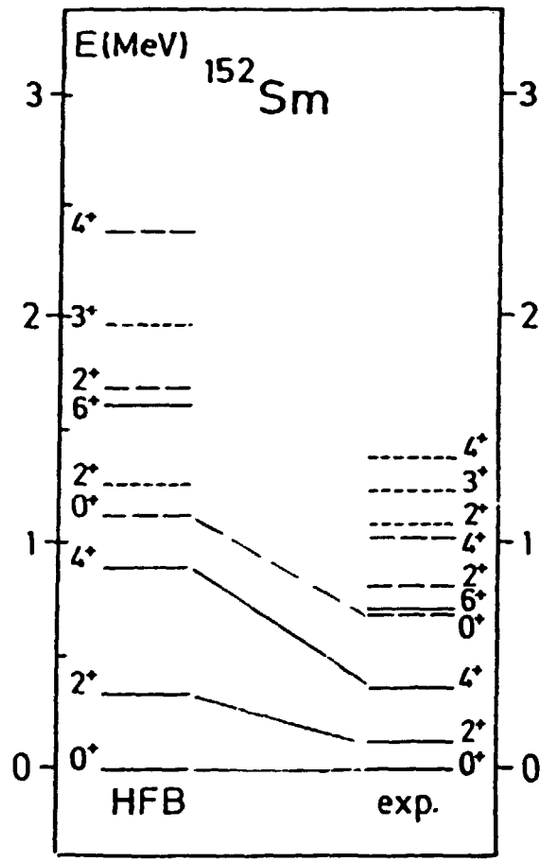


FIGURE C-III-3-1

Comparaison des niveaux calculés et expérimentaux du ^{152}Sm.

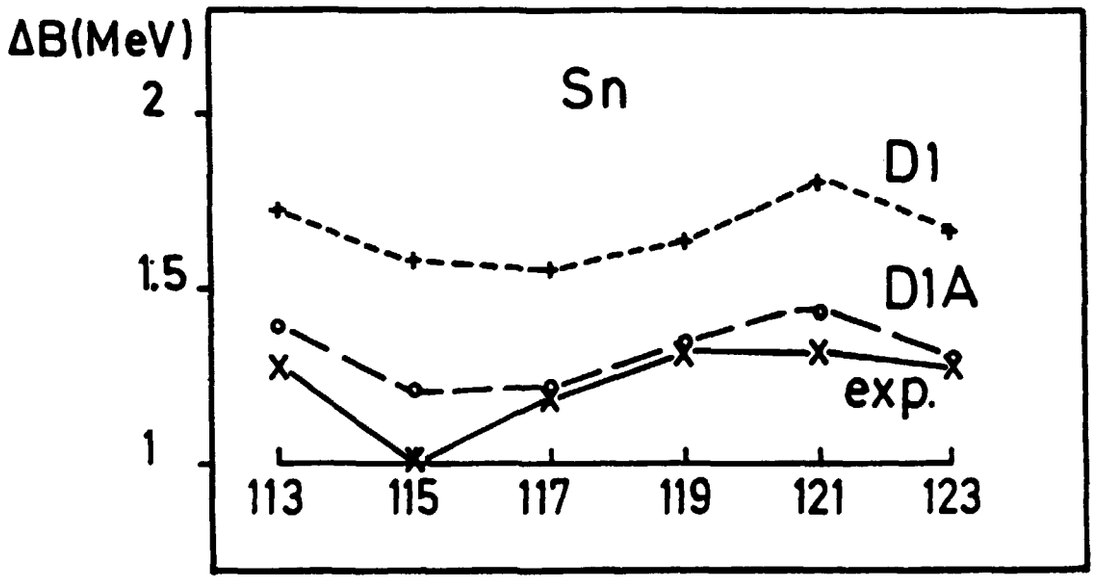


FIGURE C-III-3-2

Différences de masses pair-impair des isotopes de l'étain calculées avec les interactions D1 et D1A et comparées aux valeurs expérimentales.

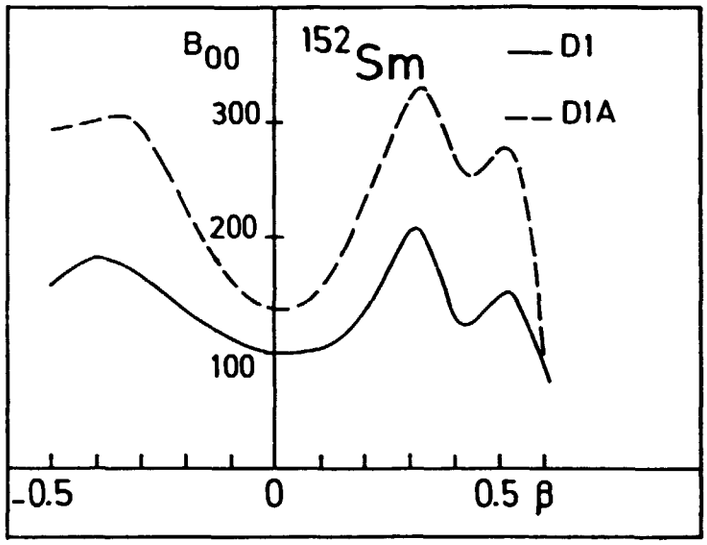


FIGURE C-III-3-3

Paramètre de masse β_{00} calculé en fonction de la déformation quadrupolaire β avec les interactions effectives comparées D1 et D1A.

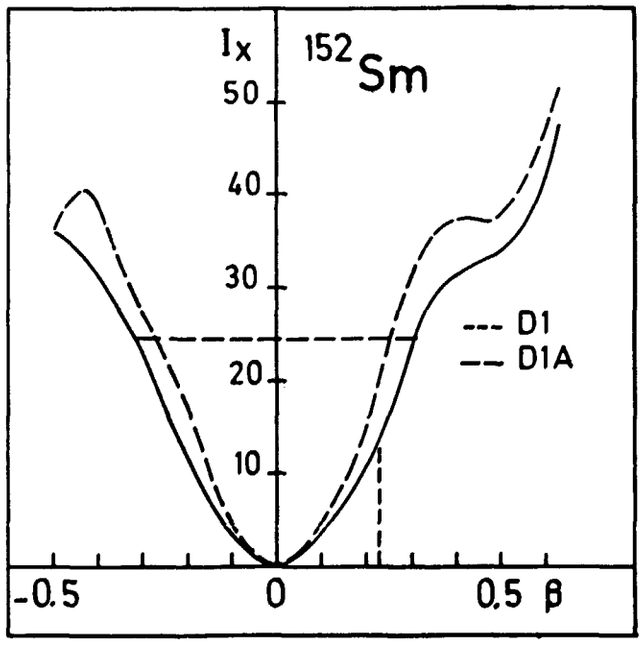


FIGURE C-III-3-4

Momen[illegible] calculé en fonction de la déformation quadrupo[illegible] es interactions effectives comparées D1 et D1A

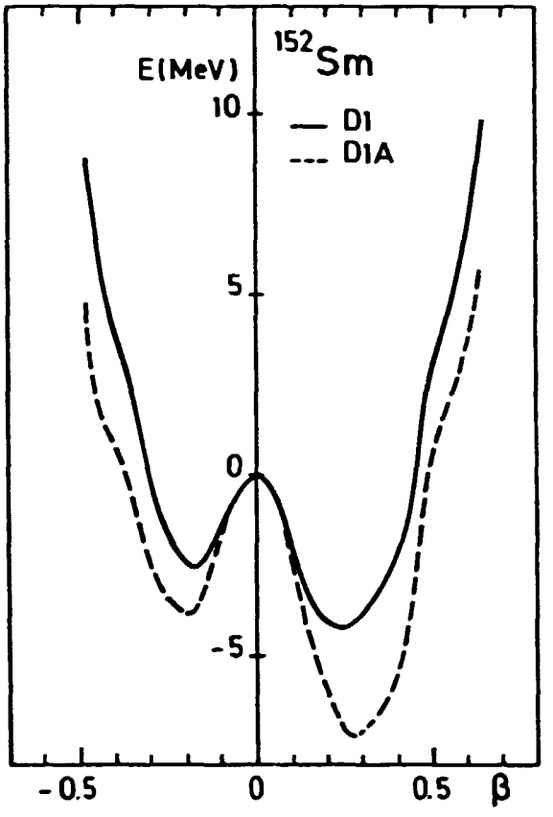


FIGURE C-III-3-5

Energie potentielle calculée en fonction de la déformation axiale β avec les interactions effectives comparées D1 et D1A.

PARTIE D :

METHODES MATHEMATIQUES

ET

ASTROPHYSIQUE

D-1-Une équation de type BETHE-SALPETER renormalisée "non perturbative" pour la fonction à 4 points en théorie des champs +.

(B. DUCOMET)

A non perturbational BETHE-SALPETER type equation renormalized for the $_4\Phi$ function

The aim of the present work is to study a new BETHE-SALPETER equation, which has the nice feature to be renormalized (in the B.P.H.Z. scheme), and non perturbative.

L'équation de BETHE-SALPETER (B.S.) a été beaucoup utilisée pour étudier le problème relativiste à 2 corps en théorie quantique des champs (cf [1]).

Récemment [2,3] des travaux "axiomatiques" ont montré que l'incorporation de la complétude asymptotique dans l'équation de B.S. régularisée conduisait à de remarquables propriétés analytiques de l'amplitude de diffusion F à deux corps traduisant une régularité accrue pour G, le noyau 2-particules-irréductibles (2.p.i) correspondant.

Le but du présent travail est d'examiner le cas renormalisé, qui devrait donner des renseignements encore plus précis sur la structure de F. Dans un premier temps, nous nous sommes limité à établir une nouvelle équation jouant le rôle de l'équation de B.S., et à l'étudier dans l'euclidien.

+ Travail effectué en collaboration avec J. BROS, Service de Physique Théorique, Centre d'Etudes Nucléaires de SACLAY.

Une application éventuelle de cette étude pourrait être la suivante : si, par des considérations d'ordre phénoménologique, on se donne un type de noyau 2-p.i : G, on peut espérer tirer de l'étude de cette équation renormalisée des renseignements sur l'amplitude F qui n'est autre que le "vertex d'interaction" effectif associé à G.

REFERENCES

[1] - N. NAKANISHI, A general survey of the theory of the BETHE-SALPETER equations, Suppl. of the Prog. of Theo. Phys. n° 43 (1969).

[2] - J. BROS, D. PESENTI, J. de Math. Pures et Appl. 58, (1980), 375.

- J. BROS, D. PESENTI, J. de Math. Pures et Appl. 62, (1983), 215.

[3] - J. BROS, Acta Phys. Austr. Suppl. XXII (1981), 329.

- J. BROS, Boulder Conference (Aug. 1983).

- J. BROS, Cours de Lausanne (1979).

D-2-Etude des propriétés du vide de la chromodynamique quantique à partir d'une interaction effective entre les gluons.

(M. DANOS*, D. GOGNY, D. IRICANE).

Model for the QCD vacuum from an effective interaction between gluons

By treating the high-momentum gluon and the quark sector as an in principle calculable effective Lagrangian we obtain a non perturbative vacuum state for QCD as an infrared gluon condensate. This vacuum is removed from the perturbative state by an energy gap and supports a Meissner-Ochsenfeld effect. It exhibits all the properties required for color confinement..

Les constituants élémentaires des hadrons sont les quarks dont les nombres quantiques sont le spin et la saveur. L'antisymétrisation de la fonction d'onde des baryons nécessite l'introduction d'un nouveau nombre quantique : la couleur. Chaque quark possède 3 états de couleurs distinctes et une nouvelle symétrie est postulée : le groupe SU (3) couleur dont les représentations "singulet" sont les états physiques.

La dynamique des quarks vis à vis du groupe SU (3) couleurs est décrite par la théorie de la chromodynamique quantique (Q.C.D.). Cette dernière est une théorie de YANG-MILL pour le groupe SU (3). L'électrodynamique (Q.E.D.) est l'exemple le plus simple de cette classe de théories. Ces dernières postulent une invariance de jauge locale qui implique l'existence d'un boson médiateur de l'interaction (les photons pour Q.E.D. et les gluons pour Q.C.D.). Grossièrement les gluons se distinguent des photons par le fait que ce sont des particules chargées qui interagissent donc entre

---

* Collaborateur Temporaire Etranger, Washington National Standard (U.S.A.).

elles. Deux propriétés fondamentales sont attendues de Q.C.D. La première est la liberté asymptotique que les techniques habituelles de perturbation reproduisent bien (matrice S, graphes de Feynman, ...). La seconde propriété est le confinement qui conduit à l'impossibilité d'isoler un quark de son hadron d'origine. Ce phénomène résulte de la haute non-linéarité des équations du mouvement de Q.C.D. et ne peut donc pas être obtenu par une analyse perturbative du problème.

En s'inspirant des techniques non perturbatives déjà développées en physique nucléaire à BRC, nous proposons [1] une construction explicite du vide de Q.C.D. impliquant directement le confinement. En effet notre démarche nous permet de démontrer l'hypothèse très répandue de l'existence de 2 vides : le vide $|0\rangle$ dit perturbatif contenu à l'intérieur des hadrons et le vide physique $|V\rangle$ extérieur aux hadrons dans lequel quarks et gluons ne pourraient pénétrer. Une telle situation évoque la supraconductivité où l'effet MEISSNER montre qu'un champ magnétique faible est expulsé de tout matériau supradonducteur. L'idée est alors de traiter le vide physique $|V\rangle$ comme un état supraconducteur.

Pour concrétiser cette idée nous avons postulé pour Q.C.D. un hamiltonien effectif H dont l'ingrédient essentiel est l'existence d'une voie attractive pour les gluons dits "mous" (c'est-à-dire ceux dont la longueur d'onde est grande). Dès lors il suffit de se donner un espace variationnel pour minimiser H et obtenir ainsi son fondamental : le vide $|0\rangle$. Or le type de fonction d'essai conduisant (pour les fermions) à la condensation est bien connu [2]. On peut étendre ce formalisme aux bosons [3]. Nous obtenons alors des fonctionnelles de Bogoliubov sur lesquelles nous minimisons H. Les résultats obtenus sont les suivants :

- nous connaissons la forme explicite du vide physique $|V\rangle$,
- son énergie calculée par rapport à $|0\rangle$ est bien négative et nous donne la valeur de la constante B du sac du MIT,
- il existe un gap strictement positif qui représente l'énergie de la plus basse excitation possible au-dessus de $|V\rangle$. Rappelons que nous sommes partis de gluons sans masse dont le spectre, continu à partir de 0, ne contient pas de gap,

- grâce à ce gap nous obtenons l'effet Meissner. En effet tout gluon émis d'une région où règne le vide $|0\rangle$ est expulsé de $|V\rangle$ suivant une loi exponentielle assurant ainsi le confinement des gluons.

Ces résultats justifient notre conception de confinement mais restent essentiellement qualitatifs. Pour obtenir des résultats plus près de l'expérience (spectre et diffusivité des hadrons, potentiel effectif entre quarks, ...) il suffit de passer de la base des ondes planes à une base localisée (par exemple une base d'oscillateurs harmoniques). Seul l'aspect numérique est alors modifé. Nous reproduisons ainsi les ingrédients postulés dans la plupart des modèles phénoménologiques proposés pour le confinement : le sac du MIT, le modèle du sac soliton [4], la masse effective des quarks [5].

Il faut souligner qu'une telle étude réalise la fusion de plusieurs théories dont les théories de jauge relativiste, les transformations non perturbatives du problème à N corps (Hartree-Fock-Bogoliubov), la thermodynamique quantique des systèmes condensés.

En conclusion la construction explicite du vide de Q.C.D. que nous proposons nous permet d'apporter aujourd'hui une justification à l'idée déjà ancienne de l'existence d'un vide physique condensé, non perturbatif, pour Q.C.D. D'autre part la connaissance de ce vide peut déboucher rapidement sur des résultats plus concrêts basés sur des calculs microscopiques.

REFERENCES

[1] - M. DANOS, D. GOGNY, D. IRACANE, "Model for the non perturbative Q.C.D. vacuum", soumis pour publication.

[2] - BARDEEN - COOPER - SCHRIEFFER, Phys. Rev. 108, 1175.

[3] - D. GOGNY, J. DECHARGE, Description d'état fondamental dans le cadre des des théories self-consistantes, 5ième Session d'Etudes Biennale de Physique Nucléaire, AUSSOIS (Mars 1979).

[4] - FRIEDBERGER and LEE, Phys. Rev. D 14, 1 (1976).

[5] - K. KUANG and D.R. STUMP, Phys. Rev. D 15, 1 (1976).

D-3-Le coeur des amas globulaires.

(J.P. CHIEZE)

The cores of globular clusters.

We show that the region of a globular cluster where the two-body relaxation time is of the order of the dynamical time scale is just the isothermal core. An important consequence is that globular cluster's cores all exhibit the same total mass, $M_{core} \simeq 10^{3,7} M_{\odot}$, independently of their concentration class.

Le temps t_{2c} requis pour qu'une étoile de vitesse v_* échange l'énergie ΔE avec les étoiles environnantes de masses m_*, s'exprime à partir de la relation (voir Réfs. [1] et [2]) :

$$\Sigma \Delta E^2 = 8\pi n_c G^2 m_*^4 v_* \Gamma(v_*) \ln(0{,}35 N_c) t_{2c}$$

où G est la constante de gravitation universelle,

$\Gamma(x_*) \equiv \frac{1}{2x_*^2} \left[\text{erf}(x_*) - \frac{2x_*}{\sqrt{\pi}} e^{-x_*^2} \right]$ est une fonction introduite par CHANDRASEKHAR [1] dont l'argument x_* est proportionnel à la vitesse v_* de l'étoile considérée.

Afin de maintenir dans le coeur une distribution à l'équilibre collisionnel, une étoile typique du coeur doit échanger au cours de son mouvement l'énergie :

$$\Delta E = \tilde{\varepsilon} - \varepsilon$$

où $\tilde{\varepsilon}$ est l'énergie totale moyenne des étoiles <u>liées au coeur</u>
et $\varepsilon \equiv \frac{1}{2} v_*^2 + V(r)$ l'énergie totale de l'étoile en question.

Le temps de relaxation ainsi défini est égal à :

$$t_{2c} = \frac{j^{-3}\left[j^2(\tilde{\varepsilon} - \varepsilon)\right]^2}{32\pi\, G^2\, m_\star\, \rho_c\, x_\star\, \Gamma(x_\star)\, \ln(0.35\, N_c)} .$$

Dans cette expression ρ_c est la densité des étoiles dans le coeur, j est le module de précision défini par KING [3] et tel que la fonction de distribution stellaire au centre d'un amas s'écrive :

$$f(r = 0,\ v) = k \left[\exp(-j^2\varepsilon) - 1\right].$$

Par ailleurs le temps dynamique (ou temps mis par un étoile pour parcourir le coeur d'un amas de rayon r_c) est égal à :

$$t_d = \frac{r_c}{v_\star} = \frac{r_c j}{x_\star} .$$

Le rapport t_{2c}/t_d est directement proportionnel au produit $\rho_c r_c^3$ [3] :

$$\frac{t_{2c}}{td} = \frac{4\pi}{81} \cdot \frac{\Gamma(x_\star)\ \ln\ (0.35\ N_c)}{\left[j^2(\tilde{\varepsilon} - \varepsilon)\right]^2} \cdot \frac{\rho_c\, r_c^3}{m_\star} .$$

Si l'on définit le coeur par l'égalite $t_{2c} = t_d$, ce qui revient à dire que le coeur d'un amas globulaire constitue la région relaxée, on obtient numériquement :

$$\rho_c\, r_c^3 \simeq 4.95\ 10^3\ M_\odot .$$

Cette valeur est très peu sensible au paramètre de concentration des amas globulaires [3] .

Elle est en excellent accord avec la compilation des données sur les coeurs des amas globulaires effectuée par LIGHTMAN [4].

REFERENCES

[1] - S. CHANDRASEKHAR, Principles of Stellar Dynamics, the University of Chicago Press.

[2] - L. SPITZER, Jr., M.A.. HART, Astrophys. J. 164 p. 399 (1971) et Astrophys. J. 166 p. 483 (1971).

[3] - I.R. KING, Astron. J. 71, 1, p. 64 (1966).

[4] - A.P. LIGHTMAN, Astrophys. J. 263 : L19-L22 (1982).

D-4-Structure et dynamique du milieu interstellaire.

(J.P. CHIEZE).

Structure and Dynamics of the Interstellar Medium.

Main results from a thesis are given below.

Nous avons présenté sous ce titre une Thèse d'Etat (3 Mai 1983) dont les points essentiels sont [1] :

- la description auto-semblable de l'évolution des restes de Supernovae conductifs et adiabatiques, se développant dans un milieu évaporatif,

- la description des états d'équilibre du modèle de McKEE et OSTRIKER [2] pour différentes valeurs du taux local d'explosion de Supernovae, de leur énergie, et du paramètre d'évaporation [3],

- l'interprétation en termes de stabilité gravitationnelle et de fragmentation des relations de LARSON (1982) portant sur les corrélations entre la masse, le rayon et la dispersion de vitesse des nuages moléculaires et des fragments qu'ils contiennent, à savoir :

$$M \propto R^2 \propto \langle v^2 \rangle^2 .$$

REFERENCES

[1] - J.P. CHIEZE, Rapport CEA (à paraître).

[2] - C.F. McKEE, J.P. OSTRIKER, Astroph. J. 218, 148 (1977).

[3] - J.P. CHIEZE, B. LAZAREFF, Astron. Astrophys. 91, 290 (1980).

D-5-Modèle N-corps dissipatif de l'évolution des nuages moléculaires.

(J.P. CHIEZE)

Dissipative N body simulation of giant molecular clouds.

The dynamical evolution of clumps into giant molecular clouds has been examined by making use of a three dimensional N body code, including a refined treatment of collisions, allowing mass and momentum transfer between clumps, fragmentation and kinetic energy dissipation.

La structure et l'évolution des nuages moléculaires est dominée par la fragmentation. Le traitement hydrodynamique bidimensionnel des collisions dissipatives entre les divers fragments d'une même nuage [1] a pu être introduit dans le cadre d'une simulation à N corps (autogravitante) de l'évolution d'un grand complexe moléculaire (GMC). La durée de vie de GMC a pu être estimée à quelques centaines de millions d'années.

Ce travail a fait l'objet d'un Rapport de Stage de fin d'Etudes de l'Ecole Polytechnique, soutenu par MM. O. PEIRAT et F. MERCIER (1982). Il est actuellement poursuivi par M. RENARD, dans le cadre d'une Thèse de 3ième cycle (Université Pierre et Marie CURIE).

REFERENCE

[1] - J.P. CHIEZE, B. LAZAREFF, Astron. Astrophys. 91, 290 (1980).

PARTIE E :

BIBLIOGRAPHIE

PUBLICATIONS

(Documents émis ou publiés dans le Service P2N au cours de l'année 1983).

- Coupled-channel optical model calculations for evaluating neutron cross sections of odd-mass actinides.
  Ch. LAGRANGE, O. BERSILLON, D.G. MADLAND.
  Nuclear Science and Engineering, Vol. 83, p. 396-401 (1983).

- Triaxial Hartree-Fock-Bogoliubov calculations with D1 effective interaction.
  M. GIROD, B. GRAMMATICOS.
  Physical Review C, Vol. 27, N° 5, (1983), p. 2317.

- 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.
  Physics Letters, Vol. 122B, n° 5-6 (1983).

- 1) La formation des étoiles, 2) Les supernovae, 3) Les nuages moléculaires, 4) Le milieu interstellaire.
  J.P. CHIEZE.
  Grand Atlas de l'Astronomie, (Albin Michel) Encyclopedia Universalis (1983).

- Self-consistent calculations of nuclear response for closed shell nuclei.
  J. DECHARGE, L. SIPS.
  Nuclear Physics A407, N° 1,2 (1983), p. 1-28.

- Logarithmic asymptotic behaviour of the renormalized G-convolution product in four dimensional Euclidean space.
  B. DUCOMET.
  A paraître dans "Annales" de l'Institut Henri Poincaré".

- Semi-microscopic calculations of inelastic neutron scattering from heavy deformed nuclei.
  Ch. LAGRANGE, M. GIROD.
  Journal of Physics G, Vol.9 (1983), p.L 97 à L. 102

- Role of the gravitational instability and the interstellar medium pressure in the structure of molecular clouds.
  J.P. CHIEZE.
  A 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, O. HANSEN, F. VIDEBAECK, H.C. BRITT, B.H. ERKKILA, Y. PATIN, R.H. STOKES, M.P. WEBB, R.L. FERGUSON, F. PLASIL, G.R. YOUNG.
  Physical Review C, Vol. 28, n° 6 (Décembre 1983), p. 2299-2311.

- Structure et évolution du milieu interstellaire.
  J.P. CHIEZE.
  Thèse (Doctorat ès Sciences).

- Investigation of linear momentum transfer on the ^{20}Ne + ^{197}Au system at 30 MeV/A.
  G. NEBBIA, E. TOMASI, C. NGO, X.S. CHEN, G. LA RANA, S. LERAY, P. LHENORET, R. LUCAS, C. MAZUR, M. RIBRAG, C. CERRUTI, S. CHIODELLI, A. DEMEYER, D. GUINET, J.L. CHARVET, M. MORJEAN, Y. PRANAL, A. PEGHAIRE, L. SINOPOLI, J. UZUREAU, R. DE SWINIARSKI.
  Zeitschrift für Physik A Atoms and Nuclei 311, (1983), p. 247-248.

- States of ^{76}Ge via the (p,p') inelastic scattering at 22 MeV.
  B. RAMSTEIN, R. TAMISIER, L.H. ROSIER, P. AVIGNON, J.P. DELAROCHE.
  Nuclear Physics A411 (1983), p. 231-247.

- Linear momentum transfer investigated on the ^{20}Ne + ^{197}Au and ^{209}Bi systems at 30 MeV/n.
  G. LA RANA, G. NEBBIA, E. TOMASI, C. NGO, X.S. CHEN, S. LERAY, P. LHENORET, R. LUCAS, C. MAZUR, M. RIBRAG, C. CERRUTI, S. CHIODELLI, A. DEMEYER, D. GUINET, J.L. CHARVET, M. MORJEAN, A. PEGHAIRE, Y. PRANAL, L. SINOPOLI, J. UZUREAU, R. DE SWINIARSKI.
  Nuclear Physics A407, (1983), p. 233-254.

- On the transformation of angular scattering probabilities between reference systems : survey and numerical analysis.
  O. BERSILLON, A. SCHETT, B. CAPUT.
  Rapport NEANDC (E) 230 "L", INDC (FR) 59/L.

- Rapport d'activité de recherche dans le domaine des données nucléaires à BRC pour l'année 1982.
  P. FIGEAC
  dans le Rapport NEANDC (E) 242/L.

- Structure of low-lying states of $^{76,78,80,82}Se$ deduced from (p,p') scattering at 16 MeV.
  J.P. DELAROCHE, R.L. VARNER, T.B. CLEGG, R.E. ANDERSON, B.L. BURKS, E.J. LUDWIG, J.L. WILKERSON.
  A paraître dans "Nuclear Physics".

- Complex spin-orbit potential for $^{208}Pb(n,n)^{208}Pb$ at 10 MeV.
  J.P. DELAROCHE, C.E. FLOYD, P.P. GUSS, R.C. BYRD, K. MURPHY, G. TUNGATE, R.L. WALTER.
  Physical Review C, Vol. 28, n°3, (1983), p. 1410-1413.

- Spin-orbit potential properties derived from measurements of analyzing powers for neutron scattering from ^{54}Fe and ^{65}Cu.
  C.E. FLOYD, P.P. GUSS, R.C. BYRD, R. MURPHY, R.L. WALTER, J.P. DELAROCHE.
  Physical Review C, Vol. 28, n° 4 (1983), p. 1498-1503.

- Strong coupling and isospin effects in neutron scattering from $^{76,80}Se$.
  R.G. HURUP, R.W. FINLAY, J. RAPAPORT, J.P. DELAROCHE.
  A paraître dans "Nuclear Physics".

- OSIRIS : A runge hutta solver of systems of ordinary differential equations
  M. COLLIN, A. SCHETT.
  Rapport NEANDC (E) 231 "L" - INDC (FR) 61/L.

- Investigation of the ^{40}Ar + ^{197}Au, ^{198}Au systems at 44 MeV/n.
  S. LERAY, G. NEBBIA, C. GREGOIRE, G. LA RANA, P. LHENORET, C. MAZUR, C. NGO
  M. RIBRAG, E. TOMASI, S. CHIODELLI, J.L. CHARVET, C. LEBRUN.
  A paraître dans "Nuclear Physics".

COMMUNICATIONS

21° International Meeting on Nuclear Physics, BORMIO (Italie) du 24 au 29 Janvier 1983.

- On the existence of pear-shaped nuclei.
  J. BLONS, B. FABBRO, J.M. HISLEUR, J. JULIEN, C. MAZUR, Y. PATIN, D. PAYA, M. RIBRAG.
  CEA-CONF 6619.

7° Session biennale de Physique Nucléaire, AUSSOIS (France) du 14 au 18 Mars 1983.

- La spectroscopie nucléaire comme test de l'interaction effective au-delà de l'approximation Hartree-Fock.
  M. GIROD, D. GOGNY, B. GRAMMATICOS
  CEA CONF 6825, Proceedings de la Conférence S.8 (1983).

International Workshop on Atomic Physics for Ion Driven Fusion, ORSAY (France) du 21 au 25 Mars 1983.

- Heavy-ion particle beam interaction with a hot ionized target.
  R. DEI CAS, J. BARDY, M. RENAUD, J.P. LAGET, A. MENIER, C. DEUTSCH, M. CUHIER, R. BARCHEWITTZ, M. POUEY.
  CEA-CONF 6695, Journal de Physique Colloque C8, supplément au n° 11, tome 44, Novembre 1983, p. C8-179.

Meeting of the American Physical Society, BALTIMORE (USA) du 18 au 21 Avril 1983.

- Elastic and Inelastic scattering of 8 and 10 MeV neutrons from even-isotopes of Se.
  R.G. KURUP, R.W. FINLAY, J.P. DELAROCHE.

6th Tandem Conference, CHESTER (Grande Bretagne) du 18 au 22 Avril 1983.

- Improvement of the energy resolution of a T.O.F. neutron spectrometer by using a high energy R.F. buncher.
  R. DEI CAS, J. BARDY, A. COURTAIN, A. DANDINE, J.P. LAGET, Y. de PENQUER, J. POTTIER, P. JOUY, J.P. GUEGUEN.
  CEA-CONF 6694 (doit paraître dans N.I.M.).

1983 RCNP International Symposium on light Ion Reaction Mechanism , OSAKA (Japon) du 16 au 20 Mai 1983.

- Proton inelastic scattering by the even-Ge isotopes at E_p = 22 MeV.
  P. AVIGNON, L.H. ROSIER, R. TAMISIER, B. RAMSTEIN, J.P. DELAROCHE.
  CEA-CONF 7087.

6th Int. Conf. on Ion Beam Analysis, TEMPE (Arizona) du 23 au 27 Mai 1983.

- The french AEC nuclear microprobe : description and first application examples.
  C. ENGELMANN, J. BARDY.
  Nuclear Instrument and Methods, Vol. 218, n° 1, p. 209-216 (1983).

International Conference on Nuclear Physics, FLORENCE (Italie) du 29 Août au 3 Septembre 1983.

- Semi-microscopic calculations of nucleon scattering cross sections for ^{154}Sm.
  Ch. LAGRANGE, M. GIROD.
  Proceedings de la Conférence C.124 (1983).

- A study of $^{24}Mg(\alpha,\alpha')$ and $^{28}Si(\alpha,\alpha')$ at 120 MeV using deformation dependent wave functions.
  Ch. LAGRANGE, M. GIROD, B. GRAMMATICOS, K. KUMAR.
  Proceedings de la Conférence C.145 (1983).

- Linear momentum transfer on the 30 MeV/A ^{20}Ne + ^{209}Bi system.
  G. NEBBIA, G. LA RANA, E. TOMASI, C. NGO, X.S. CHEN, S. LERAY, P. LENORET, R. LUCAS, C. MAZUR, M. RIBRAG, C. CERRUTI, S. CHIODELLI, A. DEMEYER, D. GUINET, J.L. CHARVET, M. MORJEAN, Y. PRANAL, A. PEGHAIRE, L. SINOPOLI, J. UZUREAU.
  Proceedings de la Conférence D.46, Vol. I, (1983).

- Improved pairing properties of the new D1 effective interaction.
  M. GIROD, D. GOGNY.
  Proceedings de la Conférence A.41, Vol. I, (1983).

- Microscopic analysis of the later stages of fission.
  J.F. BERGER, M. GIROD, D. GOGNY.
  Proceedings de la Conférence D.111, Vol. I, (1983).

- New interpretation of sub. threshold fission resonances in thorium from self-consistent microscopic results.
  J.F. BERGER, M. GIROD, D. GOGNY.
  Proceedings de la Conférence D.110, Vol. I, (1983).

- Semi-microscopic interpretation of fast neutron elastic and inelastic scattering from ^{208}Pb.
  G. HAOUAT, Ch. LAGRANGE, J.C. BRIENT, Y. PATIN, R. DE SWINIARSKI, F. DIETRICH.
  Proceedings de la Conférence C.131, Vol. I, (1983).

- Fission fragment properties of neutron induced fission of $^{230,232}Th$.
  J. TROCHON, J. FREHAUT, G. SIMON.
  Proceedings de la Conférence D.126, Vol. I, (1983).

XIth European Conference on Physics and Chemistry of complex nuclear reactions, AUTRANS (France) du 5 au 9 Septembre 1983.

- Evidence for pear shape in the fission of ^{231,233}Th.
  J. BLONS, B. FABBRO, J.M. HISLEUR, J. JULIEN, C. MAZUR, Y. PATIN, D. PAYA, M. RIBRAG.
  CEA CONF 6953 (présentation orale).

- Study of fission fragment properties with excitation energy of ^{231}Th and ^{232}Th.
  G. SIMON, J. TROCHON, J. FREHAUT.
  (présentation orale).

Symposium International on "Highly Excited States and Nuclear Structure, ORSAY (France) du 5 au 8 Septembre 1983.

- High energy nuclear excitations.
  D. GOGNY, J. DECHARGE.
  CEA CONF 7121.

Congrès de la Société Française de Physique, GRENOBLE (France) du 19 au 23 Septembre 1983.

- Etude expérimentale de l'interaction d'un faisceau d'ions lourds avec un plasma créé par un laser à CO_2.
  R. DEI CAS, J. BARDY, M.A. BEUVE, J.P. LAGET, A. MENIER, M. RENAUD.
  CEA CONF 7088 (présentation orale).

- Etude des collisions périphériques dans le cas du système ^{20}Ne + ^{27}Al à 30 MeV/A.
  R. BILLERAY, A. CHEVARIER, N. CHEVARIER, A. DEMEYER, M. STERN, J.L. CHARVET, M. MORJEAN, A. PEGHAIRE, Y. PRANAL, L. SINOPOLI, J. UZUREAU, G. LA RANA, S. LERAY, C. MAZUR, C. NEBBIA, C. NGO, M. RIBRAG.

Fall 1983 Meeting of the American Physical Society, NOTRE DAME (Indiana) du 13 au 15 Octobre 1983.

- Inelastic nucleon scattering from nuclei with two open shells.
  R.W. FINLAY, R.G. KURUP, J. RAPAPORT, J.P. DELAROCHE.

- Coupled channel analysis of the neutron scattering from the 0^+, 2^+, 3^- 1^-, 4^+ states of ^{12}C in the energy range 20-26 MeV.
  A.S. MEIGOONI, J.S. PETLER, R.W. FINLAY, J.P. DELAROCHE.

NOTES C.E.A.

- Compte rendu d'activité du Service de Physique Neutronique et Nucléaire pour l'année 1982.
  Note CEA-N-2343, NEANDNC (E) 229 "L" - INDC (FR) 59/L.

- Amélioration des caractéristiques en temps du spectromètre de neutrons par temps de vol du Service P2N.
  C. HUMEAU
  Note CEA-N-2361.

- Comportement asymptotique logarithmique du produit de G-convolution renormalisé en théorie axiomatique des champs II : restes de taylor de fonctions de Weinberg graduées.
  B. DUCOMET.
  Note CEA-N (à paraître).

DIVERS

- Multidétecteur de particules légères.
  C. PULCRANO.
  Note Technique, n° P2N-104/83 du 15 Février 1983.

- Représentation biparamétrique à l'aide de la bibliothèque Tecktronix (MITRA 125 - MITRA 225).
  R. BOIS.
  Note Technique, n° P2N-165/83 du 4 Mars 1983.

- Expérience Cendrillon - Conception expérimentale.
  A. MENIER.
  Note Technique, n° P2N-391/83 du 24 Mai 1983.

- La microsonde nucléaire : Description et premiers exemples d'applications.
  R. DEI CAS.
  Rapport Technique, n° P2N-423/83 du 6 Juin 1983.

- Assemblage et mesures magnétiques sur un spectromètre à aimants permanents.
  F. VALENTIN
  Note Technique, n° P2N-436/83 du 10 Juin 1983.

- Bibliothèque des niveaux nucléaires utilisés dans les codes de modèles nucléaires.
  N. VERGES.
  Note Interne, n° P2N-752/83 du 4 Novembre 1983.

- Rapport de Stage Militaire (période du 3 Janvier au 30 Novembre 1983).
O. HARDOUIN-DUPARC.
Rapport n° P2N-795/83 du 23 Novembre 1983.

- Nouvelle méthode de calculs Hartree-Fock en Physique Atomique.
J. DECHARGE.
Rapport DO 83101 - N° P2N-804/83 de Novembre 1983.

- Rapport de sûreté de l'expérience d'interaction d'un faisceau avec un plasma créé par laser.
R. DEI CAS.
Rapport Technique, n° P2N-643/83 du 12 Septembre 1983.

- Densité d'énergie et structure des traces dues aux protons et électrons secondaires.
R. KELLY.
Note Technique, n° P2N-876/83 du 22 Décembre 1983.

Manuscrit reçu le 1er août 1984

PARTIE F :

SEMINAIRES

LISTE DES SEMINAIRES DONNES AU SERVICE P2N EN 1983

(en principe le Lundi de chaque semaine)

Lundi 10 Janvier 1983 à 11 heures :

"Le confinement inertiel par particules"

C. DEUTSCH - Laboratoire de Physique des Plasmas - ORSAY

Mardi 18 Janvier 1983 à 11 heures :

"Diogène, un détecteur 4 π à Saturne : fonctionnement et premiers échantillons d'évènements"

J. GOSSET - Service de Physique Nucléaire à Moyenne Energie - SACLAY

Lundi 24 Janvier 1983 à 11 heures :

"Collisions très inélastiques pour le système $^{16}O + ^{16}O$"

F. AUGER - Service de Physique Nucléaire à Basse Energie - SACLAY

Lundi 31 Janvier 1983 à 11 heures :

"Amélioration de la résolution d'un spectromètre neutronique à temps de vol à l'aide d'un regroupeur à haute énergie sur l'accélérateur Tandem de Bruyères-le-Châtel"

Les points présentés concernent essentiellement :

- l'optimisation des regroupeurs basse et haute énergie,
- les performances du regroupeur HF,
- l'informatisation des regroupeurs.

R. DEI CAS - Service de Physique Neutronique et Nucléaire - BRUYERES LE CHATEL

J.P. GUEGUEN et P. JOUY - Service d'Instrumentation pour la Recherche - SACLAY.

Lundi 21 Février 1983 à 11 heures :

"Processus lents et rapides dans les collisions d'ions lourds de 10 à 15 MeV/A"

A. GAMP - Institut des Sciences Nucléaires de GRENOBLE et Hahn Meitner Institut de BERLIN.

Lundi 28 Février 1983 à 11 heures :

"Cibles neutroniques à l'aide d'accélérateurs de particules ; applications industrielle, dosimétrique et biomédicale"

Mme BREYNAT - Centre d'Etudes Nucléaires de GRENOBLE.

Lundi 21 Mars 1983 à 11 heures :

"Recherche de résonances géantes électriques à haute énergie d'excitation"

B. BONIN - DPh-N/ME - SACLAY.

Lundi 11 Avril 1983 à 11 heures :

"Heavy-Ion Induced Fission Reactions"

H.C. BRITT - Los Alamos National Laboratory, LOS ALAMOS (USA).

Mardi 19 Avril 1983 à 11 heures :

"Scintillateurs CsF rapides et application médicale au tomographe à temps de vol de positons"

J. VACHER - Laboratoire d'Electronique et de Technologie de l'Informatique - CEN/GRENOBLE.

Lundi 25 Avril 1983 à 11 heures :

"Distributions isotopiques de produits de réactions nucléaires induites par des ions de ^{12}C et ^{18}O de 84 MeV/A"

M. DE SAINT-SIMON - CSNSM - ORSAY.

Lundi 2 Mai 1983 à 11 heures :

"M1 excitation with medium energy protons"

G.M. CRAWLEY - Michigan State University (USA) et IPN-ORSAY.

Mardi 10 Mai 1983 à 11 heures :

"Calculs semi-classiques de propriétés moyennes avec des forces de Skyrme"

M. BRACK - University de Ratisbonne (RFA) et CEN-GRENOBLE.

Lundi 16 Mai 1983 à 11 heures :

"Muon induced fission"

S. AHMAD - Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire - ORSAY.

Jeudi 2 Juin 1983 à 11 heures :

"Une nouvelle théorie des collisions : la base des paquets d'onde indépendants du temps"

G. GIRAUD - Service de Physique Théorique - SACLAY.

Lundi 13 Juin 1983 à 11 heures :

"Recent fast neutron scattering experiments on actinides at Lowell"

G. KEGEL - University of Lowell (USA).

Lundi 20 Juin 1983 à 11 heures :

"Have we been looking for superheavy nuclei in the wrong place ?"

K. KUMAR - The University of Sussex - BRIGHTON (G.B.) et Tennessee Technological University - COOKSVILLE (USA).

Lundi 6 Juillet 1983 à 11 heures :

"Un nouvel accélérateur à Strasbourg : le Vivitron, un tandem de 35 MV (aspects techniques et programme scientifique)"

F. HAAS - Centre de Recherches Nucléaires - STRASBOURG.

Mercredi 20 Juillet 1983 à 11 heures :

"Polarized neutron scattering on nickel and tin isotopes

P. GUSS - Colllege of William and Mary - WILLIAMSBURG (USA).

Lundi 12 Septembre 1983 à 11 heures :

"Heavy-Ion Fission Research at Los Alamos"

A. GAVRON - Los Alamos National Laboratory (USA).

Lundi 17 Octobre 1983 à 11 heures :

"Isotope shifts and zero-point motion of the nuclear surface"

P. VOGEL - CERN (Genève) et California Institute of Technology - Pasadena (USA).

Lundi 24 Octobre 1983 à 11 heures :

"Architecture d'un dispositif expérimental de physique des particules"

J.F. LEGENDRE - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel.

Lundi 7 Novembre 1983 à 11 heures :

"Nombre effectif de bosons de valence dans le modèle des bosons en interaction"

R. VENTURA - Centre d'Etudes Nucléaires de Bologne (Italie).

Mardi 8 Novembre 1983 à 11 heures :

"Une base logique pour la physique et ses probabilités"

F.G. PEREY - Oak Ridge National Laboratory (USA).

Lundi 14 Novembre 1983 à 11 heures :

"Production de neutrons rapides par une cible semi-épaisse de DLi bombardée par des protons de 55 MeV et problèmes de collimation".

R. BARJON - Institut des Sciences Nucléaires de Grenoble.

Lundi 21 Novembre 1983 à 11 heures :

"Collection de noyaux résiduels aux énergies des faisceaux d'ions lourds du CERN"

A. FLEURY - Centre d'Etudes Nucléaires de Bordeaux-Gradignan.

Lundi 28 Novembre 1983 à 11 heures :

"Nouvelle méthode de calcul Hartree-Fock en physique atomique"

J. DECHARGE - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel.

Lundi 5 Décembre 1983 à 11 heures :

"Neutron scattering experiments at the Stuttgart Dynamitron accelerator"

W. HAMMER - Institut de Physique Nucléaire - Université de Stuttgart (RFA)

Lundi 12 Décembre 1983 à 11 heures :

"Isospin and Isober Components in Light Nuclei"

T. CLEGG - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel et Triangle Universities Nuclear Laboratory - Duke Station (USA).

Lundi 19 Décembre 1983 à 11 heures :

"Effets des rayonnements nucléaires sur les composants électroniques"

A. BURKHART - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel.

Edité par
le Service de Documentation
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay
91191 GIF-sur-YVETTE Cédex (France)