- Note CEA-N-2214 -

FR 8102293

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

COMPTE RENDU D'ACTIVITE DU SERVICE DE PHYSIQUE NEUTRONIQUE ET NUCLEAIRE POUR L'ANNEE 1980

- Juillet 1981 -

Note CEA-N-2214

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

en français	*en anglais*
ACCELERATEURS VAN DE GRAAFF	VAN DE GRAAFF ACCELERATORS
DIFFUSION ELASTIQUE	ELASTIC SCATTERING
DIFFUSION INELASTIQUE	INELASTIC SCATTERING
ANALYSE PAR ACTIVATION	ACTIVATION ANALYSIS
SYSTEMES DE SAISIE DES DONNEES	DATA ACQUISITION SYSTEMS
SECTIONS EFFICACES	CROSS SECTIONS
REACTIONS PAR IONS LOURDS	HEAVY ION REACTIONS
NEUTRONS RAPIDES	FAST NEUTRONS
DEFORMATION NUCLEAIRE	NUCLEAR DEFORMATION
SOURCES DE NEUTRONS	NEUTRON SOURCES
ETALONNAGE	CALIBRATION
CAPTURE	CAPTURE
FISSION	FISSION
REACTIONS PAR NEUTRONS	NEUTRON REACTIONS
DETECTEURS DE RAYONNEMENTS	RADIATION DETECTORS
DATATION PAR LES ISOTOPES	ISOTOPE DATING
MODELES DU NOYAU	NUCLEAR MODELS
METHODE DE HARTREE-FOCK	HARTREE-FOCK METHOD
BANQUES DE DONNEES NUCLEAIRES	NUCLEAR DATA COLLECTIONS
BISMUTH 209	BISMUTH 209
RUBIDIUM	RUBIDIUM
BARRIERE DE FISSION	FISSION BARRIER
PLUTONIUM 240	PLUTONIUM 240

- Note CEA-N-2214 -

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

COMPTE RENDU D'ACTIVITE DU SERVICE DE PHYSIQUE NEUTRONIQUE ET NUCLEAIRE POUR L'ANNEE 1980

CEA-N-2214 -

COMPTE RENDU D'ACTIVITE DU SERVICE DE PHYSIQUE NEUTRONIQUE ET NUCLEAIRE POUR L'ANNEE 1980

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 1980. 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 1980 ainsi que la liste des séminaires qui ont eu lieu dans le laboratoire.

1981

322 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

CEA-N-2214

PROGRESS REPORT OF THE NEUTRON AND NUCLEAR PHYSICS DIVISION FOR THE YEAR 1980

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 1980. 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 1980 and a list of talks given in the laboratory.

1981

322 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

PREFACE

L'activité du Service de Physique Neutronique et Nucléaire en matière de Physique Nucléaire est menée dans le Centre de BRUYERES-LE-CHATEL (BRC) et s'inscrit en continuité avec les travaux décrits dans les précédents comptes rendus.

Les programmes expérimentaux reposent sur la disponibilité des deux principaux accélérateurs installés dans le Service. Le fonctionnement de l'accélérateur Van de Graaff 4 MeV a été satisfaisant tout au long de l'année, tandis que quelques difficultés techniques sont apparues sur l'accélérateur Tandem 7 MV, liées d'une part à une "consommation" excessive de tubes et à l'existence de fuites d'hexafluorure de Soufre, peu importantes mais difficiles à localiser.

Au cours de l'année, nous avons cherché à diversifier et améliorer nos moyens expérimentaux. L'étude d'un accélérateur à fort courant, correspondant à une rénovation complète du matériel, assorti d'un changement important en matière d'activités spécifiques du Service, se heurte à des problèmes budgétaires qui apparaissent actuellement comme insurmontables. L'étude d'un regroupeur pour le Tandem 7 MV a été menée à bien et la phase de réalisation doit avoir lieu au cours des deux années 1981 et 1982. Ce regroupeur doit permettre d'élargir nos possibilités expérimentales, en particulier dans le domaine des mesures de sections efficaces de diffusion élastique et inélastique. L'installation, sur l'accélérateur Van de Graaff 4 MeV, d'une nouvelle ligne de faisceau équipée d'une microsonde a été effectuée au cours de l'année et doit permettre de délivrer un faisceau de très faible section, utilisable pour des études fines d'analyse d'échantillons ; cette activité est menée en collaboration étroite avec le Service d'Etudes Analytiques (CEN-SACLAY).

Dans le cadre du support aux diverses études menées dans le Service, l'activité d'Informatique a été consacrée essentiellement au développement des moyens déjà mis en place : le plus gros effort s'est porté sur la conception et la mise au point d'un système d'acquisition pour l'ordinateur MITRA 225.

En matière de travaux expérimentaux les axes principaux du Service ont trait aux mesures de sections efficaces et aux études de réactions entre ions lourds.

Les mesures de diffusion élastique et inélastique de neutrons rapides, effectuées sur divers isotopes, ont eu principalement pour objectif l'amélioration des interprétations par modèles théoriques, et notamment l'obtention de paramètres de déformation des noyaux. La fourniture de flux de neutrons monocinétiques étalonnés sur une large gamme d'énergie demeure un objectif important et implique un travail continu d'amélioration des cibles productrices de neutrons. Il faut signaler notre activité en matière de mesures de sections efficaces de réactions (capture, (n,2n), fission) ainsi qu'une étude expérimentale approfondie des propriétés de la fission, travaux s'effectuant le plus souvent en collaboration avec d'autres laboratoires et illustrés en particulier par les résultats obtenus sur le ^{231}Pa lors d'un travail en commun avec les laboratoires de LOS ALAMOS et OAK RIDGE.

En ce qui concerne l'étude des réactions induites par ions lourds, notre activité a été tout spécialement tournée vers la mise au point et la réalisation de détecteurs devant nous permettre d'effectuer des expériences auprès d'accélérateurs extérieurs au Service (SARA à GRENOBLE, puis GANIL à CAEN). Nous avons ainsi entrepris l'étude d'un détecteur de temps zéro devant être utilisé sur le spectromètre SPEG de GANIL, ainsi que l'étude d'une chambre de détection de grandes dimensions, et nous travaillons sur ce sujet en relation étroite avec le Département de Physique Nucléaire (CEN-SACLAY). Notons en outre, au plan expérimental, une activité en matière de datation entreprise en collaboration avec l'Institut de Physique Nucléaire d'ORSAY.

En ce qui concerne les activités théoriques menées dans le Service nous avons développé et amélioré nos modèles phénoménologiques de calcul de sections efficaces en relation à la fois avec les interprétations des mesures effectuées dans le laboratoire et avec les travaux associés à la description microscopique des noyaux. C'est dans ce contexte qu'une collaboration plus étroite avec le laboratoire de LIVERMORE a débuté cette année. Dans le cadre des méthodes du type Hartree-Fock signalons tout particulièrement les progrès décisifs obtenus dans le calcul microscopique entièrement self-consistant de la barrière de fission du ^{240}Pu à partir de la seule donnée de l'interaction effective D1 de portée finie.

L'activité d'évaluation des données nucléaires s'est concrétisée essentiellement par l'évaluation complète des isotopes du Tungstène (en collaboration avec le laboratoire de LOS ALAMOS), l'évaluation complète du ^{209}Bi, et la fin de l'évaluation des isotopes stables du Rubidium (en collaboration avec le laboratoire de BROOKHAVEN).

Enfin il faut signaler que le succès des travaux menés dans le Service en 1980 est dû pour une bonne part à la compétence et à l'enthousiasme des collaborateurs extérieurs au Service auxquels j'exprime ici ma reconnaissance.

P. FIGEAC

Chef du Service de Physique Neutronique et Nucléaire

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

TABLE DES MATIERES

PARTIE A : EXPLOITATION ET AMELIORATIONS DES MOYENS EXPERIMENTAUX.

A-I-ACCELERATEURS 2
A-I-1-Van de Graaff Tandem 2
A-I-2-Van de Graaff 4 MeV 4
A-I-3-Répartition du temps de fonctionnement des accélérateurs . 5
A-I-4-Installation d'une ligne de faisceau pour une microsonde nucléaire 7

A-II-ETUDE DE L'AMELIORATION DE LA RESOLUTION EN ENERGIE DU SPECTROMETRE A TEMPS DE VOL A L'AIDE D'UN REGROUPEUR A HAUTE FREQUENCE. 9

A-III-PREETUDE D'UN ACCELERATEUR LINEAIRE A IONS LOURDS A FORT COURANT 15

A-IV-RALENTISSEMENT DES IONS LOURDS DANS UNE CIBLE CHAUDE 31

A-V-INFORMATIQUE 34

A-VII-ELECTRONIQUE 38

A-VII-PROGRAMME DE CALCUL 43

A-VIII-TECHNOLOGIE 47

CONTENTS

PART A : UTILIZATION AND IMPROVEMENTS OF THE EXPERIMENTAL FACILITIES

A-I-ACCELERATORS 2

A-I-1-The 7 MV Tandem Van de Graaff accelerator 2

A-I-2-The 4 MeV Van de Graaff accelerator 4

A-I-3-Utilization of the accelerators in 1980 5

A-I-4-Installation of a new beam line for a nuclear microprobe . 7

A-II-STUDY OF A RF BUNCHER TO IMPROVE THE TIME OF FLIGHT SPECTROMETER ENERGY RESOLUTION 9

A-III-PRELIMINARY STUDY OF A HIGH CURRENT HEAVY ION RF LINAC 15

A-IV-SLOWING DOWN OF HEAVY ION IN A HOT TARGET 31

A-V-COMPUTERS 34

A-VI-ELECTRONIC 38

A-VII-SCIENTIFIC PROGRAMMING 43

A-VIII-TECHNOLOGY 47

PARTIE B : EXPERIENCES ET INTERPRETATIONS.

B-I-ETUDE DE LA DIFFUSION ELASTIQUE ET INELASTIQUE DES NEUTRONS RAPIDES 49

B-I-1-Amélioration des dispositifs expérimentaux 49

B-I-2-MULCAT-BRC : Un code de correction par monte carlo des diffusions multiples de neutrons et rayons γ : adaptation sur MITRA 125 52

B-I-3-Etat actuel des données de production de tritium à partir des réactions induites par neutrons sur ^{6}Li et ^{7}Li 55

B-I-4-Diffusion de neutrons rapides par les noyaux ^{24}Mg, ^{28}Si et ^{32}S 64

B-I-5-Diffusion de neutrons de 10 et 13 MeV par les noyaux ^{63}Cu et ^{65}Cu 69

B-I-6-Sections efficaces de diffusion de neutrons rapides par le noyau ^{242}Pu 73

B-I-7-Diffusion de neutrons par les isotopes $^{206,207,208}Pb$ et ^{209}Bi dans la gamme d'énergie 7,5 - 13,5 MeV 76

B-I-8-Moments quadrupolaires et excitation par nucléons des isotopes pairs de Sm 77

B-I-9-Déformations, moments et rayons des noyaux $^{182,183,184,186}W$ déterminés à partir de la diffusion de neutrons rapides . 79

B-II-MESURES DE SECTIONS EFFICACES DE REACTIONS 81

B-II-1-Mesure de flux de neutrons 81

B-II-1-Sections efficaces de capture radiative de neutrons rapides 84

B-II-3-Technique de pondération des amplitudes appliquée à un détecteur NaI pour la mesure de sections efficaces de capture de neutrons rapides 89

B-II-4-Mécanisme de la capture dans les réactions $^{140}Ce(n,\gamma)$ et $^{208}Pb(n,\gamma)$ entre 0,5 et 6 MeV 95

PART B : EXPERIMENTS AND INTERPRETATIONS.

B-I-STUDY OF FAST NEUTRON ELASTIC AND INELASTIC SCATTERING..... 49

B-I-1-Improvements in the experimental systems 49

B-I-2-MULCAT-BRC : a monte carlo neutron and gamma-ray multiple-scattering correction program for the mitra 125 computer 52

B-I-3-Survey of the tritium production data from neutron induced reactions on ^{6}Li and ^{7}Li 55

B-I-4-Fast neutron scattering from the nuclei ^{24}Mg, ^{28}Si and ^{32}S .. 64

B-I-5-Neutron scattering from the nuclei ^{63}Cu and ^{65}Cu at 10 and 13 MeV 69

B-I-6-Neutron scattering cross sections for ^{242}Pu 73

B-I-7-Neutron scattering from $^{206,207,208}Pb$ and ^{209}Bi in the energy range 7.5 - 13.5 MeV 76

B-I-8-Quadrupole moments and nucleon excitation strenghts in even-A Sm isotopes 77

B-I-9-Deformations, moments and radii of $^{182,183,184,186}W$ from fast neutron scattering 79

B-II-REACTION CROSS SECTION MEASUREMENTS 81

B-II-1-Neutron flux measurements 81

B-II-2-Fast neutron capture cross sections 84

B-II-3-Pulse-height weighting technique applied to NaI spectra for fast neutron capture cross section measurements 89

B-II-4-Capture mechanism study in the reactions $^{140}Ce(n,\gamma)$ and $^{208}Pb(n,\gamma)$ 95

B-II-5-Excitation de la résonance quadrupolaire isovectorielle dans la réaction $^{208}Pb(n,\gamma)$ 99

B-II-6-Etude de la capture radiative de neutrons rapides par ^{40}Ca avec un détecteur Ge(Li) 104

B-II-7-Mesures de sections efficaces de fission 109

B-II-8-Point des mesures de sections efficaces de réaction (n,2n) faites à Bruyères-le-Châtel 112

B-II-9-Réalisation d'une cible gazeuse de tritium pour la production de flux de neutrons intenses 113

B-III-ETUDE DE LA FISSION 114

B-III-1-Comparaison des caractéristiques de la fission spontanée et de la fission induite par neutrons thermiques des noyaux $^{240,239}Pu$ et $^{242,241}Pu$ 114

B-III-2-Etude des propriétés de la fission de ^{232}Th induite par neutrons 121

B-III-3-Propriétés microscopiques de quelques structures fines observées dans le seuil de la réaction $^{231}Pa(n,f)$ 125

B-III-4-Mesure de l'anisotropie des fragments de fission de la réaction $^{231}Pa(n,f)$ 128

B-III-5-Dispositif de détection en temps des particules chargées dans le plan focal d'un spectromètre magnétique 133

B-III-6-Etude du spectre à haute résolution des protons de la réaction $^{235}U(d,pf)$ 136

B-III-7-Etude de la dissipation d'énergie dans la fission de ^{234}U à l'aide de la réaction $^{233}U(d,pf)$ 142

B-III-8-Etude de la probabilité de fission symétrique dans les réactions $^{230}Th(t,pf)$ et (d,pf) 144

B-IV-ETUDE DES REACTIONS INDUITES PAR IONS LOURDS 145

B-IV-1-Etude des caractéristiques d'un détecteur de temps zéro à galettes de microcanaux 145

B-II-5-Excitation of the isovector quadrupole resonance in the $^{208}Pb(n,\gamma)$ reaction 99

B-II-6-Fast neutron capture studies of ^{40}Ca with a Ge(Li) detector 104

B-II-7-Fission cross section measurements 109

B-II-8-Status of (n,2n) cross section measurements at Bruyères-le-Châtel 112

B-II-9-Realization of a tritium gas target for the production of intense neutron fluxes 113

B-III-STUDY OF FISSION 114

B-III-1-Comparison of the fission fragment distribution and kinetic energy for the spontaneous fission and thermal induced fission of the fissioning nuclei $^{240,239}Pu$ and $^{242,241}Pu$ ... 114

B-III-2-Properties of the neutron induced fission of ^{232}Th 121

B-III-3-Spectroscopic properties of some fine structures observed near the $^{231}Pa(n,f)$ fission threshold 125

B-III-4-$^{231}Pa(n,f)$ fission fragment anisotropies measured from E_n = 0.1 to 7 MeV 128

B-III-5-Fast timing detector for charged particle detection in the focal plane of a magnetic spectrometer 133

B-III-6-High resolution proton spectrum study in the $^{235}U(d,pf)$ reaction 136

B-III-7-Study of the energy dissipation in the fission of ^{234}U induced by the $^{233}U(d,pf)$ reaction 142

B-III-8-Study of symmetric fission probability for the $^{230}Th(t,pf)$ and (d,pf) reactions 144

B-IV-STUDY OF HEAVY ION INDUCED REACTIONS 145

B-IV-1-Characteristics of a zero time detector using microchannel plates 145

B-IV-2-Détecteur de temps zéro et de localisation à galettes à microcanaux pour le spectromètre de GANIL (SPEG) 150
B-IV-3-Recherche de chlore 36 dans des échantillons naturels à l'aide de l'accélérateur Van de Graaff Tandem 154
B-IV-4-Détection de radioisotopes naturels avec le tandem Van de Graaff 158
B-IV-5-Séparation en charge et distribution angulaire à l'aide d'un télescope E-ΔE à localisation..... 159
B-IV-6-Projet de détecteur d'ions lourds de grandes dimensions et de chambre à réactions associée 163
B-IV-7-Etude de la réaction de fusion $^{13}C + ^{13}C$ 169
B-IV-8-Etude de la réaction (^{14}C, ^{14}O) sur divers noyaux de la région de masse $24 < A < 58$ 173
B-IV-9-Etudes des modes collectifs rapides dans les réactions $^{56}Fe + ^{58,64}Ni$ 182
B-IV-10-Mesure de la probabilité d'évaporation de résidus dans la réaction $^{236}U(^{7}Li, \alpha\ Xn)$ 183
B-IV-11-Influence du type de source de particules dans la mesure de la probabilité d'ionisation 185
B-IV-12-Influence des réactions nucléaires sur la probabilité d'ionisation des couches K 188
B-IV-13-Séparation des mécanismes dans la diffusion élastique de protons de 10 MeV par ^{106}Cd au moyen d'une méthode de spectroscopie par rayonx X 193

PARTIE C : THEORIE ET EVALUATION

C-I-EVALUATION DES DONNEES NUCLEAIRES 196
C-I-1-Calculs récents des sections efficaces, induites par neutrons, des isotopes du tungstène 196
C-I-2-Evaluation complète des sections efficaces du ^{209}Bi 202
C-I-3-Evaluation complète des sections efficaces neutroniques de ^{85}Pb et ^{87}Rb de 10^{-5} eV à 20 MeV : évolution 207

B-IV-2-Study of a zero time detector using microchannel plates for the GANIL spectrometer SPEG 150
B-IV-3-Search for ^{36}Cl in natural samples by means of a tandem accelerator 154
B-IV-4-Natural radioisotope detection with the tandem Van de Graaff 158
B-IV-5-Charge separation and angular distribution with a E-ΔE position sensitive telescope 159
B-IV-6-Heavy ion detector and reaction chamber project 163
B-IV-7-Fusion measurement for $^{13}C + ^{13}C$ 169
B-IV-8-Study of the (^{14}C, ^{14}O) reaction on different target nuclei in the mass range 24 < A < 58 173
B-IV-9-Study of fast collective modes in $^{56}Fe + ^{58,64}Ni$ reactions. 182
B-IV-10-Evaporation residue probability measurement for $^{236}U(^{7}Li, \alpha Xn)$ reaction 183
B-IV-11-Influence of the particle source type on the ionization probability measurement 185
B-IV-12-Nuclear effects in K-shell ionization probabilities 188
B-IV-13-Separation of fast slow components in the elastic scattering of 10 MeV protons by ^{106}Cd 193

PART C : THEORY AND EVALUATION.

C-I-EVALUATION OF NUCLEAR DATA 196

C-I-1-New calculations of neutron induced cross sections on Tungsten isotopes 196
C-I-2-Complete cross section evaluation for ^{209}Bi from 10^{-5} eV to 20 MeV 202
C-I-3-Complete cross section evaluation for ^{85}Rb and ^{87}Rb from 10^{-5} eV to 20 MeV : progress 207

C-I-4-Synthèse de travaux récents effectués à BRC sur les données nucléaires des actinides 210
C-I-5-Evaluation des données nucléaires neutroniques du ^{241}Pu dans la gamme d'énergie 10 keV - 20 MeV 213

C-II-TRAITEMENT DES DONNEES 217

C-II-1-Compilation de données spectroscopiques nucléaires 217
C-II-2-SYNOPSIS, outil intéractif d'évolution de données nucléaires 218
C-II-3-MULTIP : programme intéractif de dépouillement de résultats 222
C-II-4-SPEC 6G : une version corrigée et généralisée du code SPEC 5 223
C-II-5-PARESG : code de mise en évidence des propriétés statistiques des niveaux dans la région des résonances résolues. 230
C-II-6-AMPX 2 : implantation et utilisation 235
C-II-7-Modifications et tests du code EVGRP 235

C-III-CALCULS DE DONNEES ET ETUDES DE MODELES NUCLEAIRES 237

C-III-1-Modèle statistique et barrières de fission à 3 maximums . 237
C-III-2-Analyse par modèles optiques microscopique et phénoménologique de l'interaction des nucléons avec ^{93}Nb 239
C-III-3-Tests de l'utilisation des modèles optique et statistique pour l'évaluation des données neutroniques 240
C-III-4-Calculs par modèle optique des fonctions densités neutron 242
C-III-5-OPTLN : programme de modèle optique utilisant des potentiels locaux et non locaux 244
C-III-6-Analyse de la diffusion élastique et inélastique de neutrons de 2,5 MeV et 4,6 MeV pour ^{194}Pt 246
C-III-7-Effet pair-impair sur les déformations des isotopes du tungstène 248
C-III-8-Analyse de la diffusion élastique et inélastique de neutrons pour les isotopes pairs et pair-impairs du gadolinium à 4,1 MeV 249

C-I-4-Synthesis of recent works performed at BRC on actinide nuclear data 210
C-I-5-Cross section evaluation for ^{241}Pu from 10 keV to 20 MeV ... 213

C-II-DATA PROCESSING 217

C-II-1-Compilation of nuclear spectroscopic data 217
C-II-2-SYNOPSIS, an interactive system for nuclear data evaluation 218
C-II-3-MULTIP : an interactive data processing code to analyse multiparameter results 222
C-II-4-SPEC 6G : a corrected and generalized version of the SPEC 5 code 223
C-II-5-PARESG : a code to display the statistical properties of the levels in the resolved resonance region 230
C-II-6-Implementation of the AMPX 2 code at BRC 235
C-II-7-Modifications and tests in the EVGRP code 235

C-III-CALCULATION OF DATA AND STUDY OF NUCLEAR MODELS..... 237

C-III-1-Statistical model and three humped fission barriers 237
C-III-2-Phenomenological and microscopic optical model analyses of the low energy nucleon interaction with ^{93}Nb 239
C-III-3-Practical tests of the use of optical statistical model for evaluation purposes 240
C-III-4-Optical model potential and neutron strength functions ... 242
C-III-5-A local non local optical model code for nucleon scattering 244
C-III-6-Analysis of neutron elastic and inelastic scattering from ^{194}Pt at 2.5 MeV and 4.6 MeV 246
C-III-7-Even-odd effect on the deformations of the tungsten isotopes 248
C-III-8-Analysis of neutron elastic and inelastic scattering from the even and even-odd isotopes of gadolinium at 4.1 MeV incident energy 249

C-III-9-Sur le comportement anormal du potentiel d'absorption pour les réactions de protons sous la barrière coulombienne 250

C-III-10-Calculs de sections efficaces neutroniques d'isotopes pairs du samarium utilisant des fonctions d'ondes dépendantes de déformation 251

C-III-11-Distribution angulaire des fragments de fission pour la fission par neutrons de ^{230}Th 254

C-IV-DESCRIPTION DES NOYAUX DANS LE CADRE DES THEORIES SELF-CONSISTANTES 255

C-IV-1-Description microscopique des résonances géantes 255

C-IV-2-Description self-consistante des états de haut spin dans le ^{208}Pb 257

C-IV-3-Calculs microscopiques des densités de transition de charge 2^+ du ^{58}Ni, 2^+ et 4^+ du ^{152}Sm 258

C-IV-4-Calculs HFB à température finie 262

C-IV-5-Calcul microscopique de la barrière de fission du ^{240}Pu 266

C-IV-6-Une approche de champ moyen pour l'interprétation des expériences de diffusion d'électrons 269

PARTIE D : ASTROPHYSIQUE

D-I-ETUDE DU MILIEU INTERSTELLAIRE 271

D-I-1-Dynamique d'un reste de supernova dans un milieu évaporatif . 271

D-I-2-Milieu interstellaire. Origine du rayonnement cosmique galactique 273

D-II-PROPRIETES DES GALAXIES 274

D-II-1-Corrélation métallicité-vitesse d'échappement dans les galaxies elliptiques 274

D-II-2-Amas de galaxies 275

C-III-9-On the anomalous behavior of the imaginary well depth required for optical model analyses of sub-coulomb protons on nuclei in the mass 100 region 250

C-III-10-Neutron cross section calculations for the even samarium isotopes using deformation dependent wave functions 251

C-III-11-Fission fragment angular distributions for neutron fission of ^{230}Th 254

C-IV-DESCRIPTION OF NUCLEI WITHIN THE SELF-CONSISTENT THEORIES 255

C-IV-1-Microscopic description of giant resonances 255

C-IV-2-Fully self consistent description of high spin states in ^{208}Pb 257

C-IV-3-Microscopic calculations of the transition charge density of ^{58}Ni (2^+) *and* ^{152}Sm $(2^+, 4^+)$ 258

C-IV-4-HFB calculations with finite temperature 262

C-IV-5-Microscopic calculation of the ^{240}Pu *fission barrier* 266

C-IV-6-A mean field approach for the interpretation of electrons scattering experiments 269

PART D : ASTROPHYSICS.

D-I-INTERSTELLAR MEDIUM 271

D-I-1-Dynamics of evaporative supernovae remnants 271

D-I-2-Interstellar medium : on the origin of galactic cosmic rays 273

D-II-PROPERTIES OF GALAXIES 274

D-II-1-Metallicity and dynamical properties for spheroidal and elliptical galaxies 274

D-II-2-Clusters of galaxies 275

PARTIE E : BIBLIOGRAPHIE 276

PARTIE F : SEMINAIRES 290

---oooOooo---

PART E : BIBLIOGRAPHY 276

PART F : SEMINARS 290

---oooOooo---

PARTIE A :

EXPLOITATION ET AMELIORATIONS DES MOYENS EXPERIMENTAUX

A-I-ACCELERATEURS

ACCELERATORS

A-I-1-VAN DE GRAAFF TANDEM. (A. DANDINE, A. COURTAIN, J. BARDY et les techniciens du Groupe Accélérateurs).

THE 7 MV TANDEM VAN DE GRAAFF ACCELERATOR.

The total running time was of 1665 hours for the 7 MV Tandem accelerator and 30% of this time has been devoted to heavy ion experiments. Some SF6 leakages have been observed during the summer and these troubles have not yet been well understood.

En 1980, l'accélérateur Van de Graaff Tandem a été utilisé pendant 1665 heures. Environ 70% du temps a été consacré à l'accélération de protons et de deutérons, et 30% à l'accélération d'ions lourds : ^{12}C, ^{15}N, ^{16}O, ^{19}F, ^{28}Si, ^{58}Ni, ^{63}Cu, pour les expériences spécifiques aux programmes du Service P2N. $^{24,26,27}A\ell$, $^{40,41}Ca$, $^{35,37}C\ell$, ^{12}C, ^{10}Be, ^{39}K, pour les expériences de datation effectuées en collaboration avec les Physiciens d'ORSAY (C.S.N.S.M. et IPN).

Les travaux d'entretien ont été consacrés :

a)-<u>pour une moitié</u> :

. au changement des tubes accélérateurs haute énergie après 3383 h. de fonctionnement,

. à l'installation de nouvelles résistances de colonne plus stables que

l'ancien modèle "héta",

. au remplacement du moteur d'entraînement de la courroie et de l'alternateur,
. à l'installation de nouvelles pompes à diffusion d'huile du type "intégré" côté basse énergie et côté haute énergie,
. au remplacement des déviateurs de faisceau (steerers) électrostatiques par des déviateurs magnétiques, sur la ligne de faisceau haute énergie,
. à des dépannages d'équipements électriques et mécaniques.

b)-pour l'autre moitié :

. à la recherche de fuites de SF6 dans l'accélérateur ; ces fuites ne se produisent que lorsque le tank est sous pression et sont, de ce fait, très difficiles à localiser,

. des modification ont été apportés aux dispositifs de commande à distance de l'injecteur d'ions lourds et de la source HICONEX 834 en vue d'améliorer la précision des réglages,
. enfin un effort particulier a été réalisé pour l'aménagement d'un local "sources d'ions lourds" et pour la remise en état du système de refroidissement par eau recyclée.

A-I-2-VAN DE GRAAFF 4 MeV (A. DANDINE, R. DUBOIS, P. MEUNIER, A. PENNARUN).

THE 4 MeV VAN DE GRAAFF ACCELERATOR.

The 4 MeV Van de Graaff accelerator was in operation during 1647 hours. A new beam line has been installed on which a nuclear microprobe will be mounted in the early 1981.

Le temps d'utilisation du Van de Graaff 4 MeV a été de 1647 heures, dont 1216 heures de fonctionnement en protons et 258 heures de fonctionnement en deutérons.

Huit ouverturesdu tank ont été effectuées dont cinq pour changer la source d'ions (durée de vie moyenne : 350 heures), deux pour dépanner et mettre au point le pulsateur de faisceau, et une pour changer la courroie (4555 heures de fonctionnement), le moteur et l'alternateur (6550 heures de fonctionnement).

Environ 250 heures, sur le total de 690 heures du poste "entretien et réparations" ont été consacrées à la modification et aux essais de la chaine de sécurité radiologique du bâtiment L3.

Cette modification a été entraînée par la création dans le hall du bâtiment L3, de deux nouvelles zones d'expérimentation, l'une destinée à la mise au point et au chargement des cibles tritium gazeuses, l'autre destinée à la microsonde (cf. A-I-4).

A-I-3-REPARTITION DU TEMPS DE FONCTIONNEMENT DES ACCELERATEURS (Période du 1-1-1980 au 2-1-1981).

UTILIZATION OF THE ACCELERATORS IN 1980.

* Les temps, en heures, sont donnés dans le Tableau ci-dessous.

	VDG 7 MV	VDG 4 MV	VDG 550 keV
Entretien Réparations	1356,30	736,30	75,30
Arrêts dus à des causes extérieures	7	6,30	42,30
Etudes améliorations	481	568	85
Réglages	189,30	131,30	31,30
Temps morts	388,30	259	1309,30
Temps total Utilisation	1665,30	1647,30	724
Protons	490,30	1216	-
Deuterons	459	258	352
Ions lourds	361	-	-

REPARTITION DU TEMPS D'UTILISATION DES SOURCES D'IONS LOURDS DU TANDEM EN 1980 (Période du 1.1.1980 au 2.1.1981).

ions lourds	temps d'utilisation (heures)	source "sputtering" HICONEX 834	source duoplasmatron
^{12}C	20,30	X	
^{15}N	24,00		X
^{16}O	186,00	X	
^{19}F	3,30	X	
^{28}Si	40,00	X	
^{58}Ni	3,30	X	
^{63}Cu	37,30	X	
Orsay { Aℓ , Ca Cℓ , C Be, K	46,00	X	
Total	361,00		

A-I-4-INSTALLATION D'UNE LIGNE DE FAISCEAU POUR UNE MICROSONDE NUCLEAIRE

(J. BARDY, R. DUBOIS, P. MEUNIER, A. PENNARUN).

INSTALLATION OF A NEW BEAM LINE FOR A NUCLEAR MICROPROBE.

En collaboration avec le Service d'Etudes Analytiques de SACLAY, il a été décidé d'implanter auprès de l'accélérateur Van de Graaff 4 MeV une microsonde nucléaire ; la partie microsonde est à la charge du Service d'Etudes Analytiques et la ligne de faisceau et les aménagements externes à la charge de P2N.

L'installation est en cours et les premiers essais sont prévus pour le premier trimestre 1981. Il a été nécessaire de créér une nouvelle ligne de faisceau qui est schématisée sur la figure 1.

La microsonde nucléaire est un instrument mettant en oeuvre les principales interactions nucléaires ou atomiques engendrées par des particules chargées convenablement focalisées. Elle est conçue en vue d'analyses ponctuelles et permet d'obtenir les images de la répartition des éléments détectés à la surface des échantillons examinés.

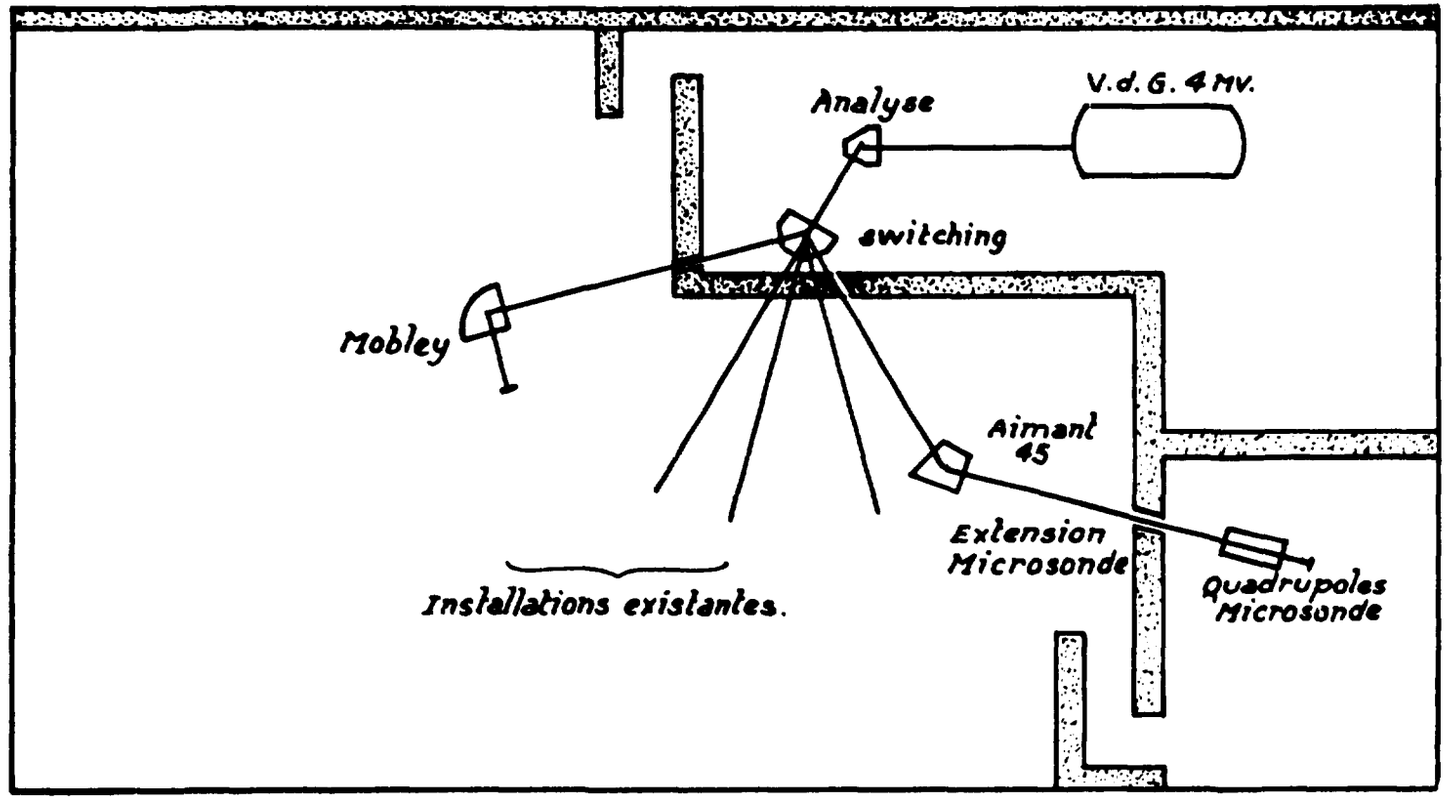
Le faisceau est focalisé sur la cible à l'aide de quatre lentilles quadrupolaires (fourniture HARWELL). L'image obtenue a des dimensions de l'ordre de quelques µm. La densité de faisceau demandée est de l'ordre de 25 $\mu A/mm^2$ soit environ 0,5 nA pour des faisceaux de 5 µm de diamètre.

Dans une première phase la microsonde utilisera des faisceaux de H^+ et D^+. Il est prévu ultérieurement l'implantation de nouvelles sources (^3He, ^4He, ^7Li, ^{11}B).

REFERENCES

[1] - ENGELMANN, *"La microsonde nucléaire", DRA/SAECNI/78-461/312.*

[2] - COOKSON-PILLING, *"A 3 MeV Proton Beam of less than four microns diameter" AERE - R-6300 (1970).*



A-I-4-FIGURE 1

Implantation Microsonde

A-II-ETUDE DE L'AMELIORATION DE LA RESOLUTION EN ENERGIE DU SPECTROMETRE A TEMPS DE VOL A L'AIDE D'UN REGROUPEUR A HAUTE FREQUENCE (J. BARDY, M.A. BEUVE, A. DANDINE, R. DEI CAS, J.P. LAGET).

STUDY OF A RF BUNCHER TO IMPROVE THE TIME OF FLIGHT SPECTROMETER ENERGY RESOLUTION

In order to improve the global energy resolution of the time of flight neutron spectrometer we have analysed the possible performances of this spectrometer by adding a RF buncher. In particular it seems promising to optimize the two bunchers geometries (low and high energy buncher).

Le spectromètre magnétique à temps de vol actuel, utilisé dans les expériences de diffusion élastique et inélastique des neutrons rapides, a une résolution globale de l'ordre de 150 à 250 KeV [1]. Plusieurs facteurs interviennent dans cette résolution, en particulier la largeur à mi-hauteur Δt de la bouffée et la dispersion en énergie ΔE.

Les conditions actuelles sont :

- ΔE (à mi-hauteur) $\simeq$ 7-10 keV ; Δt (à mi-hauteur) $\simeq$ 0,8-1 ns,
- fréquence de répétition : 2,5 et 1,25 MHz,
- courant crête : 1,2 mA (protons, deutérons).

En comprimant en temps la bouffée ($\Delta t \simeq$ 0,2 - 0,3 ns), à l'aide d'un regroupeur HF, sans pour autant trop détériorer la dispersion en énergie ($\Delta E \sim$ 40 - 50 keV) (le produit $\Delta E \times \Delta t$ étant constant) on peut optimiser la résolution du spectromètre. Les études effectuées sont décrites dans plusieurs notes internes [2,3,4]. Le système complet comporte les éléments suivants :

- un hâcheur à basse énergie découpant des bouffées à 2,5 MHz (existant),
- un regroupeur à basse énergie fonctionnant à 5 MHz. Le regroupeur existant serait éventuellement à transformer pour optimiser la longueur du regroupement [5],
- un post-pulsateur à 20 MHz à haute énergie permettant de mettre en forme la

bouffée avant compression (existant),

- un hâcheur à 2,5 MHz à haute énergiepermettant d'obtenir un rapport signal sur bruit (entre bouffées) supérieur à 10^7,
- un regroupeur à haute énergie ayant une base de regroupement de l'ordre de 18 m.

Plusieurs types de regroupeur ont été considérés et satisfont aux performances désirées. Un appel d'offre a été lancé et les arguments financiers et techniques permettront de choisir le type de cavité et le générateur HF.

Dans le cas d'une cavité à 2 gaps, dont l'espacement est optimisé pour un β donné, l'excursion en phase sera importante et l'on s'écartera fortement de la partie linéaire de la sinusoïde. On a donc effectué des calculs d'évolution de la bouffée en fonction de plusieurs paramètres (β, V_{HF}, phase HF). La figure 1 donne un exemple de la dispersion en temps et en énergie pour une longueur de regroupement de 18 m. On constate que la forme de la bouffée n'est pas très sensible à la phase. Il en est de même pour une faible variation de la tension HF. L'exemple considéré concerne le cas le plus défavorable d'une cavité 2π à fréquence élevée, où l'extension en phase de la bouffée est importante.

Pour optimiser la résolution totale du spectromètre à temps de vol il peut s'avérer intéressant de modifier le regroupeur à basse énergie. La figure 2 donne par exemple la variation de la longueur de regroupement ℓ_{or} (du côté basse énergie) et de la longueur du découpage temporel (Δt_o) pour minimiser la résolution du spectromètre (on n'a pris en compte ici que les 2 contributions provenant de l'accélérateur). Une optimisation de la même nature pour les autres paramètres [1] (électronique, échantillons cible et détection) devrait permettre d'obtenir un gain appréciable (de l'ordre d'un facteur 2 ou plus) pour le spectromètre complet.

Le regroupeur HF pourra aussi être utilisé pour les ions lourds avec cette fois une faible longueur de regroupement ($\leq$ 3m) de façon à avoir des bouffées très courtes ($\lesssim$ 100 ps), la dispersion en énergie n'étant pas dans ce cas une contrainte.

REFERENCES

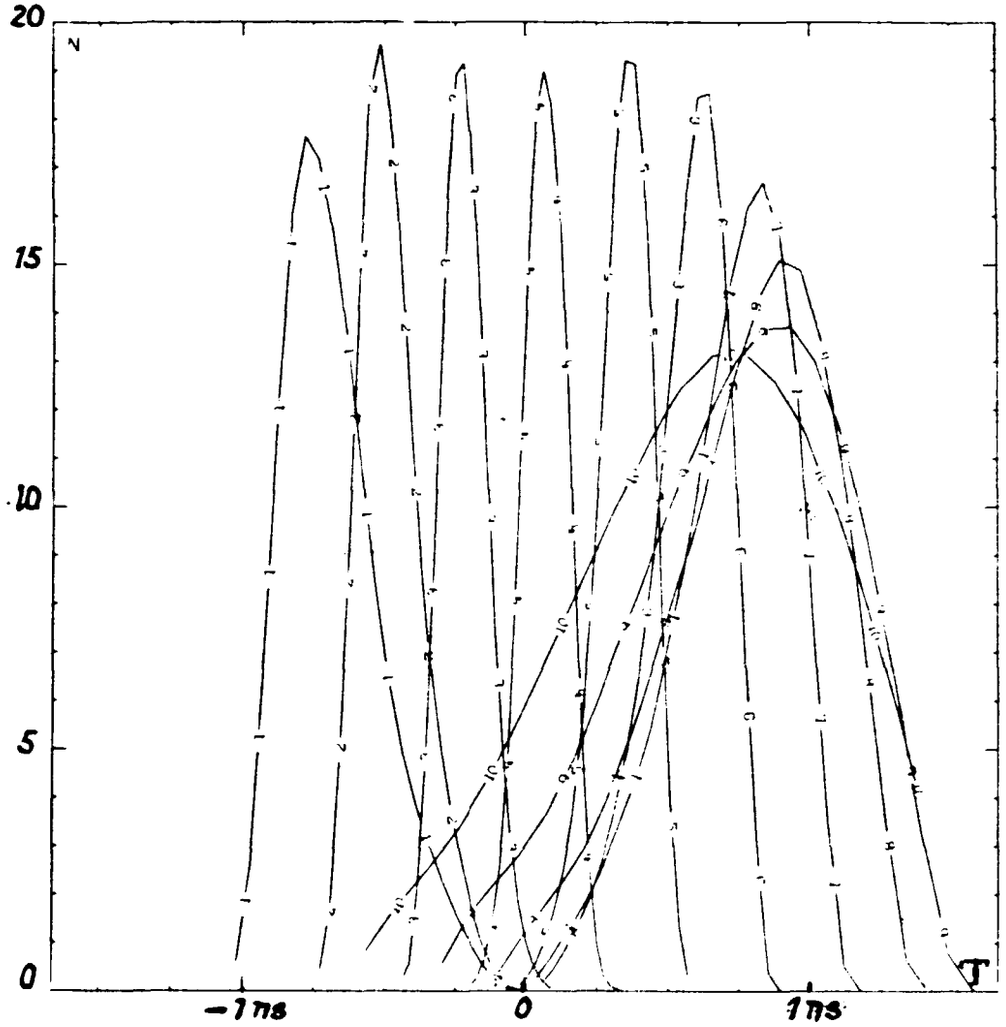
[1] - G. HAOUAT, *communications privées.*

[2] - R. DEI CAS, *"Possibilités d'un "buncher HF", Note Interne P2N-581/80.*

[3] - A. DANDINE, J. BARDY, *"Compte rendu de la 5ème Conférence sur les accélérateurs tandem", CATENIA 9-12 Juin 1980, n° P2N-917/80 du 20/11/1980.*

[4] - R. DEI CAS, J. BARDY, M.A. BEUVE, A. DANDINE, J.P. LAGET, *"Amélioration de la résolution en énergie du spectromètre neutronique à temps de vol à l'aide d'un regroupeur haute fréquence , Note Interne P2N-906/80.*

[5] - R. DEI CAS, *"Optimisation des regroupeurs basse énergie et haute énergie du tandem pour la spectrométrie neutronique à temps de vol, à haute résolution", Note Interne P2N-910/80.*



ϕ	Courbe
- 180	1
- 160	2
- 140	3
- 120	4
- 100	5
- 80	6
- 60	7
- 40	8
- 20	9
0	10

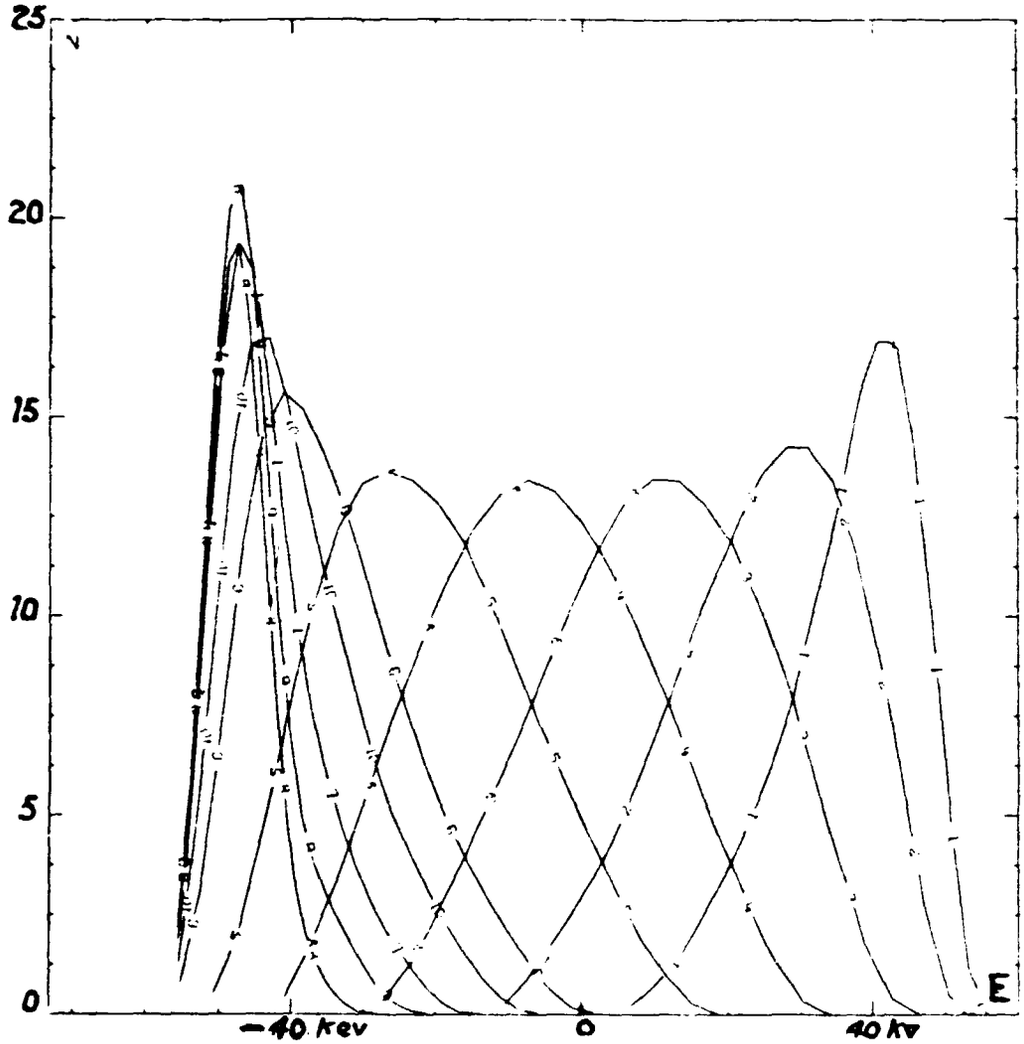
$D = 14$ Mev

$DE_i = 8$ Kev $\cdot$ $Dt_i = 0{,}8$ ns

$V_{HF} = 30$ Kv

A-II-FIGURE 1a

Evolution de la forme de la bouffée en fonction de la phase. Cavité 2π; $\beta_o = 0{,}146$; 160 MHz.



Φ	Courbe
— 180	1
— 160	2
— 140	3
— 120	4
— 100	5
— 80	6
— 60	7
— 40	8
— 20	9
0	10

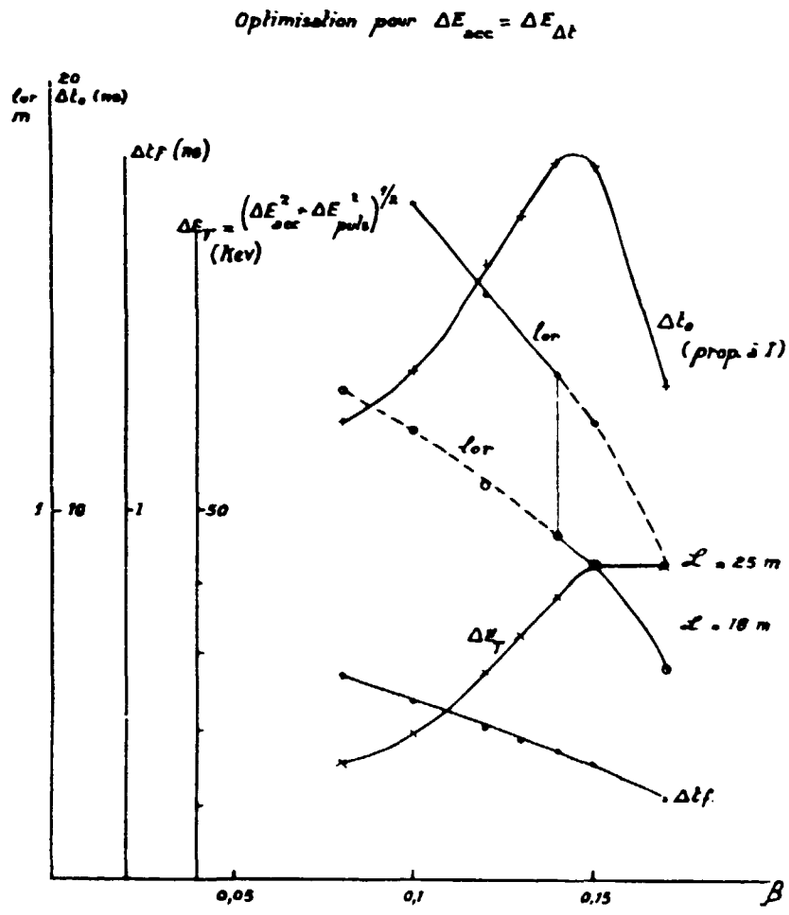
D = 14 Mev

DEi = 8 Kev - Dti = 0,8 ns

VHF = 30 Kv.

A-II-FIGURE 1b

Dispersion en énergie en fonction de la phase.



A-II-FIGURE 2

Optimisation des regroupeurs basse énergie et haute énergie en fonction de β.

ℓor : *longueur de regroupement du regroupeur basse énergie.*

$\mathcal{L}$: *longueur de regroupement du regroupeur haute énergie.*

Δt_o : *découpage en temps côté basse énergie*

Δt_f : *largeur à mi-hauteur de la bouffée sur la cible*

ΔE_T : *largeur à mi-hauteur de la dispersion en énergie sur la cible.*

A-III-PREETUDE D'UN ACCELERATEUR LINEAIRE A IONS LOURDS A FORT COURANT. (R. DEI CAS H. LEBOUTET*, J. POTTIER**, J. BARDY, M.A. BEUVE).

PRELIMINARY STUDY OF A HIGH CURRENT HEAVY ION RF LINAC.

In a very general prospect we have analysed the practical performance of a RF linac having in mind a double purpose : a usual heavy ion accelerator running in a large range of masses for nuclear physics and a pulsed high current heavy ion accelerator which should be a test-bed for a heavy ion driver. We describe the main parts of the linac accelerator and analyse the current limitation in the bunch. The linac should be able to run in the 10 MeV/AMU range and in the pulsed regime it should deliver of the order of one joule per pulse.

Cette étude prospective a été effectuée dans le cadre de 2 contrats passés aux SES (CEN-SACLAY) et à CGR-MeV et la liste des notes de travail concernant cette étude est donnée en références. Un rapport de synthèse est en préparation et on ne présentera ici que les grandes lignes de cette préétude.

Durant 1979 une étude avait été entreprise avec comme objectif principal l'accroissement des possibilités expérimentales en protons, deutérons et ions lourds. Cette étude avait conduit à la proposition d'un cyclotron CGR-MeV type 680 couplé au tandem actuel (cf. Note CEA-N-2134).

Pour étendre le domaine d'application à d'autres activités que la physique nucléaire, en particulier au confinement inertiel par ions lourds, on a pris en compte la possibilité d'accélérer de forts courants [5,6]. Dans ce contexte, on s'est orienté vers l'étude d'un linéaire HF permettant simultanément un fonctionnement continu à faible courant, pour la physique nucléaire, et un fonctionnement pulsé à fort courant. On a plus particulièrement considéré le cas du Xe^{+8}.

Vis à vis de cette orientation : possibilité d'accélérer de forts courants, l'on a été conduit à écarter la solution cyclotron qui permettrait

difficilement d'injecter de forts courants d'ions lourds. En effet :

- le faisceau, dans un cyclotron, doit être injecté au centre de la machine là où l'accès est très difficile et les rendements d'injection faibles,
- la structure accélératrice "voit" un grand nombre de bouffées (100-200) simultanément ce qui limite le courant que l'on peut accélérer.

Un linéaire à induction présenteraitl'avantage d'accélérer des courants nettement plus intenses qu'un linéaire HF mais il se prête mal à un fonctionnement continu à faible courant et haute fréquence de répétition pour l'application physique nucléaire.

La figure 1 représente le schéma du linéaire auquel nous avons abouti. Trois types de fonctionnement ont été considérés :

1 - Un fonctionnement pour la physique nucléaire à faible courant :

Dans une première phase un nombre restreint de cavités (20 par exemple) pourraient être montées en série avec le tandem actuel. Ces cavités feraient partie de l'accélérateur final et, bien que n'étant pas dimensionnées pour les conditions de sortie du tandem, on pourrait obtenir une amélioration très significative des performances actuelles [2]. Le tableau I donne quelques exemples pour divers types d'ions considérésdans l'optimisation du linéaire [2].

On a considéré ici un "stripping" intermédiaire entre le tandem et les 20 cavités. Une optimisation n'a pas été faite sur le choix des cavités à mettre en série avec le tandem. Compte tenu de la faible énergie de sortie du tandem, pour les masses intermédiaires, on aurait sans doute intérêt à prendre quelques cavités à fréquence plus basse (type N ou Q de la fig. 1). Déjà avec 20 cavités on obtient des performances comparables à celles du couplage tandem + cyclotron.

Pour l'accélérateur complet (Fig. 1) les performances dépendent du nombre de cavités et du type de cavité utilisée. On a effectué une étude d'optimisation sur le type de structure, le nombre de gaps par cavité et la longueur caractéristique βo (qui définit la longueur entre gaps). βo peut être optimisé pour une ou plusieurs races d'ions.

L'optimisation se fait en fonction de 3 critères :

- une énergie de protons et deutérons supérieure à 25 MeV,

- une énergie de Xe^{+8} supérieure à 1 GeV,
- une réponse relativement plate de l'énergie en MeV/A en fonction de A.

Un bon compromis semble réalisé avec des cavités à structure π-π à 6 ou 8 gaps dont le βo est optimisé pour le xénon.

Le tableau II donne quelquesexemples de performances accessibles et les figures 2 et 3 donnent l'énergie en MeV/A en fonction de A pour des cavités à 6 et 8 gaps et un nombre variable de cavités. Pour chaque cavité la phase d'entrée optimale est calculée de façon à obtenir le gain maximum. On a tracé à titre indicatif les performances du tandem + 20 cavités, du tandem + cyclotron et de SARA (cyclotron de GRENOBLE). L'intérêt d'un linéaire est évidente pour les masses lourdes.

Un système complet avec 30 à 50 cavités de 6 à 8 gaps permettrait de dépasser 10 MeV/A quelle que soit la race d'ions.

L'utilisation de sources type ECR (Electron Cyclotron Resonance) fournissant des ions déjà fortement strippés permettrait de simplifier l'injection. -

2 - *Des bouffées intenses de protons et deutérons* peuvent être injectées à l'aide d'une source à fort courant (G sur la fig. 1). Les structures HF choisies doivent permettre d'accélérer de forts courants d'ions lourds ; dans le cas de particules légères, on peut injecter directement dans l'étage N (fig. 1) à 16 MHz et des courants de plusieurs dizaines de mA sont en principe accessibles. En fait on n'a envisagé ici qu'un fonctionnement pulsé c'est-à-dire délivrant par exemple 1000 à 2000 bouffées en 100 µs environ avec une fréquence de répétition relativement faible ($\sim$ 50 Hz à 100 Hz). En effet les coûts de la puissance HF et de la protection biologique seront évidemment très inférieurs avec un cycle utile de 1%. Différents types de fonctionnement sont possibles.

3 - *La production de faisceaux intenses d'ions lourds* pose le plus grand nombre de problèmes liés à la nécessité de plusieurs changements de fréquence et à la réalisation d'une optique particulièrement efficace. On s'est efforcé de définir un accélérateur le plus conventionnel possible et, même si les résonnateurs et les cavités nécessitent des études de maquette, il n'apparaît pas de difficultés majeures. Les étages HF ont été choisis les plus simples possibles et sont à

fréquence fixe, seule la phase est ajustable.

L'injection à 600 ou 800 KV est classique et on part d'une source de Xe^{+1} ou Xe^{+2} produisant un courant de l'ordre de 50 mA. De tels courants ont déjà été obtenus. La source envisagée est dérivée des sources développées pour le chauffage des plasmas confinés magnétiquement [1].

La figure 4 donne un exemple de focalisation possible d'un faisceau de 200 mA de Xe^{+1}.

L'accélération à 700 KV est effectuée à l'aide de 2 gaps. Le calcul est efectué en utilisant le code SLAC (cf. Chap. A-7) ; ce code est à deux dimensions et le champ magnétique de focalisation est donc à géométrie cylindrique. Un système à doubles quadrupoles serait préférable. Le code SLAC a été modifié pour tenir compte d'un effet de compensation partielle de la charge d'espace par suite des collisions avec le gaz résiduel. La source multi-trous a un diamètre d'extraction de 10 cm.

- D (Fig. 1) est une cavité de prégroupement à 4 MHz,
- E est une optique de transfert ; le prégroupement s'effectue dans cet étage,
- F_1 est un résonnateur à 4 MHz à 2 gaps,
- F_2 et F_3 sont des "wideroes" à 6 gaps à 4 MHz.

Des doublets de focalisation sont incorporés aux espaces de glissement.

- K_1, K_2 et K_3 sont des résonnateurs à 8 MHz et 6 gaps. Des doublets sont incorporés dans certains tubes de dérive,
- l'épluchage du Xe^{+1} ou Xe^{+2} au Xe^{+8} est effectué sur un gaz et la séparation en e/m est réalisée en I. Le rendement est de l'ordre de 1/8 à 1/10,
- les résonateurs N à 16 MHz sont aussi à 6 gaps,
- les lignes Q (32 MHz) et R (64 MHz) sont des structures interdigitales H (POTTIER 1957) de technologie particulièrement simple. La focalisation magnétique est placée entre les cavités.

Une étude simplifiée de mouvement radial a été effectuée [3] en prenant en compte simplement les effets de charge d'espace et de focalisation magnétique. La figure 5 représente l'évolution de l'enveloppe du faisceau le long de l'accélérateur (U = 300 correspond à environ 100 cavités). Les calculs sont effectués en fonction de 2 paramètres dont l'un dépend de la charge d'espace et l'autre des

effets de focalisation. La figure 5 correspond au cas d'une bouffée de $2,4.10^9$ particules et les différentes courbes à différentes valeurs de la focalisation magnétique.

On constate que les oscillations radiales sont de grande longueur d'onde et pour des conditions de focalisation optimales elles peuvent rester de faible amplitude même avec des bouffées dépassant 10^{11} particules. En fait le problème est plus difficile à basse énergie et compte tenu des technologies actuelles des quadrupoles de focalisation, on sera vraisemblablement limité à 5.10^9 particules par bouffée (soit 4.10^{10} charges) compte tenu des pertes lors de l'épluchage du Xe^{+1} ou $+2$ au Xe^{+8}.

La figure 6 [8] représente par exemple l'enveloppe du faisceau dans les premiers étages d'accélération (F_1 à F_3, cf fig. 1) ; le rayon du faisceau peut être maintenu à une valeur inférieure à 5 cm pour autant que l'on utilise des quadrupoles de focalisation très poussés.

Compte tenu du fait que les différentes cavités à haute énergie sont à phase variable, l'optimisation de la phase se faisant pour avoir le gain en énergie maximum [2], l'effet de défocalisation HF est à prendre en compte et la figure 7 montre l'énergie et l'enveloppe du faisceau le long de l'accélérateur pour différentes races d'ions. Dans le calcul de l'enveloppe on a pris en compte l'effet de défocalisation des lentilles HF et l'effet de focalisation magnétique. On voit que pour les ions de masse inférieure à 200 le faisceau ne diverge pas. Pour des masses inférieures à 100, la focalisation magnétique est surabondante.

Un calcul complet prenant en compte les 3 effets simultanément : champ HF, charge d'espace et focalisation magnétique est à entreprendre. De même pour avoir une évaluation réaliste du coût d'un tel accélérateur des maquettes des différentes cavités et résonnateurs sont à réaliser de façon à déterminer la puissance HF nécessaire pour atteindre les valeurs voulues des champs HF.

Des valeurs raisonnables de l'ordre de 1 J par bouffée pourraient être atteintes avec une cinquantaine de cavités à 6 ou 8 gaps soit une énergie $E > 1,5$ GeV pour du Xe^{+8} (cf tableau II). Il n'est pas exclu qu'une optimisation poussée conduise à une dizaine de J par bouffée.

Un stockage de plusieurs centaines de bouffées [5,6,4] dans un anneau de stockage ou un regroupement longitudinal [9] permettraient de dépasser la

centaine de joules.

Il est bon de rappeler que cette étude n'a qu'un caractère très prospectif. Il faut cependant souligner le grand intérêt d'un tel système qui permet un développement et un investissement par phases, et suivre la voie vers des accélérateurs à forts courants.

REFERENCES

(Notes de travail sur l'accélérateur linéaire).

[1] - R. DEI CAS, M.A. BEUVE, *"Evolution radiale de la bouffée. Système d'extraction et de focalisation", Note interne P2N-769/80.*

[2] - R. DEI CAS, J. BARDY, M.A. BEUVE, *"Optimisation de la géométrie des cavités dans la partie haute énergie", Note interne P2N-0611/80.*

[3] - R. DEI CAS, *"Mouvement radial simplifié dans un accélérateur linéaire à fort courant", Note interne P2N-409/80.*

[4] - R. DEI CAS, *"Définition d'un accélérateur à fort courant", Note interne P2N-211/80.*

[5] - R. DEI CAS, *"Bilan du groupe de travail de P2N sur un nouvel appareillage", Note interne P2N-186/80.*

[6] - R. DEI CAS, *"Proposition d'un programme de développement du confinement inertiel par ions lourds", Note interne P2N-985B/79.*

[7] - B. DEBUISNE, *"Rapport de stage 1980 sur la focalisation d'un faisceau d'ions lourds".*

[8] - H. LEBOUTET, *"Accélérateur à ions lourds à grand courant".*

[9] - J. POTTIER, *"Limitation de l'intensité du courant du faisceau. Groupement du faisceau. Focalisation du faisceau"*.

[10] - R. DEI CAS, J. POTTIER, H. LEBOUTET, *"Performance evaluation of a heavy ions RF linac"*, *soumis à "1981 Particle Accelerator Conference"*.

Longueurs données $-180° < \varphi_o < 180$

π . π

IONS	ENTREE		20 CAVITES							
			2 Gaps		4 Gaps		6 Gaps		8 Gaps	
	E_{Tot} MeV	E MeV/A	E	E MeV/A	E	E MeV/A	E	E MeV/A	E	E MeV/A
p	12		26,6		20		26,2		22,5	
d	12		29,9		31,9		27,1		24	
C^{+6}_{12}	48	4	161	13,4	188	15,6	163	13,5	143	12
O^{+8}_{16}	64	4	214	13,3	251	15,6	217	13,5	191	12
Ar^{+10}_{40}	80	2	274	6,8	431	10,7	153	3,8	179	4,5
Cu^{+10}_{63}	63	1	98	1,56	158	2,51	149	2,37	140	2,22
Kr^{+10}_{84}	42	0,5	124	1,48	95	1,13	109	1,3	117	1,39

TABLEAU I

Performances avec 20 cavités en série avec le Tandem.

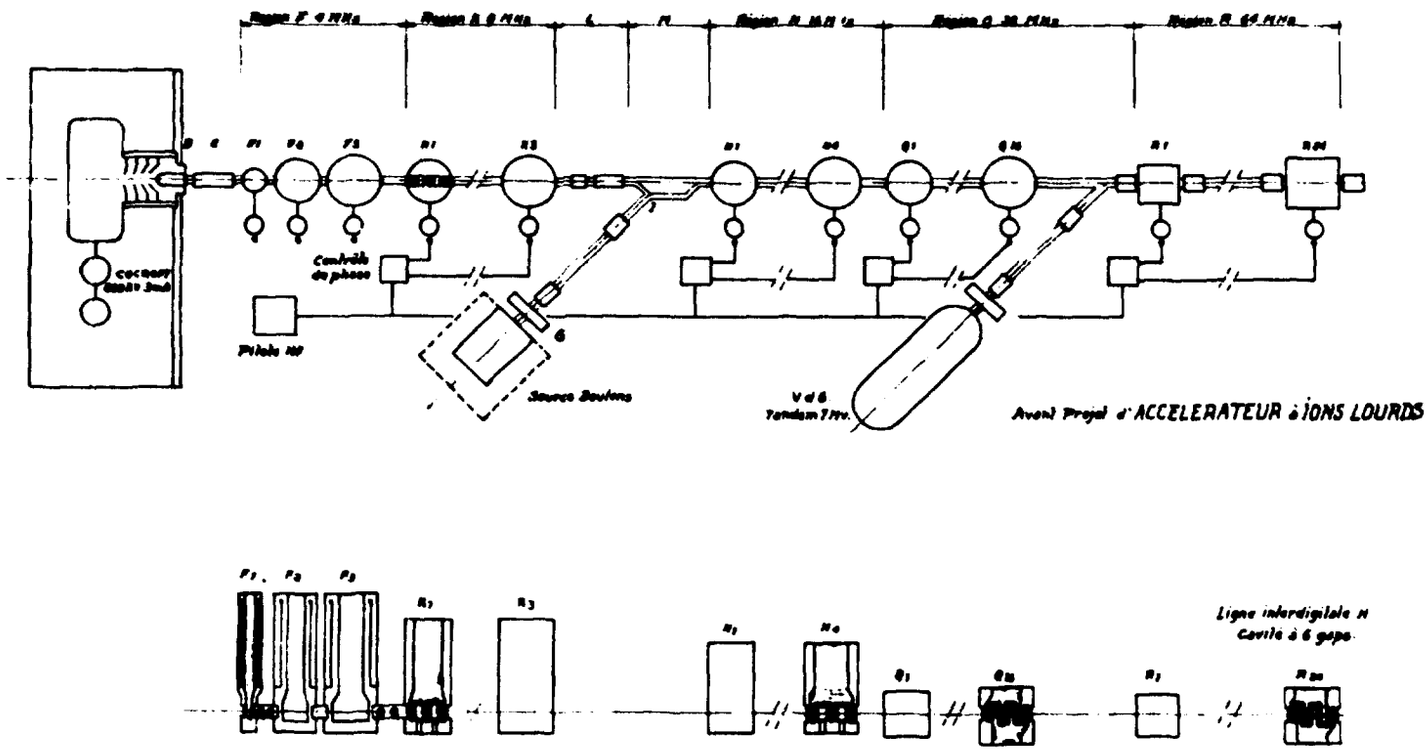
Cavité $\pi.\pi$ $\qquad -90 < \varphi_o < 90$

L Opt Xe^{+8} $\qquad$ 0,5 MV/gap

N Cavités \ N Gaps		2	4	6	8
25	p	24	17	14	25
	d	27	29	26	26
	Xe^{+8}	594	792	990	1188
33	p	26	19	16	30
	d	32	33	30	32
	Xe	660	1056	1188	1386
50	p	34	25	22	42
	d	45	43	50	44
	Xe	790	1188	1584	1914
100	p	62	41	37	75
	d	80	72	70	76
	Xe	1188	1980	2772	3432

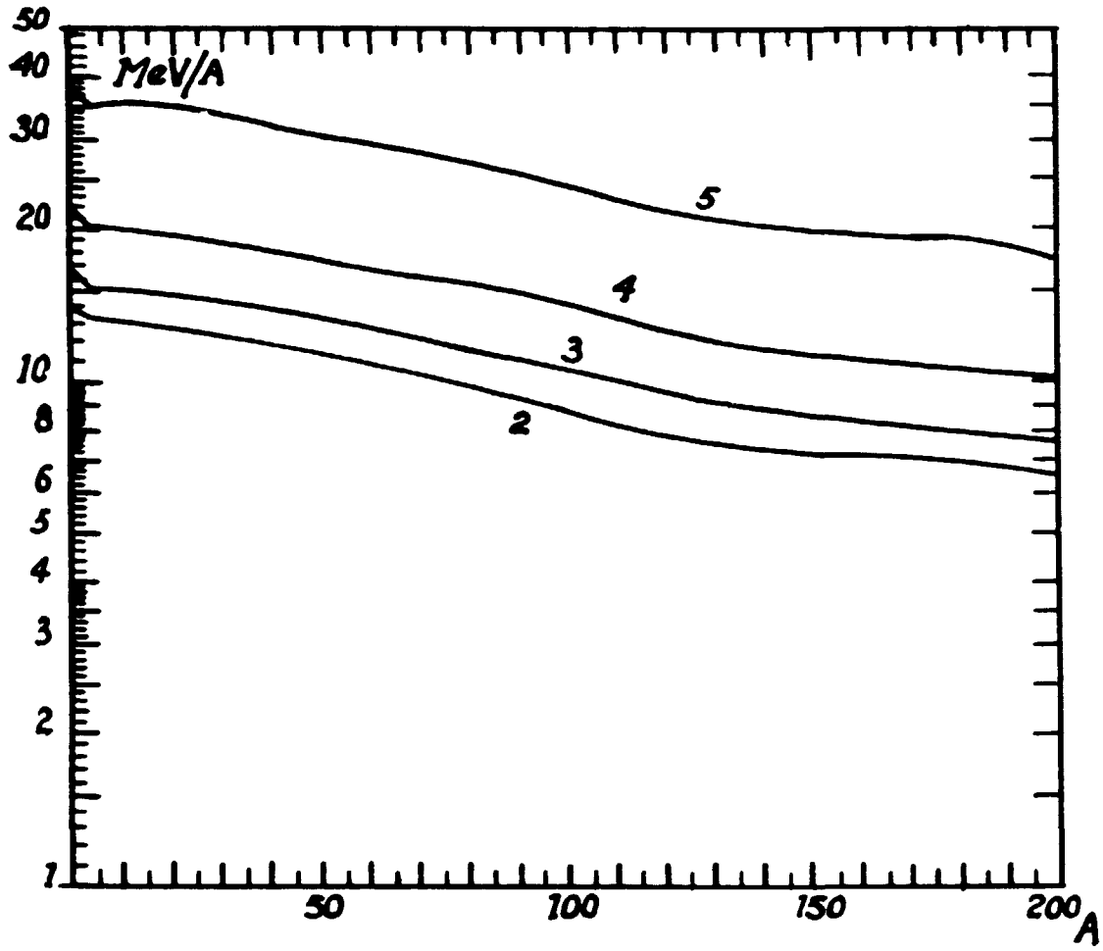
TABLEAU II

Energie de sortie en MeV pour différentes configurations de cavité et trois types d'ions (p., d, Xe).



A-III-FIGURE 1

Schéma de principe de l'accélérateur à ions lourds.



A-III-FIGURE 2

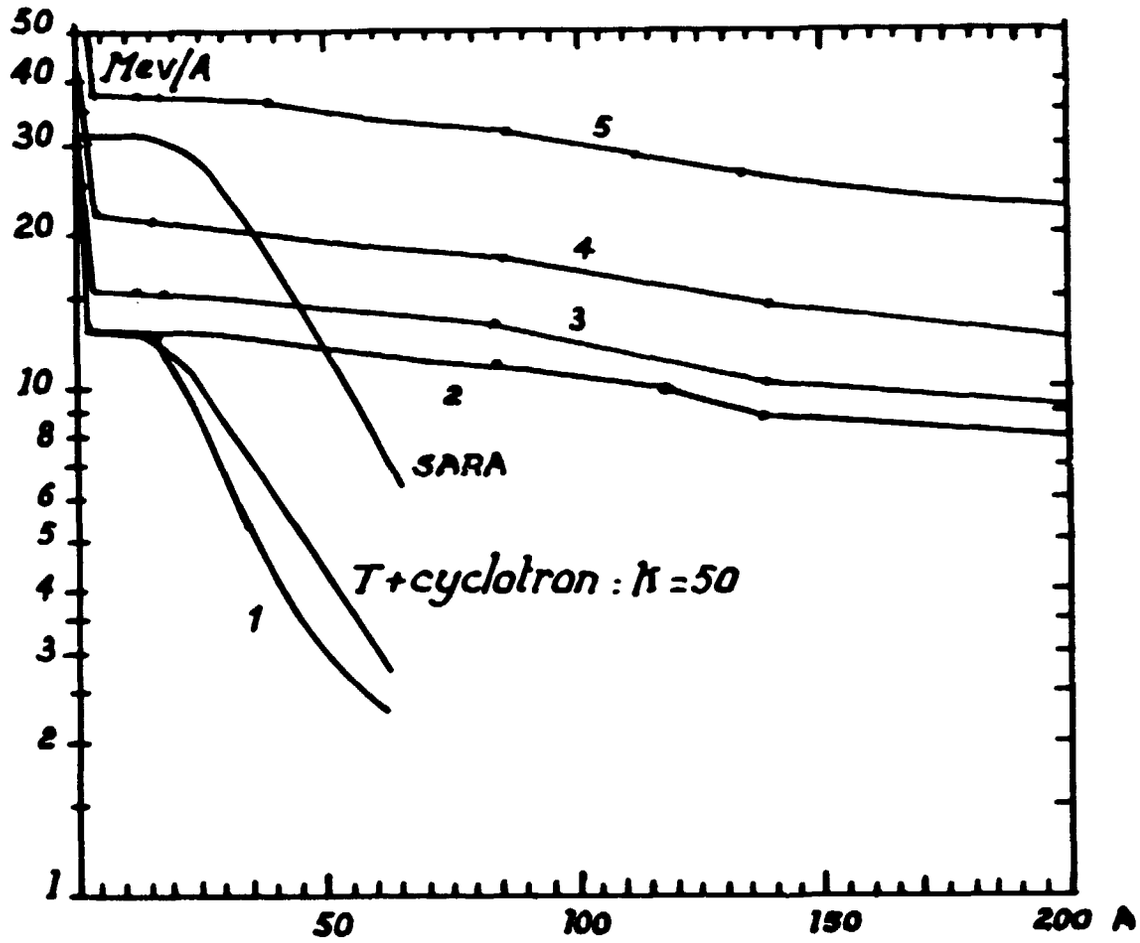
Energie de sortie en MeV/A pour des cavités π-π à 8 gaps.

Courbe 2 - 25 cavités en série

Courbe 3 - 33 cavités

Courbe 4 - 50 cavités

Courbe 5 - 100 cavités



A-III-FIGURE 3

Energie de sortie en MeV/A pour des cavités π-π à 8 gaps.

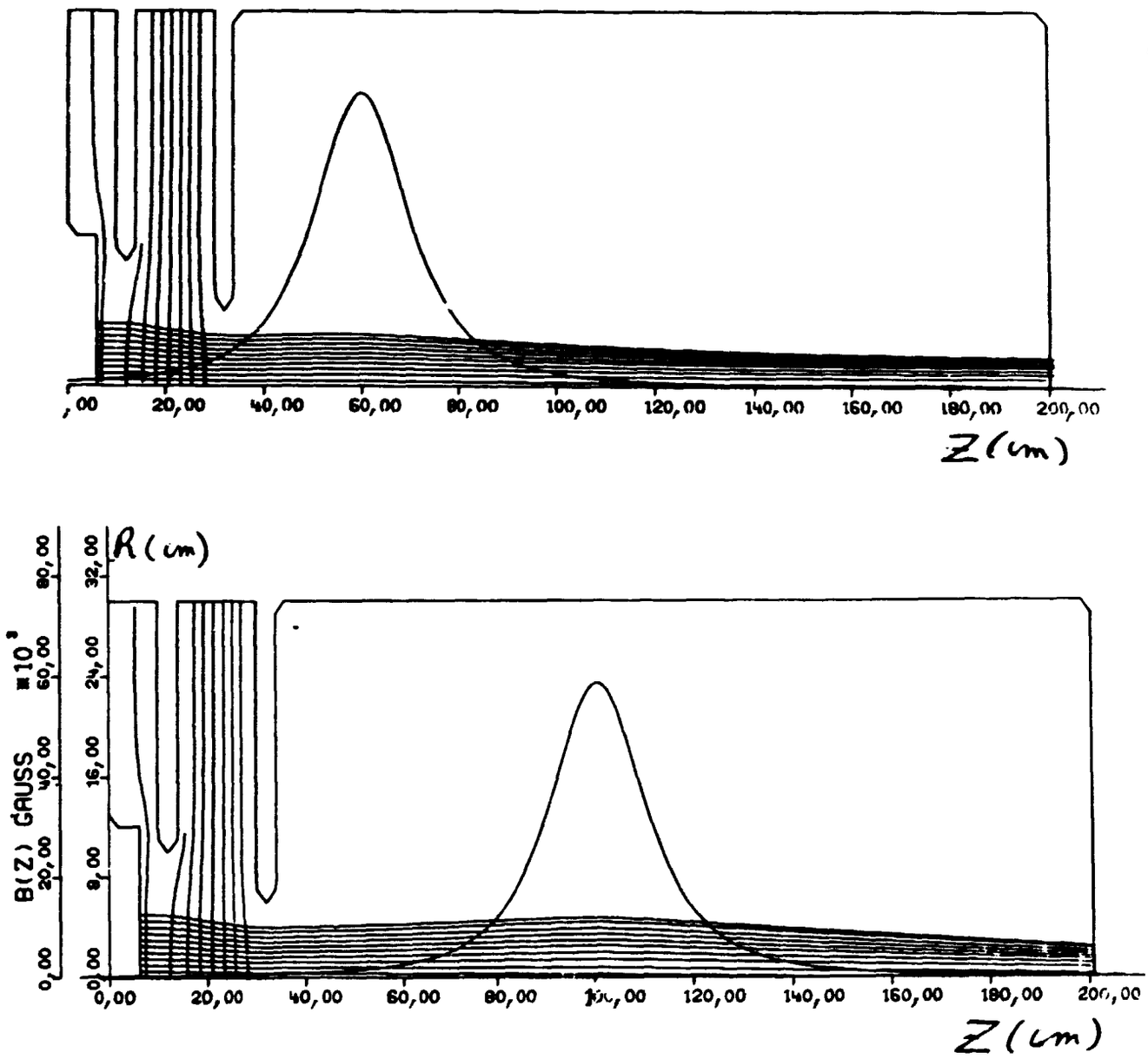
Courbe 1 - 20 cavités en série avec le Tandem 7 MV

Courbe 2 - accélérateur linéaire (fig.1) avec 25 cavités dans la partie à haute énergie.

Courbe 3 - 33 cavités ; 4 : 50 cavités ; 5 : 100 cavités.

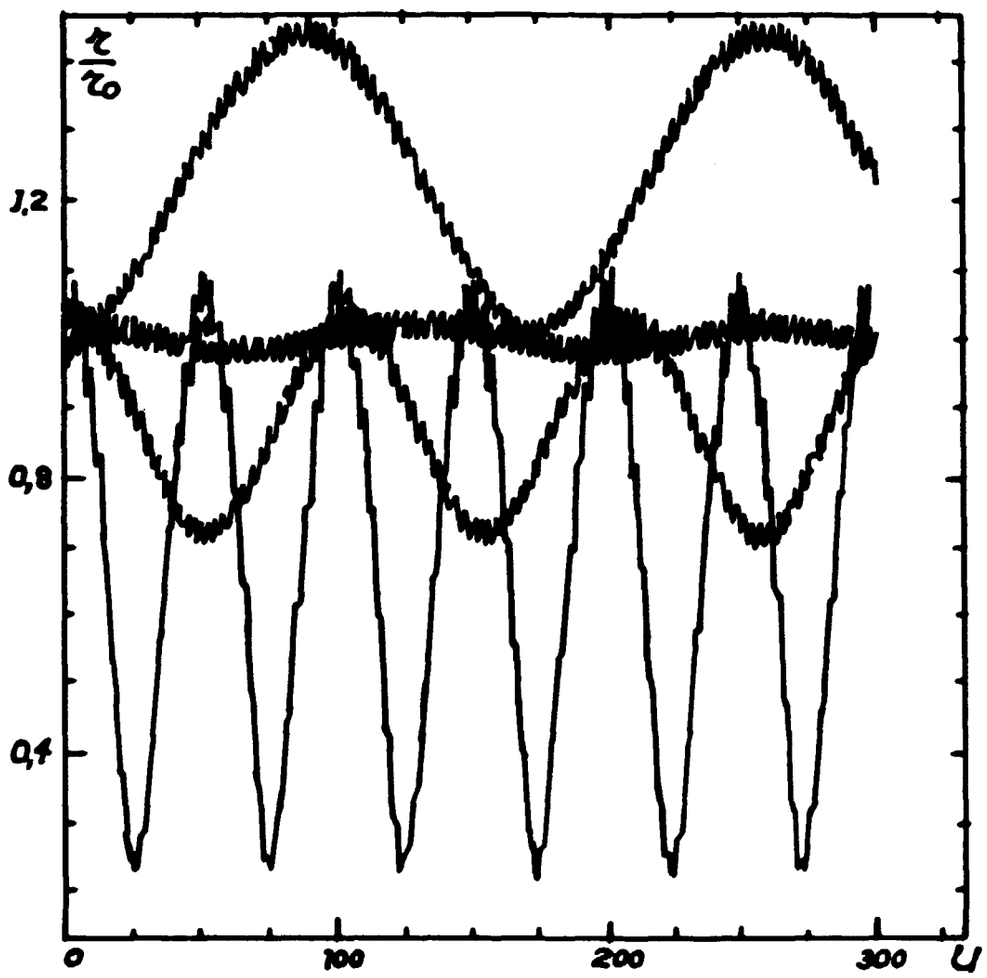
T + cyclotron : projet décrit dans la note CEA-N-2134

SARA : cyclotron de Grenoble



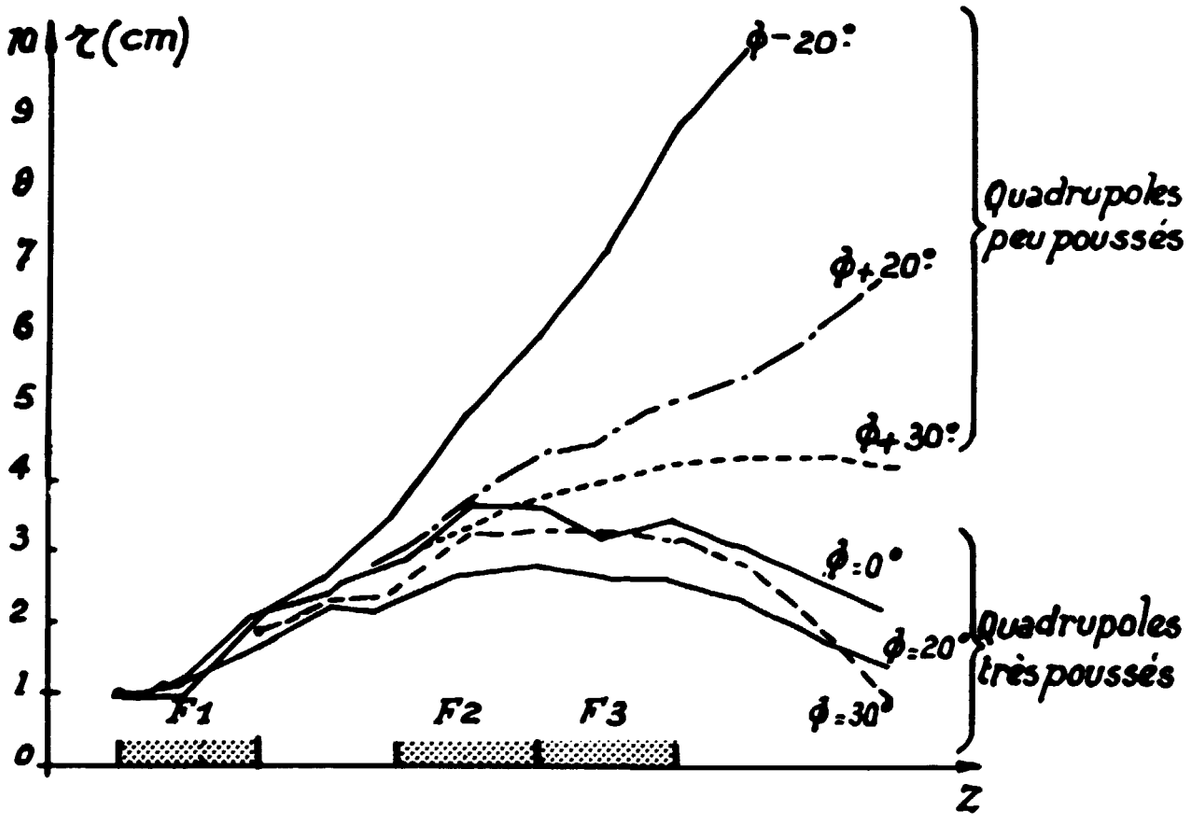
A-III-FIGURE 4

Géométrie d'extraction d'un faisceau de Xe^{+1} (100 mA) à 700 KV pour 2 focalisations magnétiques cylindriques différentes.



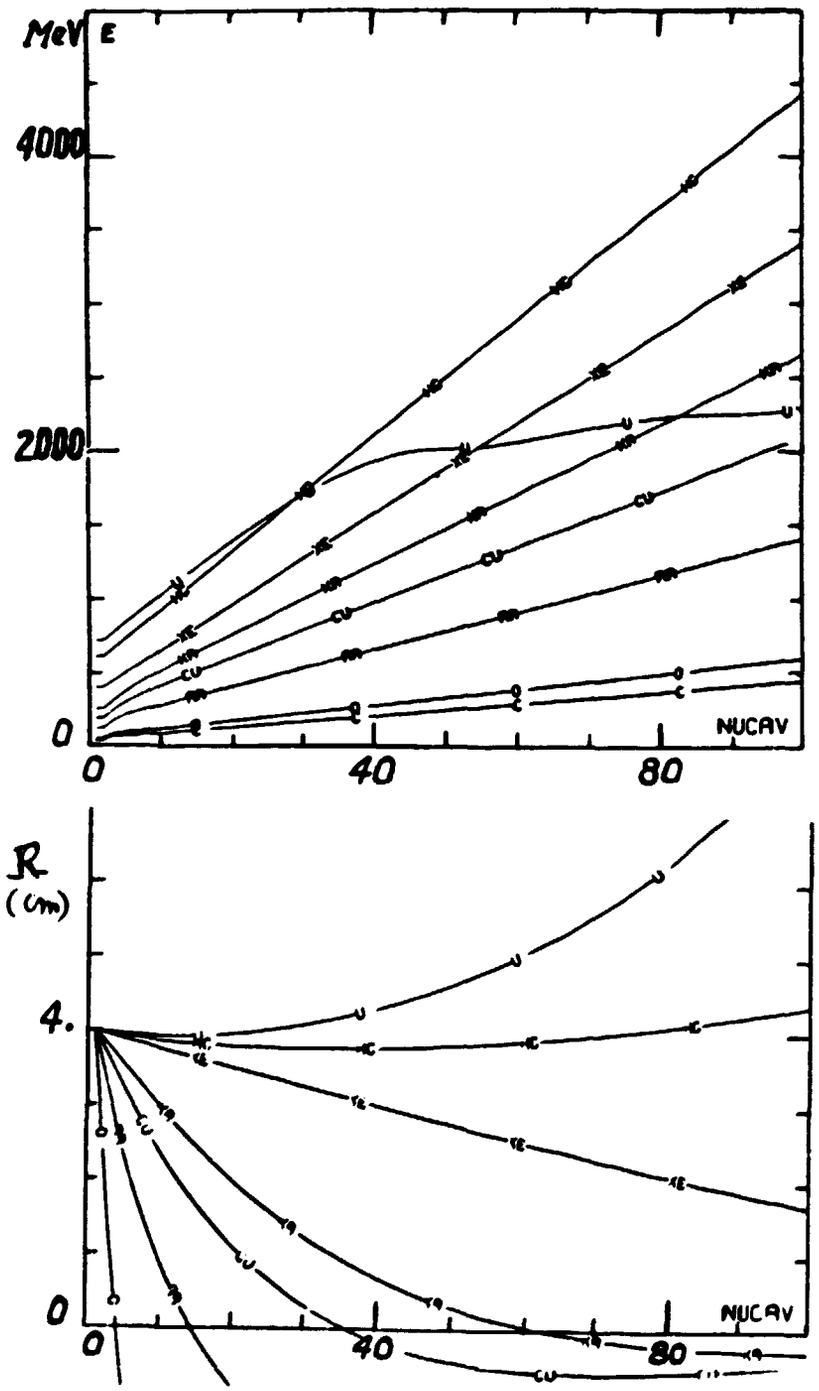
A-III-FIGURE 5

Enveloppe du faisceau dans la partie haute énergie pour différents cas de focalisation magnétique.
N = 2,410^9 particules/bouffée
U = 300, correspond à 100 cavités en série.



A-III-FIGURE 6

Enveloppe du faisceau dans les premiers étages d'accélération F_1, F_2, F_3 (Cf Fig.1.)



A-III-FIGURE 7

Energie de sortie et enveloppe du faisceau pour différents types d'ions en fonction du nombre de cavités.

A-IV-RALENTISSEMENT DES IONS LOURDS DANS UNE CIBLE CHAUDE (R. DEI CAS, M.A. BEUVE).

SLOWING DOWN OF HEAVY ION IN A HOT TARGET.

By using a simplified model we have computed the slowing down of heavy ions having in mind to define an experimental set-up consisting of a heavy ion probe crossing a laser created target plasma.

On a étudié à l'aide d'un modèle simplifié [1] le ralentissement des ions lourds dans une cible chaude. Dans ce travail on fait le point des résultats expérimentaux ou numériques sur le ralentissement des ions lourds dans l'optique du confinement inertiel. On compare ensuite nos résultats (PEP) avec différents résultats connus. Les études de ralentissement effectuées à l'aide de faisceaux rapides sur des plasmas confinés magnétiquement [3] ont mis en évidence l'aspect classique du ralentissement dans des conditions, il est vrai, très différentes de celles envisagées par le confinement inertiel. Par rapport à ces études les ions lourds présentent 2 aspects particuliers : l'évolution de l'état de charge de la particule test Z_t au cours du ralentissement, et l'évolution de l'état de charge du plasma cible Z_p au cours du chauffage. Il est certain que des données expérimentales permettraient de mieux modéliser l'évolution de ces quantités Z_t et Z_p qui jouent un rôle important dans le ralentissement.

On a étudié la sensibilité de différents paramètres (n, T, Z_p) dans le cas d'un faisceau sonde d'ions lourds traversant une cible de plasma créée par exemple par un laser [2]. La figure 1 donne l'énergie de sortie d'un ion Xe traversant un plasma d'or de température variable ; l'énergie incidente est de 50 MeV. Les profils de densité et de température du plasma sont pris en compte. Pour autant que l'on sache mesurer avec précision l'énergie et le Z_t de sortie, on pourrait déterminer l'état de charge du plasma. L'utilisation de différents faisceaux sondes issus du tandem et de différents plasmas permettrait d'atteindre un grand nombre de données expérimentales.

Une focalisation (Ø < 1 mm) et un regroupement temporel du faisceau sonde (Δt < 1 ns) sont évidemment nécessaires. Un laser à CO_2 ou à verre de 1 à

10 J permettrait de créer le plasma nécessaire à une analyse plus poussée des performances accessibles par de tels lasers et des moyens de diagnostics sont nécessaires pour mieux définir cette expérience.

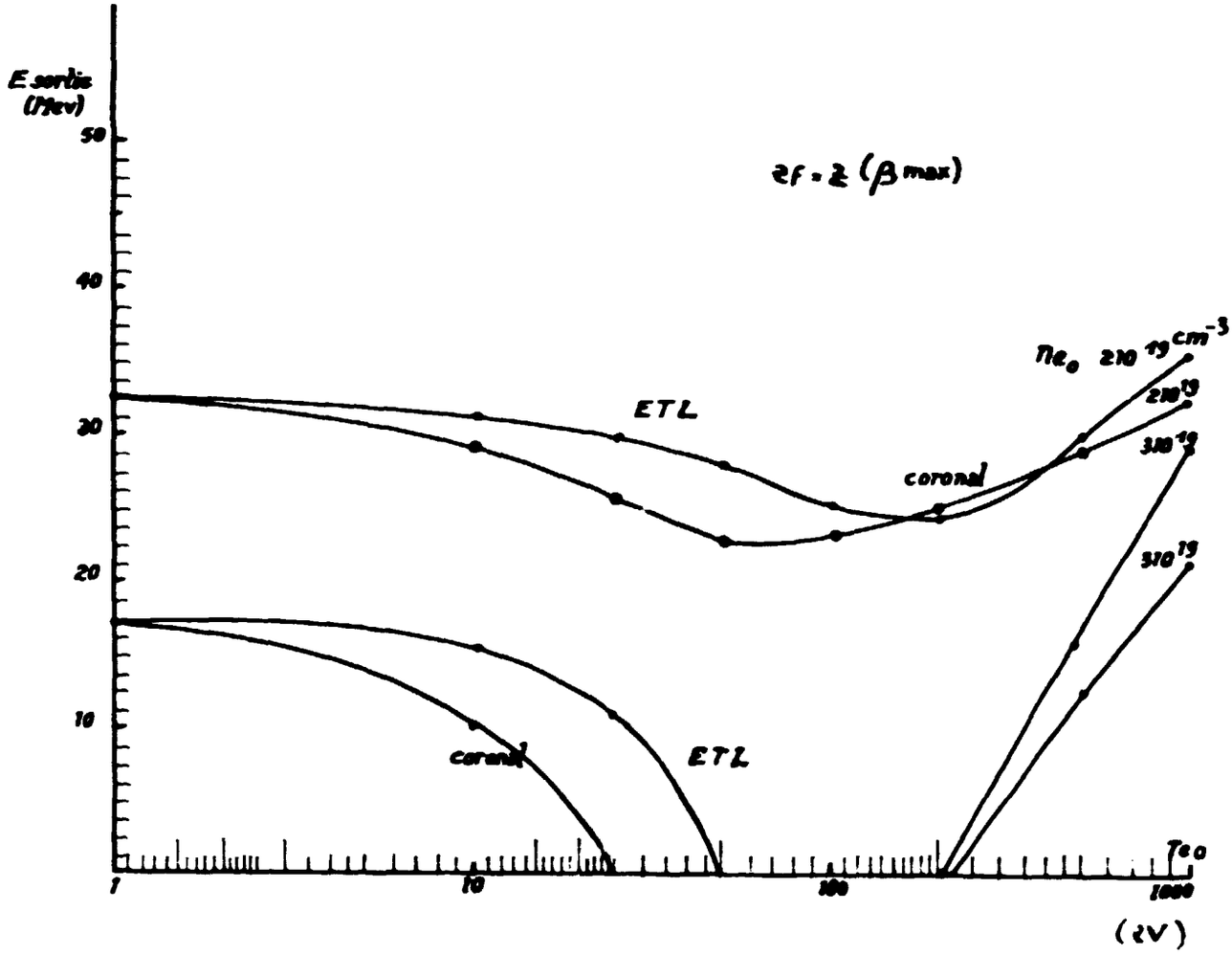
D'autre part, l'expérience acquise sur la microsonde nucléaire en cours d'implantation (A-I-4) et le regroupeur HF (A-II) prévu en 1981 permettront de mieux définir les possibilités expérimentales du faisceau sonde.

REFERENCES

[1] - R. DEI CAS, *"Ralentissement des ions lourds dans une cible chaude - Application au confinement inertiel et proposition d'une étude expérimentale de ralentissement" (à paraître).*

[2] - A. MICHAUDON, *communication privée.*

[3] - R. DEI CAS, *"Energy deposition profiles in fast neutral injection experiments EUR-CEA-DPH PFC N° 1016 (1979).*



A-IV-FIGURE 1

Energie de sortie d'un faisceau sonde de Xe (50 MeV) pour différentes conditions (n, T_{eo}, modèle d'ionisation) du plasma cible (or).

A-V-INFORMATIQUE

COMPUTERS

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

1)-*Systèmes d'acquisition et de traitement de données.*

Le parc d'ordinateurs du Service se compose d'un MITRA 125, d'un MITRA 225 et de deux MITRA 15. Ces deux derniers et le MITRA 225 sont plus particulièrement destinés à l'acquisition de données auprès des accélérateurs du Service, alors que le MITRA 125 est utilisé en centre de calcul. Un terminal SFENA/DSI donne accès au réseau CISI.

2)-*Poste d'acquisition de données en temps différé - (MITRA 125).*

Nous rappellerons les points importants de la configuration actuelle : trois axes de disques de 50 Mégaoctets, 384 kilomots de 16 bits, quatre cor s intéractives et une visualisation graphique VG 2100 quadrichrome.

Le logiciel utilisé est le MMT2V2. Les utilitaires nouvellement implantés cette année sont, d'une part, un éditeur fourni par la S.E.M.S. et d'autre part, un programme de tassement des fichiers disques permettant de récupérer la place perdue lors des destructions de fichiers.

De plus, pour compléter et améliorer l'utilisation du logiciel TA/TB compatible CISI existant déjà sur le MITRA 125, nous avons fait implanter le programme DIANE permettant, sur la console VG 2100, la visualisation et la modification des graphiques constitués par le logiciel TA/TB, soit sur les machines de la CISI, soit sur les MITRA 125 et 225. Toujours en complément de TA/TB, nous avons étudié un ensemble de programmes que nous pourrons qualifier de "SPOOL en sortie" pour les données codées Benson en attente d'être copiées sur bandes magnétiques",

celles-ci étant destinées à être lues sur le traceur Benson "off line".

Enfin, un certain nombre de sous programmes, demandés par les utilisateurs, ont été étudiés et mis au point : entre autres un sous-programme de lecture et d'écriture d'enregistrements de longueur variable sur un fichier de type "DEVICE".

L'utilisation de cette machine peut être considérée comme intensive : elle est constamment à la disposition des utilisateurs. En particulier il arrive fréquemment, il en est de même d'ailleurs pour le MITRA 225, que des travaux longs s'exécutent pendant tout le week-end sans surveillance. Les inconvénients actuels viennent surtout d'un manque de place mémoire et disque. Ce problème sera résolu dès le début de l'année 1981 par l'adjonction d'un axe de 300 Mégaoctets et 128 kilomots de mémoire supplémentaire. Enfin nous espérons que la version 3 du moniteur MMT2 améliorera la fiabilité du logiciel.

3)-Poste d'acquisition n° 1 (MITRA 15-2).

Les améliorations apportées à ce poste (Hall Neutron) sont d'ordre matériel : adjonction d'un lecteur de cartes et d'une imprimante à aiguilles, et d'ordre logiciel : alignement complet sur le MITRA 15-1.

4)-Poste d'acquisition n° 2 (MITRA 225).

La configuration actuelle du MITRA 225 équipant ce poste s'établit comme suit : 256 kilomots de 16 bits, 2 axes disques de 50 Mégaoctets, 1 unité de bande magnétique 1600 bpi, 1 double unité disquettes, 1 lecteur de cartes, une imprimante 300 ℓ/m, 3 consoles alphanumériques,une console Tektronix 4014, une visualisation Tektronix 611, un système Péricolor et un coupleur Camac ayant un canal programmé et quatre canaux automatiques. Sur cet ensemble, un système d'acquisition est en cours de mise au point et c'est sur cette réalisation que le groupe a surtout porté son effort cette année, tout en assurant en priorité l'exploitation des autres ordinateurs.

Ce système permet de prendre en compte les données issues d'un groupe de huit codeurs associés en plusieurs sous-groupes de codeurs corrélés. Ces sous-groupes sont au nombre de huit au maximum, chaque codeur ne pouvant appartenir à

deux sous-groupes différents : ceci est assuré par l'utilisation de codeurs à mémoire tampons Camac JCAN80T, issus des JCAN80, et d'un tiroir de logique de corrélation Camac JCL10 étudiés et construits à notre demande par les S.E.S. de SACLAY.

Tout le système est entièrement piloté par l'ordinateur, l'intervention humaine n'étant nécessaire que pour connecter les signaux analogiques et positionner les différents réglages des codeurs liés aux signaux d'entrées.

La transmission des données se fait, entre les chassis Camac et la mémoire du MITRA 225, en mode "canal" à la vitesse de 4 microsecondes par mot de 16 bits. Elles sont ensuite rangées sur un disque de 50 Mégaoctets, tout en étant traitées et visualisées, soit sur une des consoles Tektronix (spectres monoparamétriques), soit sur l'ensemble Péricolor (spectres biparamétriques). A chacune des informations peuvent être associés des bits d'identification, et sur chacune d'elles des calculs peuvent être effectués en cours de traitement à la demande des utilisateurs. Une bibliothèque standard sera constituée. En fin d'expérience, en plus des informations issues des codeurs ou mémoires tampons, il est possible de prendre en compte tout contenu de buffers désignés par leurs adresses Camac (valeurs d'échelles par exemple).

Un chaînage automatique de plusieurs configurations d'expériences peut être fait, chacune étant totalement différente de la précédente si l'expérimentateur le désire. L'interface d'acquisition est totalement réinitialisée à chaque fois.

En cours d'expérience, l'on peut influer sur une grande partie des paramètres de traitement en ligne. Par l'intermédiaire de programmes spécifiques soit prévus à cet effet, soit réalisés à la demande des utilisateurs, soit écrits en langage évolué (Fortran) par l'utilisateur et traitant les spectres constitués, il est possible d'effectuer des prétraitements en ligne. Ceci est facilité par l'utilisation d'une bibliothèque de sous-programmes graphiques écrits pour les consoles compatibles 4014 Tektronix. Une tâche spéciale activée en cours d'expérience permettra d'exécuter ces traitements, soit sur les spectres Péricolor, soit sur les spectres constitués en mémoire du MITRA 225 (lissages, ajustement par Gaussienne, représentation cavalière pour les spectres biparamétriques).

En plus de la réalisation du logiciel de ce système un important travail de conception, réalisation et test de matériel électronique a été fait. Citons en

particulier : un répartiteur de bits d'identification, des chassis d'affichage d'échelles, des tiroirs de commande, un chassis répartiteur de coïncidence etc.... Il est bon, de plus, de rappeler que nous avons dû tester et participer à la mise au point de tout le matériel fourni par les S.E.S., ce matériel étant, soit nouveau intrinsèquement, soit nouveau quant à son utilisation sur MITRA 225.

Un travail important reste à faire d'une part pour compléter ce système et d'autre part pour le généraliser, en particulier, pour passer d'un groupe de 8 codeurs à 8 groupes de 8 codeurs.

5)-Poste d'acquisition n° 3 (MITRA 15-1).

Ce poste équipé du MITRA 15-1 associé au Van de Graaff/4 MeV n'a subi aucune modification durant l'année. Il continue a être utilisé en système d'acquisition et de prétraitement.

6)-Terminal C.I.S.I. pour les calculs scientifiques.

Le terminal lourd qui équipe ce poste est un CO/ORDINATEUR 500 SFENA/DSI en location. Grâce à l'amélioration toute relative du logiciel il est possible depuis cette année de soumettre des travaux au "Remote Batch" à partir des consoles éloignées et de faire revenir les "listings" sur une imprimante fictive représentée par le disque.

Mais pour rendre cette utilisation plus confortable il faudrait une amélioration de l'éditeur et du système d'interrogation de l'état des travaux sur les machines de la C.I.S.I.

A-VI-ELECTRONIQUE

ELECTRONIC

A-VI -1-CONCEPTION, ETUDE ET REALISATION D'UN ENSEMBLE DE SEIZE VOIES AMPLIFICATRICES A GAIN PROGRAMMABLE AVEC CIRCUIT DE COMMANDE ET DE MEMORISATION

(M. RENAUD, R. FAUJOUR, N. N'GABERE*).

AMPLIFIERS WITH ADJUSTABLE AND PROGRAMMABLE GAINS.

We describe a set of 16 analog amplifiers with adjustable and/or programmable gains linked with a logic circuit including a 512 bytes memory in order to read up to 32 ajusted sets of gains or write one of them. For flexibility, each amplifier is designed around a 4 channel analog switch, digitally controlled with an adressable register to ensure impedance commutation. Remote control and memory expansion are provided by the use of a data communication interface with a 8085 A microprocessor.

Certains processus possèdent différents points de fonctionnement qui correspondent à des valeurs de consigne bien précises des différents actionneurs. Lorsque ceux-ci sont nombreux et que l'on passe fréquemment d'un point à un autre, il est intéressant de pouvoir placer en mémoire, pour chaque point de fonctionnement, l'ensemble des valeurs de consigne qui constitue un réglage et de pouvoir y faire appel pour forcer le processus à tel ou tel point de fonctionnement choisi.

Dans ce but, il a été réalisé un ensemble comportant seize voies à gain programmable géré par un circuit local de commande et de mémorisation (Fig.1). Ce circuit assure également les liaisons nécessaires pour piloter l'ensemble a distance à partir d'une logique programmée comportant un microprocesseur 8035A.

Le gain de chaque voie peut être fixé en local manuellement, ou à distance à partir d'un clavier ou du résultat d'un calcul.

* *Stagiaire Ecole Polytechnique Féminine.*

1)-Voie amplificatrice.

Elle est constituée par un amplificateur opérationnel dont le gain peut être choisi parmi seize possibilités obtenues par commutation de quatre impédances (fig. 2). Les commutateurs utilisés sont des commutateurs analogiques MOS qui se comportent comme des interrupteurs tout ou rien.

La configuration obtenue est l'image d'un mot de 4 bits qui est mémorisé dans un registre de voie. Le contenu de ce registre, qui fixe donc le gain de la voie, peut être modifié localement à l'aide de deux poussoirs qui forcent le registre à compter ou à décompter.

Le registre est également relié à la mémoire locale par l'intermédiaire de deux bus qui permettent l'un la mise en mémoire du contenu du registre, l'autre le chargement d'un mot de la mémoire dans le registre. Cette liaison avec la mémoire locale est effectuée par l'intermédiaire du circuit local de gestion qui reconnaît la voie par son adresse.

Une série de 16 diodes électroluminescentes placées en face avant présente la valeur décodée de l'état du registre, donc la valeur du gain de la voie.

Il est possible par le choix des amplificateurs, des impédances et du montage, de fixer les caractéristiques de la voie : amplificateur à gain commutable inverseur ou non, filtre à fréquence de coupure commutable, oscillateurs à fréquence commutable, sources de tension ou de courant etc .... ou d'utiliser les commutateurs comme des commandes tout ou rien.

2)-Logique de commande et de mémorisation.

Ces circuits ont pour fonction la gestion des voies et de la mémoire. En particulier ils permettent d'interroger chaque voie pour placer en mémoire le contenu du registre réglé manuellement, ou inversement de forcer l'état du registre d'après une configuration préalablement mise en mémoire.

La face avant comporte un poussoir qui permet de choisir l'un des trente deux réglages (le numéro du réglage sélectionné apparaît sur des afficheurs décimaux). Deux autres poussoirs déclenchent au choix la séquence de lecture ou d'écriture.

Ils gèrent également les échanges avec les circuits de transmission qui permettent d'utiliser une mémoire externe. Cette liaison est utilisée pour coupler l'ensemble à distance à une carte mémoire elle-même gérée par un microprocesseur 8085A. Les commandes peuvent être effectuées à partir du clavie alphanumérique.

Les mesures du réglage et le gain de chaque voie sont affichés sur l'organe de visualisation associée.

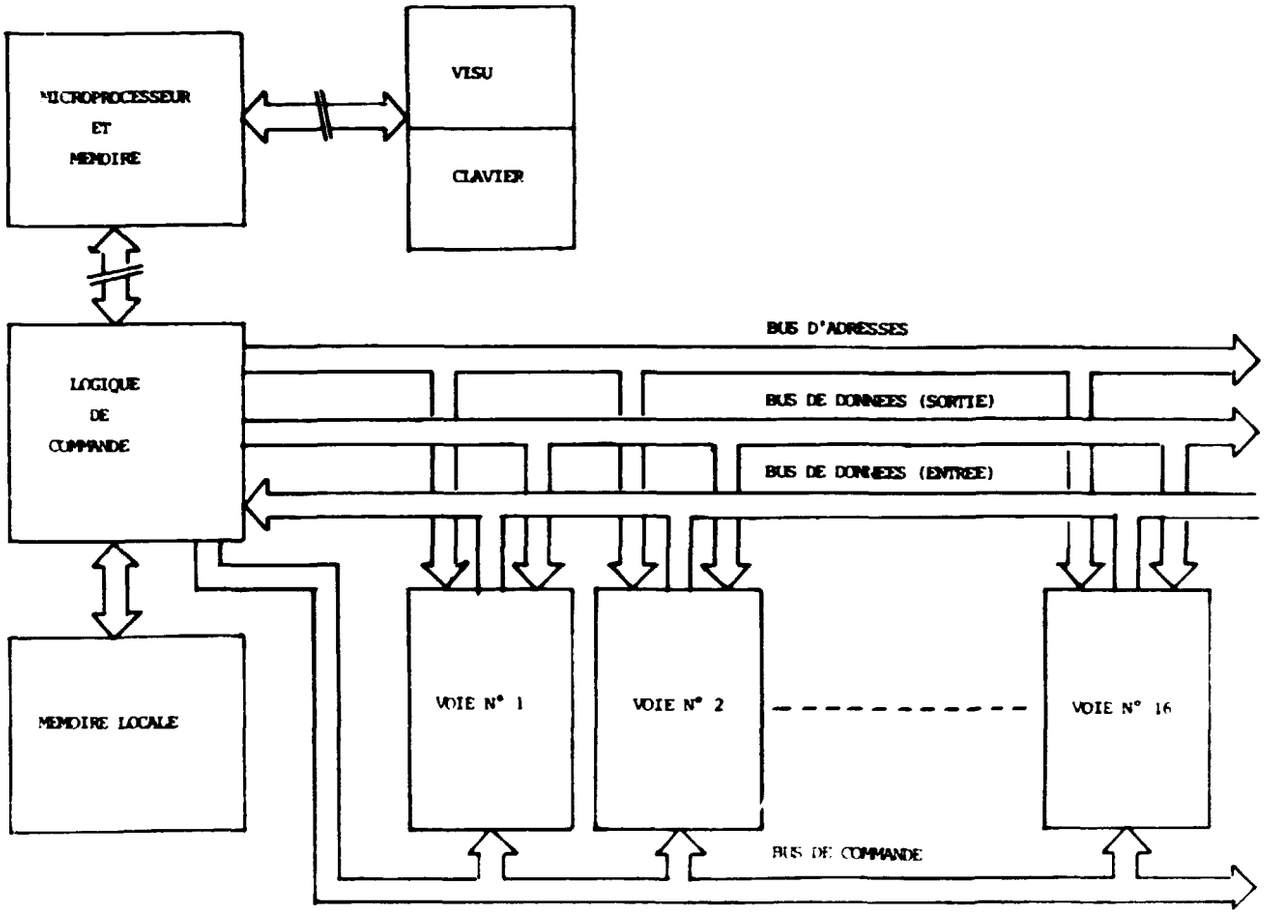
Dans cette configuration le nombre de réglages mémorisables n'est pas limité. Le passage d'un réglage à un autre ou des modifications de gain de voie peuvent provenir également du résultat d'un calcul ou de tests d'états.

3)-Réalisation.

L'ensemble se présente dans un chassis au standard 19 pouces, 3 unités contenant les seize voies (16 cartes) les circuits de logique et de mémorisation (12 cartes) et les alimentations. La face avant présente le numéro du réglage effectué et, sur chaque voie, la valeur décodée du mot d'état du registre. La face arrière comporte les entrées-sorties analogiques et la prise de raccordement au câble de liaison. Celle-ci est équipée d'émetteurs récepteurs assurant le transfert bidirectionnel des informations sur paire téléphonique.

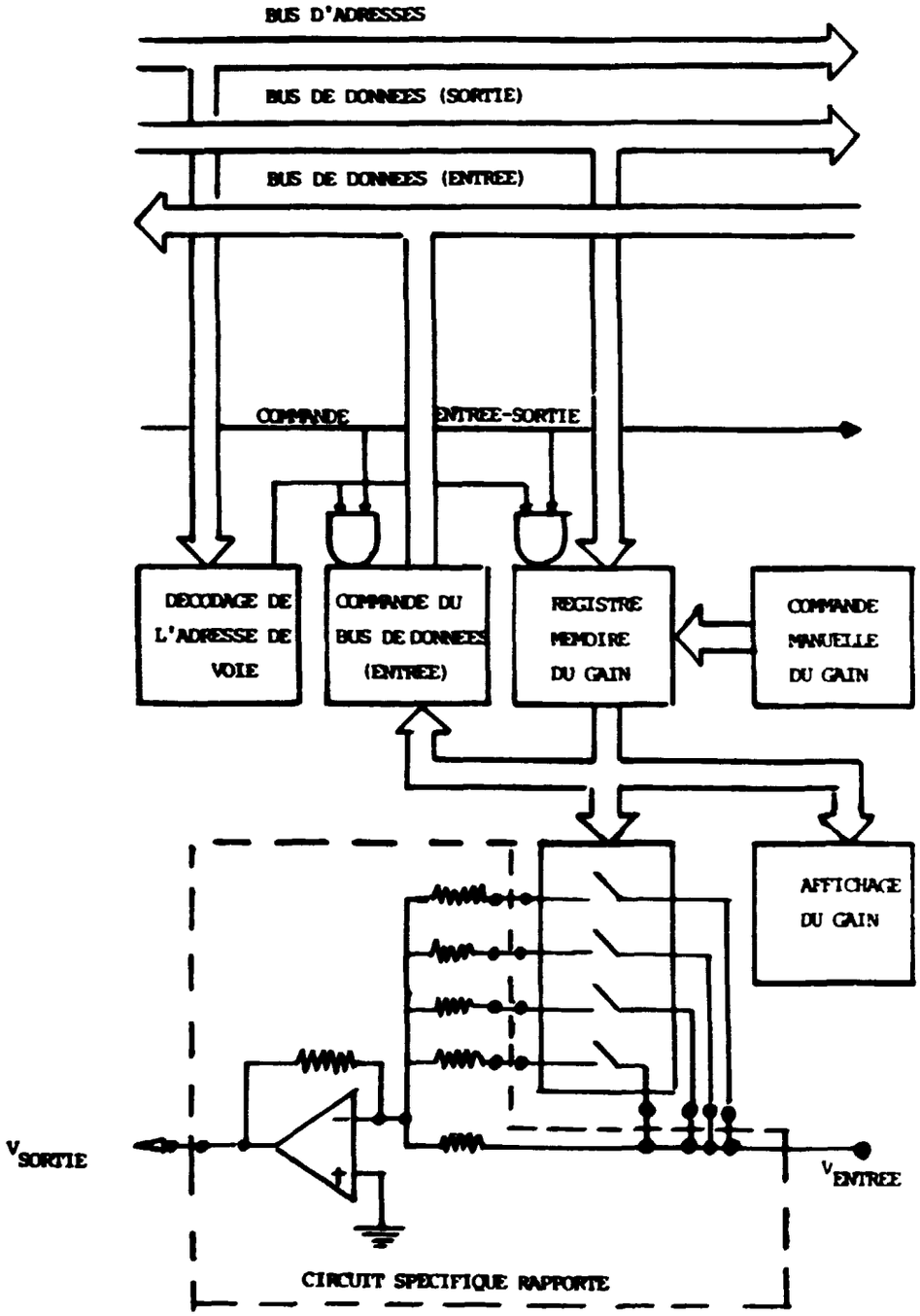
Chaque voie est réalisée sur une carte qui comporte l'ensemble des circuits logiques de commande et d'affichage. Toutes les voies sont identiques et ne se distinguent que par une adresse que l'on choisit par des cavaliers. Le circuit analogique, au choix de l'utilisateur, est réalisé sur une carte séparée qui vient compléter le cuicuit de voie à un emplacement réservé comportant des plots de raccordement aux entrées sorties analogiques, aux commutateurs et aux alimentations. La surface réservée est suffisante pour concevoir et implanter des circuits nécessitant plusieurs boitiers.

Cet ensemble présente donc une très grande modularité puisque chaque voie ne se distingue d'une autre que par son adresse qui est fixée à l'aide de cavaliers tout en s'adaptant aisément à la spécificité des problèmes à résoudre grâce aux circuits analogiques rapportés. Il peut être utilisé seul dans la limite où la capacité mémoire locale est suffisante (512 mots de 4 bits soit 32 réglages) ou en liaison avec un microcalculateur. Dans ce cas, ses possibilités sont très augmentées et il peut être considéré comme un périphérique.



A-VI-FIGURE 1

Organisation générale


BUS D'ADRESSES
BUS DE DONNEES (SORTIE)
BUS DE DONNEES (ENTREE)
COMMANDE
ENTREE-SORTIE
DECODAGE DE L'ADRESSE DE VOIE
COMMANDE DU BUS DE DONNEES (ENTREE)
REGISTRE MEMOIRE DU GAIN
COMMANDE MANUELLE DU GAIN
AFFICHAGE DU GAIN
V_{SORTIE}
V_{ENTREE}
CIRCUIT SPECIFIQUE RAPPORTE

A-VI-FIGURE 2

A-VII-PROGRAMME DE CALCUL

SCIENTIFIC PROGRAMMING

(M.A. BEUVE, M. GAUTIER, N. CHEYSSIAL)

Les calculs scientifiques sont éxécutés, soit sur les ordinateurs de la C.I.S.I. à SACLAY (IBM 3033, IBM 370-68, CDC 7600) par l'intermédiaire d'un terminal (SFENA-DSI) installé dans le Service, soit avec le réseau IRIS 80 par l'intermédiaire d'un terminal (CII 10020) installé à l'Unité de Calcul du CEB.III. Les dépouillements des résultats des manipulations sont faits de manière interactive sur un MITRA 125 équipé d'une console de visualisation VG 2100.

L'activité du Bureau de Calcul a porté essentiellement cette année sur les points suivants :

- écriture de nouveaux codes,
- implantation de codes étrangers sur le réseau C.I.S.I.,
- implantation d'un code sur le réseau IRIS 80,
- écriture au MITRA 125 - VG 2100 de Programmes Utilitaires,
- exploitation et mise à jour de codes déjà existants.

1)-*Ecriture de nouveaux codes.*

- PEP : Calcul de perte d'énergie dans un plasma (1)
- POL : Calcul d'optimisation d'un accélérateur linéaire (2)
- POC : Calcul d'optimisation de la géométrie des cavités (3)
- EVOLBUNCH : Calcul de l'évolution d'une bouffée ayant une résolution initiale δt_i en temps et δE_i en énergie (4)
- PLATBAND : Programme de dépouillement de données de fission permettant de tirer sur bande les résultats à exploiter, de les mettre en forme et de sortir les courbes correspondantes.

2)-Implantation de codes étrangers sur le réseau C.I.S.I.

- SATURN et MARS (CDC 7600)

  Codes de calcul en DWBA pour les réactions induites par ions lourds (formalisme dit de portée finie)

  a) SATURN 1 - MARS 1 (CDC 7600)

  Formalisme et calcul de sections efficaces [5]

  b) SATURN 2 (CDC 7600)

  Calcul des facteurs de forme et évaluation de l'intégrale quadruple [6]

- ATHREE (CDC 7600)

  Modèle optique adapté aux réactions induites par ions lourds [7]

- SLAC

  Programme de calcul de trajectoire des électrons dans un accélérateur linéaire (8).

3)-Implantation d'un code sur le réseau IRIS 80.

Le programme SAMCE [9] est un programme de calcul de Monte Carlo à 3 dimensions qui permet d'étudier les gammas ou les neutrons en voie d'entrée, et les neutrons ou les gammas en voie de sortie. Il se compose de deux programmes : SAM-X (7000 cartes) qui met en forme les fichiers d'entrée pour SAMF à partir des bandes ENDF-BIV et SAMF qui est le Monte Carlo proprement dit (diverses géométries possibles : cylindre, sphère, polyhèdre, tronc de cône, etc ...).

4)-Ecriture sur MITRA 125 - VG 2100 de Programmes Utilitaires.

Ces programmes regroupés sous le nom général UTINAVY permettent de faire des entrées-sorties particulières pour l'exploitation du Programme NAVY [10]

- BAN8F6 : Gestion de bandes magnétiques directement issues des manipulations.
- OLDNAV : Décodage de bandes binaires enregistrées sur le CII 10020.
- NEWNAV : Lecture et écriture de bandes magnétiques en binaire . Ces bandes permettent un archivage des manipulations.

- BENSON : Présentation des résultats sur tracés Benson et contrôle par visu au fur et à mesure de l'élaboration du tracé.

5)-Exploitation et mise à jour.

- LIBDIFM : Correction de diffusions multiples.

Ce programme modifié par l'introduction du facteur d'isotropie a été utilisé pour le dépouillement de manipulations sur la diffusion des neutrons (^{24}Mg, ^{28}Si, ^{32}S, ^{155}Gd, ^{177}Gd, etc ....).

- LIBRC, GRAF

Programmes de tracés permettant la présentation des résultats expérimentaux et théoriques (spectres superposés ou non, avec ou sans barre d'erreur, avec une représentation en continu ou par points, courbes de sections efficaces différentielles).

REFERENCES

[1] - R. DEI CAS, *Ralentissement des ions lourds dans une cible chaude (à paraître).*

[2] - Cf. A-III, références 1, 2, 3.

[3] - Cf. A-III, références 1, 2, 3.

[4] - Cf. A-II, *"Etude d'un regroupeur à haute fréquence".*

[5] - T. TAMURA et K.S. LOW, *"Exact finite range DWBA calculations for Heavy ion Induced Nuclear Reactions", Computer Physics Communications 8 (1974) 349.*

[6] - T. TAMURA, T. UDAGARVA et K.E. WOOD, *"Exact finite range DWBA form factor for heavy ion Induced Nuclear Reactions", Computer Physics Communications 18 (1979) 163.*

[7] - E.H. AUERBACH, "*Athree : a general optical model code especially suited to heavy ion*", *Computer Physics Communications 15 (1978) 165.*

[8] - W.B. HERRMANNSFELDT, *Electron Trajectory Program, SLAC-166.*

[9] - M.O. COHEN, W. GUBER, E. TROUBETZKOY, H. LICHTENSTEIN, H. STEINBERG et M. BAR, "*SAMCE : a three dimensional Monte Carlo code for the solution of the forward neutron and forward and adjoint gamma ray transport equations.*" *AD-767-439.*

[10] - M.A. BEUVE, M. GAUTIER, *programmes de calcul, Note CEA-N-2134, (1980) p. 22.*

A-VIII-TECHNOLOGIE

TECHNOLOGY

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

L'activité du laboratoire-cibles a consisté essentiellement à satisfaire les demandes émanant des physiciens du Service et celles en provenance de laboratoires extérieurs : S.E.C.R, R.C.P., C.E.M., E.T.C.A, IN2P3 Bordeaux.

Les demandes de cible neutronigènes ont peu évoluées cette année. Par contre, celles de cibles minces autosupportées n'ont pas eu le développement escompté.

Les laboratoires extérieurs au Service ont fait appel au labo-cibles, pour la fabrication de cibles de titane tritié ou deutérié et, pour celle de dépôts et révêtements de métaux dans des cas spéciaux. Il y a eu continuité d'études et de fabrication de filtres et d'écrans pour rayons X.

Un nouveau laboratoire-cibles a été construit et le transfert des activités cibles et du bureau d'études s'effectuera au début 1981.

Les performances du code ont été testées dans le cas des données de diffusion élastique et inélastique de neutrons de 3,4 MeV par le noyau ^{238}U [2]. Elles sont illustrées dans la figure 1 qui montre les données mesurées et corrigées pour l'état 2^+ à 45 keV. On trouvera une description détaillée du code dans la référence 3.

Il est prévu d'apporter des modifications et des améliorations à ce code pour pouvoir l'appliquer au traitement des expériences dans lesquelles le spectre des neutrons secondaires se compose de raies discrètes superposées à un continuum, comme dans le cas de l'interaction des neutrons rapides avec le béryllium [4].

* *Collaborateur Temporaire Etranger, LOS ALAMOS (US.A.).*

REFERENCES

[1] - D.C. VELKLEY, J. BRANDENBERGER, D. GLASGOW, M.T. McELLISTREM, *Nucl. Inst. and Meth* 129 *(1975) 231.*

[2] - G. HAOUAT, J. LACHKAR, Ch. LAGRANGE, Y. PATIN, J. SIGAUD, R.E. SHAMU, *Rapport NEANDC (E) 196 "L", INDC (FR) 29/L (1978).*

[3] - J. LILLEY, *"MULCAT-BRC : A Monte Carlo neutron and gamma-ray multiple-scattering correction program for the MITRA 125 computer", Note P2N-934/80 du 26 Novembre 1980.*

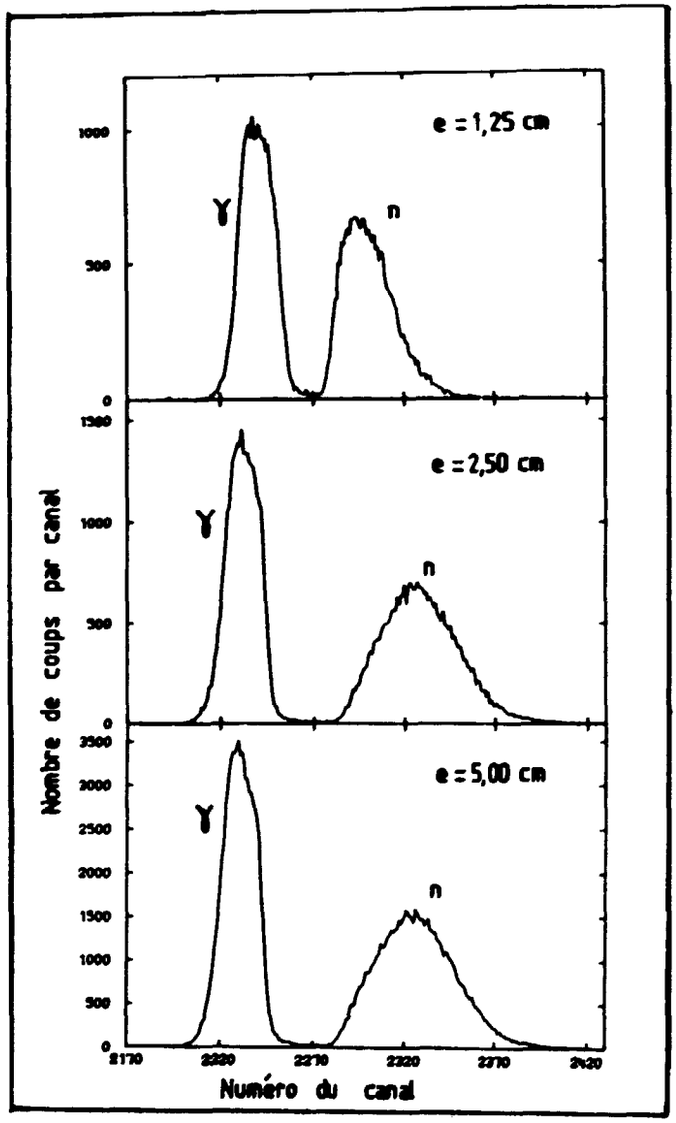
[4] - G. HAOUAT et al., *Compte rendu d'Activité 1979 - Note CEA-N-2134, NEANDC (E) 212/L, INDC (FR) 38/L.*

en fonction de l'épaisseur des scintillateurs. Les résultats de mesure sont présentés dans la figure 1 ; il apparaît que même avec des faibles épaisseurs et des grands diamètres l'efficacité de discrimination n-γ des scintillateurs est conservée. Par ailleurs, des études sont entreprises pour réduire les fluctuations de la réponse en temps des détecteurs à environ 300 ps tout en conservant des scintillateurs de grand diamètre (10 à 12 cm).

REFERENCES

[1] - S. SEGUIN, C. HUMEAU, G. DALBERA, G. HAOUAT, *Note CEA-N-2080, NEANDC (E) 201/L, INDC (FR) 32/L (1979) p. 29.*

[2] - Voir Chap. A.II de ce rapport



B-I-FIGURE 1

Spectres de discrimination neutron-gamma pour des scintillateurs de 10 cm de diamètre et 1,25-2,50 et 5,00 cm d'épaisseur. Une source Am-Be a été utilisée.

B-I-2-MULCAT-BRC - UN CODE DE CORRECTION PAR MONTE CARLO DES DIFFUSIONS MULTIPLES DE NEUTRONS ET RAYONS γ : ADAPTATION SUR MITRA 125 - (J.R. LILLEY*).

MULCAT-BRC : A MONTE CARLO NEUTRON AND GAMMA-RAY MULTIPLE-SCATTERING CORRECTION PROGRAM FOR THE MITRA-125 COMPUTER.

MULCAT-BRC is a revision of the code written at the University of Kentucky [1] for correcting neutron scattering data for sample size effects.
The program uses the Monte Carlo method to simulate a geometry found in many neutron scattering experiments that is a cylindrical sample irradiated from the side by neutrons, with the scattered neutrons and/or the uncollided γ-rays being detected at various angles with respect to the incident beam.
The code optionnaly iterates on the elastic scattering and the inelastic scattering or γ-ray production cross-sections in an attempt to fit measured counting data.

MULCAT-BRC est une révision du code écrit à l'Université du Kentucky [1] pour corriger les données de diffusion de neutrons des effets dus aux dimensions de l'échantillon.

Le programme utilise la méthode de Monte Carlo pour simuler une expérience de diffusion de neutrons dans laquelle un échantillon cylindrique est bombardé par des neutrons. Les neutrons diffusés et (ou) les rayons γ sont détectés à plusieurs angles. Le code permet d'obtenir les sections efficaces de diffusion élastique et inélastique de neutrons à partir d'un ajustement, après plusieurs itérations, des données mesurées.

Le code MULCAT-BRC diffère de MULCAT par les points suivants :

- il est utilisé sur calculateurs MITRA 125,
- il itère sur les résultats experimentaux bruts,
- quelques erreurs de calcul ont été corrigés,
- la convergence du fit en polynomes de Legendre par moindres carrés est accélérée,
- le code fournit aussi les taux de production de rayonnements γ.

Les performances du code ont été testées dans le cas des données de diffusion élastique et inélastique de neutrons de 3,4 MeV par le noyau ^{238}U [2]. Elles sont illustrées dans la figure 1 qui montre les données mesurées et corrigées pour l'état 2^+ à 45 keV. On trouvera une description détaillée du code dans la référence 3.

Il est prévu d'apporter des modifications et des améliorations à ce code pour pouvoir l'appliquer au traitement des expériences dans lesquelles le spectre des neutrons secondaires se compose de raies discrètes superposées à un continuum, comme dans le cas de l'interaction des neutrons rapides avec le béryllium [4].

* *Collaborateur Temporaire Etranger, LOS ALAMOS (US.A.).*

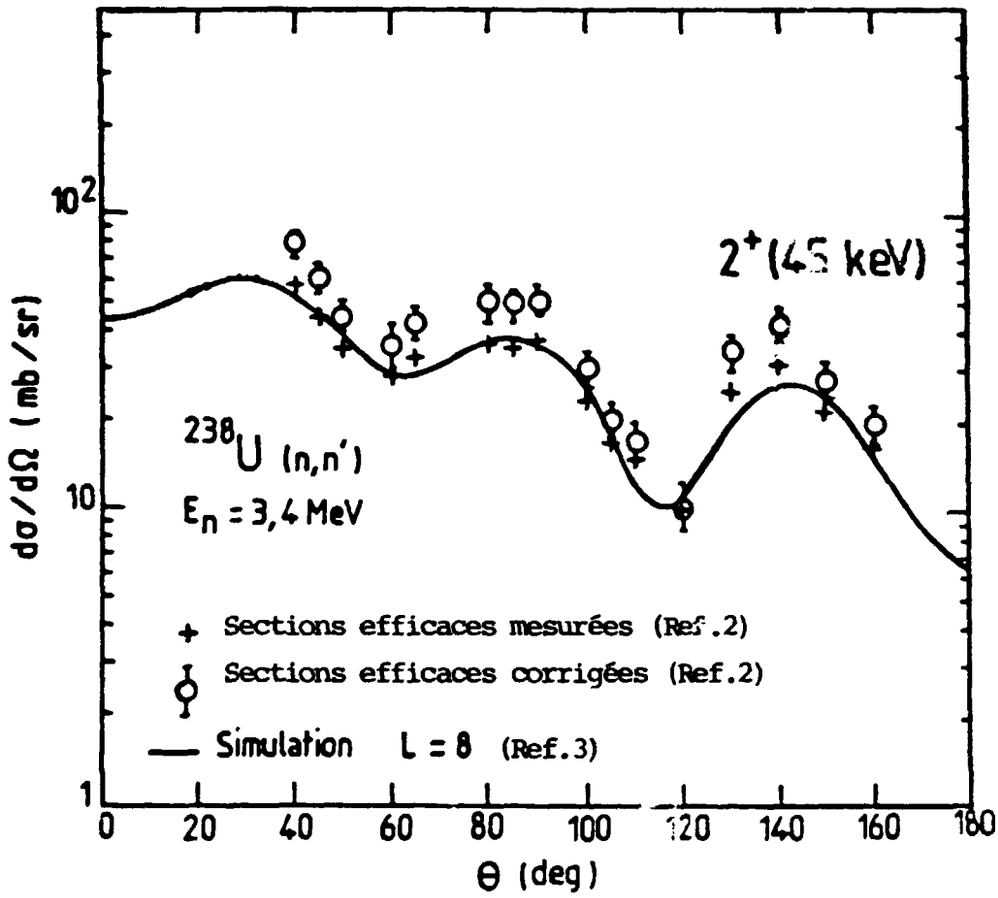
REFERENCES

[1] - D.C. VELKLEY, J. BRANDENBERGER, D. GLASGOW, M.T. McELLISTREM, *Nucl. Inst. and Meth* 129 *(1975) 231.*

[2] - G. HAOUAT, J. LACHKAR, Ch. LAGRANGE, Y. PATIN, J. SIGAUD, R.E. SHAMU, *Rapport NEANDC (E) 196 "L", INDC (FR) 29/L (1978).*

[3] - J. LILLEY, *"MULCAT-BRC : A Monte Carlo neutron and gamma-ray multiple-scattering correction program for the MITRA 125 computer", Note P2N-934/80 du 26 Novembre 1980.*

[4] - G. HAOUAT et al., *Compte rendu d'Activité 1979 - Note CEA-N-2134, NEANDC (E) 212/L, INDC (FR) 38/L.*



B-I-2-FIGURE 1

Sections efficaces mesurées (+) et simulées par MULCAT-BRC (-) pour la diffusion de neutrons de 3,4 MeV sur l'état 2+ (45 keV) de ^{238}U.

B-I-3-ETAT ACTUEL DES DONNEES DE PRODUCTION DE TRITIUM A PARTIR DES REACTIONS INDUITES PAR NEUTRONS SUR ^{6}Li ET ^{7}Li . (G. HAOUAT).

SURVEY OF THE TRITIUM PRODUCTION DATA FROM NEUTRON INDUCED REACTIONS ON ^{6}Li AND ^{7}Li.

Tritium production cross section data from neutron induced reactions on ^{6}Li and ^{7}Li are reviewed and analysed for the purpose of calculating the tritium breeding rates in blankets of future fusion reactors The data for ^{6}Li seem to be coherent and well established whereas the ^{7}Li data are discrepant and given with large uncertainties. Experimental methods for measuring the $^{7}Li(n,n't)\alpha$ cross sections and for testing the evaluation files are presented.

Dans les réacteurs à fusion de la première génération qui devraient fonctionner à partir de la réaction :

$$D + T \rightarrow n + {}^{4}He + 17,5\ MeV,$$

il est prévu d'utiliser du lithium comme matériau de couverture. Il est reconnu en effet que l'interaction des neutrons avec ce noyau permet de produire du tritium en quantité assez grande pour remplacer celui éliminé au cours de la combustion. Cependant des calculs récents de transport de neutrons dans des configurations réalistes [1] montrent combien il est important de connaître avec une faible incertitude les sections efficaces de production de tritium pour les isotopes 6 et 7 du lithium afin de déterminer avec une précision acceptable le taux de régénération du tritium dans les assemblages des futurs réacteurs. Il est important, aussi, de connaître les spectres en énergie des neutrons émis par des échantillons de ^{6}Li et ^{7}Li lorsqu'ils sont bombardés avec des neutrons, car le taux de régénération de tritium d'un assemblage en dépend très directement.

Nous avons fait le point dans une note récente [2], sur l'état actuel

des données de section efficace des réactions induites par neutrons sur ^{6}Li et ^{7}Li et produisant du tritium dans la gamme d'énergie des neutrons inférieure ou égale à 15 MeV. Il apparaît que l'ensemble des données sur la réaction $^{6}Li(n,t)\alpha$ est cohérent entre quelques keV et 14 MeV. Nous présentons dans la figure 1 les mesures les plus récentes ainsi que les évaluations ENDF/B IV et B V. L'accord entre les mesures et l'évaluation ENDF/B V est satisfaisant.

La situation concernant les sections efficaces de la réaction $^{7}Li(n,n't)\alpha$ est, par contre, très différente. Nous possédons un petit nombre d'informations expérimentales sur cette réaction ; elles sont en outre peu concordantes et les incertitudes sur les mesures sont souvent grandes comme le montre la figure 2. Remarquons, au vu de cette figure, que les récentes mesures de HARWELL [7] sont systématiquement inférieures d'environ 30% à l'évaluation ENDF/B IV. Des mesures très récentes faites à Argonne et Geel [8] semblent confirmer cette tendance bien que les différences avec l'évaluation ENDF/B IV ne soient pas aussi grandes.

Ainsi, vue l'importance des données de la réaction $^{7}Li(n,n't)\alpha$ pour le calcul du taux de régénération de tritium, il apparaît souhaitable de disposer d'un jeu cohérent et complet de sections efficaces dans la gamme d'énergie des neutrons allant du seuil ($\simeq$ 3 MeV) à 15 MeV. Deux expériences peuvent être envisagées afin de satisfaire ces besoins. L'une consiste en la mesure des sections efficaces différentielles de la réaction $^{7}Li(n,n't)\alpha$ l'autre en une mesure intégrale destinée à vérifier la cohérence des données évaluées pour le noyau ^{7}Li.

- <u>Mesure des sections efficaces doublement différentielles de la réaction $^{7}Li(n,n't)\alpha$.</u>

La méthode de mesure consiste à bombarder avec des neutrons un échantillon scintillant chargé au ^{7}Li et à enregistrer à divers angles le nombre et l'énergie des neutrons émis en coïncidence avec les tritons et particules alpha qui reculent dans les scintillateurs. En utilisant une source de neutrons du type D-Be à spectre en énergie étalé et un scintillateur contenant environ 1 mole de ^{7}Li nous pouvons déterminer en une seule mesure les sections efficaces de la réaction $^{7}Li(n,n't)\alpha$ dans la gamme d'énergie 3-15 MeV.

- Spectre des neutrons émis par une sphère de ^{7}Li soumise au bombardement de neutrons de 14 MeV.

Le dispositif expérimental est constitué d'une source de neutrons de 14 MeV ponctuelle et isotrope placée au centre d'une sphère de ^{7}Li. Un ou plusieurs détecteurs enregistrent le spectre des neutrons émis qu'il s'agit de comparer ensuite au résultat d'un calcul de simulation, par la méthode de Monte Carlo, utilisant comme paramètres d'entrée des données évaluées, ENDF/B IV par exemple. Cette comparaison permet d'apporter un jugement assez précis sur la qualité de l'évaluation. A titre d'illustration nous donnons dans la figure 3 les résultats de calculs préliminaires [9] qui montrent la sensibilité de telles mesures intégrales aux données de la réaction $^{7}Li(n,n't)\alpha$.

Nous envisageons d'entreprendre au cours de l'année 1981 des mesures intégrales de spectres de neutrons émis par une sphère de ^{7}Li bombardée avec des neutrons de 14 MeV.

REFERENCES

[1] - F. GERVAISE, *Communication au Comité des Constantes Nucléaires, Cadarache 21 Novembre 1980.*

[2] - G. HAOUAT, *Données de section efficace des réactions $^{6}Li(n,t)\alpha$ et $^{7}Li(n,n')t\alpha$, Note P2N-1054/79 du 26 Décembre 1979.*

[3] - G. LAMAZE, R. SCHRACK, O. WASSON, *Nucl. Sci Eng.* 68 *(1978) 183.*

[4] - RENNER et al., *B.A.P.S.* 23 *(1978) 526.*

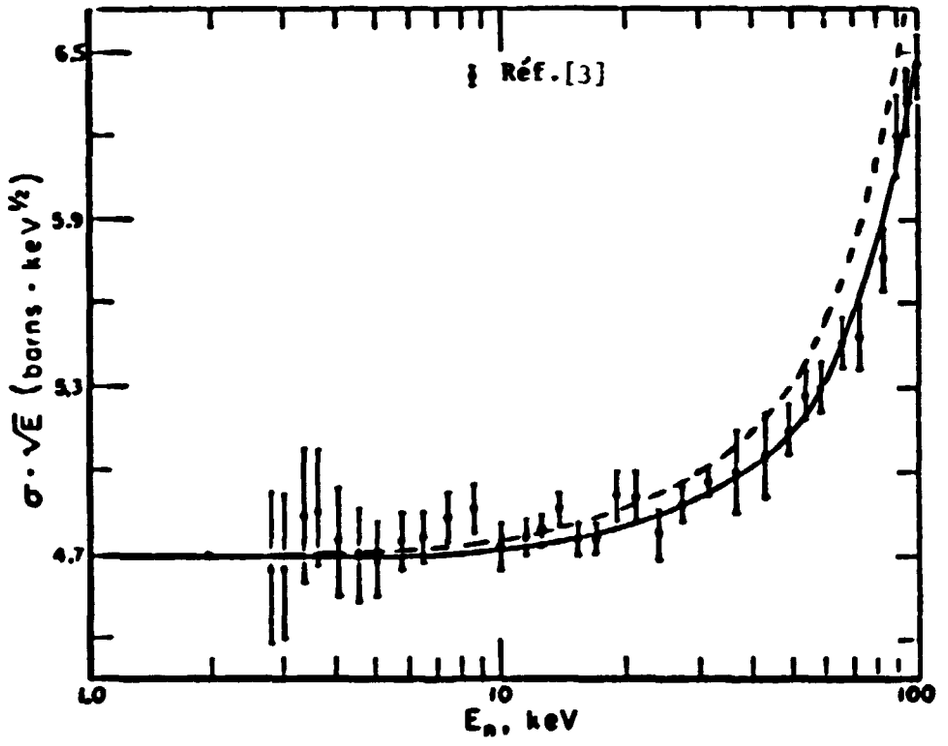
[5] - C. BARTLE, *Nucl. Phys.* A330 *(1979) 1.*

[6] - E. PENDLEBURG, *Rapport AWRE 0-60/64 (1964).*

[7] - SWINHOE et UTTLEY, *Rapport NEANDC (E) 202 U*, 8 *(1979) 54.*

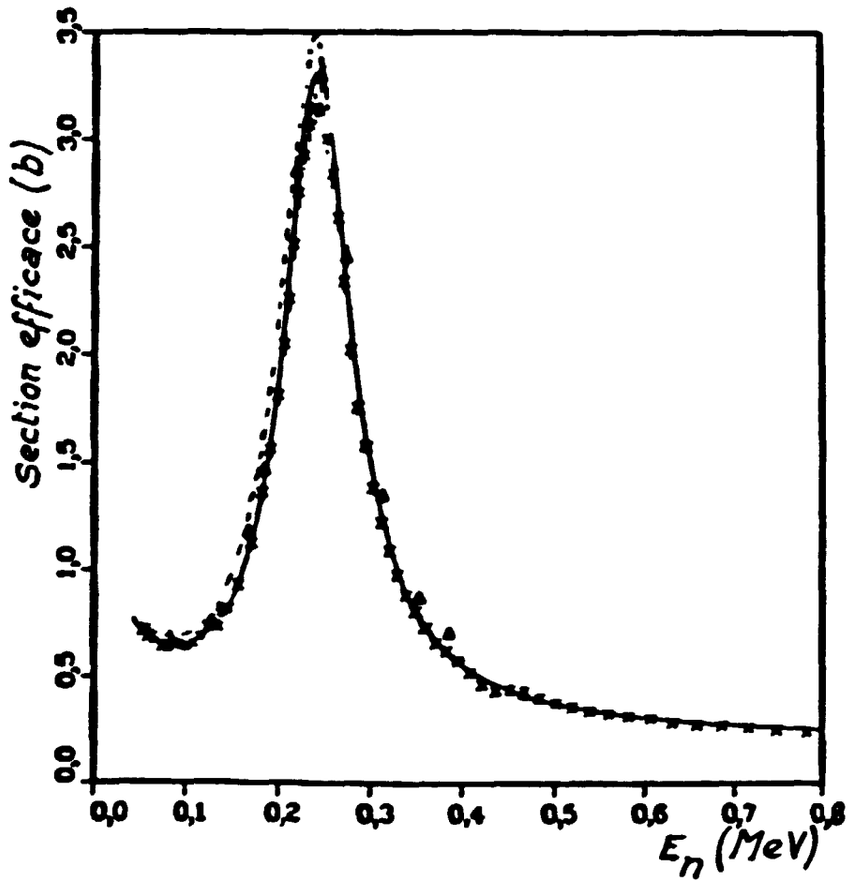
[8] - H. LISKIEN, *Communication privée.*

[9] - F. GERVAISE, *Communication privée.*



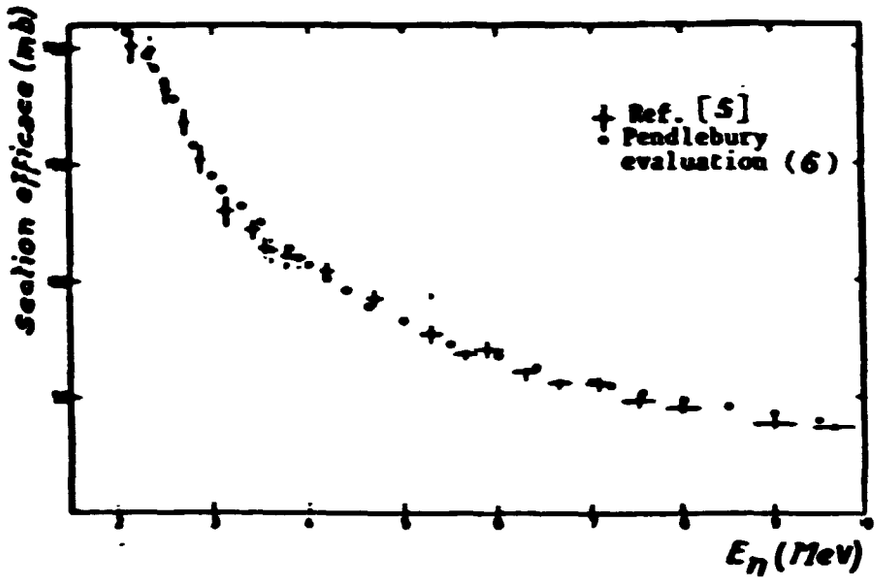
B-I-3-FIGURE 1a

Sections efficaces de la réaction $^{6}Li(n,t)\alpha$ entre 2,8 et 100 keV. Les données sont celles de LAMAZE et al. [3]. Le tracé continu est l'évaluation ENDF/B.V et le tracé tireté l'évaluation ENDF/B.IV. Les sections efficaces sont multipliées par $\sqrt{E}$ pour s'affranchir de la dépendance en 1/v à basse énergie.



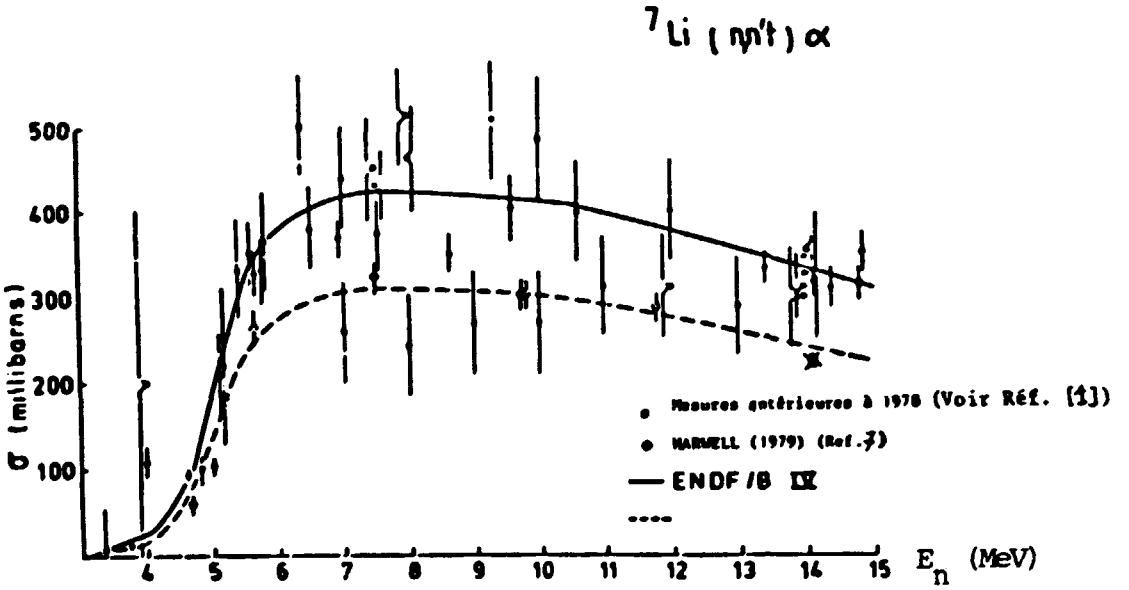
B-I-3-FIGURE 1b

Sections efficaces de la réaction $^6Li(n,t)\alpha$ entre 50 et 800 keV. Les mesures de LAMAZE et al. [3](X) et de RENNER et al. [4] (Δ) sont comparées aux évaluations ENDF/B.V. (tracé continu) et ENDF/B.IV. (tracé tireté).



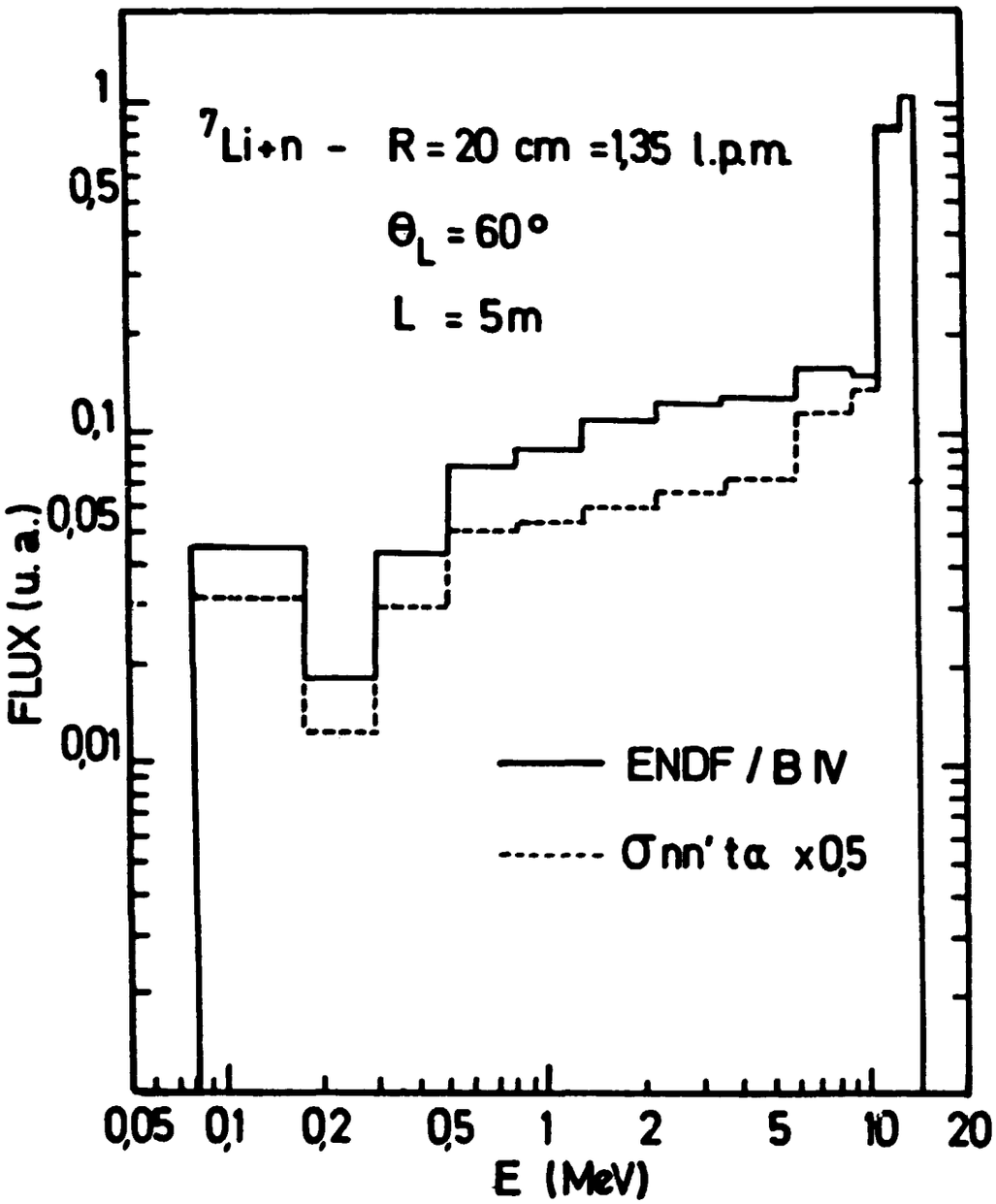
B-I-3-FIGURE 1c

Sections efficaces de la réaction $^6Li(n,t)\alpha$ entre 2 et 10 MeV mesurées par BARTLE [5] et comparées à l'évaluation de PENDLEBURY [6] adoptée par ENDF/B.IV.



B-I-3-FIGURE 2

Sections efficaces de la réaction ^{7}Li(n,n't)α entre 3,5 et 15 MeV. Les cercles noirs représentent les données obtenues avant 1978 (Réf. [1]) et les losanges vides celles de SWINHOE et UTTLEY [7] de 1979 (Harwell). Le tracé continu représente l'évaluation ENDF/B.IV. et le tracé discontinu un ajustement à l'oeil des données de SWINHOE et UTTLEY [7].



B-I-3-FIGURE 3

Spectres des neutrons émis par une sphère de ^{7}Li calculés avec le code DOT [9]. Le tracé continu correspond à un calcul effectué avec les données ENDF/B.IV., le tracé pointillé à un calcul utilisant les mêmes données à l'exception de celles de la réaction ^{7}Li(n,n't)α qui ont été diminuées de 50%. L'angle de détection est θ_L = 60° et la distance entre le détecteur et le centre de la sphère est L = 5 m.

B-I-4-DIFFUSION DE NEUTRONS RAPIDES PAR LES NOYAUX ^{24}Mg, ^{28}Si ET ^{32}S .

(G. HAOUAT, A. VIRDIS*, F. DIETRICH**, R. DE SWINIARSKI***, C. HUMEAU, S. SEGUIN, J. SIGAUD, J.P. LOCHARD, J. CHARDINE).

FAST NEUTRON SCATTERING FROM THE NUCLEI ^{24}Mg, ^{28}Si AND ^{32}S.

Differential cross section measurements for neutron scattering from ^{24}Mg, ^{28}Si and ^{32}S at 9.76 and 14.83 MeV incident neutron energies are reported. Elastic and inelastic scattering cross sections for levels of up to 6 MeV excitation energy have been obtained. These measurements will be used in a coupled-channel analysis to extract deformation parameters of the three isotopes.

Les noyaux de la couche s-d sont situés dans une région de masse [1] dans laquelle les paramètres de déformation varient très rapidement d'un noyau à l'autre. En effet, on estime que l'isotope ^{24}Mg est à déformation permanente du type cigare dans son état fondamental [2] alors que l'on admet que le noyau ^{28}Si est du type soucoupe [1,3-6] ; quant à l'isotope ^{32}S on ne peut s'accorder sur sa nature rotationnelle ou vibrationnelle ni sur la valeur de ses paramètres de déformation [1,3,5,7]. Nous nous proposons par le présent travail de contribuer à l'étude des déformations de ces noyaux au moyen de la diffusion de neutrons rapides .

Nous avons entrepris des mesures de diffusion élastique et inélastique de neutrons de 9,76 et 14,83 MeV par les noyaux ^{24}Mg, ^{28}Si et ^{32}S. Le choix de ces énergies s'appuie sur des calculs préliminaires qui indiquent que le processus d'interaction directe, sensible aux effets de la déformation nucléaire est prépondérant dans le mécanisme d'interaction des neutrons avec les trois noyaux étudiés. Par ailleurs, la résolution en énergie du spectromètre de neutrons utilisé permet de séparer à ces énergies les groupes de neutrons de diffusion élastique et inélastique.

Les sections efficaces différentielles ont été mesurées à l'aide du spectromètre de neutrons par temps de vol du Service P2N [8] composé de cinq chaînes de détection. Les neutrons de 9,76 et 14,83 MeV étaient produits à l'aide

de la réaction $^{2}H(d,n)^{3}He$ en utilisant le faisceau pulsé de deutérons délivré par l'accélérateur Tandem Van de Graaff et une cible gazeuse de deutérium. Les mesures ont été faites avec des échantillons de Mg, Si et S naturels de forme cylindrique ; leur diamètre était $\simeq$ 2 cm et leur masse 23,9 g pour Mg, 32,2 g pour Si et 25,4 g pour S. Ils étaient placés à environ 12 cm du centre de la cible gazeuse et à 0° par rapport à l'axe du faisceau des particules chargées. Les détecteurs de neutrons diffusés étaient placés à 8 m de l'axe de l'échantillon Ces conditions expérimentales permettaient une séparation aisée des divers groupes de neutrons diffusés comme le montre le spectre de temps de vol de la figure 1. Les sections efficaces différentielles ont été obtenues, aux deux énergies de neutrons incidents, à 28 angles entre 15 et 160°, pour la diffusion élastique et la diffusion inélastique par les états excités d'énergie d'excitation $\leq$ 6 MeV. Nous donnons, à titre d'illustration, dans la figure 2 les distributions angulaires de diffusion élastique obtenues pour les trois corps à l'énergie des neutrons de 9,76 MeV

L'ensemble des mesures présentées ici fait l'objet d'un rapport CEA qui paraîtra prochainement [9].

L'interprétation théorique des données est actuellement en cours à Livermore et à Grenoble pour ce qui est des calculs en voies couplées et à Bruyères-le-Châtel pour ce qui concerne les calculs de modèle statistique.

* *Stagiaire Militaire.*

** *Collaborateur Temporaire Etranger, LIVERMORE (U.S.A.).*

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

REFERENCES

[1] - A. OBST et J. WEIL, *Phys. Rev.* C7 *(1973) 1076.*

[2] - K. VAN DER BORG et al., *Nucl. Phys.* A325 *(1979) 31.*

[3] - MERMAZ et al., *Phys. Rev.* 187 *(1969) 1466.*

[4] - HUANG et al., *Phys. Rev.* C2 *(1970) 1342.*

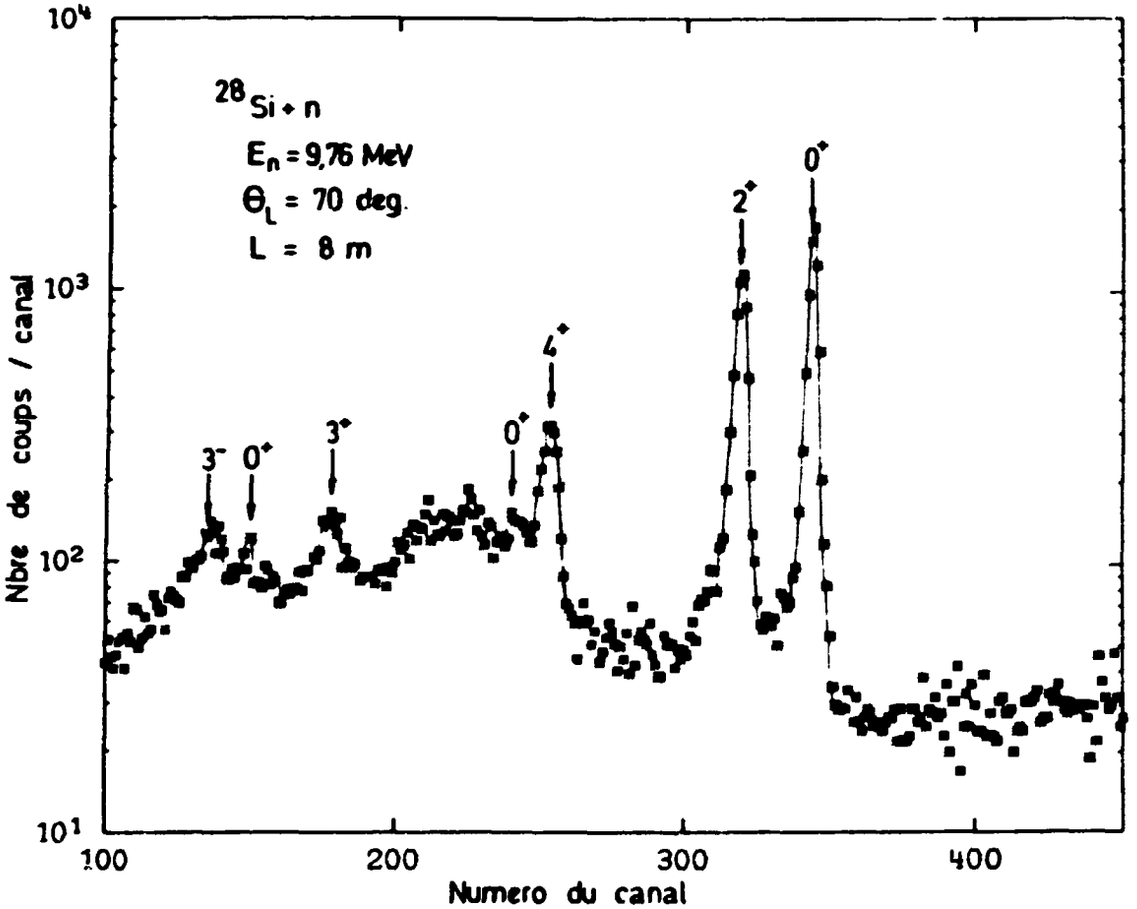
[5] - R. DE SWIRNIASKI et al., *Nucl. Phys.* A261 *(1976) 111.*

[6] - W. PILZ et al., *Comptes Rendus Conf. Gaussig (DDR) (1979).*

[7] - H. ABDEL-FAWZY, *Comptes Rendus Conf. Gaussig (DDR) (1979).*

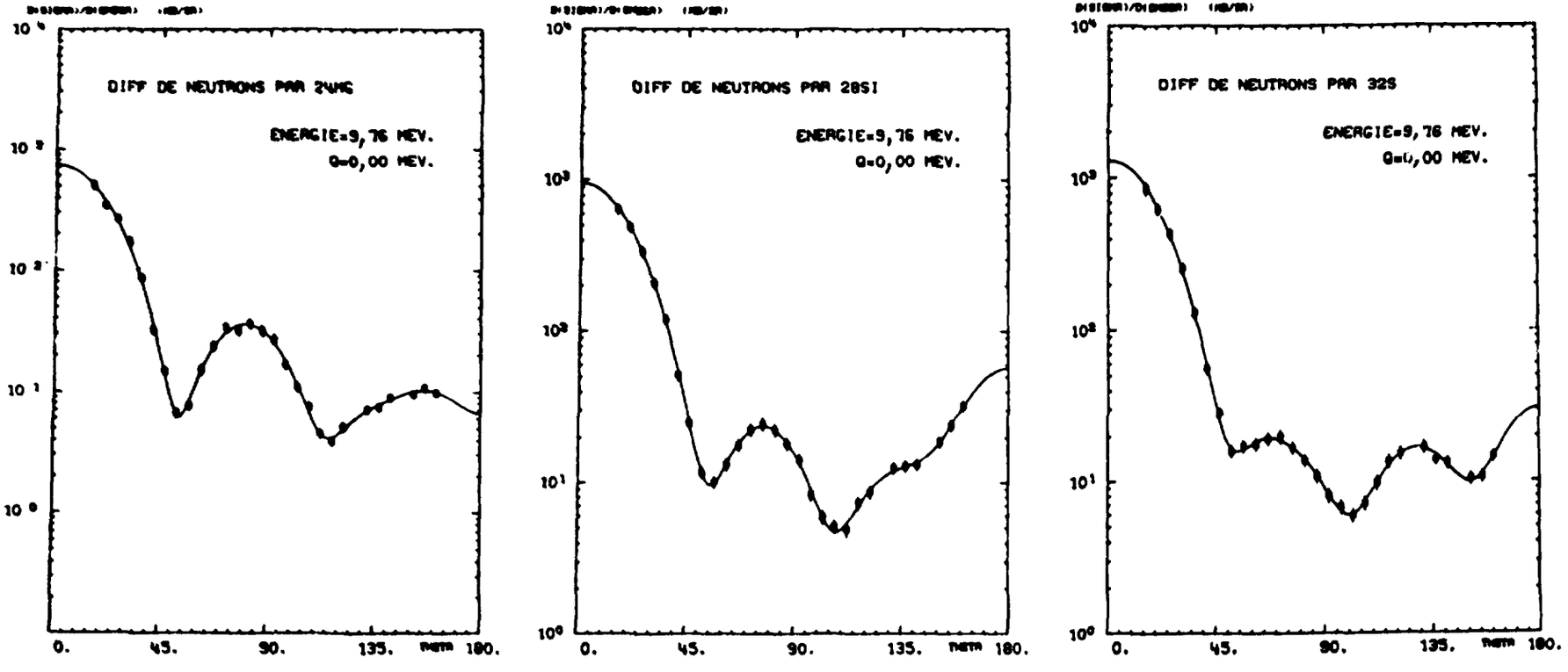
[8] - S. SEGUIN et al., *Rapport NEANDC (E) 212/L (1980) 24.*

[9] - A. VIRDIS, *"Etude expérimentale de la diffusion de neutrons rapides sur les noyaux* ^{24}Mg, ^{28}Si *et* ^{32}S*" (Rapport CEA, à paraître).*



B-I-4-FIGURE 1

Spectre de temps de vol des neutrons de 9,76 MeV diffusés par le noyau ^{28}Si.



B-I-4-FIGURE 2

Distributions angulaires des neutrons de 9,76 MeV diffusés élastiquement par ^{24}Mg, ^{28}Si et ^{32}S.

B-I-5-DIFFUSION DE NEUTRONS DE 10 ET 13 MeV PAR LES NOYAUX ^{63}Cu ET ^{65}Cu.

(G. HAOUAT, Ch. LAGRANGE, G. DALBERA, C. HUMEAU, S. SEGUIN, J.P. LOCHARD, J. CHARDINE, J. SIGAUD).

NEUTRON SCATTERING FROM THE NUCLEI ^{63}Cu AND ^{65}Cu AT 10 AND 13 MeV.

An experimental study of neutron elastic and inelastic scattering from ^{63}Cu and ^{65}Cu at 10 and 13 MeV incident energies has been undertaken in order to provide accurate data for testing the weak coupling model of De Shalit for the copper isotopes. The analysis of the data will provide also deformability parameters of these vibrational nuclei.

Des études de diffusion de protons par le noyau ^{63}Cu [1,2] ont montré qu'il y avait des déviations sensibles entre les mesures et les prédictions du modèle du couplage faible de De SHALIT [3]. Dans ce modèle on considère que les états du noyau ^{63}Cu résultent du couplage du proton célibataire dans l'état 2p 3/2 au coeur excité du noyau pair-pair voisin ^{62}Ni. Une explication possible de ces déviations a été proposée par l'un de nous [4] : elle consiste à prendre en compte non seulement les excitations du coeur mais aussi celles du proton célibataire.

Des calculs préliminaires ont montré que dans le cas de la diffusion inélastique de neutrons les déviations par rapport au modèle simple de De SHALIT devaient être amplifiées du fait que la force (n-p) est plus importante que la force (p-p). En conséquence les mesures de diffusion de neutrons devraient conduire à une meilleure détermination de l'interaction neutron-noyau pour les isotopes du cuivre.

A cet effet, nous avons mesuré les sections efficaces de neutrons diffusés par les noyaux ^{63}Cu et ^{65}Cu aux énergies des neutrons incidents de 10 et 13 MeV. Ces énergies ont été choisies parce qu'elles sont voisines des énergies de protons auxquelles les mesures sur ^{63}Cu ont été faites [1,2], ce qui

permet une comparaison directe des deux types d'interaction particule-noyau. Elles ont été choisies, aussi, parce que notre dispositif expérimental permet une séparation acceptable des groupes de neutrons de diffusion élastique et inélastique.

Les neutrons incidents de 10 et 13 MeV étaient produits à partir de la réaction $^{2}H(d,n)^{3}He$ en bombardant une cible gazeuse de deutérium avec un faisceau pulsé de deutérons délivré par l'accélérateur Tandem Van de Graaff du Service P2N. Les neutrons incidents interagissaient avec des échantillons de ^{63}Cu et ^{65}Cu ayant la forme d'un cylindre de 2 cm de diamètre et dont la masse correspondait à 1 mole. Ces échantillons, en provenance d'URSS [5], avaient un enrichissement isotopique de 99,7 % pour ^{63}Cu et 99,2% pour ^{65}Cu. Ils étaient situés à $\simeq$ 12 cm du centre de la cible gazeuse et à 0° par rapport à l'axe du faisceau des deutérons incidents. La détection des neutrons diffusés était assurée par le spectromètre de neutrons par temps de vol du Service P2N composé de cinq chaînes de détection [6]. La longueur des bases de vol était de 10 m . La résolution en énergie totale du spectromètre, qui était de 200 keV à 10 MeV et de 260 keV à 13 MeV, était suffisante pour permettre de séparer aisément les groupes de neutrons diffusés qui nous intéressaient, comme le montrent les spectres de temps de vol à 10 et 13 MeV de la figure 1.

Les sections efficaces différentielles ont été mesurées à 25 angles entre 20 et 160° aux deux énergies. Le traitement des données expérimentales est actuellement en cours. Nous obtiendrons les distributions angulaires de diffusions élastique ($3/2^-$) et de diffusion inélastique pour les premiers états excités $1/2^-$, $5/2^-$ et $7/2^-$ des deux isotopes.

Une interprétation théorique des présentes mesures sera entreprise sous peu.

REFERENCES

[1] - F. PEREY, G.R. SATCHLER et R. SILVA, *Phys. Lett.* 4 *(1963) 25.*

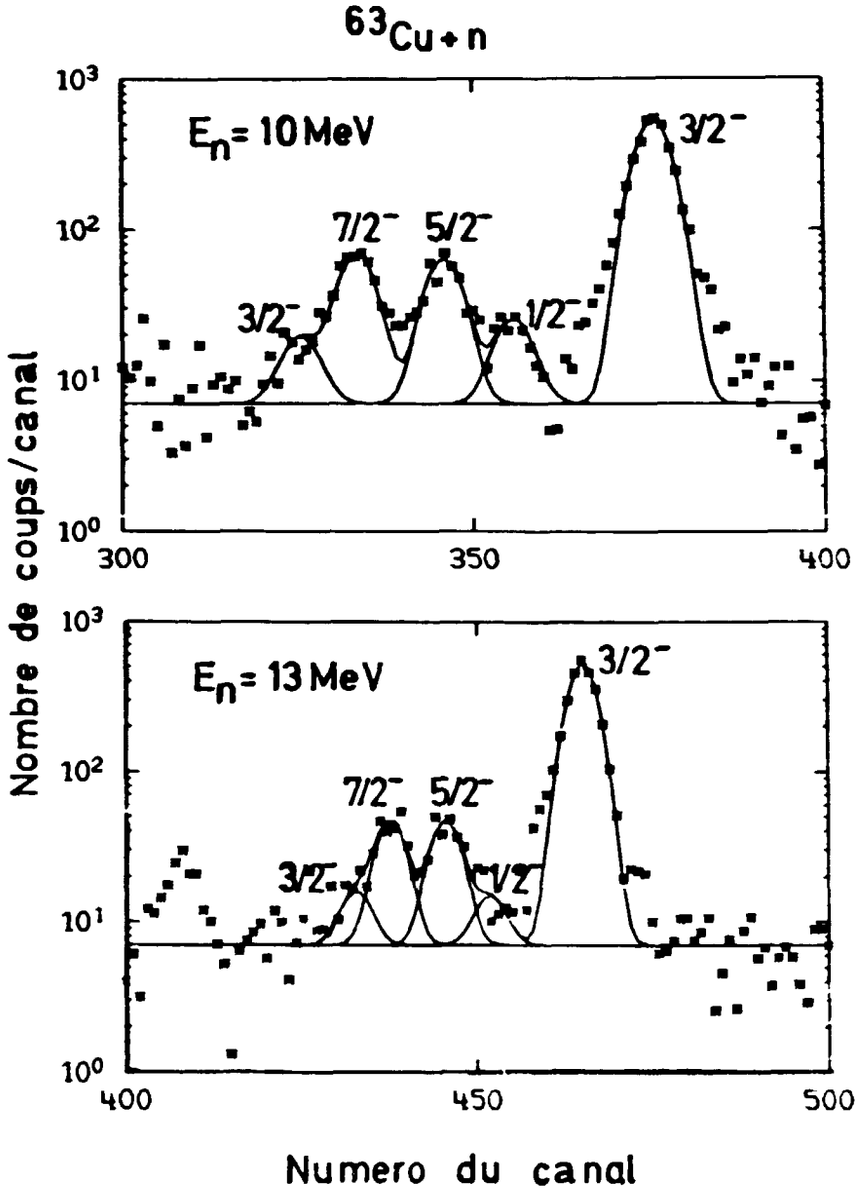
[2] - G. CRAWLEY et A. McCARTHY, *Phys. Rev.* 150 *(1966) 935.*

[3] - A. De SHALIT, *Phys. Rev.* 122 *(1961) 1530.*

[4] - Ch. LAGRANGE, *Thèse 3ème Cycle, Rapport CEA-R-3950 (1976).*

[5] - Echantillons loués à la Technabexport URSS.

[6] - S. SEGUIN et al., *Rapport NEANDC (E) 212/L (1980) 24.*



B-I-5-FIGURE 1

Spectres de temps de vol de neutrons de 10 et 13 MeV diffusés par ^{63}Cu à l'angle de 90 deg sur les niveaux $3/2^-$ (0), $1/2^-$ (670 keV), $5/2^-$ (962 keV), $7/2^-$ (1327 keV) et $3/2^-$ (1547 keV).

B-I-6-SECTIONS EFFICACES DE DIFFUSION DE NEUTRONS RAPIDES PAR LE NOYAU ^{242}Pu.

(G. HAOUAT, J. SIGAUD, Y. PATIN, J. CHARDINE).

NEUTRON SCATTERING CROSS SECTIONS FOR ^{242}Pu.

Data processing of the neutron scattering measurements on ^{242}Pu, reported in the previous annual report, has been completed. Cross sections have been obtained separately for the elastic scattering and the inelastic scattering to the 2^+ (45 keV) and 4^+ (147 keV) excited states.

L'étude de la diffusion des neutrons rapides par le noyau ^{242}Pu s'est poursuivie avec le traitement des données expérimentales obtenues entre 0,6 et 3,4 MeV et présentées dans le précédent compte rendu d'activité [1]. Les mesures ont été entreprises afin d'obtenir des informations précises sur les sections efficaces différentielles de diffusion élastique et inélastique. Ces données sont, en effet, d'une grande importance pour les calculs de réactivité et en particulier pour les calculs de masse critique.

L'extraction des sections efficaces de diffusion inélastique était rendue difficile par la présence dans les spectres de temps de vol des pics de neutrons de diffusion sur l'oxygène de l'échantillon de $^{242}PuO_2$ et sur les constituants acier et polyéthylène, de la double enveloppe de l'échantillon. Les distributions angulaires obtenues à 1,5 MeV sont montrées dans la figure 1 et comparées à l'évaluation proposée par LAGRANGE et JARY [2]. Des mesures sur ^{242}Pu entre 0,6 et 1,5 MeV ont été entreprises récemment à Los Alamos [3]. L'accord avec nos données à 0,6 et 1,0 MeV est assez satisfaisant pour la diffusion élastique et la diffusion inélastique sur le premier état excité 2^+. Par contre, une telle comparaison ne peut être faite à 1,5 MeV car dans les mesures de Los Alamos les contributions de la diffusion élastique et la diffusion inélastique sur l'état 2^+ à 45 keV ne peuvent être séparées.

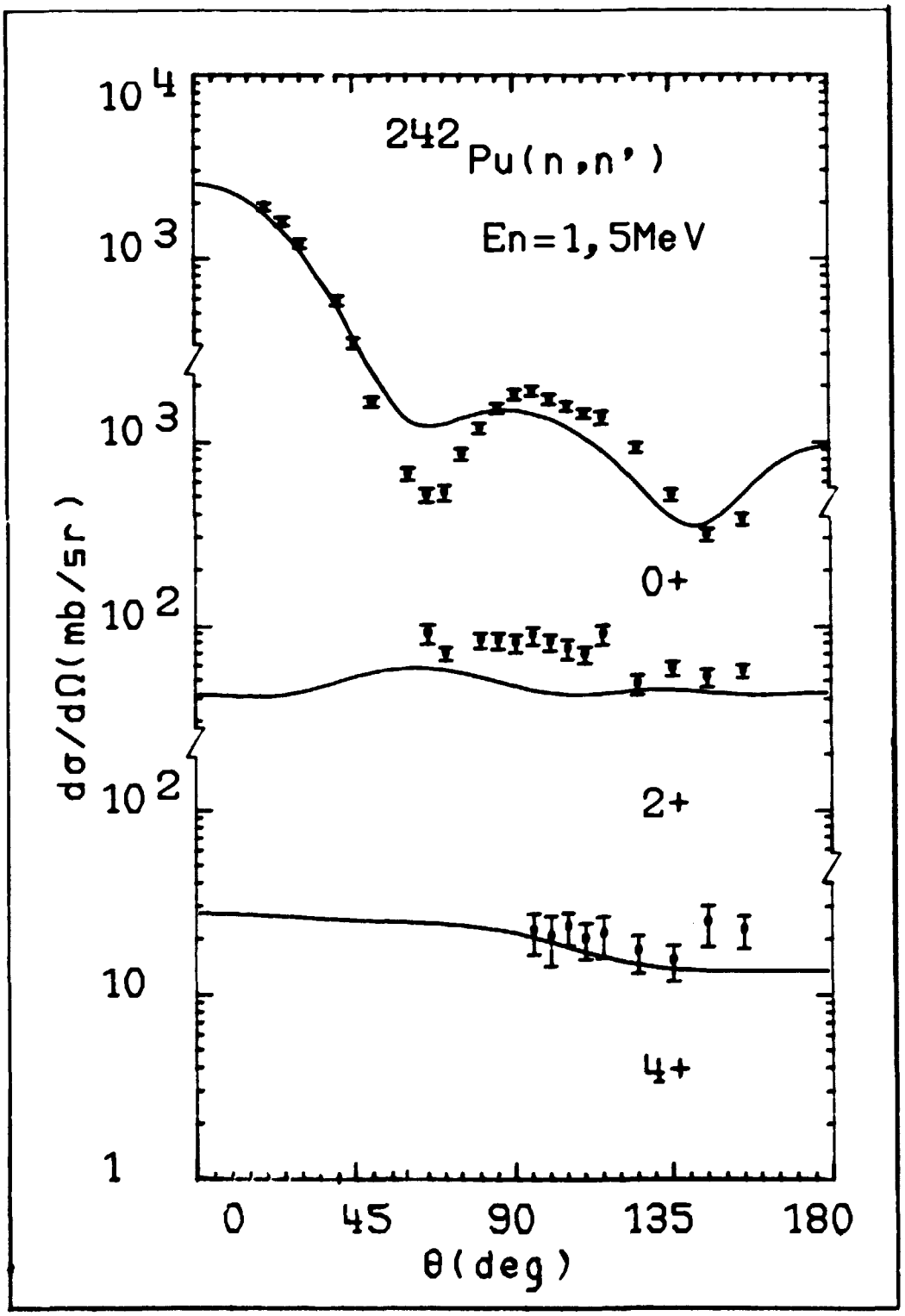
Les présents travaux seront présentés prochainement sous forme d'une publication.

REFERENCES

[1] - J. SIGAUD, D. OLSEN, J. LILLEY, J. CHARDINE, Y. PATIN, G. HAOUAT, *Rapport CEA-N-2134, NEANDC (E) 212/L, INDC (FR) 38/L (1980) p. 35.*

[2] - Ch. LAGRANGE, J. JARY, *Rapport NEANDC (E) 198/L (1978).*

[3] - D. DRAKE, H. DROSG, P. LISOWSKI et L. VEESER, *Informal Report LA-7855-MS.*



B-I-6-FIGURE 1

Distributions angulaires de diffusion élastique (0^+) et inélastiques (2^+, 4^+) de neutrons de 1,5 MeV sur ^{242}Pu, et comparaison expérience - théorie.

B-I-7-DIFFUSION DE NEUTRONS PAR LES ISOTOPES $^{206,207,208}Pb$ ET ^{209}Bi DANS LA GAMME D'ENERGIE 7,5 - 13,5 MeV. (G. HAOUAT, O. BERSILLON, J. LACHKAR, Y. PATIN, Ch. LAGRANGE).

NEUTRON SCATTERING FROM $^{206,207,208}Pb$ AND ^{209}Bi IN THE ENERGY RANGE 7.5 - 13.5 MeV.

In order to study the interaction of neutrons with nuclei of the mass region around A = 208, neutron elastic and inelastic scattering cross sections of $^{206\ 207\ 208}Pb$ and ^{209}Bi have been measured at 7.5-9.5-11.5 and 13.5 MeV incident energies. Spherical optical model parameters are deduced from an analysis of the present elastic scattering cross sections and from the energy variation of the total cross section over a wide range. These parameters are then used to calculate, within the framework of the distorted wave Born approximation, inelastic scattering cross sections of collective excited states.

Dans le but d'étudier l'interaction neutron-noyau pour les noyaux de la région de masse autour de A = 208 nous avons mesuré les sections efficaces de diffusion élastique et inélastique de neutrons par les noyaux $^{206,207,208}Pb$ et ^{209}Bi aux énergies de neutrons incidents de 7,5 - 9,5 - 11,5 et 13,5 MeV. Les paramètres du potentiel optique sphérique sont obtenus à partir de l'analyse des présentes données de diffusion élastique et des sections efficaces totales dans une gamme d'énergie étendue. Le bon accord entre les calculs et les mesures est illustré dans la figure 1 pour l'isotope ^{209}Bi. Les paramètres ainsi obtenus sont ensuite utilisés pour calculer, à l'aide du formalisme DWBA, les sections efficaces de diffusion inélastique sur les états excités collectifs.

Ce travail a fait l'objet de la Note [1].

REFERENCE

[1] - G. HAOUAT, O. BERSILLON, J. LACHKAR, Y. PATIN, Ch. LAGRANGE, *Note CEA-N (à paraître).*

B-I-8-MOMENTS QUADRUPOLAIRES ET EXCITATION PAR NUCLEONS DES ISOTOPES PAIRS DE Sm.

(Ch. LAGRANGE, J. LACHKAR, G. HAOUAT, R.E. SHAMU*, M.T. McELLISTREM**).

QUADRUPOLE MOMENTS AND NUCLEON EXCITATION STRENGHTS IN EVEN-A Sm ISOTOPES

We present a coherent coupled-channel analysis of 7 MeV neutron and 16 MeV proton elastic and inelastic scattering from $^{148\ 152\ 154}$Sm. The optical potential and nuclear deformation parameters are determined so as to fit not only these elastic and inelastic scattering data but also the low-energy neutron scattering properties and the total cross sections over a wide energy range. This analysis provides evidence of the same excitation strenghts for both projectiles in the case of $^{152\ 154}$Sm, and of a smaller excitation strength for the proton than for the neutron in the case of ^{148}Sm. Moreover, the quadrupole moments of these deformed optical potentials are in good agreement with those extracted from Coulomb excitation measurements and from nuclear matter distribution calculations.

Nous avons fait une analyse cohérente en équations couplées de la diffusion élastique et inélastique de neutrons de 7 MeV et de protons de 16 MeV par les noyaux ^{148,152,154}Sm. Les paramètres du potentiel optique et de la déformation nucléaire ont été déterminés de façon à reproduire non seulement ces données de diffusion élastique et inélastique mais aussi les propriétés de diffusion de neutrons à basse énergie et les sections efficaces totales dans une gamme d'énergie étendue. Il ressort de cette analyse que l'intensité d'excitation des noyaux ^{152,154}Sm est la même avec des protons et des neutrons mais que l'excitation du noyau ^{148}Sm est plus faible avec des protons qu'avec des neutrons. En outre, les moments quadrupolaires de ces potentiels optiques déformés sont en bon accord avec ceux extraits de mesures d'excitation coulombienne et de calculs de distribution de matière nucléaire.

Ce travail a fait l'objet de la publication [1].

* *Université de Western Michigan, KALAMAZOO, Michigan (USA).*
** *Université de Kentucky, LEXINGTON, Kentucky (USA).*

REFERENCE

[1] - Ch. LAGRANGE, J. LACHKAR, G. HAOUAT, R.E. SHAMU et M.T. McELLISTREM, *Nucl. Phys.* A345 *(1980) 193.*

B-I-9-DEFORMATIONS, MOMENTS ET RAYONS DES NOYAUX $^{182,183,184,186}W$ DETERMINES A PARTIR DE LA DIFFUSION DE NEUTRONS RAPIDES. (J.P. DELAROCHE, G. HAOUAT, J. LACHKAR, J. SIGAUD, J. CHARDINE).

DEFORMATIONS, MOMENTS AND RADII OF $^{182,183,184,186}W$ FROM FAST NEUTRON SCATTERING.

Differential cross sections for neutron scattering from the $^{182\ 183\ 184\ 186}W$ isotopes have been measured at an incident energy of 3.4 MeV. Angular distributions have been obtained for elastic scattering and inelastic scattering to the first and second excited states of the four isotopes. Nuclear deformations have been extracted for these nuclei from a coherent analysis which combines the data presented here with low energy neutron scattering properties and total cross sections over a wide energy range. Coupled-channel and compound nucleus formalisms were used in this analysis. Volume integrals and root mean square radii of the obtained neutron optical model potential are presented and compared to the theoretical predictions of Jeukenne, Lejeune and Mahaux. In addition, the quadrupole and hexadecapole moments of our potential are compared to the potential moments deduced from deuteron and alpha-particle scattering measurements and to experimental charge distribution moments. Finally, matter r.m.s. radii have been estimated for the four isotopes and are compared with new Hartree-Fock-Bogolyubov calculations involving Gogny's D1 effective force.

Les sections efficaces de diffusion de neutrons par les isotopes $^{182,183,184,186}W$ ont été mesurées à l'énergie des neutrons incidents de 3,4 MeV. Des distributions angulaires ont été obtenues pour la diffusion élastique et inélastique sur les deux premiers états excités des quatre isotopes. Les déformations nucléaires de ces noyaux ont été déduites d'une analyse cohérente des présentes données, des propriétés de diffusion de neutrons de basse énergie et des sections efficaces totales dans une grande gamme d'énergie. Les formalismes des équations couplées et du noyau composé ont été utilisés pour cette analyse. Les intégrales de volume et les rayons quadratiques moyens du potentiel optique ainsi obtenus sont présentés et comparés aux prédictions théoriques de JEUKENNE,

LEJEUNE et MAHAUX. De plus, les moments quadrupolaires et hexadécapolaires du potentiel sont comparés aux moments du potentiel déduits de mesures de diffusion de deutérons et de particules alpha ainsi qu'aux moments mesurés des distributions de charge. Enfin, les rayons quadratiques moyens de matière ont été estimés pour les quatre isotopes et sont comparés à des calculs Hartree-Fock-Bogolyubov récents qui utilisent la force effective D1 de GOGNY.

Ce travail a donné lieu à la publication [1].

REFERENCE

[1] - J.P. DELAROCHE, G. HAOUAT, J. LACHKAR, Y. PATIN, J. SIGAUD et J. CHARDINE, *(à paraître dans la Revue Physical Review C).*

B-II-MESURES DE SECTIONS EFFICACES DE REACTIONS

REACTION CROSS SECTION MEASUREMENTS.

B-II-1-MESURE DE FLUX DE NEUTRONS. (M. CANCE, J. DUIGOU, D. GIMAT, G. GRENIER, D. PARISOT).

NEUTRON FLUX MEASUREMENTS.

Improvements in the primary neutron sources have been made as well as a study of the neutron and γ-ray discrimination for a NE 213 (5" x 7") liquid scintillator.

Le Service P2N est le seul laboratoire français susceptible de fournir des faisceaux de neutrons monoénergétiques étalonnés sur une large gamme d'énergie 50 keV - 20 MeV. Aussi en-dehors de ses besoins propres, le Service doit adapter et améliorer en permanence ses techniques de production de faisceaux de neutrons et de mesure de flux pour répondre aux besoins d'utilisateurs extérieurs.

La fourniture de faisceaux de neutrons intenses produits à l'aide d'une cible gazeuse nécessite, en particulier, d'améliorer la fiabilité de celle-ci. En plus des améliorations apportées sur la cible elle-même, notamment sur le refroidissement des fenêtres [1], il est nécessaire de développer des contrôles efficaces du faisceau de particules pour assurer une bonne tenue de ces fenêtres.

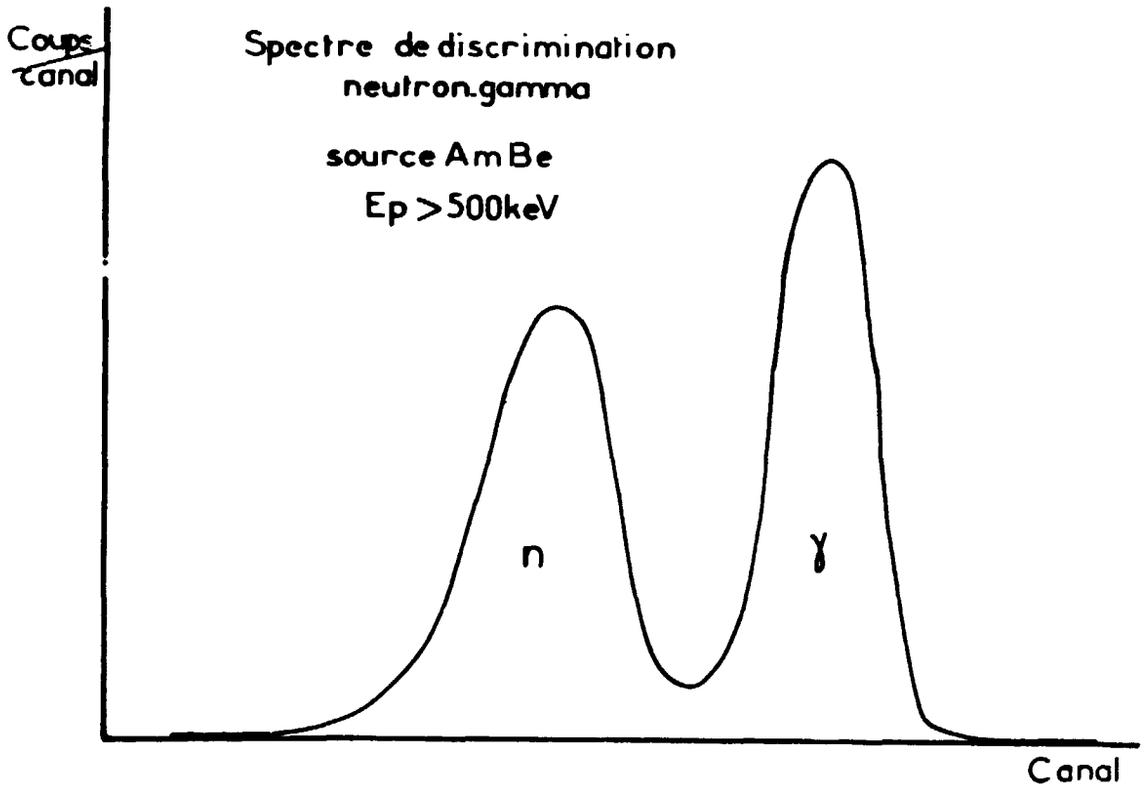
Par ailleurs, l'amélioration des techniques de mesure de flux de neutrons fait l'objet, depuis plusieurs années, d'un contrat passé avec le Bureau National de Métrologie. Un nouveau détecteur de neutrons, constitué d'un

scintillateur liquide NE 213 de 12,7 cm de diamètre et de 17,8 cm de longueur et d'un photomultiplicateur a été développé dans ce cadre. Différentes méthodes de discrimination neutron-gamma ont été essayées. Cette discrimination est plus difficile par suite du volume du scintillateur utilisé. Un spectre de discrimination neutron-gamma est montré sur la figure 1.

Le collimateur, la protection et le support nécessaires à l'utilisation de ce détecteur ont été réalisés. La réponse de l'appareillage doit être comparée prochainement aux résultats d'une simulation du type Monte Carlo.

REFERENCE

[1] - F. BRISARD, *Note CEA (à paraître)*; Voir aussi Chap. B.II-9 de ce Compte Rendu.



B-II-1-FIGURE 1

Spectre de discrimination n-γ obtenu avec le détecteur NE 213 (12,7 x 17,8 cm) pour un seuil en énergie neutron de ≃ 500 keV.

B-II-2-SECTIONS EFFICACES DE CAPTURE RADIATIVE DE NEUTRONS RAPIDES. (J.B. GARG*, G. GRENIER, S. JOLY, J. VOIGNIER).

FAST NEUTRON CAPTURE CROSS SECTIONS.

Absolute neutron capture cross section measurements of Sc, ^{nat}Rb, ^{nat}Zr, Tb and ^{nat}Re have been carried out in the 0.5 to 3.0 MeV energy range by using the integrated spectrum method.
As an example, results concerning the capture cross section of rubidium are presented and compared with previous data and with statistical model predictions.

Le programme d'études de la capture radiative de neutrons rapides s'est poursuivi par la mesure de la section efficace de capture de Sc, ^{nat}Rb, ^{nat}Zr, Tb et ^{nat}Re. Peu de mesures avaient été faites pour ces 5 éléments dans le domaine d'énergie 0,7 - 3 MeV. En particulier, il n'existait pas de données expérimentales au-dessus de 400 keV pour le rubidium [1] et au dessus de 1 MeV pour le zirconium [1,2]. De plus, aucune mesure du terbium n'avait été faite entre 0,7 et 3 MeV.

Le domaine d'énergie des neutrons que nous avons étudié est compris entre 0,5 et 3 MeV. Rappelons que la section efficace de capture est déterminée à partir de la mesure du spectre des rayonnements γ émis par l'échantillon et que cette méthode a déjà été décrite en détail par ailleurs [3-5].

A titre d'exemple, nous présentons ici les résultats concernant la section efficace de capture du rubidium (figure 1) [6,7]. Il existait une mesure ancienne de DIVEN [1], faite à 400 keV, que nous avons re-normalisée par rapport à la section efficace de fission de l'uranium 235 recommandée par SOWERBY [8].

En plus de la valeur re-normalisée de DIVEN, nous avons reporté sur la figure 1 nos propres valeurs expérimentales l'évaluation ENDF/B-IV et le résultat d'un calcul de SIMON [9] basé sur le modèle statistique.

Il y a un bon accord entre ces différentes valeurs et nos valeurs expérimentales jusqu'à 1 MeV. Au-dessus, il semble que les calculs de sections efficaces de capture ne tiennent pas correctement compte de l'ouverture des voies

inélastiques. A 2,5 MeV, par exemple, on observe un désaccord de 30% entre notre valeur expérimentale et les valeurs calculées par SIMON [9] et BENZI [10].

La section efficace de capture de ^{87}Rb étant assez bien connue [11] [12], il est possible de déduire, avec une assez bonne précision, la section efficace de capture de ^{85}Rb à partir des mesures faites sur l'élément naturel (+). La figure 2 donne la section efficace de capture de ^{85}Rb déduite de la mesure de DIVEN [1] et de nos propres mesures sur l'élément naturel. Il y a un bon accord entre les valeurs déduites et la mesure directe de STUPEGIA et coll. [13] obtenue par activation, particulièrement à 0,5 et 2,5 MeV.

(+) *Le rubidium naturel est constitué de 2 isotopes :* ^{85}Rb (72,15%) *et* ^{87}Rb (27,85%)

* *Collaborateur Temporaire Etranger,* ALBANY (U.S.A.).

REFERENCES

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

[2] - Y.Y. STAVISSKII, A.V. SHAPAR, *Soviet J. Atomic Energy,* 15 *(1964) 1045.*

[3] - S. JOLY et al., *Rapport CEA-R-4884 (1977).*

[4] - S. JOLY et al., *Nucl. Inst. and Meth.,* 153 *(1978) 493.*

[5] - J. VOIGNIER, S. JOLY, G. GRENIER, *Rapport CEA-R-5089 (à paraître).*

[6] - J. VOIGNIER, S. JOLY, G. GRENIER, *"Specialist's Meeting on Neutron Cross Sections of Fission Product Nuclei", CNEN, BOLOGNE (Italie) 12-14 Décembre 1979.*

[7] - G. GRENIER, J. VOIGNIER, S. JOLY, *Note CEA-N-2195 (1981).*

[8] - M.G. SOWERBY, B.H. PATRICK, D.S. MATHER, *Rapport AERE-R 7273 (1973).*

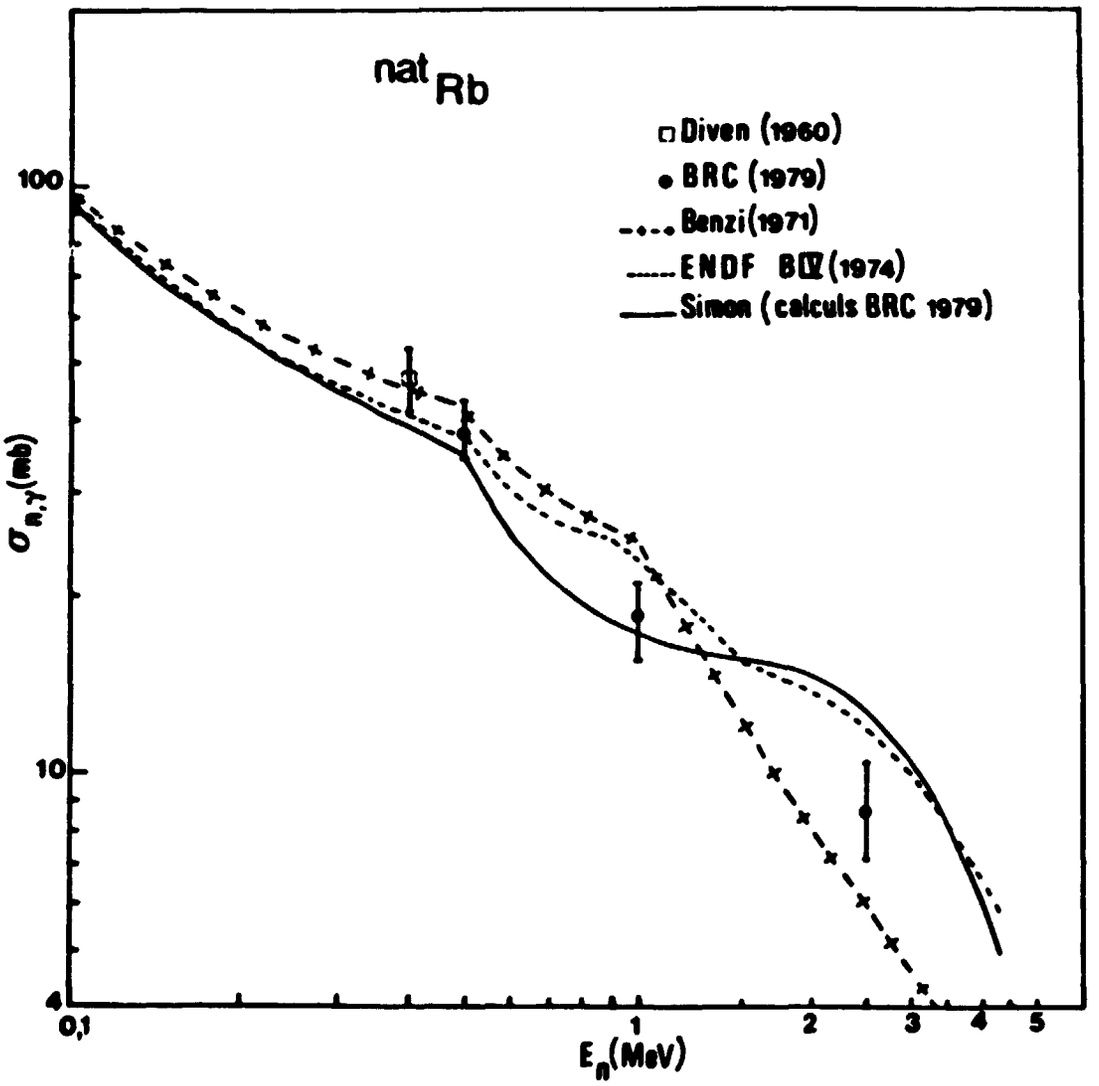
[9] - G. SIMON, *Rapport NEANDC (E) (1978) 194 ; voir aussi ce rapport chap. C-I-3.*

[10] - V. BENZI et al., *Rapport DOC CEC (71) 9, CNEN, BOLOGNE (Italie).*

[11] - N.D. DUDEY, R.R. HEINRICH, A.A. MADSON, *J. of Nucl. Energy, 24 (1970) 181.*

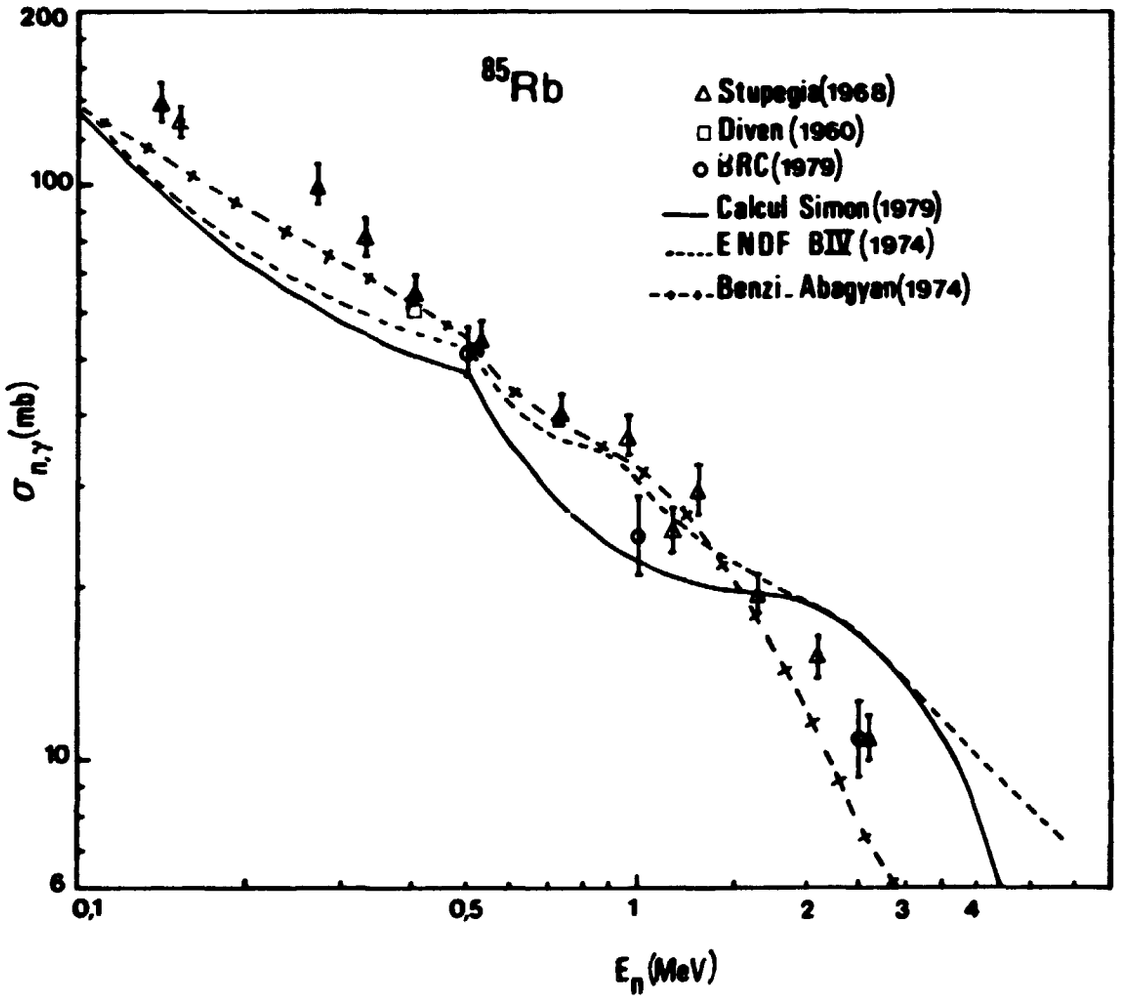
[12] - A.G. DOVBENKO et al., *Energie Atomique, 27 (1969) 41.*

[13] - D.C. STUPEGIA et al., *Journal of Nucl. Energy, 22 (1968) 267.*



B-II-2-FIGURE 1

Section efficace de la réaction $^{nat}Rb(n,\gamma)$. Comparaison entre les données expérimentales et les valeurs calculées.



B-II-2-FIGURE 2

Section efficace de la réaction ^{85}Rb(n,γ). Comparaison entre les données expérimentales (directes ou déduites) et les valeurs calculées.

B-II-3-TECHNIQUE DE PONDERATION DES AMPLITUDES APPLIQUEE A UN DETECTEUR NaI POUR LA MESURE DE SECTIONS EFFICACES DE CAPTURE DE NEUTRONS RAPIDES .

(G. GRENIER, S. JOLY, R.L. MACKLIN*, J. VOIGNIER).

PULSE-HEIGHT WEIGHTING TECHNIQUE APPLIED TO NaI SPECTRA FOR FAST NEUTRON CAPTURE CROSS SECTION MEASUREMENTS.

The feasibility of the weighting technique to determine fast neutron capture cross sections when applied to NaI pulse-height spectra is investigated. The technique is applied for ^{181}Ta cross section measurements at 0.5 and 3.0 MeV and the results are compared with those obtained with the integrated spectrum method.

Dans la technique de pondération des amplitudes [1,2], la réponse d'un détecteur donné est rendue proportionnelle à l'énergie moyenne du spectre des rayonnements γ incidents. Le nombre de captures peut alors être obtenu en divisant l'énergie totale contenue dans le spectre pondéré par l'énergie d'excitation du noyau composé formé par la capture d'un neutron.

Si $S(E_\gamma)$ représente la distribution en énergie des rayonnements γ émis par l'échantillon et $P(E_\gamma)$ la probabilité de détection, le spectre d'amplitude fourni par le détecteur est donné par :

$$C(I) = \int_0^{U_{max}} S(E_\gamma)\, P(E_\gamma)\, R(I,E_\gamma)\, dE_\gamma \qquad (1)$$

où $U_{max} = E_n + B_n$ et $R(I,E_\gamma)$ représente la réponse d'amplitude I du spectromètre pour l'énergie E_γ. L'énergie totale émise par l'échantillon est donnée par :

$$E_t = \int_0^{U_{max}} E_\gamma\, S(E_\gamma)\, dE_\gamma \qquad (2)$$

La technique de pondération des amplitudes consiste alors à appliquer une fonction poids W(I) au spectre d'amplitude de sorte que l'énergie totale soit donnée par le spectre pondéré :

$$E_t = \int_0^{U_{max}} C(I)\ W(I)\ dI \qquad (3)$$

d'où en combinant les 3 relations précédentes :

$$P(E_\gamma) \int_0^{I_{max}} R(I,E_\gamma)\ W(I)\ dI = E_\gamma \qquad (4)$$

relation qui définit la fonction poids W(I). La probabilité de détection et la matrice de réponse du spectromètre NaI ont été déterminées précédemment [3] et la fonction poids obtenue est représentée sur la figure 1 pour le mode anti-Compton.

Nous avons appliqué cette technique à la détermination de la section efficace de capture de ^{181}Ta à 0,5 et 3,0 MeV. Or la partie basse énergie du spectre de capture est inconnue (seuil placé sur le détecteur) ou inexploitable (essentiellement rayonnements γ de diffusion inélastique pour $E_n < E_\gamma$). Le spectre d'amplitude doit donc être extrapolé dans cette partie. Les trois extrapolations utilisées sont : constante, linéaire et exponentielle. Les spectres pondérés (avec 3 extrapolations) sont présentés sur la fig. 2. Les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau I pour les 2 énergies neutron. Les sections efficaces ont également été déterminées en utilisant le rapport des distributions en énergie et le principe de conservation de l'énergie [4]. Les valeurs obtenues sont portées dans le Tableau I.

De l'examen de ce tableau, il ressort que les techniques donnent des résultats très voisins à basse énergie mais très différents à 3,0 MeV. La technique

de pondération des amplitudes peut être utilisée avec un détecteur NaI pour la détermination des sections efficaces de capture quand l'énergie des neutrons est inférieure à 1,5 MeV environ. Pour E_n > 1,5 MeV, la partie du spectre qui n'est pas utilisable devient trop importante par rapport au spectre total, et cet effet n'est pas compensé par la dépendance en énergie de la fonction poids dans cette région.

* *Collaborateur Temporaire Etranger, OAK RIDGE (U.S.A.)*

REFERENCES

[1] - R.L. MACKLIN, J.H. GIBBONS, *Phys. Rev., 159 (1967) 1007.*

[2] - C. LE RIGOLEUR, A. ARNAUD, J. TASTE, *Proceedings of the International Conference on Neutron Physics, KIEV (1973) Vol. 3, p. 3.*

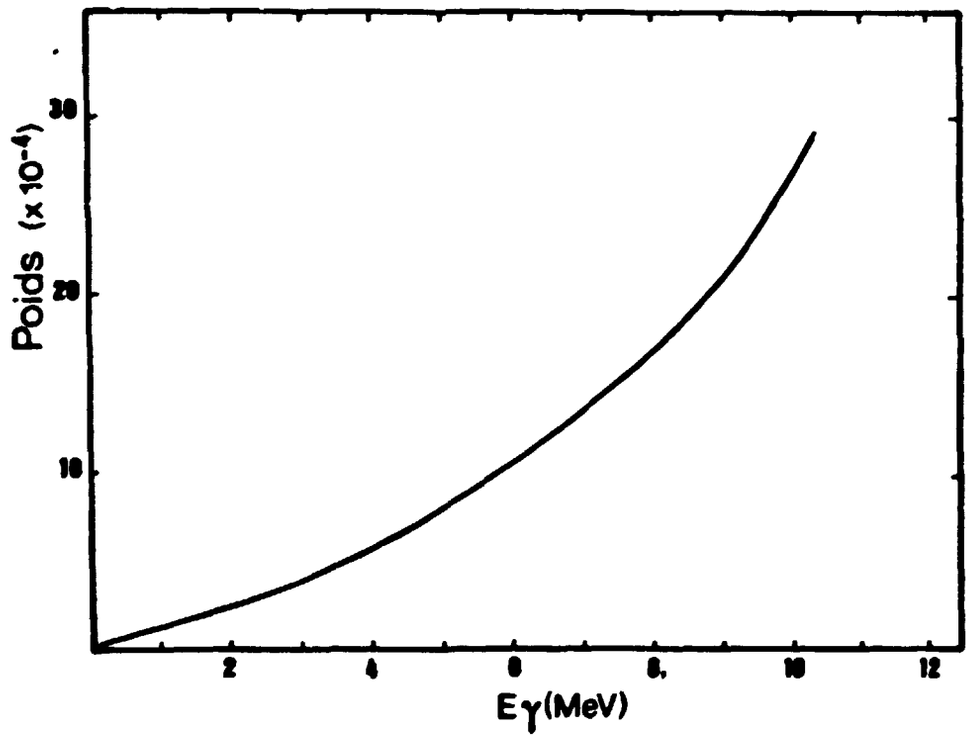
[3] - S. JOLY et al., *Nucl. Inst. and Meth.,* 153 *(1978) 493.*

[4] - S. JOLY et al., *Nucl. Sci. and Eng.,* 70 *(1979) 53.*

Technique	Extrapolation du spectre d'amplitude	$\sigma_{n\gamma}$ (mb)	
		E_n = 0,5 MeV	E_n = 3,0 MeV
Pondération des amplitudes	constante	119	17
	linéaire	127	22
	exponentielle	132	32
Bilan d'énergie	constante	127	18
	exponentielle	131	23
Rapport de distributions	-	128	20

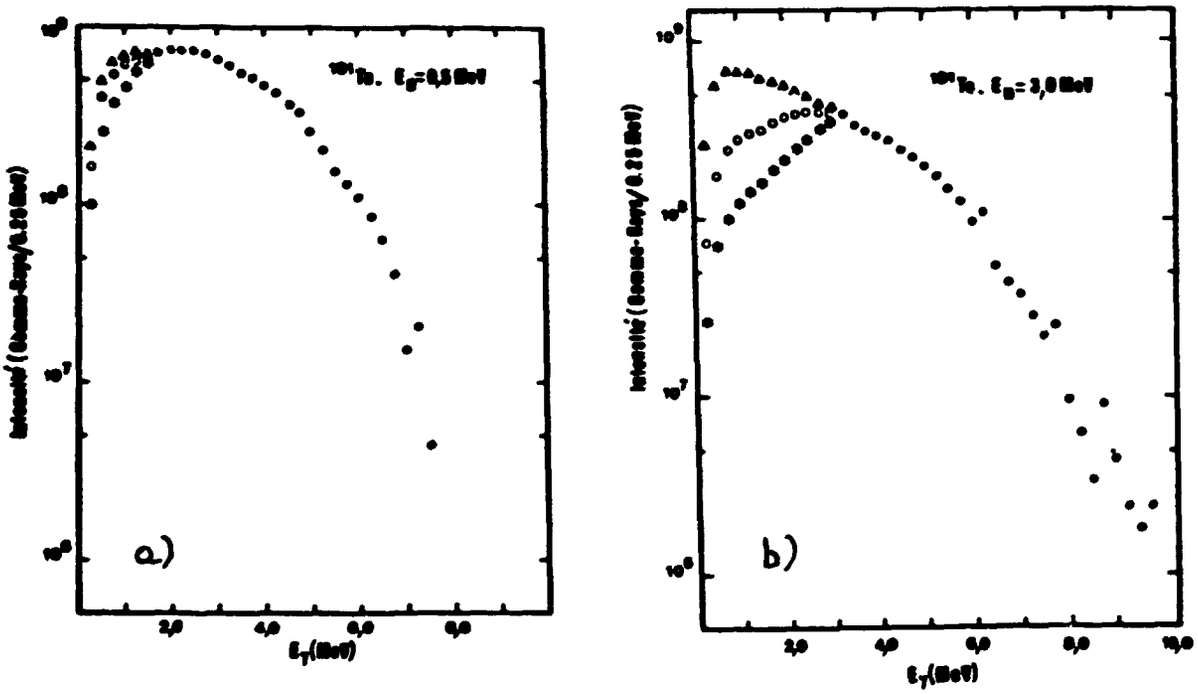
TABLEAU I

Sections efficaces de capture de ^{181}Ta. Comparaison entre les différentes techniques.



B-II-3-FIGURE 1

Fonction poids W(E) correspondant au détecteur NaI utilisé dans les mesures de section efficace de capture.



B-II-3-FIGURE 2

Spectres pondérés correspondant à la capture de neutrons de 0,5 MeV (a) et 3,0 MeV (b) et extrapolations déduites de l'extrapolation des spectres d'amplitude : constante (□), linéaire (o) et exponentielle (Δ).

B-II-4-MECANISME DE LA CAPTURE DANS LES REACTIONS $^{140}Ce(n,\gamma)$ et $^{208}Pb(n,\gamma)$ ENTRE 0,5 ET 6 MeV. (D.M. DRAKE*, G. GRENIER, S. JOLY, F. RIGAUD**, J. VOIGNIER).

CAPTURE MECHANISM STUDY IN THE REACTIONS $^{140}Ce(n,\gamma)$ AND $^{208}Pb(n,\gamma)$.

Asymmetry factor has been measured at 3.0, 5.0 and 6.0 MeV neutron energy to look for a possible excitation of the giant M1 resonance as predicted by direct semi-direct calculations for the $^{140}Ce(n,\gamma)$ reaction. The analysis of similar measurements for the $^{208}Pb(n,\gamma)$ reaction has been completed and the results compared with theoretical estimates.

L'étude du mécanisme de la capture a été entreprise antérieurement [1] dans la réaction $^{208}Pb(n,\gamma)$ par l'intermédiaire de la mesure de la section efficace partielle $\sigma_{n\gamma_0}$ dans le domaine d'énergie E_n = 0,8 - 5,9 MeV. Les sections efficaces obtenues sont portées sur la fig. 1 et comparées aux résultats de mesures faites à LOS ALAMOS [2]. Un effort particulier a été apporté aux corrections de diffusion multiple pour lesquelles plusieurs codes ont été utilisés et comparés. Le facteur d'asymétrie avait été mesuré à 3,8 et 5,9 MeV, énergies pour lesquelles ce rapport est le plus sensible aux effets d'interférence entre les différentes excitations collectives (E1, E2 et M1) [3]. Le rapport d'asymétrie obtenu pour la transition γ_0 dans la réaction $^{208}Pb(n,\gamma)$ est comparé sur la fig. 2 à la dépendance en énergie de ce même rapport calculé dans le cadre du modèle direct semi-direct. Dans ce dernier l'excitation de la résonance M1 a été prise en compte. Malgré des erreurs relativement importantes, les résultats obtenus mettent en évidence l'excitation de la résonance M1 [4].

Des mesures similaires ont été faites sur ^{140}Ce, en utilisant un échantillon (disque) de cérium naturel (contenant 88,4% de ^{140}Ce). La section efficace de capture avait été mesurée antérieurement [1] entre 0,5 et 3,0 MeV avec détection à θ_γ = 90°. Le rapport d'asymétrie a été mesuré à E_n = 3,0 MeV (θ_γ = 55°, 125°) - 5,0 MeV (θ_γ = 55°, 125°) et à 6,0 MeV (θ_γ = 55°, 70°, 90°, 105° et 125°).

L'analyse des données concernant la réaction $^{140}Ce(n,\gamma)$ est en cours.

* *Collaborateur Temporaire Etranger, LOS ALAMOS (USA).*
** *Centre d'Etudes Nucléaires de BORDEAUX-GRADIGNAN (France).*

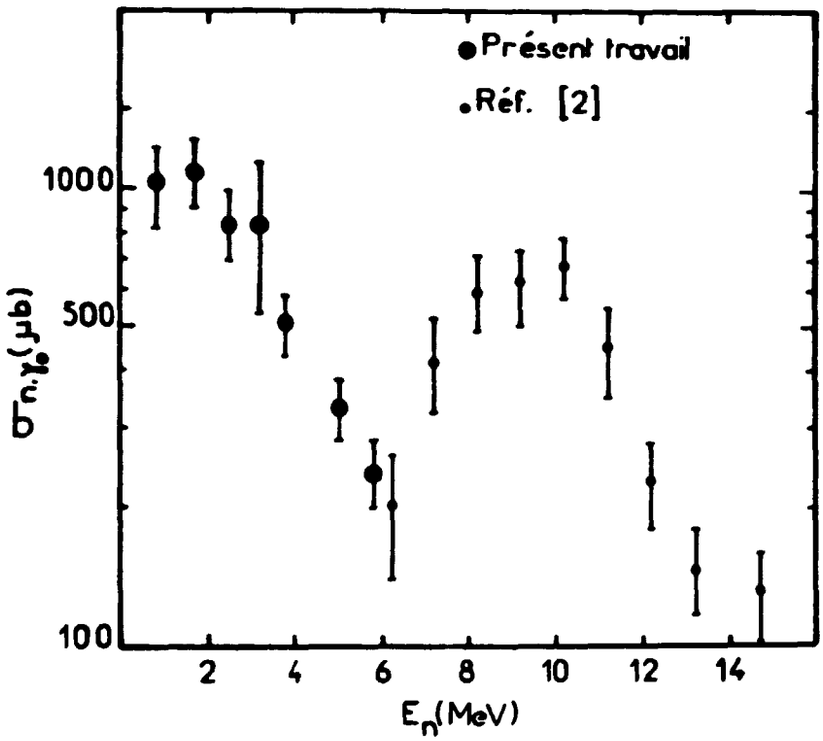
REFERENCES

[1] - D.M. DRAKE et al., *Note CEA-N-2134 (1980).*

[2] - I. BERGQVIST, D.M. DRAKE et D.K. McDANIELS, *Nucl. Phys.* A191 *(1972) 641.*

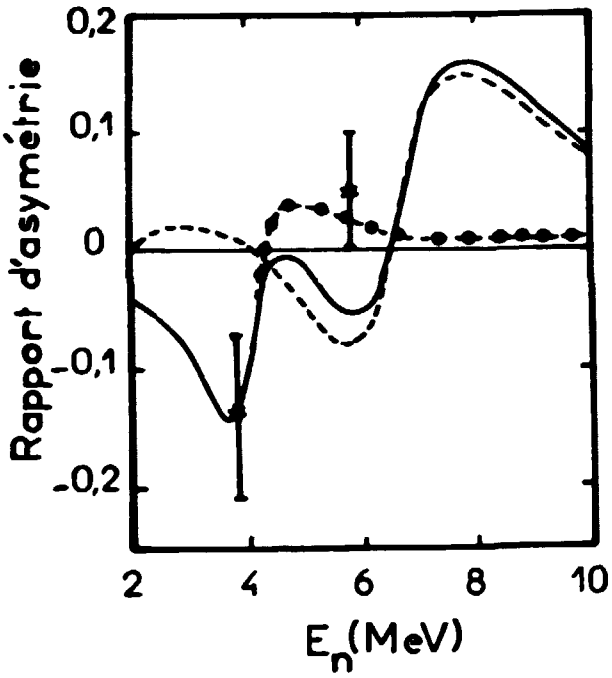
[3] - F. SAPORETTI, R. GUIDOTTI, *Nucl. Phys.* A311 *(1978) 284.*

[4] - F. SAPORETTI, R. GUIDOTTI, *Lett. Nuovo Cimento,* 22 *(1978) 202.*



B-II-4-FIGURE 1

Section efficace partielle de capture pour la réaction $^{208}Pb(n,\gamma_0)$.



B-II-4-FIGURE 2

Comparaison du rapport d'asymétrie mesuré à 3,8 et 5,9 MeV avec les valeurs calculées en supposant différentes excitations collectives : E1 + E2 (tirets), E1 + M1 (pointillés), E1 + E2 + M1 (courbe continue) pour la réaction $^{208}Pb(n,\gamma_0)$.

B-II-5-EXCITATION DE LA RESONANCE QUADRUPOLAIRE ISOVECTORIELLE DANS LA REACTION $^{208}Pb(n,\gamma)^{+}$.

(K. ANIOL*, D.M. DRAKE**, J. FAUCETT***, I. HALPERN*, S. JOLY, S. WENDER****).

EXCITATION OF THE ISOVECTOR QUADRUPOLE RESONANCE IN THE $^{208}Pb(n,\gamma)$ REACTION.

The excitation of the giant isovector quadrupole resonance is investigated through the direct semi-direct model applied to the $^{208}Pb(n,\gamma)$ reaction. Calculated and measured asymmetry factors are compared.

Dans le modèle semi-direct, la capture est représentée par un processus en deux étapes. L'interaction nucléon incident-noyau cible conduit d'abord à un état intermédiaire dans lequel le nucléon est dans un état lié et où le noyau cible est excité dans un état de résonance multipolaire. L'énergie disponible est donc transférée au noyau cible qui se désexcite ensuite vers l'état fondamental en émettant un rayonnement γ.

Suivant l'énergie du projectile, différentes résonances peuvent être ainsi excitées dans la première étape du processus de capture semi-directe (ou capture collective). Les mesures de sections efficaces de capture partielles sur différents noyaux [1-2] ont montré une dépendance en énergie assez bien reproduite par l'excitation de la résonance dipolaire. Celle de la résonance quadrupolaire, dans ses modes isoscalaire (T = 0) et isovectoriel (T = 1), a été également prise en compte récemment [3] dans le modèle direct semi-direct. L'excitation du mode quadrupolaire étant beaucoup plus faible que celle du mode dipolaire, il s'ensuit que la mise en évidence de la première ne pourra être faite qu'à partir de l'interférence entre les deux modes.

Cette interférence est contenue [3] dans les coefficients d'ordre impair du développement en polynômes de Legendre de la distribution angulaire des rayonnements de capture.

+ travail effectué au Laboratoire de LOS ALAMOS (USA).

L'expérience consiste alors à mesurer le rapport d'asymétrie :

$$R = \frac{I(55°) - I(125°)}{I(55°) + I(125°)} \simeq 0,57\ a_1 - 0,39\ a_3.$$

pour différentes énergies neutron couvrant le domaine de la résonance quadrupolaire isovectorielle. Cette mesure a été faite pour la transition γ_0 dans la réaction $^{208}Pb(n,\gamma)$.

Le dispositif expérimental et la technique de temps de vol utilisés pour ces mesures ont été décrits en détails par ailleurs [1,4]. Les mesures ont été faites dans la gamme d'énergie E_n = 16,6 - 19,5 MeV en utilisant la réaction D(d,n) et le faisceau de deutérons délivré par l'accélérateur Tandem de LOS ALAMOS.

La figure 1 représente le spectre d'amplitude des rayonnements de capture obtenu à 19,0 MeV. Les spectres d'amplitude sont déconvolués en utilisant la fonction de réponse du spectromètre obtenue à partir des réactions $^{12}C(n,\gamma_0)$ et $^{12}C(n,n'\gamma)$ à E_n = 19,0 MeV. L'intensité de la transition γ_0 est ensuite corrigée de l'absorption gamma et neutron dans l'échantillon en fonction de l'angle de détection. Après correction, le rapport d'asymétrie de la raie à 2,615 MeV de la réaction $^{208}Pb(n,n'\gamma)$ est très voisin de zéro, prouvant ainsi la validité des approximations faites lors des calculs de la correction.

Sur la figure 2 sont reportés les points expérimentaux obtenus lors du présent travail et ceux d'expériences précédentes. Ces résultats sont comparés au facteur d'asymétrie calculé dans le cadre du modèle direct semi-direct [3]. La brusque augmentation du facteur d'asymétrie au-delà de 18 MeV, due à la composante isovectorielle de la résonance quadrupolaire, semble être observée expérimentalement. De nouvelles mesures sont actuellement en cours pour confirmer les rapports d'asymétrie très importants observés au-dessus de 16 MeV.

* *University of Washington - Seattle (USA).*
** *Los Alamos Scientific Laboratory, LOS ALAMOS (USA)*
*** *University of Oregon-EUGENE (USA).*
**** *Triangle Universities Nuclear Laboratory - Duke (USA).*

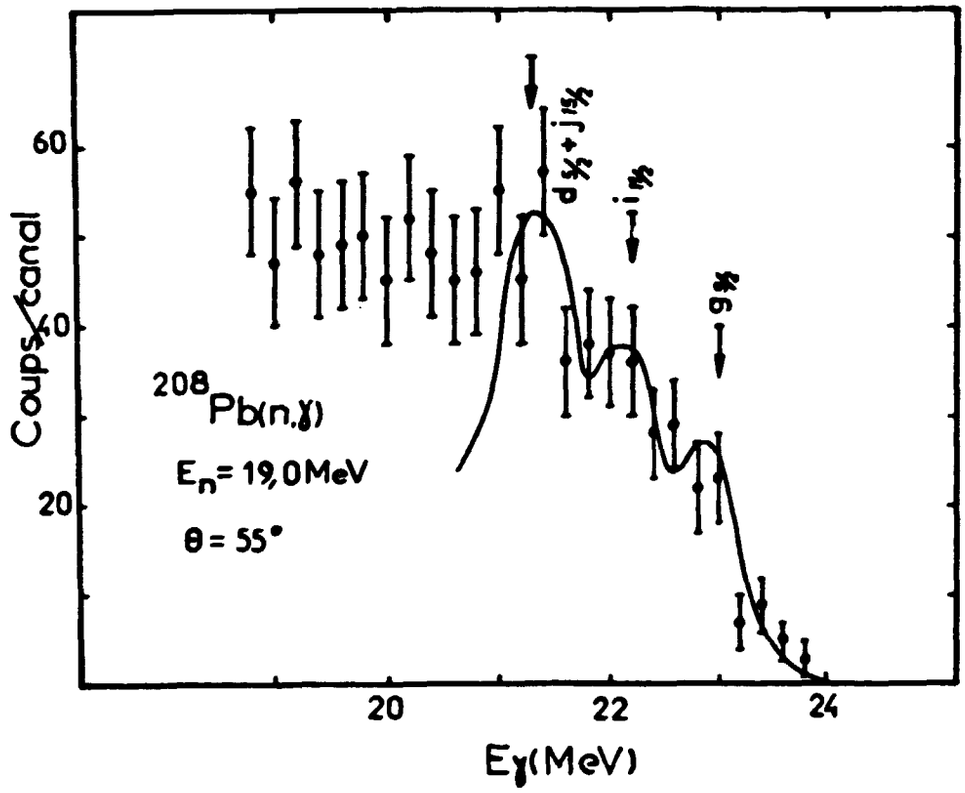
REFERENCES

[1] - I. BERGQVIST, D.M. DRAKE et D.K. McDANIELS, *Nucl. Phys.* A191 *(1972) 641.*

[2] - I. BERGQVIST et al., *Nucl. Phys.* A295 *(1978) 256.*

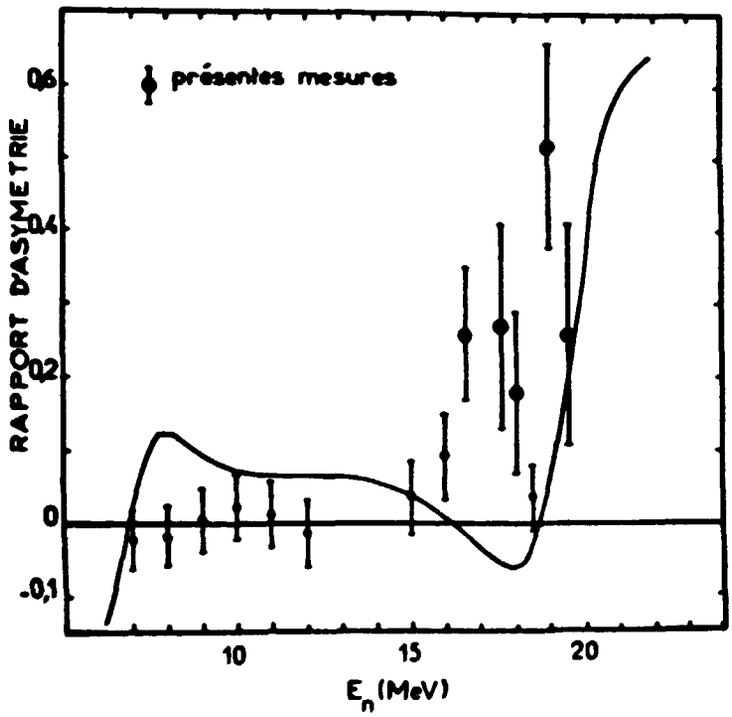
[3] - G. LONGO, F. SAPORETTI et R. GUIDOTTI, *Il Nuovo Cimento,* 46A *(1978) 509.*

[4] - D.M. DRAKE, S.L. WHETSTONE et I. HALPERN, *Nucl. Phys.* A203 *(1973) 257.*



B-II-5-FIGURE 1

Spectre d'amplitude des rayonnements de capture et ajustement de la fonction de réponse du détecteur pour les premiers états de particule dans ^{209}Pb.



B-II-5-FIGURE 2

Comparaison entre les valeurs mesurées et calculées du rapport d'asymétrie en fonction de l'énergie neutron pour la transition γ_0 de la réaction $^{208}Pb(n,\gamma)$.

B-II-6-ETUDE DE LA CAPTURE RADIATIVE DE NEUTRONS RAPIDES PAR ^{40}Ca AVEC UN DETECTEUR Ge(Li)+. (J. BECKER*, D.M. DRAKE**, J. FAUCETT***, R. HAIGHT*, S. JOLY, D. McDANIELS***, R. SULLIVAN*).

FAST NEUTRON CAPTURE STUDIES OF ^{40}Ca WITH A Ge(Li) DETECTOR.

The investigation of single-particle and two-particle-one hole states, populated in fast neutron capture was carried out with a Ge(Li) detector associated with 2 NaI crystals. Preliminary runs were undertaken for the $^{40}Ca(n,\gamma)$ reaction.

Dans le modèle direct semi-direct (DSD), l'interaction entre le nucléon incident et les modes de vibration du noyau cible peut être supposée soit de surface, soit de volume [1]. Suivant l'hypothèse utilisée, la différence de section efficace de capture calculée pour les états de particule $3d_{5/2}$ aussi bien que $1j_{15/2}$ dans ^{209}Pb est très importante (fig. 1). La mesure de l'intensité de transition vers ces 2 états permettrait donc de discriminer entre les 2 types d'interaction. Or ces 2 niveaux ne sont séparés que de 146 keV, d'où l'utilisation d'un détecteur γ de bonne résolution.

La statistique obtenue lors de précédentes mesures [2] n'était pas suffisante pour chiffrer avec précision la différence d'intensité vers les 2 états étudiés. De plus, du fait de la fonction de réponse compliquée du détecteur Ge(Li) (pics de simple et de double échappement) les spectres étaient difficiles à analyser. Ces mesures avaient en outre mis en évidence l'excitation d'états 2 particules-1 trou (2p-1h). Or, dans le modèle DSD, seuls les états de particule sont supposés être peuplés. Il est donc important de savoir si ces états 2p-1h sont également peuplés dans le processus de capture radiative de neutrons rapides afin d'en tenir compte, éventuellement,dans les calculs DSD.

Le but de la présente expérience était donc de mettre clairement en évidence l'excitation d'états de particule, et peut-être d'états 2p-1h, en utilisant un spectromètre Ge(Li) ayant une très bonne résolution et une fonction de réponse simple pour faciliter l'identification des transitions observées.

+ Travail effectué au Laboratoire de LOS ALAMOS (USA).

Nous avons utilisé le spectromètre développé à LIVERMORE [3] pour la mesure de sections efficaces de capture avec l'accélérateur linéaire d'électrons. Le dispositif, légèrement modifié pour son utilisation au Tandem de LOS ALAMOS, est schématisé sur la figure 2. La fonction de réponse la plus simple est obtenue dans le mode de double échappement (DE) où les impulsions délivrées par la diode Ge(Li) ne sont prises en compte que s'il y a détection simultanée d'un rayonnement de 511 keV dans chacun des 2 cristaux NaI situés de part et d'autre du détecteur central. La figure 3 représente la fonction de réponse du spectromètre, dans le mode DE, pour la raie de 4,44 MeV émise dans la réaction $^{12}C(n,n'\gamma)$ à E_n = 10 MeV. La technique du temps de vol est également utilisée pour réduire le bruit de fond et discriminer les rayonnements γ de capture (et de diffusion inélastique) des neutrons diffusés par l'échantillon. La résolution du détecteur Ge(Li) influe peu sur la résolution globale des rayonnements γ de capture, les deux contributions importantes provenant de la perte d'énergie des deutérons incidents dans la cible gazeuse (D_2) produisant les neutrons (d'où limitation du flux de neutrons disponible) et de l'ouverture cinématique de la réaction D(d,n) sur l'angle solide couvert par l'échantillon. Cette dernière contribution est minimisée en utilisant un échantillon de forme tronconique.

Les premiers tests du dispositif expérimental ont été effectués avec un échantillon de ^{40}Ca pour lequel l'atténuation γ est beaucoup moins importante que dans l'échantillon de ^{208}Pb, alors que la section efficace de capture est très comparable. Dans le mode DE, la fonction de réponse est très simple mais l'efficacité de détection est très faible, ce qui, combiné à un angle solide de détection faible et une section efficace de capture également faible, rend les mesures très longues. Les résultats préliminaires obtenus sont encourageants et de nouvelles améliorations du dispositif sont en cours pour augmenter le taux de comptage γ.

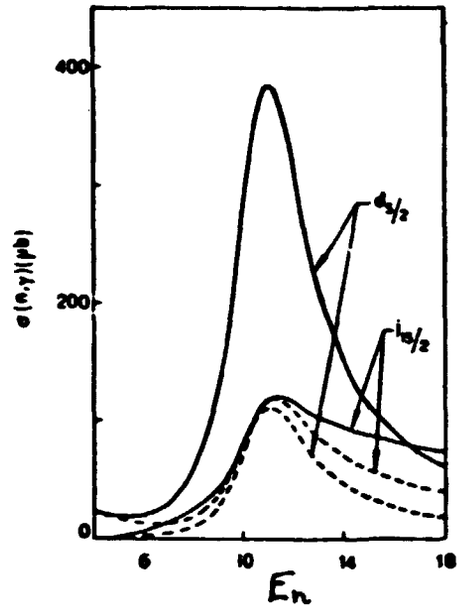
* *Lawrence Livermore National Laboratory, LIVERMORE (USA).*
** *Los Alamos Scientific Laboratory, LOS ALAMOS (USA)*
*** *University of Oregon-EUGENE (USA).*

REFERENCES

[1] - G. LONGO et F. SAPORETTI, *Nucl. Phys.* A199 *(1973) 530.*

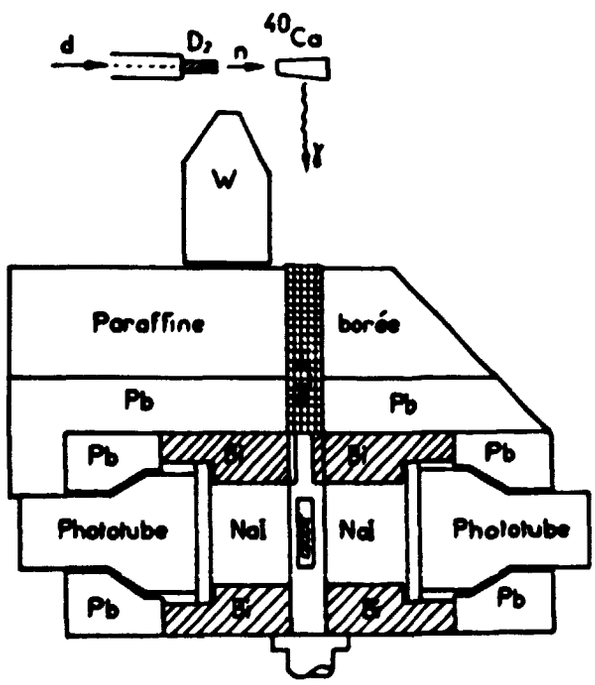
[2] - D.M. DRAKE et al., *Proceedings of the Conference on Nuclear Cross Sections and Technology, Washington (1975), p. 923.*

[3] - M.L. STELTS et J.C. BROWNE, *Nucl. Inst. Meth.,* 133 *(1976) 35.*



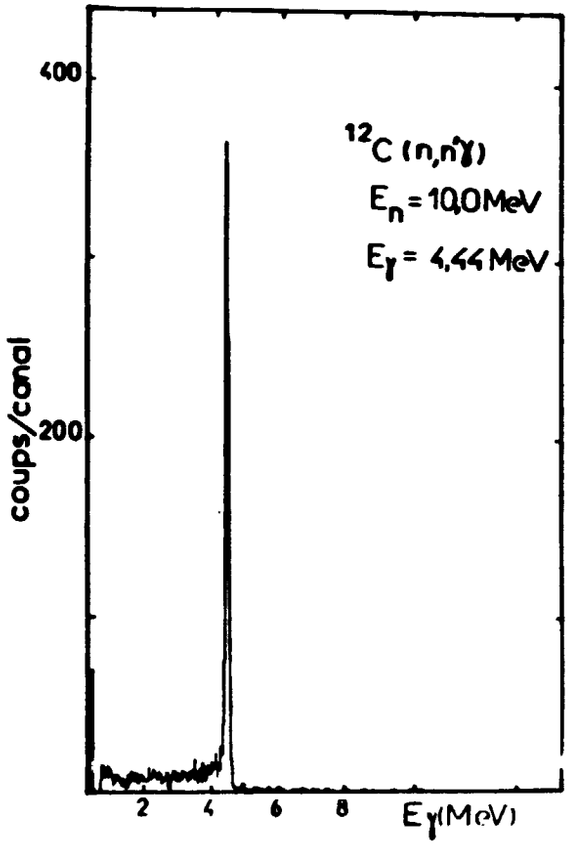
B-II-6-FIGURE 1

Sections efficaces calculées pour les états $d_{5/2}$ et $j_{15/2}$ avec une interaction de surface (tirets) ou de volume (traits pleins).



B-II-6-FIGURE 2

Dispositif expérimental utilisé pour la capture de neutrons rapides avec détection des rayonnements γ par un spectromètre Ge(Li).



B-II-6-FIGURE 3

Fonction de réponse du spectromètre dans le mode de double échappement (DE).

B-II-7-MESURES DE SECTIONS EFFICACES DE FISSION. (M. CANCE, D. GIMAT, G. GRENIER, D. PARISOT).

FISSION CROSS SECTION MEASUREMENTS.

Measurements of the absolute neutron fission cross section of ^{240}Pu, ^{242}Pu and ^{237}Np have been made at 2.5 MeV using a hybrid detector. Data reductions are in progress. A preliminary value (1.66 b) for $\sigma_{nf}(^{237}Np)$ has been obtained. Measurements of the absolute neutron fission cross section of these elements are planned at 14.6 MeV using the associated particle method.

De nouvelles mesures de sections efficaces de fission ont été faites à 2,5 MeV avec le détecteur hybride préalablement décrit [1]. La section efficace est obtenue par l'intermédiaire de la mesure du rapport σ_{nf}/σ_{np}. Elle peut être aussi déterminée en prenant comme référence du flux de neutrons, le long compteur directionnel. Les mesures ont été faites sur les actinides suivants : ^{240}Pu, ^{242}Pu et ^{237}Np. L'évaluation faite par ANTSIPOV et al. [2] du ^{242}Pu, montre des désaccords importants sur les valeurs des sections efficaces de fission dans la gamme d'énergie 1 - 15 MeV (figure 1) d'où l'intérêt de nouvelles mesures absolues. Les dépôts de $^{240}PuF_3$ et $^{242}PuF_3$ utilisés ont une épaisseur d'environ 50 $\mu g/cm^2$. Ils ont été déposés par évaporation sur des supports de tantale de 0,3 mm d'épaisseur.

Le dépôt d'oxyde de ^{237}Np (180 $\mu g/cm^2$) a été déposé par la méthode de "sputtering" sur un support identique à ceux utilisés pour les dépôts de Pu.

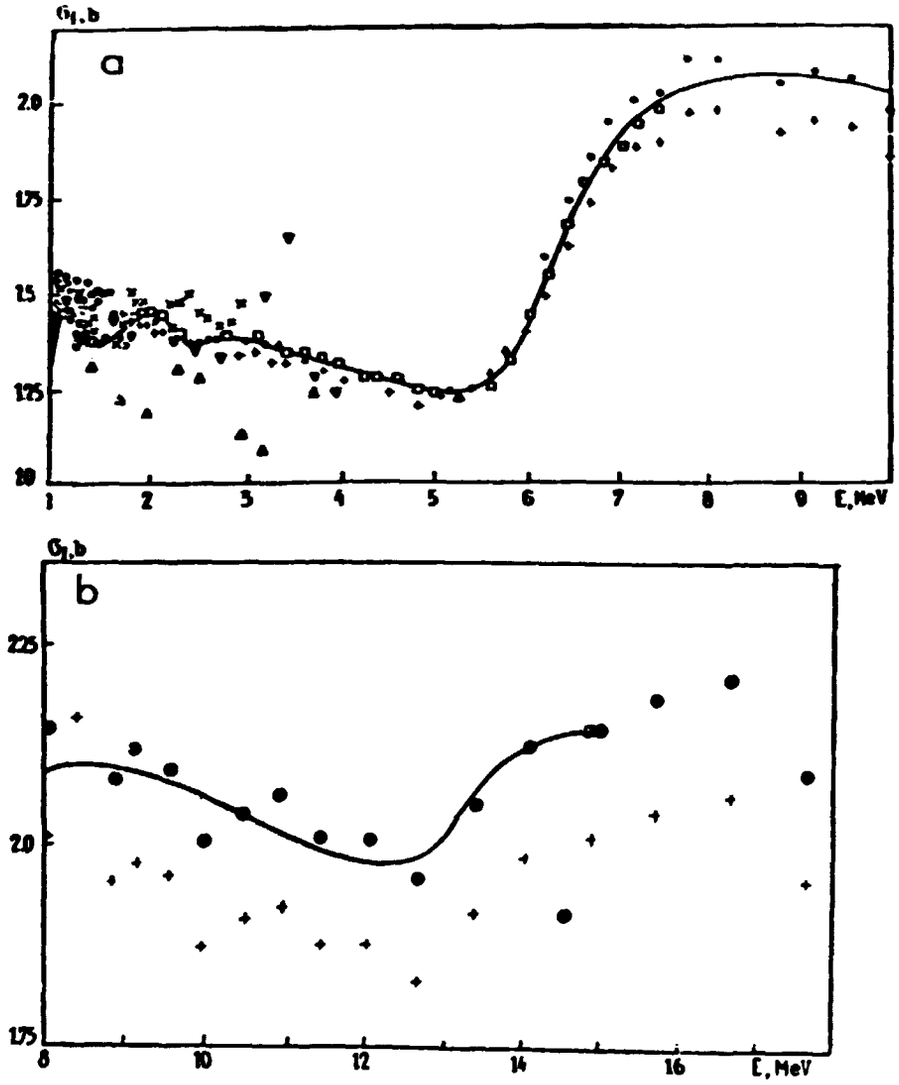
Par suite de nouvelles activités, ces mesures n'ont pas encore pu être exploitées. Nous ne pouvons donner qu'une valeur préliminaire de la section efficace de fission du ^{237}Np. Celle-ci est de 1,66 b.

Pour compléter ce travail, des mesures sont prévues à 14,6 MeV en utilisant la méthode de la particule associée.

REFERENCES

[1] - Compte rendu d'activité 1978, CEA-N-2080, NEANDC (E) 201/L (1979).

[2] - G.V. ANTSIPOV et al., *Rapport INDC (CCP) - 150/LJH, p. 42.*



B-II-7-FIGURE 1

Evaluation de $\sigma_{nf}(^{242}Pu)$ par ANTSIPOV et al. [2].

a - Evaluation de 1 à 10 MeV.

b - Evaluation de 8 à 15 MeV.

- *Evaluation*
- ▫ *Kupriganov et al.*
- + *Behrens et al.*
- ● *Auchampaugh et al.*
- X *Bergen et al.*
- Δ *Fomushkin et Gutnikova*
- O *Butler*
- ◐ *Fomushkin et al.*
- ■ *Alkhazov et al.*
- ■ *Résultats renormalisés de Behrens et al.*

B-II-8-POINT DES MESURES DE SECTIONS EFFICACES DE REACTION (n,2n) FAITES A BRUYERES LE CHATEL. (J. FREHAUT, A. BERTIN, R. BOIS)

STATUS OF (n,2n) CROSS SECTION MEASUREMENTS AT BRUYERES LE CHATEL

Cross sections for the (n,2n) reactions have been measured between threshold and 15 MeV for about 50 elements and separated isotopes using the large gadolinium-loaded liquid scintillator method and the 7 MV tandem Van de Graaff accelerator of BRUYERES-LE-CHATEL as a pulsed neutron source. The (n,2n) cross sections have been normalized to the fission cross section of ^{238}U ; they are obtained with a relative accuracy of 4% to 10%. The systematic trends of the data obtained on series of separated isotopes are discussed, and some comparisons with statistical model calculations are presented.

Les sections efficaces de réaction (n,2n) ont été mesurées pour une cinquantaine d'éléments ou d'isotopes séparés dans la gamme d'énergie de neutrons incidents comprise entre le seuil de réaction et 15 MeV. Les mesures ont été réalisées par la méthode du gros scintillateur liquide chargé au gadolinium en utilisant le faisceau pulsé de l'accélérateur tandem Van de Graaff. Les sections efficaces (n,2n) ont été normalisées sur la section efficace de fission de ^{238}U. La précision relative des résultats varie de 4 à 10%.

L'ensemble de ces mesures et une systématique des résultats obtenus sur les séries d'isotopes séparés ont fait l'objet de la communication [1].

REFERENCE

[1] - J. FREHAUT, A. BERTIN, R. BOIS, J. JARY, *NEANDC (US) - 208/L, P. 399 : Symposium on "Neutron cross sections from 10 to 50 MeV", UPTON (USA), 12-14 Mai 1980.*

B-II-9-REALISATION D'UNE CIBLE GAZEUSE DE TRITIUM POUR LA PRODUCTION DE FLUX DE NEUTRONS INTENSES [1] (F. BRISARD, Y. PRANAL, J. TROCHON).

REALIZATION OF A TRITIUM GAS TARGET FOR THE PRODUCTION OF INTENSE NEUTRON FLUXES.

A tritium gas target designed for the production of neutron fluxes with a 4 MeV Van de Graaff accelerator has been realized. It can produce a high monoenergetic neutron flux with a good energy resolution.

Une cible gazeuse de tritium a été réalisée pour produire auprès du Van de Graaff 4 MeV de BRC des flux importants de neutrons avec une faible dispersion en énergie à partir de la réaction $T(p,n)^3He$, tout en respectant les normes de sécurité relatives au tritium.

Ainsi, un courant moyen de 30 µA de protons de 3 MeV d'énergie a pu être utilisé pour fournir un flux de neutrons de $1,5.10^9$ n/sr/sec à 0° avec une résolution en énergie de 44 keV.

Ces résultats ont été obtenus en utilisant une double fenêtre d'entrée refroidie par un jet d'hélium lui-même refroidi et circulant à grande vitesse. Un système de protection a été mis au point pour éviter toute contamination au cas où une fenêtre viendrait à se percer.

REFERENCE

[1] - F. BRISARD, *Note CEA-N (à paraître).*

B-III-ETUDE DE LA FISSION

STUDY OF FISSION

B-III-1-COMPARAISON DES CARACTERISTIQUES DE LA FISSION SPONTANEE ET DE LA FISSION INDUITE PAR NEUTRONS THERMIQUES DES NOYAUX $^{240,239}Pu$ ET $^{242,241}Pu$.

(H. ABOU YEHIA*, J.W. BOLDEMAN**, Y. PRANAL, J. TROCHON).

COMPARISON OF THE FISSION FRAGMENT DISTRIBUTION AND KINETIC ENERGY FOR THE SPONTANEOUS FISSION AND THERMAL NEUTRON INDUCED FISSION OF THE FISSIONING NUCLEI ^{240}Pu AND ^{242}Pu.

The fission fragment characteristics have been measured for spontaneous fission of ^{240} ^{242}Pu and for thermal neutron induced fission of ^{239} ^{241}Pu.
The results confirm the previous data, i.e. the total kinetic energy is lower for spontaneous fission than for neutron induced fission for ^{240}Pu and the situation is inverted for ^{242}Pu. The mass distributions are similar for ^{240}Pu and greatly differ for ^{242}Pu. Other properties are observed. The anomaly seems to come from ^{242}Pu.

L'étude de la dépendance des caractéristiques de la fission - distribution en masse, énergie cinétique des fragments, nombre de neutrons émis par fission etc.... - avec l'énergie d'excitation du noyau fissionnant, peut apporter des éléments permettant de mieux comprendre l'évolution du noyau entre le point selle et la scission. Dans cet esprit, des mesures comparatives de la distribution en masse et de l'énergie cinétique des fragments ont été effectuées par différents laboratoires pour la fission induite par neutrons thermiques et la fission spontanée, d'une part de ^{239}Pu et ^{240}Pu respectivement [1,2,3] et d'autre part de ^{241}Pu et ^{242}Pu [4]. Cependant le manque de cohérence des résultats nous a conduit à reprendre cette étude.

Pour la mesure sur les noyaux $^{239,240}Pu$, nous avons utilisé deux dépôts séparés de 80 $\mu g/cm^2$ d'épaisseur, sur des supports de polyimide d'environ 20 $\mu g/cm^2$. Un soin particulier a été apporté à la mesure relative de la perte d'énergie dans les deux dépôts. Dans l'autre cas, le dépôt, d'une épaisseur de 25 $\mu g/cm^2$, était constitué du mélange : ^{241}Pu (5%) et ^{242}Pu (95%). Dans ces conditions, aucune correction d'épaisseur n'était à effectuer.

Les évènements fission étaient détectés par deux détecteurs à barrière de surface de 4 cm^2. La distribution en masse et l'énergie cinétique des fragments ont été déterminés par la méthode de SCHMITT. Le flux de neutrons thermiques a d'abord été fourni dans une première mesure par le réacteur Ulysse de SACLAY,[+] puis, dans une seconde en thermalisant les neutrons de la réaction $T(d,n)^4He$ produite par le faisceau de deutons d'un accélérateur sur une cible de tritium.

Les résultats sont portés sur les figs. 1 et 2. Ils sont en bon accord avec ceux de la réf. [2] pour $^{240}Pu^*$ et de la réf. [4] pour ^{242}Pu. Ils font apparaître ou confirment les propriétés suivantes :

- aucune différence importante n'est observée dans les distributions en masse des fragments des fissions spontanées et induites du noyau fissionnant ^{240}Pu (cf. fig. 1a),
- l'énergie cinétique $\bar{E}_K$ des fragments de la fission induite dans ^{239}Pu est supérieure à celle de la fission spontanée de ^{240}Pu,
- des structures apparaissent dans l'énergie $\bar{E}_K$ de la fission spontanée de ^{240}Pu pour les masses 135, 140, 145. Cet effet, déjà observé par ailleurs [5], est attribué à des effets de couches,
- la grande différence observée dans les distributions en masses de $^{242}Pu^*$ est confirmée (cf fig. 2a) : le rendement autour de la masse 135 est plus élevé pour la fission spontanée que pour la fission induite. Par ailleurs, la fig. 2b montre que l'énergie $\bar{E}_K$ pour la masse 135 est plus forte pour la fission spontanée que pour la fission induite. Ainsi, la valeur de l'énergie cinétique totale est elle-même plus grande pour la fission spontanée, contrairement à ce qui est observé pour ^{240}Pu.

[+] Nous remercions M. BOUCHICAUT et l'équipe du réacteur Ulysse pour les facilités mises à notre disposition.

Ce phénomène ne peut être expliqué à partir de simples considérations sur les hauteurs des barrières de fission (voir Tableau I). Aussi, pour essayer de déterminer quel noyau a un comportement "anormal" par rapport aux autres, nous avons tracé sur la fig. 3 les valeurs connues de l'énergie cinétique totale $\bar{E}_K$ en fonction de $Z^2/A^{1/3}$. Il apparaît que la plupart des valeurs sont comprises entre les droites $\bar{E}_{KT} = 0,1332\ Z^2/A^{1/3} - 11,64$ [5] et $\bar{E}_{KT} = 0,1044\ Z^2/A^{1/3} + 27,2$ [6], sauf celles des deux isotopes $^{258,259}Fm$ (dont la fission est essentiellement symétrique [7]) et, d'une façon moins marquée, celle de la fission spontanée de ^{242}Pu.

* *Boursier de Thèse*

** *Collaborateur Etranger, adresse permanente :* AAEC, LUCAS HEIGHTS, NSW (*Australie*).

REFERENCES

[1] - J. TORASKAR et E. MELKONIAN, *Phys. Rev. C4 (1971) 267.*

[2] - A.J. De RUYTTER et G. WAGENER-PENNING, *Physique et Chimie de la Fission, Conf. Rochester, AIEA Vienne, II (1974) 51.*

[3] - H. THIERENS et Coll., *à paraître.*

[4] - N.P. D'YACHENKO et Coll., *Soviet Journal of Nuclear Physics 17 n° 4 (1973) 362.*

[5] - J.P. UNIK et Coll., *Physique et Chimie de la Fission, Conf. Rochester II (1974) 19.*

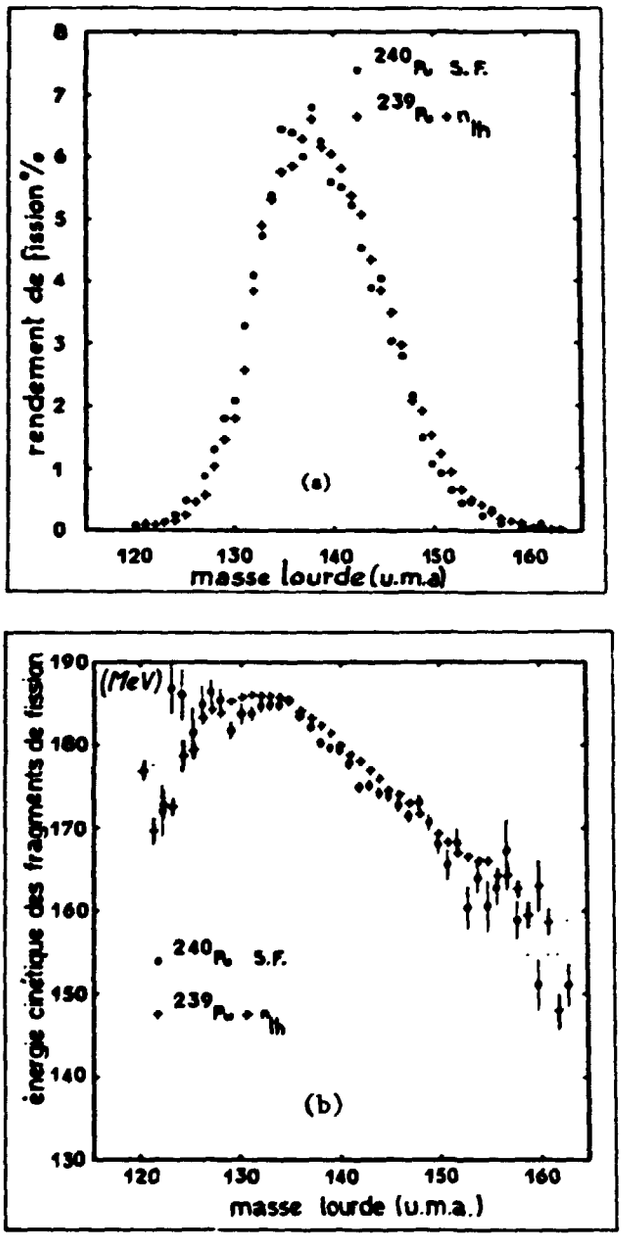
[6] - V. VIOLA, *Nucl. Data 1 (1966) 391.*

[7] - D.C. HOFFMAN et Coll., *Phys. Rev. 21 n° 3 (1980) 972.*

	B_n MeV	E_A MeV	E_B MeV
^{240}Pu	6,534	6,0 ± 0,2	5,60 ± 0,15
^{242}Pu	6,309	5,6 ± 0,1	5,70 ± 0,15

TABLEAU I

Energie de liaison d'un neutron (B_n) et hauteurs (E_A, E_B) des deux bosses de la barrière de fission des noyaux ^{240}Pu et ^{242}Pu.

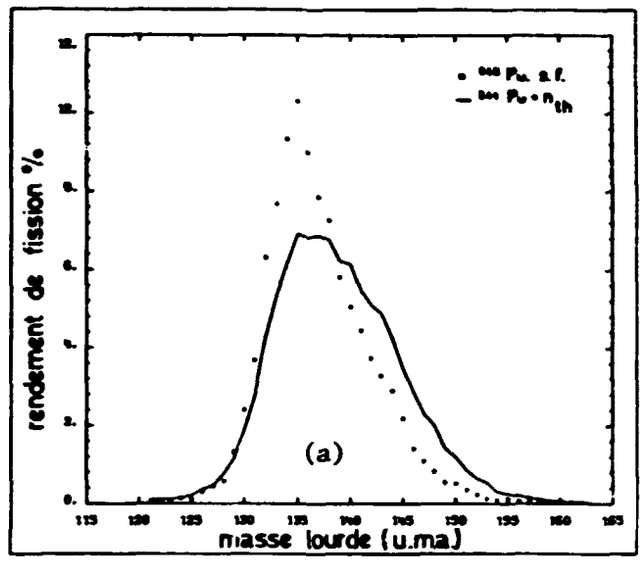


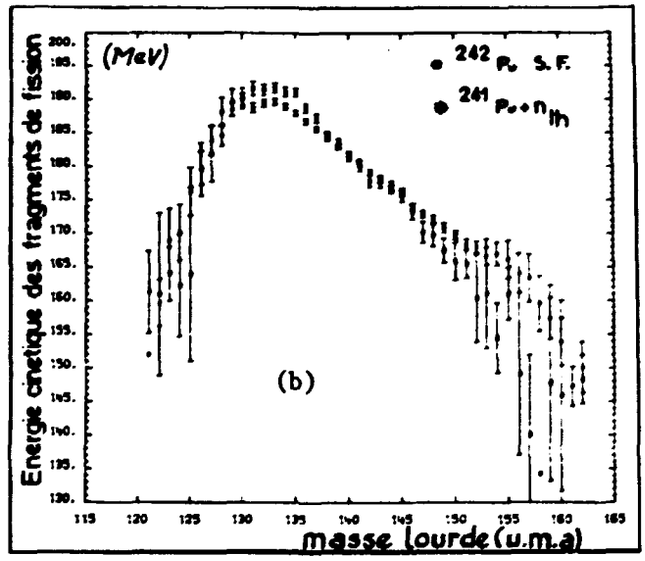
B-III-1-FIGURE 1

Propriétés de la fission induite par neutrons thermiques dans ^{239}Pu et de la fission spontanée de ^{240}Pu :

a) distribution des masses.

b) énergie cinétique totale des fragments en fonction du type de fragmentation.



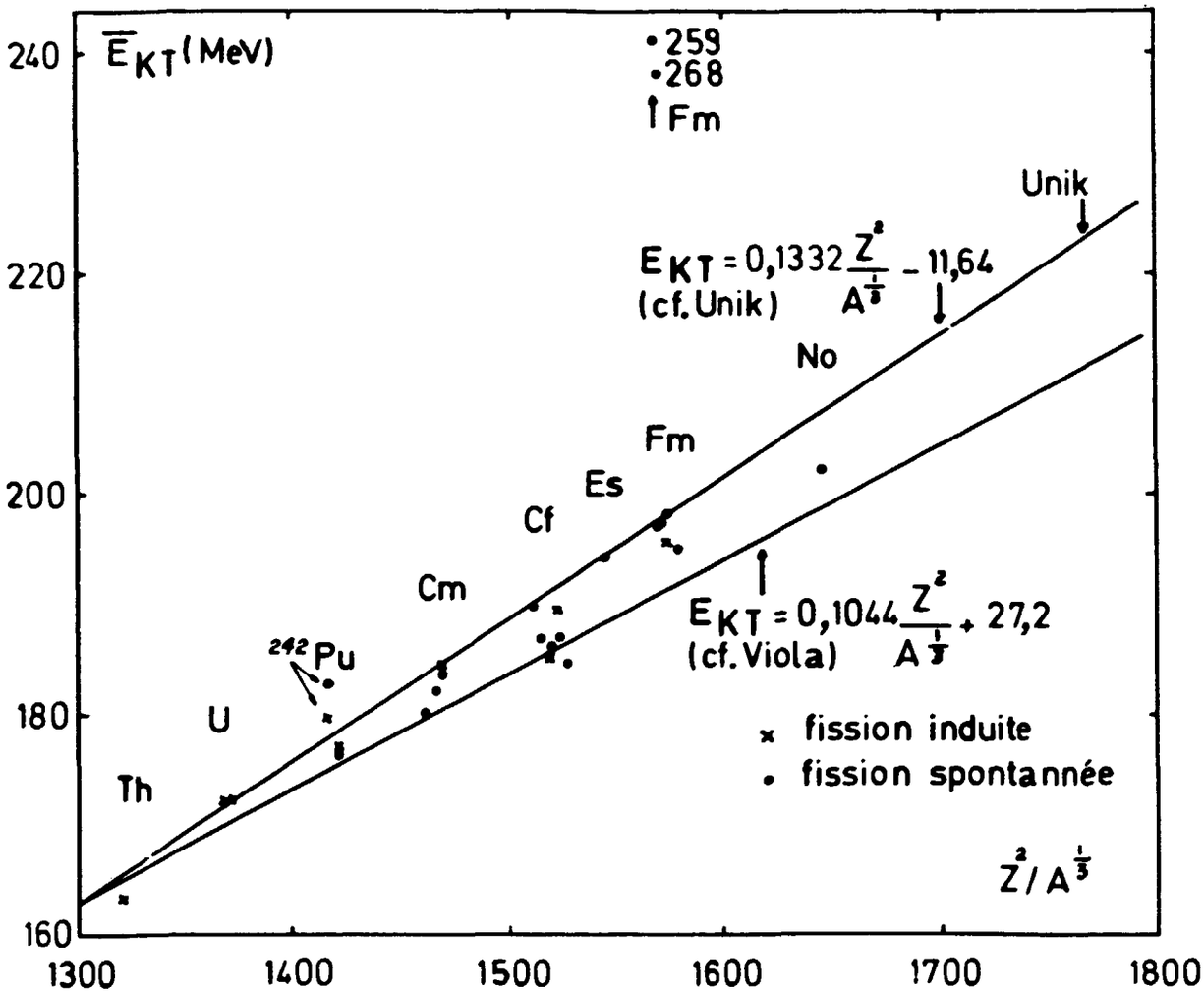


D-III-1-FIGURE 2

Propriétés de la fission induite par neutrons thermiques dans ^{241}Pu et de la fission spontanée de ^{242}Pu

a) distribution des masses

b) énergie cinétique totale des fragments en fonction du type de fragmentation.



B-III-1-FIGURE 3

Systématique de l'énergie cinétique totale des fragments en fonction de $Z^2/A^{1/3}$.

B-III-2-ETUDE DES PROPRIETES DE LA FISSION DE ^{232}Th INDUITE PAR NEUTRONS

(J. FREHAUT, J. TROCHON, H. ABOU YEHIA*, J. BOLDEMAN**).

PROPERTIES OF THE NEUTRON INDUCED FISSION OF ^{232}Th.

The total kinetic energy $\bar{E}_K$ and the average number of prompt neutrons $\bar{\nu}_p$ have been measured in two separate experiments for the fission of ^{232}Th by neutrons near threshold. The observed fluctuations of $\bar{E}_K$ and $\bar{\nu}_p$ have been interpreted under the assumption that the quantum number K is not changed during the passage from saddle point to scission. The repartition of the available energy between the different degrees of freedom of the compound nucleus is then determined by the K value of the fission channel.

Au voisinage du seuil, la section efficace neutronique de fission de ^{232}Th présente des résonances larges qui peuvent être interprétées comme des états de vibration dans un 3ème puits de la barrière de fission de ^{233}Th [1].

En complément des mesures de l'énergie cinétique moyenne $\bar{E}_K$ des fragments de fission déjà réalisées dans la gamme d'énergie comprise entre 1,2 et 5 MeV [2], nous avons mesuré le nombre moyen de neutrons prompts, $\bar{\nu}_p$, avec une même résolution en énergie de ± 20 keV de la source de neutrons incidents. Le dispositif expérimental est très voisin de celui utilisé pour nos mesures de $\bar{\nu}_p$ concernant d'autres noyaux [3]. Les résultats obtenus pour le nombre $\bar{\nu}_p$ de neutrons et l'énergie $\bar{E}_K$ sont portés respectivement sur les figures 1b et 1c, ainsi que les valeurs de l'énergie $\bar{E}_K$ rapportées par DYACHENKO et Coll. [4], qui présentent un bon accord global avec les nôtres.

On observe des structures très prononcées pour $\bar{\nu}_p$ et $\bar{E}_K$, et en particulier des variations très rapides aux environs de 1,8 et 2,3 MeV, qui correspondent aux larges structures de la section efficace de fission [1]. Au-dessus de 2,3 MeV, la section efficace de fission est beaucoup plus régulière, et $\bar{\nu}_p$ et $\bar{E}_K$ sont des fonctions linéaires de l'énergie des neutrons incidents, avec des pentes respectives de 0,104 neutrons/MeV pour $\bar{\nu}_p$ et de 0,35 MeV/MeV pour $\bar{E}_K$.

Nous avons porté sur la fig. 1a les sections efficaces de fission partielles pour les différentes valeurs possibles du nombre quantique K. Ces données résultent d'un calcul [5] basé sur le formalisme de HAUSER-FESHBACH. La probabilité de fission a été calculée en supposant que l'influence de la première bosse de la barrière de fission a un effet négligeable, et en incluant un 3ème minimum dans cette barrière. L'ensemble des sections efficaces neutroniques du ^{232}Th et la distribution angulaire des fragments de fission est reproduit de façon satisfaisante par ce calcul à l'aide de paramètres raisonnables.

La comparaison de ces sections efficaces partielles et des données expérimentales pour $\bar{\nu}_p$ et $\bar{E}_K$ suggère que $\bar{\nu}_p$ et $\bar{E}_K$ sont différents pour chaque valeur du nombre quantique K.

En admettant que $\bar{\nu}_p$ et $\bar{E}_K$ sont des fonctions linéaires de l'énergie E_n des neutrons incidents, et que les pentes correspondantes sont indépendantes de K et égales aux pentes mesurées à plus haute énergie, on peut reproduire de façon satisfaisante (courbes continues des figs. 1b et 1c) les résultats expérimentaux à partir du jeu de paramètres suivant (énergies en MeV) :

$$K = 1/2 \quad \begin{cases} \bar{\nu}_p = 0{,}104\ E_n + 2{,}005 \\ \bar{E}_K = 0{,}35\ E_n + 162{,}25 \end{cases}$$

$$K = 3/2 \quad \begin{cases} \bar{\nu}_p = 0{,}104\ E_n + 1{,}905 \\ \bar{E}_K = 0{,}35\ E_n + 162{,}25 \end{cases}$$

$$K \geq 5/2 \quad \begin{cases} \bar{\nu}_p = 0{,}104\ E_n + 1{,}805 \\ \bar{E}_K = 0{,}35\ E_n + 164{,}15 \end{cases}$$

Ces résultats suggèrent que le nombre quantique K est conservé lors du passage du point selle au point de scission dans la fission du noyau composé ^{233}Th. La répartition de l'énergie disponible entre les différents degrés de liberté du

système est alors déterminée par la valeur du nombre quantique K associé à la voie de fission.

Dans le cadre de cette interprétation, de nouveaux calculs sont actuellement en cours afin de déterminer un nouveau jeu de sections efficaces partielles de fission, permettant de mieux reproduire les valeurs expérimentales de $\bar{\nu}_p$ et $\bar{E}_K$, tout en conservant un bon accord d'ensemble avec les autres données expérimentales

* *Boursier de Thèse.*

** *Collaborateur Etranger, adresse permanente* : AAEC, LUCAS HEIGHTS, NSW (*Australie*).

REFERENCES

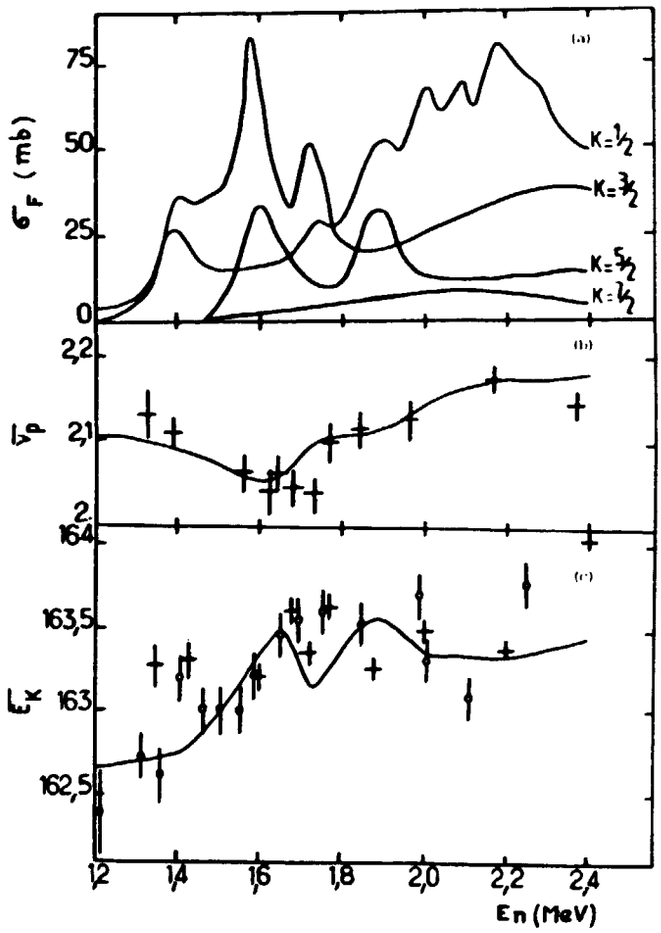
[1] - J. BLONS, C. MAZUR et D. PAYA, *Phys. Rev. Lett. 35 (1975) 1749.*

[2] - J. TROCHON, H. ABOU YEHIA, F. BRISARD et Y. PRANAL, *Nucl. Phys. A318 (1973) 63.*

[3] - J. FREHAUT, G. MOSINSKI, R. BOIS et M. SOLEILHAC, *Rapport CEA-R-4626 (1974).*

[4] - N. DYACHENKO, B.O. KUZMINOV, V.F. MITROFANOF et A.I. SERGACHEV, *Sov. J. Nucl. Phys. 26 (1977) 365.*

[5] - H. ABOU YEHIA, J. JARY, J. TROCHON, *NEANDC (E) 204 "L" (1979).*



B-III-2-FIGURE 1

Variation en fonction de l'énergie des neutrons incidents.

a) - des sections efficaces de fission partielles calculées pour chaque valeur du nombre quantique K [5],

b) - du nombre moyen de neutrons prompts $\bar{\nu}_p$,

c) - de l'énergie cinétique moyenne $\bar{E}_K$ des fragments de fission.

+ notre mesure, o DYACHENKO et Coll. [4].

Les courbes contiues portées sur les fig. 1b et 1c résultent d'un ajustement sur les résultats expérimentaux, en admettant que les valeurs de $\bar{\nu}_p$ et $\bar{E}_K$ sont différentes pour chaque valeur du nombre quantique K.

B-III-3-PROPRIETES SPECTROSCOPIQUES DE QUELQUES STRUCTURES FINES OBSERVEES DANS LE SEUIL DE LA REACTION ^{231}Pa(n,f). (S. PLATTARD, G.F. AUCHAMPAUGH*, G. de SAUSSURE**).

SPECTROSCOPIC PROPERTIES OF SOME FINE STRUCTURES OBSERVED NEAR THE ^{231}Pa(n,f) FISSION THRESHOLD.

Using i) a code based on the statistical model and ii) fission fragments angular distributions measured by SICRE, we have assigned the following (KJπ) values : (33+), (33+) or (33-) and possibly (44-), (34-) for the structures observed in the threshold region of the ^{231}Pa(n,f) cross section and centered around E_n = 156.7, 173.3, 371.2 keV respectively.

Les valeurs de (KJπ) pour les structures fines observées dans le seuil de la section efficace σ_f de la réaction ^{231}Pa(n,f), entre 0,1 et 0,4 MeV, ont été déterminées en utilisant 1) les distributions angulaires des fragments de fission (DAFF) mesurées par SICRE [1] avec des neutrons monoénergétiques et 2) les valeurs maximales de la section efficace de fission, σ_f^{max} (KJπ) calculées pour T_f = 1 (transmission maximum de la barrière de fission) et $0^{+-} \leq J^{\pi} \leq 4^{+-}$ (Tableau I). L'état fondamental de ^{231}Pa ayant un spin et une parité $I^{\pi} = 3/2^-$, ces valeurs du moment angulaire total correspondent à $0 \leq \ell \leq 3$. Les valeurs de σ_f^{max} (KJπ) ont été déterminées à partir des coefficients de transmission de neutrons calculés à BRC par LAGRANGE [2], et introduits dans le calcul de la section efficace de formation du noyau composé et de la section efficace d'émission de neutrons (notamment diffusion inélastique sur les 20 premiers niveaux excités de ^{231}Pa). Les largeurs de capture radiative ont été déterminées à l'aide du modèle de particules indépendantes en suivant la méthode prescrite par BLATT et WEISSKOPF.

Les résultats obtenus sont les suivants [3] :

- autour de E_n = 156,7 keV, K = 3, $J^{\pi} = 3^+$, valeurs compatibles avec la forme de la DAFF et la valeur maximum de la section efficace observée (83 mb) à condition de prendre T_f = 0,2 ;

- autour de $E_n = 173,3$ la qualité des DAFF ne permet pas de trancher entre $JK\pi = 33^+$ ou 33^- plutôt que $KJ\pi = 44$. En effet, les DAFF pour K = 3 (J = 3) et K = 4 (J = 4) n'étant pas très différentes aux angles avant, seule une mesure à haute résolution pourrait estimer correctement la contribution non résonnante de σ_f ;
- pour les structures centrées autour de E_n = 190 et 310 keV, la qualité des DAFF, mesurées avec un pas en énergie supérieur à l'espacement moyen des structures fines, et seulement pour un nombre réduit d'énergies de neutrons, ne permet pas une attribution satisfaisante de $KJ\pi$;
- enfin, pour la structure centrée autour de E_n = 371,2 keV, d'allure asymétrique, les valeurs K = 3, $J^\pi = 4^-$ assurent la contribution dominante (DAFF piquée autour de 50°).

Pour préciser ces valeurs de K et de J et déterminer celles des structures centrées autour de E_n = 190 et 310 keV, nous avons entrepris une mesure à haute résolution de l'anisotropie des fragments de fission dont les résultats bruts sont présentés en [4].

* *Los Alamos Scientific Laboratory LOS ALAMOS (USA).*

** *Oak Ridge National Laboratory, OAK RIDGE (USA).*

REFERENCES

[1] - A. SICRE, *Thèse d'Etat, Université de Bordeaux I (1976) Rapport CENBG 7603.*

[2] - Ch. LAGRANGE, *Communication privée (1976).*
- G. HAOUAT, J. LACHKAR, Ch. LAGRANGE, Y. PATIN, J. SIGAUD et R.E. SHAMU, *Rapport NEANDC 196 "L" (1978).*

[3] - S. PLATTARD, G.F. AUCHAMPAUGH, N.W. HILL, G. de SAUSSURE, J.A. HARVEY et R.B. PEREZ, *accepté pour publication dans Physical Review Letters.*

[4] - S. PLATTARD, G.F AUCHAMPAUGH, N.W. HILL, G. de SAUSSURE et J.A. HARVEY, *Voir contribution dans ce compte rendu d'activité, Chap. B-III-4.*

E_n (keV) \ J^π	0^+	0^-	1^+	1^-	2^+	2^-	3^+	3^-	4^+	4^-
140	54,7	3,4	203,1	213,7	282,9	324,9	221,1	15,6	2,3	4,3
160	54,2	3,6	190,8	188,5	266,5	278,0	210,4	20,7	2,2	8,0
180	53,8	3,8	182,1	167,6	251,0	238,8	200,3	22,1	2,1	10,7
200	52,5	4,1	172,7	152,0	228,8	208,0	183,6	22,0	2,0	11,0
220	51,3	4,7	162,5	138,3	211,3	184,9	169,8	24,3	1,9	11,5
280	46,0	5,7	137,6	106,5	172,9	129,3	134,0	25,5	2,1	13,7
300	43,9	6,1	128,6	98,4	162,3	121,4	125,2	26,2	3,0	15,2
320	41,7	6,1	120,0	90,9	151,8	112,6	117,2	26,6	3,6	15,3
340	39,8	6,2	111,3	81,6	141,2	100,4	108,7	25,9	3,9	14,5
360	37,8	6,2	104,2	74,8	132,1	90,2	101,3	25,0	4,0	14,4
380	35,9	6,1	96,4	70,0	122,6	82,7	94,2	24,9	3,9	14,6

TABLEAU I

Sections efficaces de fission maximales σ_f^{max} $(JK\pi)$ en mb pour $T_f = 1$ calculées aux énergies de neutrons utilisées dans l'analyse de σ_f.

Intervalle d'énergie neutrons (MeV)	0,1 - 7
Fréquence de répétition (Hz)	800
Largeur de bouffée (ns)	27
Puissance sur cible (kW)	27
Distance de vol (m)	27,73
Filtres (mm)	Cd : 0,8
Durée de l'expérience (h)	549

TABLEAU I

Deux des six cellules du détecteur de fragments de fission (scintillateur gazeux [2]) comportaient un ensemble de petits collimateurs montés en parallèle (grilles) qui assuraient la détection des fragments de fission entre 0° - 45° et 0° - 73° respectivement. Trois autres cellules étaient utilisées pour mesurer la section efficace de fission totale σ_f (0 - 90°) alors que la sixième cellule, contenant 130 mg de ^{235}U permettait d'assurer la transformation d'un spectre en temps de vol de ^{231}Pa en section efficace de fission s[illegible]on une procédure décrite ailleurs [1].

Les anisotropies a(45) et a(73) sont présentées sur la figure 1 pour une énergie de neutrons comprise entre 0,1 et 0,4 MeV, avec :

$$a(\theta_i) = \frac{\int_0^{\theta_i} W(K,J,\pi) \sin\theta \, d\theta}{\int_0^{90°} W(K,J,\pi) \sin\theta \, d\theta} \qquad (\theta_i = 45°, 73°)$$

W désigne la distribution angulaire des fragments de fission. Pour normaliser les valeurs de $a(\theta_i)$ on a supposé qu'entre 3 et 5 MeV la distribution angulaire des fragments de fission était isotrope. Les résultats indiquent autour de

E_n = 157 keV une anisotropie très prononcée a(45) = 0,12 ainsi qu'autour de 173 keV (a(45) ≃ 0,19) ce qui suggère des valeurs élevées de K et J, comme cela a déjà été déterminé à partir d'une analyse de notre mesure à haute résolution de σ_f [4]. Par ailleurs, pour la structure centrée autour de E_n = 173,3 keV, l'anisotropie est importante sur un intervalle d'énergie de plusieurs keV suggèrant qu'on ait affaire à plus d'une résonance de K et J élevé, en très bon accord avec les conclusions de [4]. A plus haute énergie, les fluctuations observées dans a(45) et a(73) nécessitent une analyse détaillée pour être interprétées ; il semble cependant qu'une contribution K = 0 doive être prise en compte. L'importante structure à E_n = 310 keV semble avoir K = 0, alors que la structure à E_n = 324 keV est anisotrope. Enfin, autour de E_n = 371 keV, la valeur des 2 anisotropies est révélatrice, à nouveau, de valeurs élevées de K et J.

A l'aide d'un code fondé sur le modèle optique [5], nous commençons actuellement à ajuster, à l'aide du même jeu de paramètres, des valeurs calculées aux valeurs expérimentales σ_f, a(45) et a(70) afin de déterminer K et J pour les principales structures observées dans la région du seuil de σ_f. Le jeu de valeurs de K et J risque de ne pas être unique, mais il devrait constituer un progrès important dans la connaissance des propriétés spectroscopiques des états très déformés de ^{232}Pa.

* *Los Alamos Scientific Laboratory*, LOS ALAMOS (USA).
** *Oak Ridge National Laboratory*, OAK RIDGE (USA).

REFERENCES

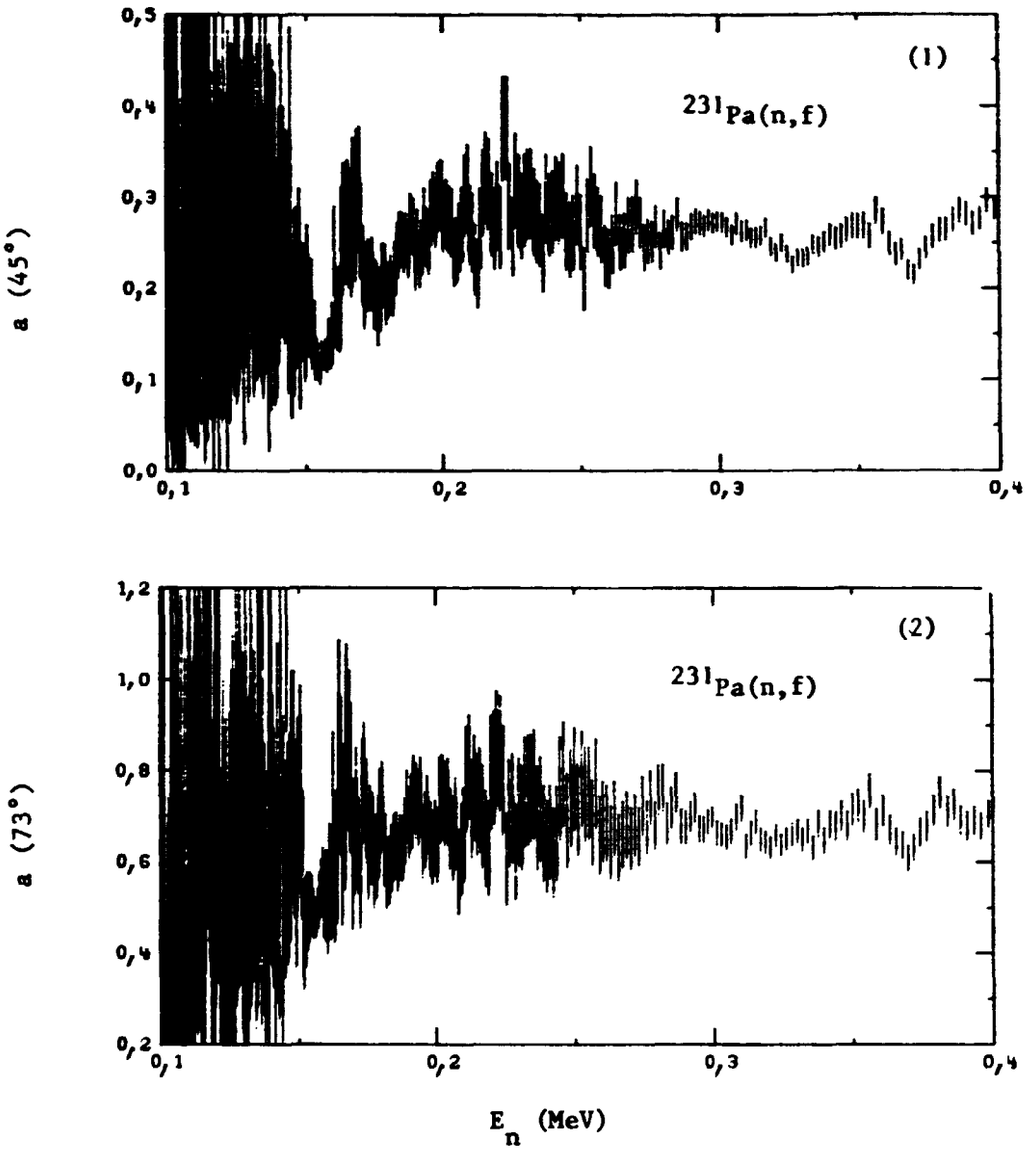
[1] - S. PLATTARD, G.F. AUCHAMPAUGH, N.W. HILL, G. de SAUSSURE, R.B. PEREZ et J.A. HARVEY, *Comptes rendus de "Conference on Nuclear Cross Section for Technology", Knoxville (USA), 22-26 Octobre 1979, p. 491-495.*

[2] - S. PLATTARD, G.F. AUCHAMPAUGH, N.W. HILL, G. de SAUSSURE, R.B. PEREZ et J.A. HARVEY, *Compte rendu d'activité du Service de Physique Neutronique et Nucléaire pour l'année 1979, Note CEA-N-2134, NEANDC (E) 212/L, Juin 1980.*

[3] - A. SICRE, *Thèse d'Etat, Bordeaux (1976), Rapport CENBG 7603.*

[4] - S. PLATTARD, G.F. AUCHAMPAUGH, G. de SAUSSURE, *Voir contribution B-III-3 dans ce compte rendu d'activité, et texte soumis pour publication à Phys. Rev. Lett.*

[5] - J. JARY, Code NRLY, *communication privée (1979).*



B-III-4-FIGURE 1

Anisotropie des fragments de fission en fonction de l'énergie des neutrons incidents pour θ = 45° (1) et θ = 73° (2) où θ désigne l'angle maximum de détection des fragments de fission. La longueur d'une barre d'erreur tient compte uniquement des fluctuations statistiques de comptage (± un écart quadratique moyen).

B-III-5-DISPOSITIF DE DETECTION EN TEMPS DES PARTICULES CHARGEES DANS LE PLAN FOCAL D'UN SPECTROMETRE MAGNETIQUE.

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

FAST TIMING DETECTOR FOR CHARGED PARTICLE DETECTION IN THE FOCAL PLANE OF A MAGNETIC SPECTROMETER.

A fast timing detector has been developed to be used in the focal plane of a split-pole magnetic spectrometer behind a position sensitive detector. It gives the time arrival of protons in the (d,pf) experimental studies.

Le spectromètre magnétique split-pole a été équipé d'un dispositif de détection en temps dans le plan focal. Ce dispositif est placé derrière le détecteur BORKOWSKI [1] qui fonctionne en détecteur ΔE.

Les particules chargées sont arrêtées dans un scintillateur NE 102 d'épaisseur 2 mm, de largeur 20 mm et de longueur 400 mm, collé sur un guide de lumière. Ces dimensions, notamment l'épaisseur, ont été choisies pour minimiser le bruit de fond dû au rayonnement γ tout en arrêtant totalement des protons de 15 MeV. Le scintillateur est couplé optiquement à deux photomultiplicateurs RTC 1910 de petites dimensions, et l'électronique associée à ces derniers a été miniaturisée (fig. 1). L'ensemble du dispositif est placé dans l'enceinte à vide du spectromètre magnétique, ce qui supprime les problèmes de couplage optique avec l'extérieur. Les circuits électroniques ont été calculés de façon à obtenir une résolution en temps de l'ordre de 1 ns, un taux de comptage admissible de 5000 coups/sec. avec un faible échauffement. En outre l'utilisation des deux photomultiplicateurs en coïncidence réduit fortement le bruit de fond des impulsions de faible amplitude correspondant à des rayons γ.

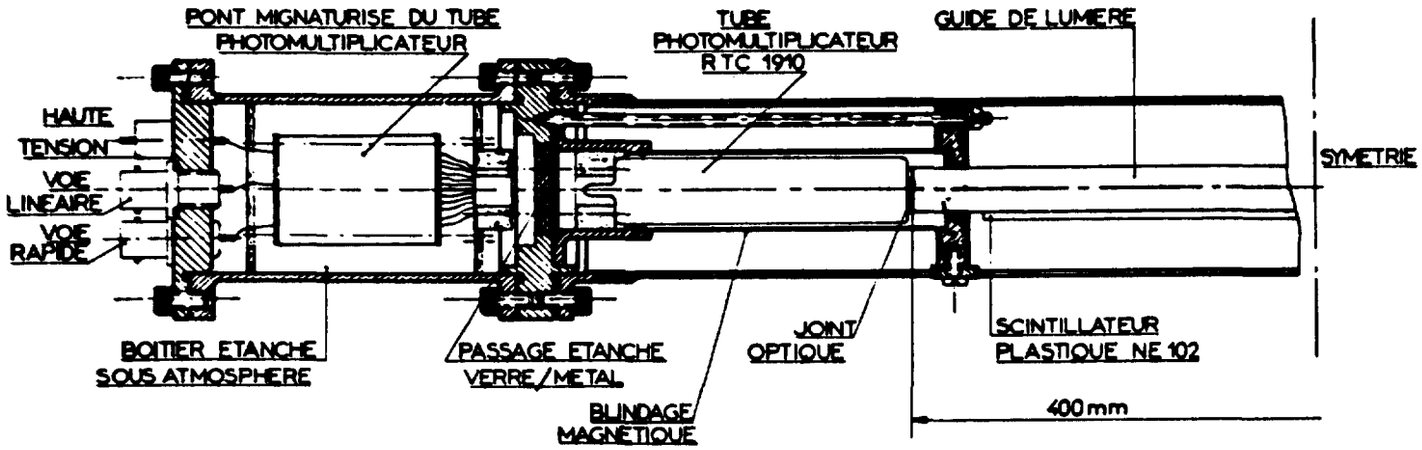
Ce dispositif a été utilisé dans l'expérience récente $^{235}U(d,pf)$ [2] ; il a fonctionné avec satisfaction prendant trois semaines consécutives.

* *Stagiaire Militaire.*

REFERENCES

[1] - J. SIGAUD, D. DANGOULEME, P. LE FLOCH, J.P. LOCHARD, M. JOLIBOIS, *Rapport NEANDC (E) 165/L (1975) 7.*

[2] - P. BLOCH, Y. PATIN, J.P. LOCHARD, C. HUMEAU, S. SEGUIN, G. DALBERA, G. HAOUAT, *Ce compte rendu, chap. B-III-6.*



B-III-5-FIGURE 1

Schéma représentant le dispositif de prise de temps dans le plan focal du spectromètre "Split-pole".

B-III-6-ETUDE DU SPECTRE A HAUTE RESOLUTION DES PROTONS DE LA REACTION $^{235}U(d,pf)$.

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

HIGH RESOLUTION PROTON SPECTRUM STUDY IN THE $^{235}U(d,pf)$ REACTION.

The proton spectrum of the $^{235}U(d,pf)$ reaction has been studied by means of the high dispersion split-pole magnet analyser of the PNN laboratory. Two parallel plate avalanch counters were used to detect the fission fragments with a solid angle of more than 7.5 sr and with an angular resolution of 10 degrees. The proton spectrum observed in coïncidence with the fission fragments is presented and shows an energy resolution of about 20 keV.

L'étude expérimentale des structures fines dans la section efficace de fission induite par particules chargées du type (d,pf) nécessite de détecter les protons avec une très bonne résolution en énergie. L'analyseur magnétique split-pole du laboratoire P2N permet la détection des protons de 15 MeV avec une résolution en énergie d'environ 15 keV, mais avec un angle solide de détection très faible (~ 0,1 msr). La mesure de tels spectres protons en coïncidence avec les évènements de fission nécessite donc une efficacité de détection maximum pour les fragments. Pour cela nous avons utilisé deux détecteurs à avalanche de grande surface (≃ 80 cm^2). Ces détecteurs ont été décrits en détail dans le précédent compte rendu d'activité du Service [1].

Le dispositif expérimental consiste en deux détecteurs placés à 2,5 cm l'un de l'autre et au centre desquels est positionnée une cible de ^{235}U. Nous obtenons ainsi un angle solide de détection de 7,5 sr , soit une efficacité de détection de 60 %.

La localisation des protons dans le plan focal du split-pole est assurée par un compteur proportionnel à fil résistif du type BORKOWSKI [2]. Un scintillateur plastique NE 102 de 2 mm d'épaisseur couplé optiquement à 2 photomultiplicateurs, permet la détermination de l'instant de passage du proton [3].

La largeur de la coïncidence entre les protons et les fragments de fission (4,5 ns FWHM) est essentiellement due aux différences de parcours des fragments de fission (~ 2,5 ns) et aux fluctuations du temps de transit des protons dans le spectromètre (~ 2,5 ns).

Pour un courant de deutérons de 12,5 MeV d'environ 100 nA, le taux de comptage est de 10^5 fissions/sec dans chacun des compteurs fission. La qualité de la localisation angulaire des fragments est illustrée dans la figure 1.

La figure 2 montre le spectre des protons obtenu en coïncidence avec les évènements fissions dans les deux compteurs. La courbe en trait continu représente le spectre de bruit de fond dû aux coïncidences fortuites. On observe clairement des structures dans la section efficace de fission. Pour mesurer la position et la largeur de ces résonances, nous avons, suivant l'analyse présentée par GOLDSTONE [4], soustrait la partie non résonnante de la section efficace. La partie résonnante du spectre a été ajustée par des gaussiennes dont la position et la largeur sont reportées dans la figure 3. On remarquera que malgré la faible statistique, nous retrouvons non seulement les résonances déjà publiées [4] mais de plus nous identifions des structures nouvelles non résolues dans l'expérience précédente dans laquelle la résolution était de 60 keV. Une interprétation théorique de ces résonances en termes d'états de transition dans le second puits est actuellement en cours.

* *Stagiaire Militaire.*

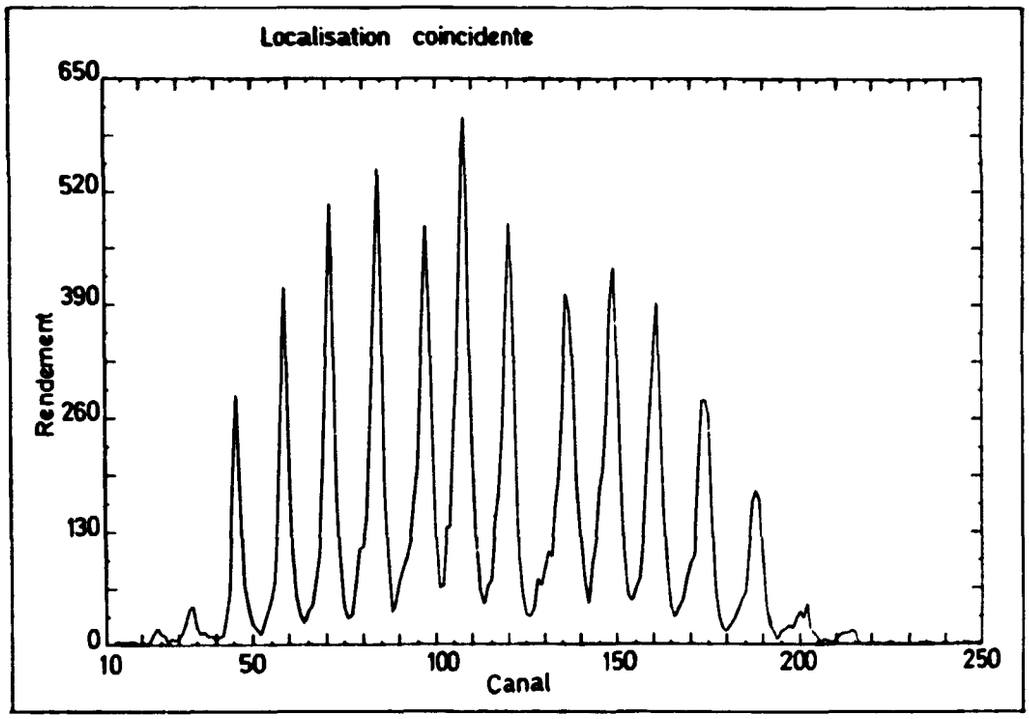
REFERENCES

[1] - J.P. LOCHARD, C. HUMEAU, P. BLOCH, Y. PATIN, *Rapport NEANDC (E) 212/L (1980) p. 71.*

[2] - J. SIGAUD, D. DANGOULEME, P. LE FLOCH, J.P. LOCHARD, M. JOLIBOIS, *Rapport NEANDC (E) 165/L (1975) p. 7.*

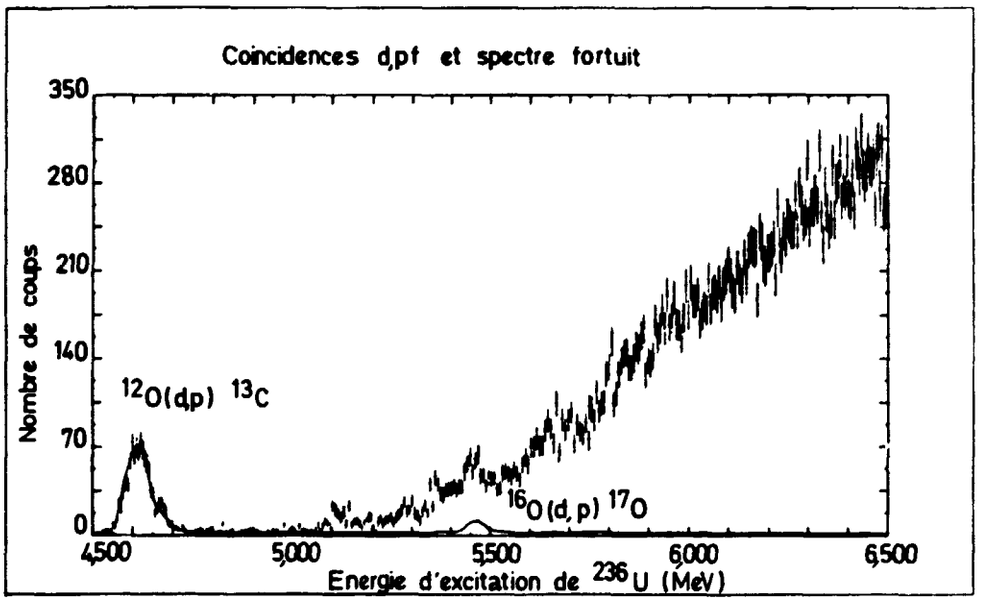
[3] - G. DALBERA, S. SEGUIN, C. HUMEAU, J.P. LOCHARD, P. BLOCH, Y. PATIN, *ce présent compte rendu, chap. B-III-5.*

[4] - P. GOLDSTONE, *Intermediate states in fission of actinide nuclei, Stony Brook, Ph. D. Thesis (1975), et Phys. Rev. C18, 4 (1978) p. 1706.*



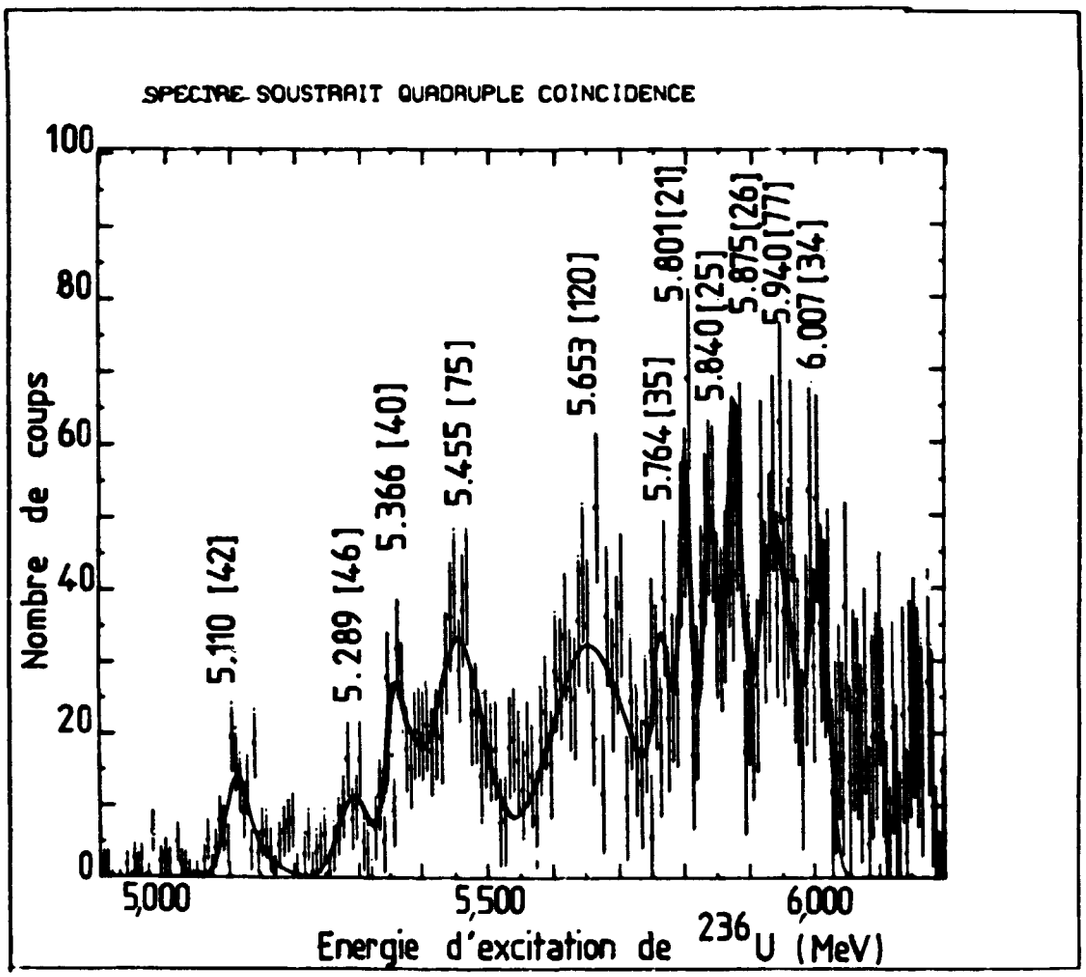
B-III-6-FIGURE 1

Spectre de localisation angulaire d'un des compteurs de fission en coïncidence avec les protons. Chaque pic représente le rendement de détection pour chaque bande du compteur. Ces bandes correspondent chacune à une ouverture angulaire de 10°, sauf les deux premières et les deux dernières qui ont une ouverture de 5°.



B-III-6-FIGURE 2

Spectre des protons coïncidant avec les fragments de fission. Ce spectre est présenté en fonction de l'énergie d'excitation du noayu fissionant ^{236}U. Le trait continu correspond au spectre de bruit de fond dû aux coïncidences fortuites.



B-III-6-FIGURE 3

Partie résonnante du spectre des protons en coïncidence avec les fragments de fission. Ce spectre a été ajusté par des gaussiennes dont la position et la largeur sont reportées dans cette figure.

B-III-7-ETUDE DE LA DISSIPATION D'ENERGIE DANS LA FISSION DE ^{234}U A L'AIDE DE LA REACTION $^{233}U(d,pf)$. (F. COÇU, Y. PATIN, J. LACHKAR, J. SIGAUD, G. HAOURAT, S. CIERJACKS*).

STUDY OF THE ENERGY DISSIPATION IN THE FISSION OF ^{234}U INDUCED BY THE $^{233}U(d,pf)$ REACTION.

A method is proposed for calculating the kinetic energy distributions of two correlated fission fragments. This method is based on the total kinetic energy conservation throughout the fission process, and accounts explicitly for the variables characterizing fragment deexcitation by neutron and γ-ray emission. Neutron evaporation temperatures are adjusted so as to reproduce the mean value and the standard deviation of the measured kinetic energy distributions of the fragments. The excitation energy distributions at the scission point are deduced for each fragment. The data are discussed in the framework of the liquid drop model with the shell corrections of MYERS and SWIATECKI. Evidence of energy dissipation in the fission of ^{234}U is shown for some fragmentation modes.

Nous proposons une méthode de calcul des distributions en énergie cinétique des deux fragments issus d'une fission. Cette méthode est basée sur la conservation de l'énergie totale au cours du processus de fission et tient compte, explicitement, des différentes grandeurs qui caractérisent la désexcitation des fragments par émission de neutrons et de rayons γ. Les températures d'évaporation des neutrons sont ajustées pour reproduire la valeur moyenne et l'écart type de la distribution en énergie cinétique des fragments détectés. Les distributions en énergie d'excitation au point de scission de chacun des fragments en sont déduites. Les données sont discutées dans le cadre du modèle de la goutte liquide avec corrections de couches du type MYERS et SWIATECKI. La dissipation d'énergie dans la fission de ^{234}U est mise en évidence pour certains modes de fragmentation.

Ce travail a fait l'objet de la communication [1].

* K.F.K., KARLSRUHE (R.F.A.).

REFERENCE

[1] - F. COÇU, Y. PATIN, J. LACHKAR, J. SIGAUD, G. HAOUAT et S. CIERJACKS, *Communication aux "Journées d'Etudes de la Fission," l'Alpe d'Huez, 6 -10 Octobre 1980, et texte soumis pour publication à Nucl. Phys.*

B-III-8-ETUDE DE LA PROBABILITE DE FISSION SYMETRIQUE DANS LES REACTIONS ^{230}Th(t,pf) ET (d,pf) (H.C. BRITT+, A. GAVRON+, Y. PATIN, A. SICRE+, J. VAN DER PLICHT+, J. WILHELMY+).

STUDY OF SYMMETRIC FISSION PROBABILITY FOR THE ^{230}Th(t,pf) and (d,pf) REACTIONS.

The fission cross section in ^{230}Th(t,pf) and (d,pf) reactions, has been measured for symmetric fission fragment masses, as a function of excitation energy.

DAVID et al. [1] ont tenté de montrer récemment que la section efficace de fission asymétrique dans la réaction ^{232}Th(α,α'f) présente des oscillations avec l'énergie d'excitation du noyau fissionnant. En raison de leur faible statistique, ces résultats sont actuellement très controversés. Nous avons essayé de retrouver ces oscillations en utilisant d'autres réactions. Pour cela nous avons mesuré les sections efficaces des réactions ^{230}Th(t,pf) et (d,pf) pour les fragments de fission de masses symétriques.

Ces expériences sont actuellement en cours de dépouillement.

+ Ce travail a été effectué au Laboratoire de Los Alamos en collaboration avec H.C. BRITT, A. GAVRON, A. SICRE, J. VAN DER PLICHT, J. WILHELMY du Los Alamos Scientific Laboratory, LOS ALAMOS, New Mexico 87545 (USA).

REFERENCE

[1] - P. DAVID, J. DEBRUS, J. SCHULZE, J. VAN DER PLICHT, M.N. HARAKEH et A. VAN DER WOUDE, *IAEA Symposium on Physics and Chemistry of Fission Julich (1979).*

B-IV-ETUDE DES REACTIONS INDUITES PAR IONS LOURDS

STUDY OF HEAVY ION INDUCED REACTIONS

B-IV-1-ETUDE DES CARACTERISTIQUES D'UN DETECTEUR DE TEMPS ZERO A GALETTES DE MICROCANAUX. (M. MORJEAN*, Y. PRANAL, L. SINOPOLI, F. PIGUET**).

CHARACTERISTICS OF A ZERO TIME DETECTOR USING MICROCHANNEL PLATES.

In order to realize a large area position-sensitive start detector, characteristics of a time detector using Microchannel plates have been measured.

En vue de la réalisation pour le SPEG (Spectromètre à Perte d'Energie pour GANIL) d'un détecteur de temps zéro à localisation et de grandes dimensions (H = 6 cm ; V = 5 cm), un système utilisant des galettes de microcanaux, identique à celui réalisé par J. GIRARD [1] a été construit et testé . Une vue schématique de ce détecteur est donnée sur la figure 1.

Les premiers essais, effectués sur les fragments de fission du ^{252}Cf, ont permis de mesurer une résolution en temps intrinsèque du système de 150 ps et un taux de perte nul.

Un essai de séparation en masses par temps de vol a été fait sous faisceau à l'aide de la réaction $^{16}O + ^{12}C$ à 40 MeV. Le temps de vol était mesuré entre le système de galettes de microcanaux et un détecteur solide à barrière de surface permettant également la mesure de l'énergie.

Un spectre obtenu est présenté sur la figure 2.

La résolution en masse mesurée sur le pic de diffusion élastique de l'^{16}O est de l'ordre de 0,2 u.m.a.

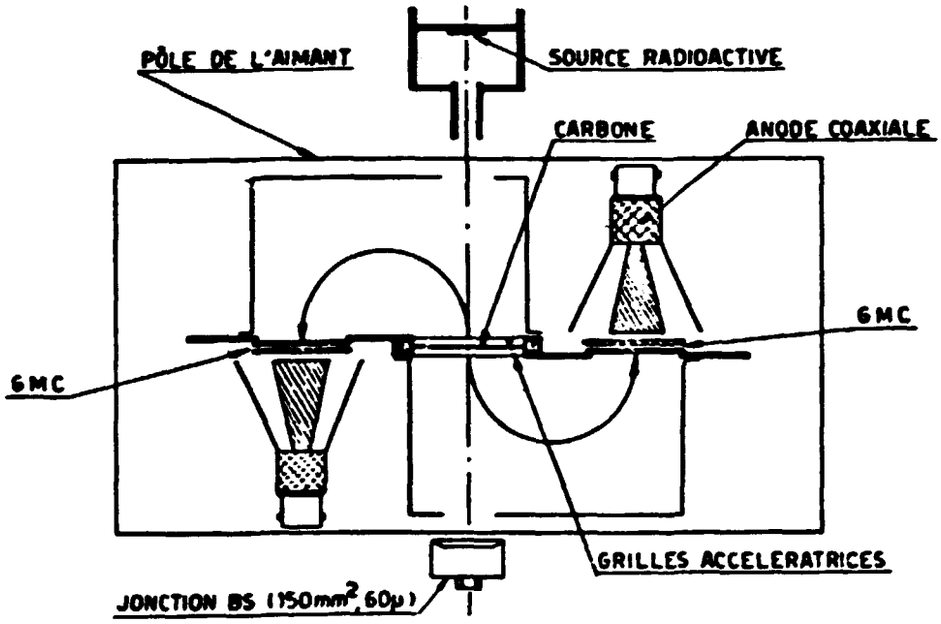
Nous tenons à remercier J. GIRARD du CEN de Saclay pour nous avoir communiqué les plans du détecteur.

* *Contrat Temporaire de Recherche.*

** *Stagiaire Universitaire.*

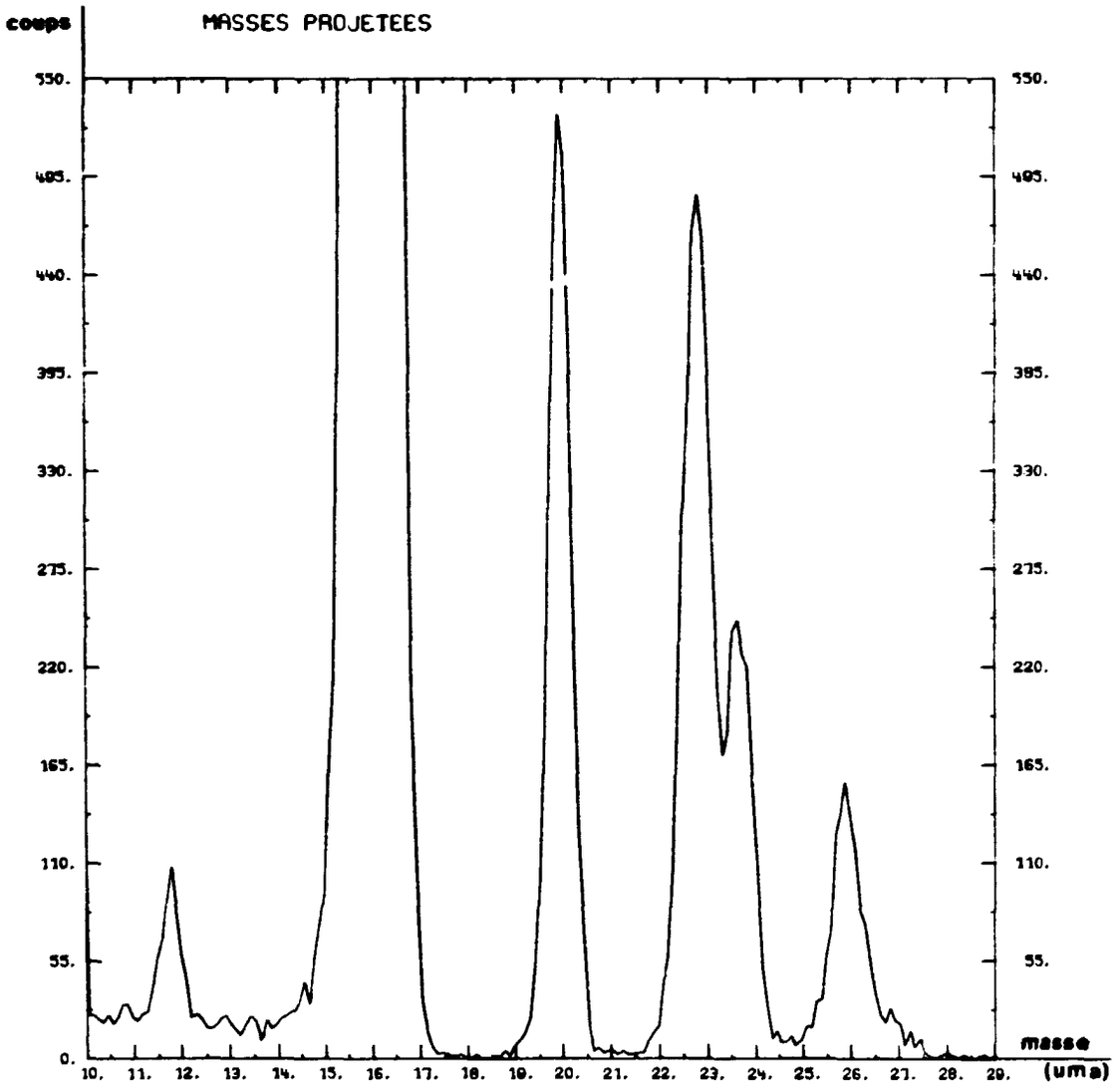
REFERENCE

[1] - J. GIRARD, *Compte rendu de journées d'études, SACLAY (1977).*



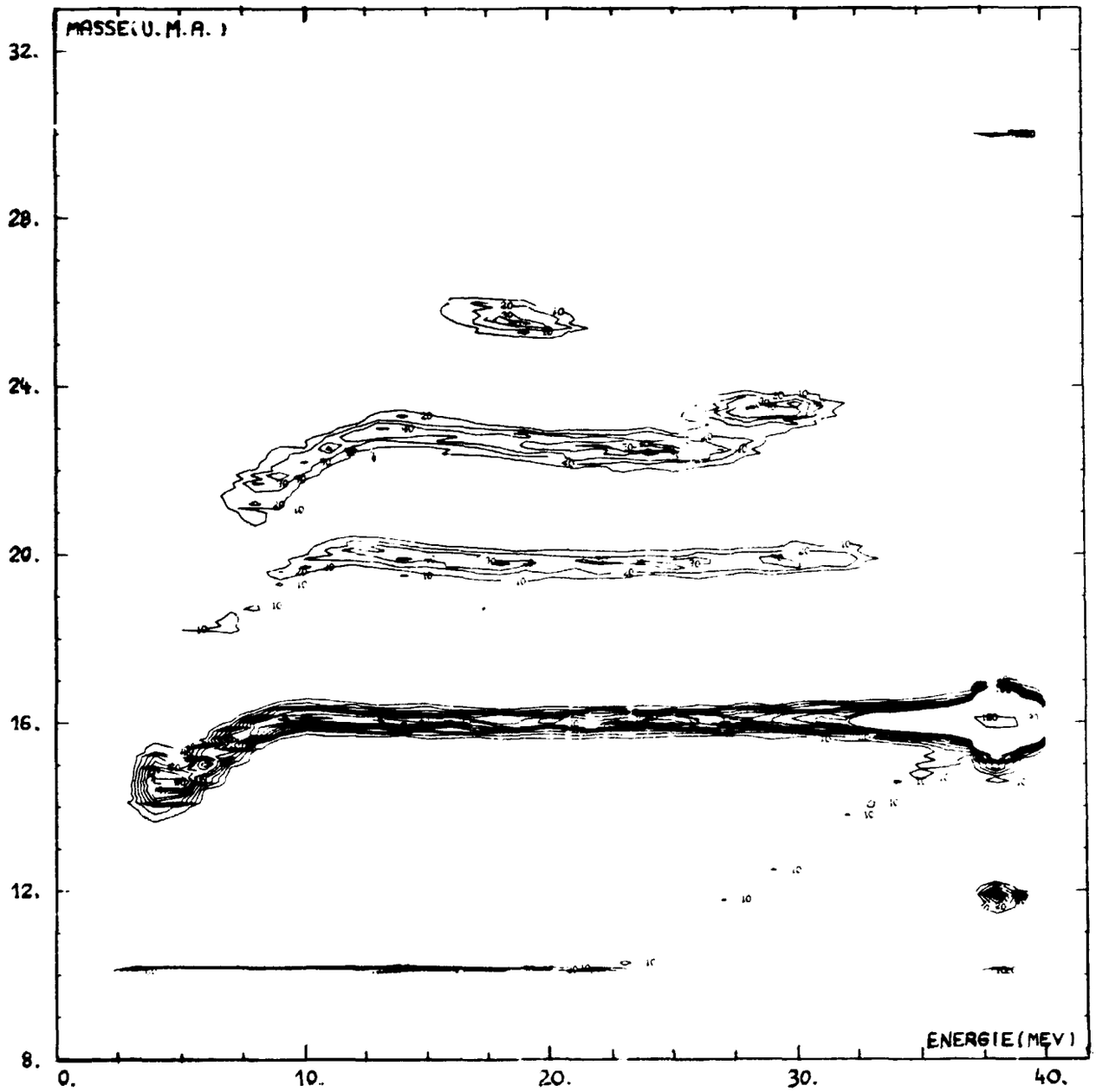
B-IV-1-FIGURE 1

Schéma de principe du dispositif à aimant permanent.



B-IV-1-FIGURE 2a

Spectre en masses centré sur les masses des résidus d'évaporation.



B-IV-1-FIGURE 2b

Spectre biparamétrique masse-énergie, tracé en courbes de niveau, pour une énergie incidente d'^{16}O de 40 MeV.

B-IV-2-DETECTEUR DE TEMPS ZERO ET DE LOCALISATION A GALETTES A MICROCANAUX POUR LE SPECTROMETRE DE GANIL (SPEG). (Y. PRANAL, M. MORJEAN*).

STUDY OF A ZERO TIME DETECTOR USING MICROCHANNEL PLATES FOR THE GANIL SPECTROMETER SPEG.

A new type of detector for a good zero time detection and the localization of ionizing particles have been studied for the GANIL spectrometer.

Dans le cadre de l'équipement expérimental du SPEG, notre laboratoire s'est vu confier l'étude et la réalisation d'un détecteur susceptible d'effectuer la mesure simultanée de l'instant de passage et de la position des ions vers l'entrée du spectromètre.

Ces deux mesures sont faites à partir de la détection de l'émission d'électrons créés par le passage des ions à travers une feuille mince d'aluminium.

Dans un premier temps, le système double de détection du temps zéro (fig. 1), similaire à celui mis au point par GIRARD et Coll. [1] permet sur une de ses parties, de mesurer l'instant de passage des particules avec une précision de l'ordre de 150 ps. L'autre partie est réservée à la détection de la position de l'impact des ions sur la feuille mince.

L'isomorphisme des trajectoires des électrons provenant de la feuille mince est réalisé en accélérant d'abord les électrons dans un champ électrique uniforme perpendiculaire au plan de la feuille mince. Les électrons ont ensuite des trajectoires identiques dans le champ magnétique homogène disposé parallèlement au plan de la feuille. Ils aboutissent sur les faces d'entrée des galettes amplificatrices à microcanaux qui sont disposées sur le même plan que la feuille mince.

Un système à deux grilles (pas de 0,8 mm) croisées l'une par rapport à l'autre (fig. 2) et dont les plans sont parallèles à la face de sortie des galettes permet de mesurer dans un espace à deux dimensions la position du centre des jets d'électrons sortant des galettes par la méthode de la division de charge.

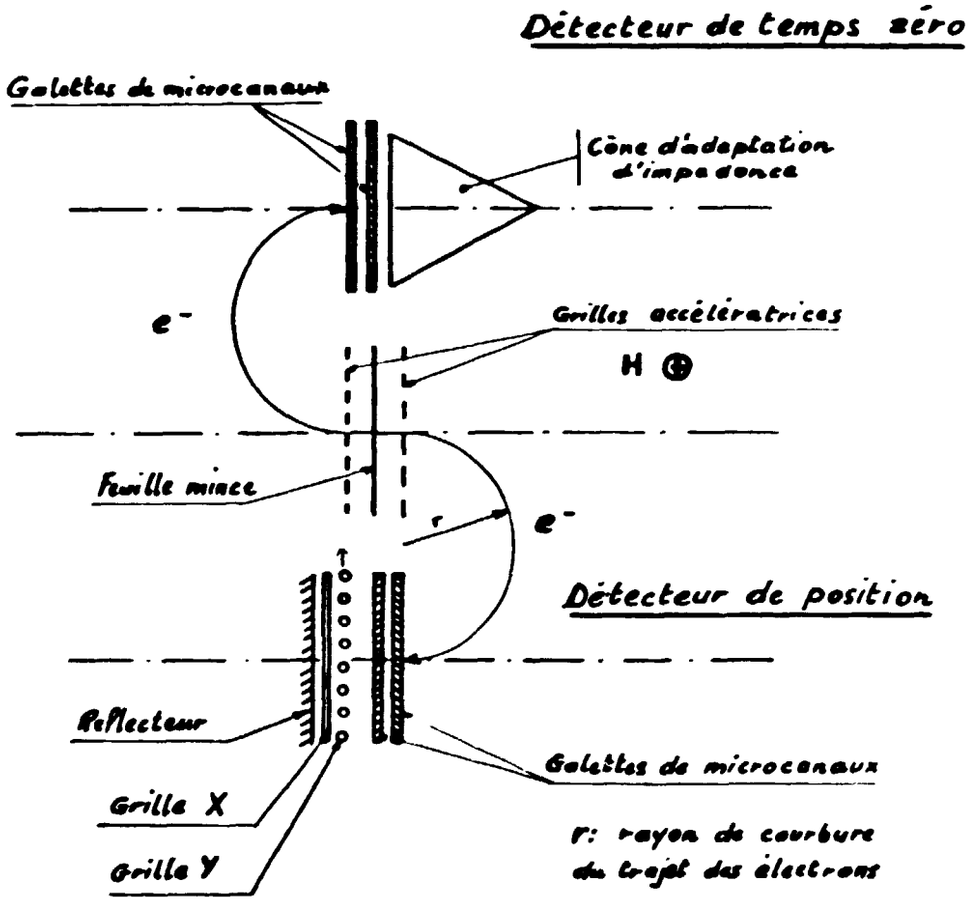
Ce dispositif, en cours de mise au point, permet d'ores et déjà d'obtenir à l'aide d'une source de rayons α de ^{212}Pb, une résolution meilleure que le millimètre et une linéarité de l'ordre de 10% sur l'axe X. Sur l'axe Y, la trajectoire des électrons, perturbée par la grille d'extraction, ne permet d'obtenir, à ce jour, qu'une résolution de l'ordre de 3 millimètres.

Les résultats obtenus sont suffisamment prometteurs pour envisager la construction d'un dispositif similaire dont la surface de détection des ions lourds sera un cercle de 60 mm de diamètre.

* *Contrat Temporaire de Recherche.*

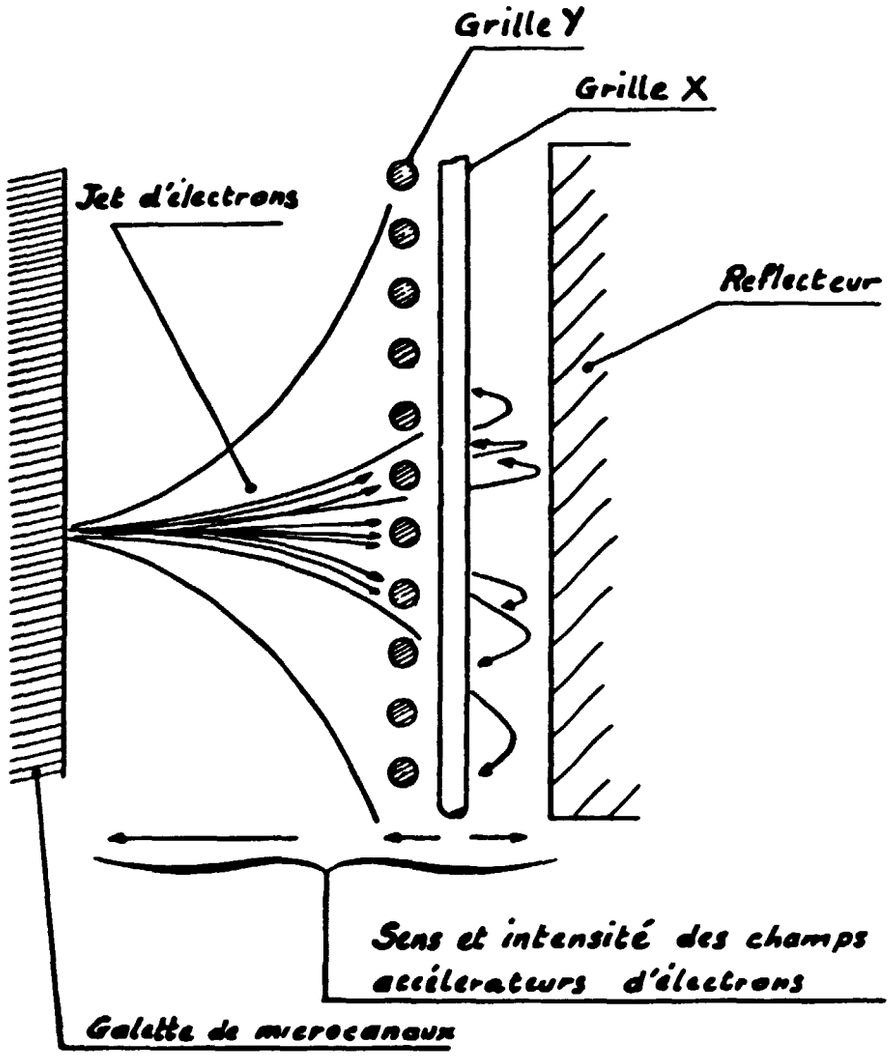
REFERENCE

[1] - J. GIRARD et M. BOLORE, *Nucl. Inst. Meth. 140 (1977) 279, voir aussi Ch. B.IV.1 de ce Compte Rendu.*



B-IV-2-FIGURE 1

Système de mesure du temps zéro et de position des ions. (dispositif à aimant permanent).



B-IV-2-FIGURE 2

Dispositif de détection de la position des jets d'électrons.

B-IV-3-RECHERCHE DE CHLORE 36 DANS DES ECHANTILLONS NATURELS A L'AIDE DE L'ACCELERATEUR VAN DE GRAAFF TANDEM.

(I. BRISSAUD*, J. KALIFA*, H. LAURENT*, J.C. ROYNETTE*, J. GUILLOT, J.L. UZUREAU).

SEARCH FOR $^{36}C\ell$ IN NATURAL SAMPLES BY MEANS OF A TANDEM ACCELERATOR.

This experiment was performed to determine the $^{36}C\ell/^{nat}C\ell$ concentration in some natural samples. This new mass spectrometry consists in accelerating a beam of $^{36}C\ell$ ions by putting the samples in the tandem source. The direct count by nuclear technics of $^{36}C\ell$ and $^{35}C\ell$ defines the concentrations.

Le but de cette expérience est de déterminer les concentrations $^{36}C\ell/^{nat}C\ell$ dans des échantillons naturels. De cette mesure, il est possible de dater l'échantillon dans une gamme de temps de 5.10^5 à 3.10^6 ans (la demi-vie de $^{36}C\ell$ est de 300.000 ans). Citons deux problèmes très importants :

1. Détermination de l'âge des eaux souterraines du Sahel pour connaître leur renouvellement éventuel et en déduire les conséquences sur la poursuite d'une vie normale dans cette région du globe.
2. Recherche de sites souterrains stables depuis quelques millions d'années pour y stocker des déchets radioactifs.

La technique suivie consiste à réaliser un faisceau de chlore en introduisant des échantillons dans la source du tandem. Ensuite un comptage direct des noyaux de chlore 36 et naturel permet de déterminer la concentration de l'échantillon.

Dans cette première expérience nous avons utilisé comme échantillon du $C\ell Ag$, ensuite le $^{36}C\ell$ (10^{-6}, 10^{-8}, 10^{-10}) produit artificiellement. Le détecteur est une chambre d'ionisation dont l'anode est divisée en 5 parties pour donner 5 signaux ΔE. La cathode fournit le signal "énergie totale". On peut ainsi rejeter un nombre important de ^{36}S qui est un parasite impossible à supprimer dans le transfert de faisceau.

Une autre contamination est due aux ions $^{37}C\ell$ et $^{35}C\ell$ qui, par échange de charge dans le tube, peuvent avoir une rigidité magnétique égale à celle des $^{36}C\ell$.

La tension de la machine était 6 MV et l'état de charge du $C\ell\ 7^{+}$. Le détecteur était situé approximativement dans le plan focal du split-pole.

La figure 1 présente une vue du schéma expérimental ainsi qu'une description de la chambre d'ionisation.

La figure 2 représente un spectre d'identification des masses, ainsi que le spectre ΔE_2, ΔE_3 permettant de visualiser $^{36}C\ell$.

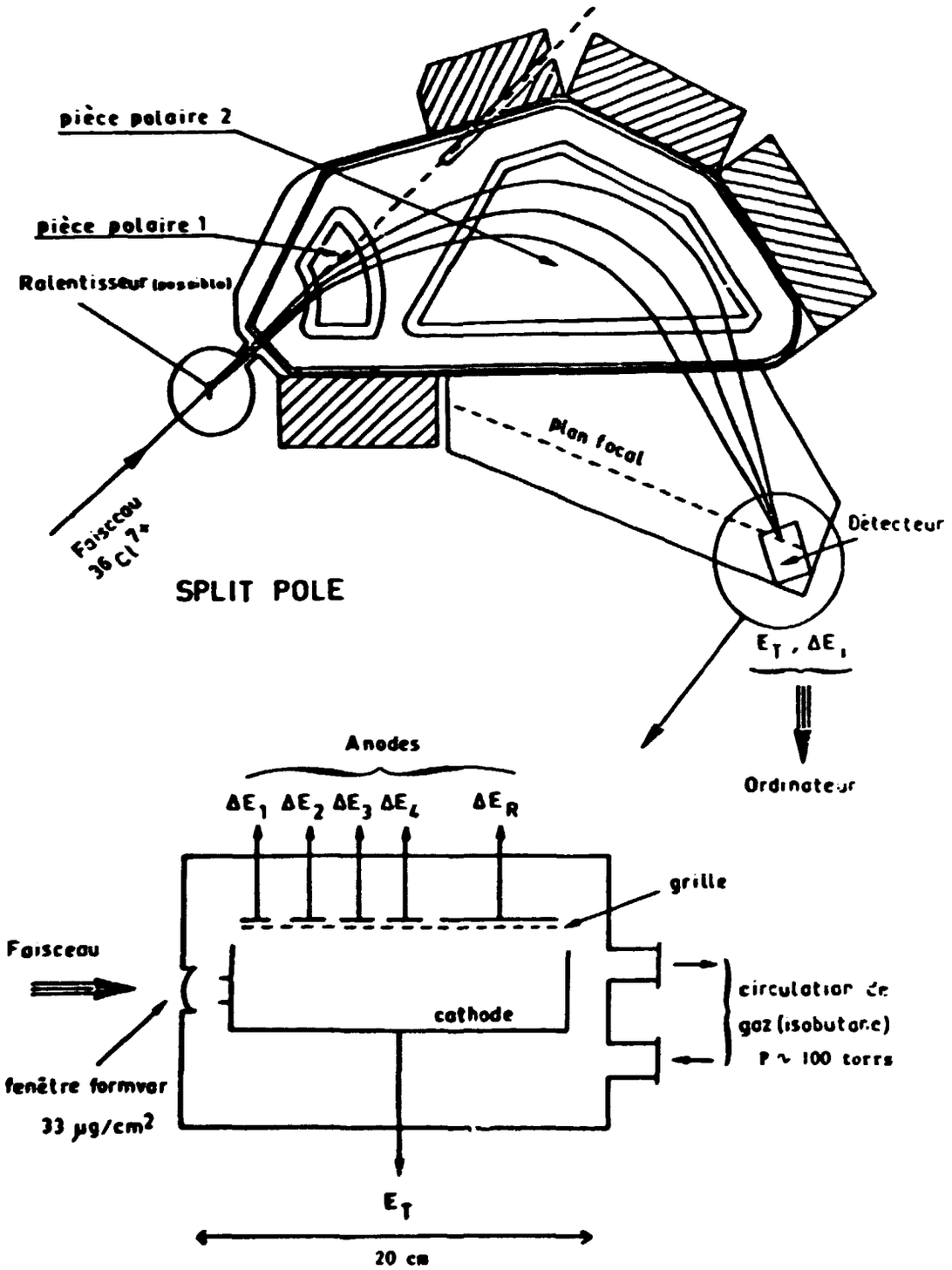
L'expérience a été arrêtée par la contamination des échantillons entre eux.

* *Institut de Physique Nucléaire, ORSAY (France).*

REFERENCES

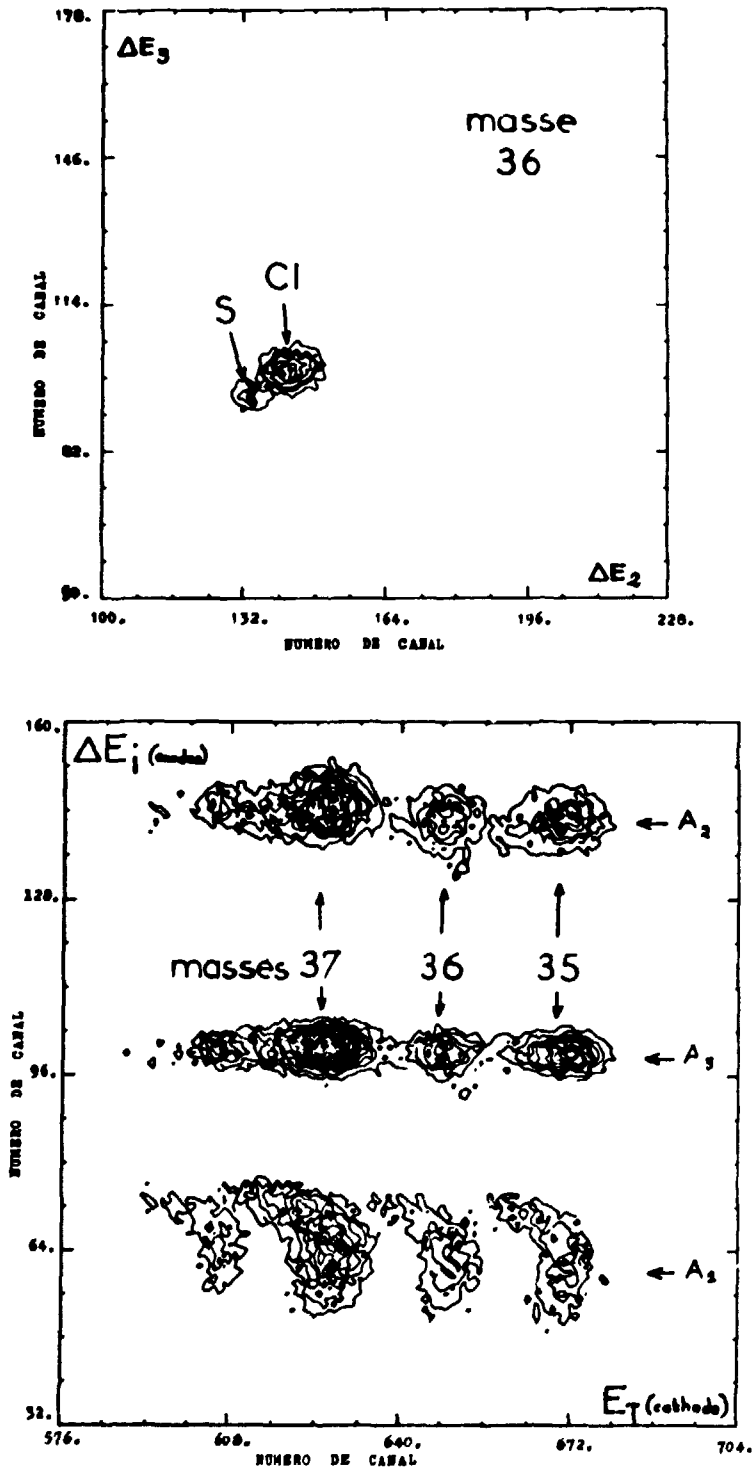
[1] - D. ELMORE et al., *"Analysis of $^{36}C\ell$ in environmental water samples using an electrostatic accelerator"*, *Nature* 277 *(1979) 22.*

[2] - "Recherche de $^{36}C\ell$ dans des échantillons naturels à l'aide d'un cyclotron et d'un tandem", *Rapport interne, IPNO-Ph-N 80-26.*



B-IV-3-FIGURE 1

Schéma de principe du dispositif expérimental.



B-IV-3-FIGURE 2

Spectres d'identification des isotopes $^{35,36,37}Cl$ et ^{36}S.

B-IV-4-DETECTION DE RADIOISOTOPES NATURELS AVEC LE TANDEM VAN DE GRAAFF.

(G.M. RAISBECK*, F. YIOU*, J. GUILLOT, J.L. UZUREAU).

NATURAL RADIOISOTOPE DETECTION WITH THE TANDEM VAN DE GRAAFF.

The EN tandem Van de Graaff accelerator has been used to count directly small quantities of the isotopes ^{10}Be, $^{26}A\ell$, ^{41}Ca.

Depuis quelques années la technique de spectrométrie de masse avec accélérateur s'est révélée un moyen très puissant de détection des isotopes cosmogéniques dans l'environnement. Depuis six mois environ nous avons commencé une étude des possibilités du tandem de BRUYERES-LE-CHATEL pour ce genre de mesures.

Une caractéristique essentielle de ce tandem (qui constitue un grand avantage sur les autres tandems existant en France) est sa très bonne analyse en masse à l'injection.

Nos essais ont porté essentiellement, jusqu'à présent, sur les isotopes de ^{10}Be (1,5 million d'années), $^{26}A\ell$ (730.000 ans), ^{41}Ca (100.000 ans). Les résultats de ces essais peuvent être résumés de la façon suivante :

1)-la résolution en masse était de l'ordre de $\frac{\Delta M}{M} \approx 2\%$,

2)-des courants satisfaisants de BeO^-, $A\ell^-$, CaH^-, CaH_3^- ont été obtenus à partir d'échantillons enrichis en ^{10}Be, $^{26}A\ell$, ^{41}Ca fabriqués à ORSAY,

3)-la transmission entre la source et les détecteurs placés dans la chambre à réactions était malheureusement très faible ($\lesssim$ 1% pour un faisceau de Be), ceci conduisant, pour ^{10}Be, à une sensibilité inférieure d'un facteur 10 environ à celle obtenue avec le tandem MP d'ORSAY. Par contre, la bonne analyse à l'injection s'est révélée particulièrement intéressante pour etudier l'abondance relative et la stabilité d'ions négatifs différents, tels que CaH^-, CaH_3^-, K^-, KH^-, etc .....

* C.S.N.S.M., ORSAY (France).

B-IV-5-SEPARATION EN CHARGE ET DISTRIBUTION ANGULAIRE A L'AIDE D'UN TELESCOPE E-ΔE A LOCALISATION. (M. MORJEAN*, L. SINOPOLI).

CHARGE SEPARATION AND ANGULAR DISTRIBUTION WITH A E-ΔE POSITION SENSITIVE TELESCOPE.

The charge and the angular distributions of the products of the reaction $^{16}O + ^{12}C$ at 42 MeV have been measured with a E-ΔE position sensitive telescope.

Un télescope E-ΔE constitué d'un détecteur solide à barrière de surface (E) et d'une chambre à ionisation (ΔE), similaire à celui développé par STOKSTAD et al. [1] a été utilisé pour séparer en Z les produits issus de la réaction $^{16}O + ^{12}C$ à 42 MeV.

Le détecteur était placé à 29 cm de la cible et était collimaté par 9 trous de 3 mm de diamètre, permettant d'obtenir en une seule mesure une distribution angulaire sur 9 degrés, degré par degré. La pression dans la chambre à ionisation était régulée à 50 torrs, ce qui nous permettait d'identifier tous les produits proches du projectile.

Un spectre typique obtenu est présenté sur la figure 1. On distingue nettement pour Z = 8 le pic de diffusion élastique de l'^{16}O, ainsi qu'un pic à plus haute énergie correspondant à une diffusion d'un faisceau parasite mal focalisé sur un élément lourd avant la cible.

Afin de vérifier le bon fonctionnement en localisation du système, la section efficace différentielle $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ de diffusion élastique a été portée en fonction de l'angle dans le centre de masse sur la figure 2. La normalisation des points a été faite à l'aide d'une diode servant de monitrice placée à 8° de l'axe du faisceau. Les résultats obtenus sont en bon accord avec ceux de VON OERTZEN et al. [2] portés sur cette même figure.

En conclusion, le bon fonctionnement du détecteur permet d'envisager, couplé au système de prise de temps à localisation en cours de réalisation [3],

une identification en masse et en charge des produits de réactions entre ions lourds couvrant en une mesure un large domaine angulaire.

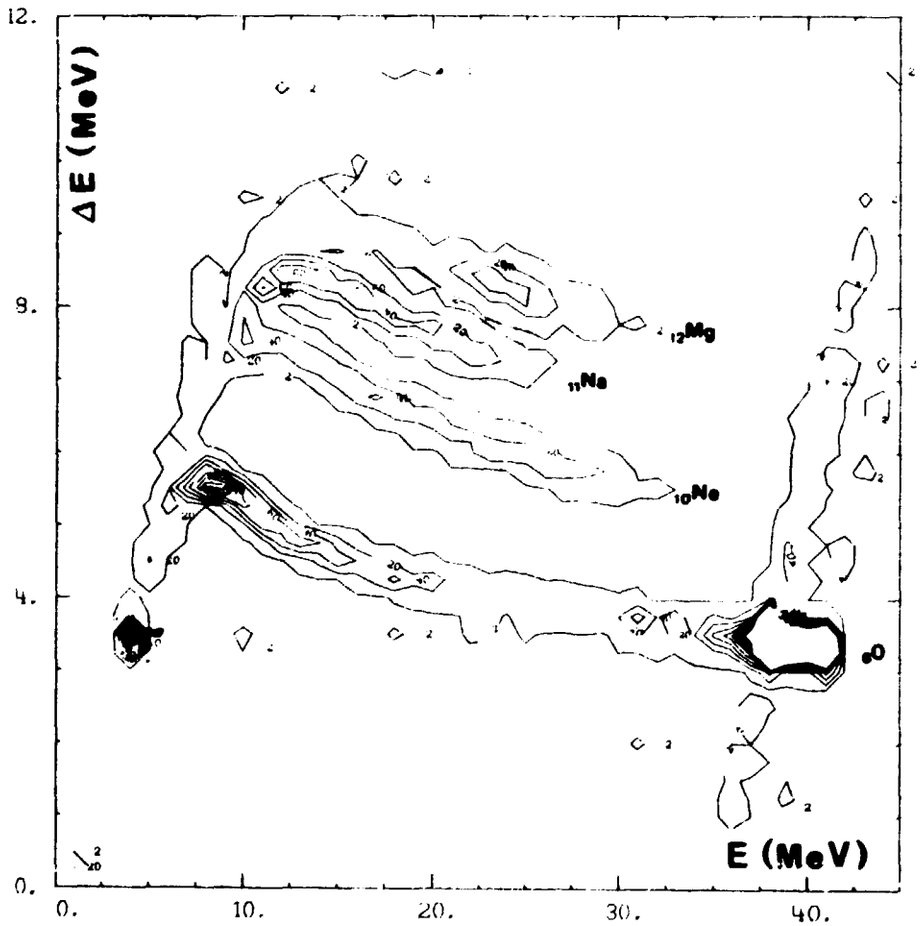
* *Contrat Temporaire de Recherche.*

REFERENCES

[1] - R.G. STOKSTAD, D.C. HENSLEY, A.H. SNELL, *Nucl. Inst. Meth.* 141, *(1977) 499.*

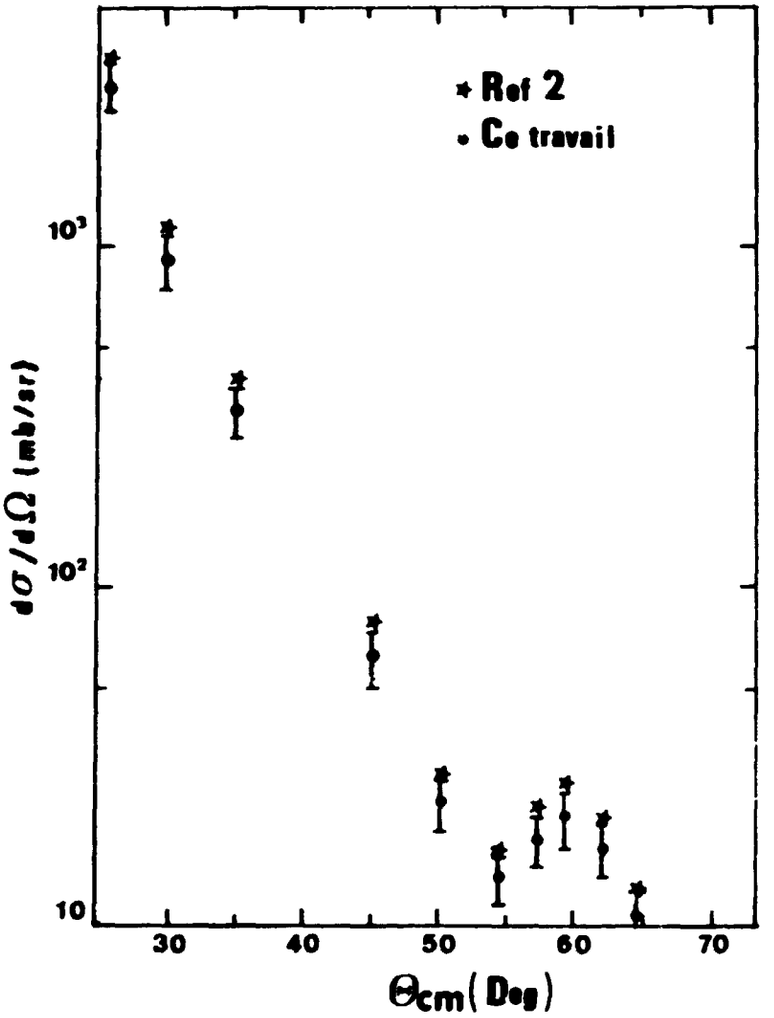
[2] - W. VON OERTZEN, H.H. GUTBROD, M. MULLER, U. VOOS, R. BOCK, *Phys. Lett. 26B (1968) 291.*

[3] - M. MORJEAN, Y. PRANAL, F. PIGUET, L. SINOPOLI, *ce rapport, chap. B-IV-1.*



B-IV-5-FIGURE 1

Spectre biparamétrique E-ΔE pour le système $^{16}O + ^{12}C$ à 42 MeV et $\theta_{lab} = 13°$



B-IV-5-FIGURE 2

Section efficace différentielle de diffusion élastique d'^{16}O sur ^{12}C à 42 MeV.

B-IV-6-PROJET DE DETECTEUR D'IONS LOURDS DE GRANDES DIMENSIONS ET DE CHAMBRE A REACTIONS ASSOCIEE.

(J.L. UZUREAU, M. DUMAZERT, L. SINOPOLI, J.L. CHARVET*, F. COÇU, S. JOLY, M. MORJEAN*).

HEAVY ION DETECTOR AND REACTION CHAMBER PROJECT.

A large position sensitive ionization chamber for heavy ion detection is under construction. Efforts are also devoted to the design of a new multipurpose reaction chamber to be used with the ionization detector. This set-up could be used at different heavy ion facilities for various experiments.

Avec l'avènement des accélérateurs d'ions lourds, tels que le SARA à GRENOBLE et le GANIL à CAEN, délivrant des projectiles à des énergies voisines de l'énergie de Fermi des nucléons dans le noyau (37 MeV/A), on s'attend à observer de nombreux phénomènes nouveaux lors de l'étude des réactions induites par ces ions.

L'étude des mécanismes gouvernant les réactions entre ions lourds à ces énergies intermédiaires passe d'abord par l'obtention des spectres en énergie des différents fragments émis au cours de la collision, fragments identifiés à chaque angle d'émission par leur charge et leur masse.

Pour l'étude de ces réactions, une chambre à ionisation de grandes dimensions possède les avantages suivants :

- grand angle solide de détection, donc durée des mesures réduite et dans certains cas suppression des problèmes de normalisation,
- possibilité de détecter tous les ions, à l'exception des plus légers,
- obtention de résolutions en charge (voire en masse) très satisfaisantes.

Dans ce but, nous avons entrepris, à BRUYERES-LE-CHATEL, la construction d'une chambre à ionisation de grand volume (40 x 12 x 114 cm^3 pour la partie active) identique à celle développée à DARMSTADT par SANN et al. [1]. Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une collaboration avec le Service DPh-N/MF de SACLAY.

Pour chaque particule détectée, cette chambre permet de mesurer :

- l'énergie E,
- la charge, à partir des mesures d'énergie E et de perte d'énergie spécifique ΔE,
- les deux coordonnées d'espace x (dans le plan vertical) et y (dans le plan horizontal), donc l'angle d'émission par rapport à la direction du faisceau incident,
- l'instant d'arrivée.

Lorsque sa fenêtre d'entrée (de surface égale à 40 x 12 cm^2) est placée à 1,5 m de la cible, la chambre couvre un domaine angulaire de 16° dans le plan de réaction et de 6° dans le plan perpendiculaire soit un angle solide de 25 msr.

La chambre à réactions associée à ce type de détecteur devra de son côté répondre à un certain nombre de critères :

1)-présenter des ouvertures latérales suffisamment grandes afin de conserver l'angle solide défini précédemment,

2)-permettre la rotation autour de son axe, de la chambre à ionisation sans casser le vide,

3)-offrir la possibilité de travailler ultérieurement avec deux chambres à ionisation en coïncidence et situées de part et d'autre de l'axe du faisceau,

4)-posséder en aval de la cible une large ouverture pour l'utilisation éventuelle d'un hodoscope à scintillateur plastique détectant les particules et les fragments légers,

5)-avoir un grand diamètre et une hauteur suffisante pour recevoir à moyen terme :

a)-un détecteur de temps zéro à galettes de microcanaux (de diamètre Ø = 70 mm), le mieux approprié, dans certains cas, à l'identification en masse,

b)-un empilement de télescopes solides ΔE-E destiné à la détection des particules légères (p,d,t,α) que l'on puisse déplacer angulairement,

c)-un hodoscope pour la détection des fragments, d'angle solide supérieur à 2π autour de la cible.

La chambre à réactions projetée, dont l'étude est en voie d'achèvement,

se compose de deux coquilles à fond bombé (pour limiter les déformations au vide) s'appuyant sur une virole cylindrique de hauteur 0,50 m. Cette virole (Fig. 1), en acier inoxydable, de diamètre intérieur $\emptyset$ = 1,036 m présente latéralement :

- une ouverture circulaire ($\Delta\theta$ = 5°) en aval de la cible pour la sortie faisceau,
- deux ouvertures identiques de 105° et de 80 mm de hauteur situées symétriquement par rapport à l'axe du faisceau,
- une ouverture de 105° et de 180 mm de hauteur sur la partie restante.

Ces grandes ouvertures pourront recevoir des segments munis d'un ou plusieurs hublot (s) approprié (s). Une feuille métallique solidaire du détecteur de grandes dimensions pourra ultérieurement prendre place sur l'une des ouvertures $\Delta\theta$=105°, H = 80 mm et permettre la rotation de ce détecteur tout en conservant le vide dans la chambre à réactions. Les distributions angulaires ne pourront alors être effectuées continuement qu'à partir de θ_{lab} = 12,5°. La coquille supérieure de la chambre à réactions supporte un sas à cible conventionnel tandis que la partie inférieure est munie de deux plateaux tournants porte-détecteurs.

Cette chambre à réactions, dont la réalisation devrait aboutir en Septembre 1981, est supportée par un tripode plaçant son plan médian à la hauteur du faisceau. Une boite à vide assure la liaisonentre la chambre à réactions et la chambre d'ionisation. L'ensemble constitué de la boite à vide et de la chambre à ionisation repose sur un chassis pivotant autour de l'axe de la chambre à réactions et se déplaçant sur un rail circulaire.

En ce qui concerne le système de pompage, deux ensembles sont déjà prévus :

- l'un placé sous la chambre à réactions et composé d'une pompe primaire (12 m^3/h) associée à une pompe turbomoléculaire (500 ℓ/s),
- l'autre disposé sous la boite à vide et constitué d'une pompe cryogénique (1500 ℓ/s).

La figure 2 schématise l'ensemble de détection d'ions lourds en construction (pour la chambre d'ionisation et la boite à vide) ou en projet (pour la chambre à réactions). Cet ensemble sera directement utilisable non seulement auprès de SARA ou GANIL mais aussi auprès des autres accélérateurs tels que ALICE ou des tandems (EN, MP, ...) et céci pour des énergies incidentes comprises entre

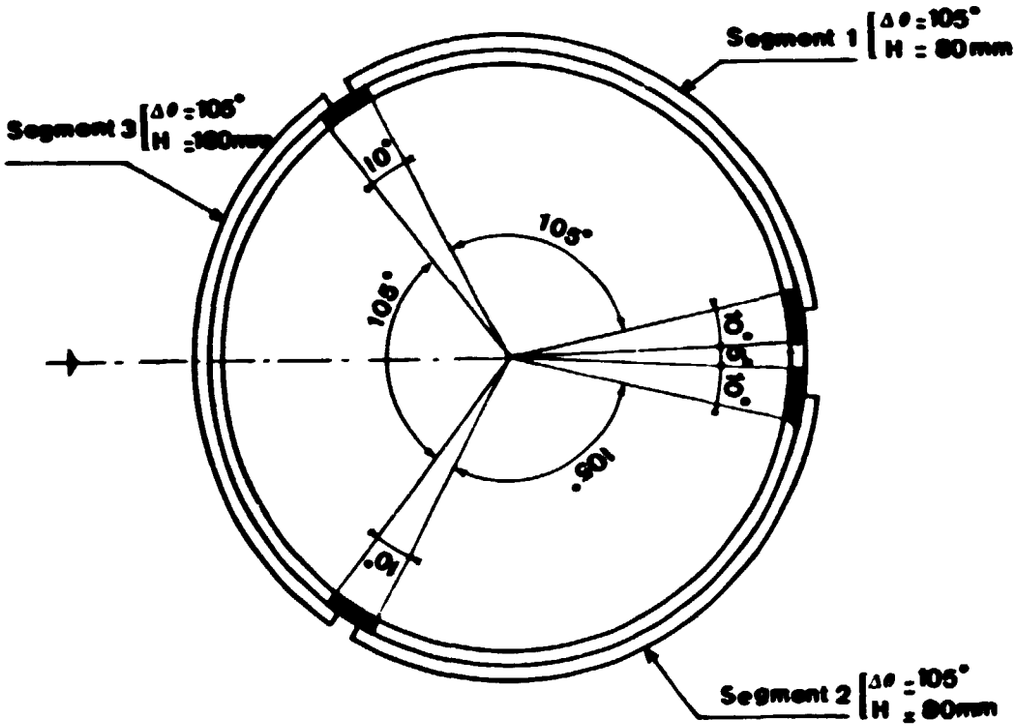
2 et 100 MeV/A.

* *Contrat Temporaire de Recherche.*

REFERENCE

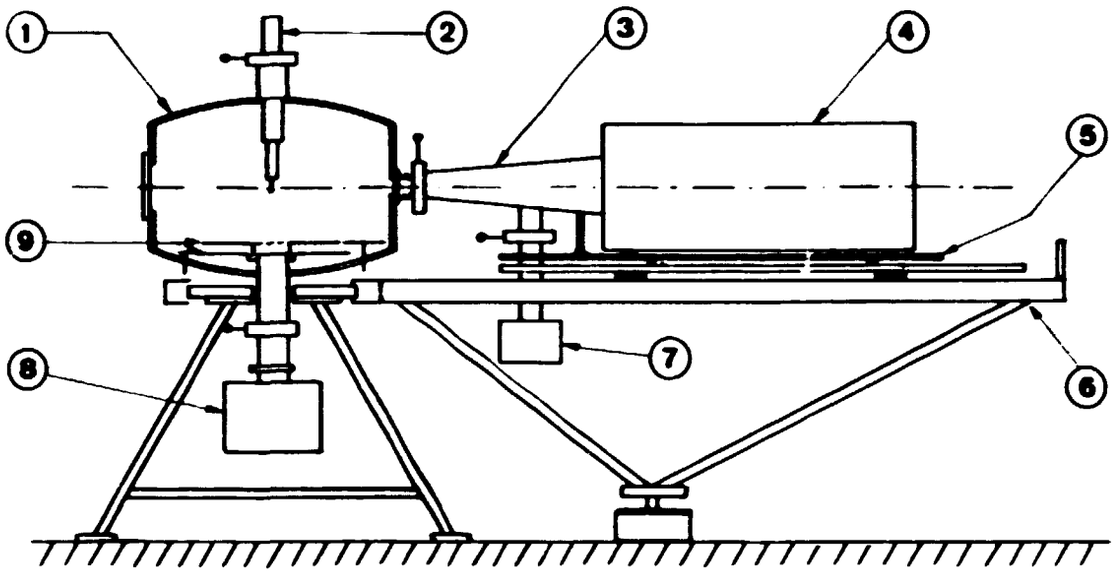
[1] - H. SANN et al., *Nucl. Inst. Meth. 124 (1975) 509.*

- U. LYNEN et al., *Nucl. Inst. Meth. 162 (1979) 657.*



B-IV-6-FIGURE 1

Chambre à réactions : vue schématique des ouvertures pratiquées dans la virole.



1. Chambre à réaction
2. Sas à cibles
3. Boite à vide
4. Chambre d'ionisation
5. Chassis coulissant
6. Chassis pivotant
7. Pompe cryogénique
8. Pompe turbo.
9. Plateaux tournants

B-IV-6-FIGURE 2

Détecteur d'ions lourds. Schéma simplifié du dispositif expérimental.

B-IV-7-ETUDE DE LA REACTION DE FUSION $^{13}C + ^{13}C$. (J.L. CHARVET*, R. DAYRAS**, J.M. FIENI* , S. JOLY, L. SINOPOLI, J.L. UZUREAU).

FUSION MEASUREMENT FOR $^{13}C + ^{13}C$

Total cross section for the $^{13}C + ^{13}C$ reaction has been determined over the range $E_{c.m.} = 4.00 - 15.5$ MeV. The γ-ray yields are used to determine the cross sections for the formation of residual nuclei. Excitation functions reveal no evidence for intermediate structures or narrow resonances in this reaction. The results are in good agreement with predictions from a statistical model calculation as coded in the computer program CASCADE.

L'étude de la réaction de fusion $^{13}C + ^{13}C$, dont les conditions expérimentales ont été présentées précédemment [1], s'est poursuivie, et l'analyse et l'interprétation des résultats sont à présent terminées.

Le tableau I regroupe les valeurs des énergies des raies gamma que nous avons observées et qui sont caractéristiques de chaque noyau résiduel formé. La principale contribution parasite à l'intensité des raies gamma observées provient essentiellement de la réaction de fusion $^{13}C + ^{12}C$, la cible contenant 5% de ^{12}C, et qui conduit pour certaines voies au même noyau résiduel. Cet effet a été corrigé en utilisant les résultats de la réaction $^{12}C + ^{13}C$ étudiée par DAYRAS et al. [2]. De plus, en cours d'expérience, des mesures de radioactivité provenant de la cible nous ont permis de connaître la contribution au ^{24}Mg de la désintégration β du ^{24}Na.

Pour déterminer la section efficace de formation du noyau résiduel obtenu après évaporation d'une ou plusieurs particules à partir du noyau composé ^{26}Mg, il est nécessaire de connaître la fraction F des noyaux résiduels qui se désexcite par la transition observée. Le calcul de F nécessite la connaissance des probabilités de population de tous les états individuels du noyau résiduel. Ces probabilités ont été estimées à l'aide du code CASCADE [4] qui utilise le modèle statistique de HAUSER et FESHBACH. La figure 1 donne, pour chacune des transitions

gamma identifiant un noyau résiduel, la dépendance de F en fonction de l'énergie incidente. Les figures 2 et 3 montrent les sections efficaces de formation des noyaux résiduels observées en fonction de l'énergie dans le système du centre de masse. Les barres d'erreurs, indiquées tous les MeV, reflètent uniquement l'incertitude statistique ; les erreurs systématiques ont été évaluées à environ ± 15%. Les courbes en trait plein sur ces figures sont les résultats d'un calcul d'évaporation effectué à l'aide du code CASCADE. L'accord est excellent, sur tout le domaine d'énergie étudié, pour les voies à une particule évaporée (noyaux : ^{25}Mg, ^{25}Na, ^{22}Ne) ainsi que les voies à deux particules n+p, 2n et α + n (noyaux : ^{24}Na, ^{24}Mg, ^{21}Ne). Les résultats obtenus précédemment sur un domaine d'énergie $E_{c.m.}$ = 3,05 - 6,88 MeV par CHATTERJEE et al. [3] pour la section efficace de formation du ^{24}Mg sont également reportés sur la figure 3 et s'accordent bien avec nos valeurs. Pour la voie 2α (^{18}O) le calcul d'évaporation présente un important désaccord avec nos valeurs expérimentales en-dessous de $E_{c.m.}$ = 8 MeV. Ceci pourrait provenir de la mauvaise connaissance des densités de niveaux dans le noyau ^{18}O. De même, les sections efficaces des voies ^{20}Ne + α + 2n et ^{23}Na + p + 2n ne sont pas très bien reproduites par le code CASCADE. A partir d'une énergie E_{lab} = 18 MeV apparaît la réaction de transfert d'un neutron $^{13}C + {}^{13}C \rightarrow {}^{12}C + {}^{14}C^*$ (E_{exc} = 6.73 MeV, $J^\pi = 3^-$) que l'on identifie par la transition au fondamental et dont la section efficace est reproduite sur la fig. 4. Sur cette figure les valeurs obtenues pour la section efficace totale de réaction, somme des sections efficaces de fusion et de transfert, sont également reportées. Nos résultats sont en très bon accord avec ceux de la réf. [3]. La courbe en trait plein qui reproduit bien nos résultats représente un calcul de modèle optique utilisant le jeu de paramètres I du tableau II déduit de la diffusion élastique $^{13}C + {}^{13}C$ [5].

Pour atténuer l'importante variation de la section efficace aux énergies sous-coulombiennes il est commode de considérer le facteur nucléaire S défini par la relation :

$$S = E_{c.m.} \cdot \sigma \cdot \exp(2\pi\eta)$$

où η est le paramètre de Sommerfeld. Sur la figure 5 les valeurs de S obtenues pour la réaction $^{13}C + ^{13}C$ sont comparées à celles de la réaction $^{12}C + ^{13}C$ [2] sur un domaine d'énergie compris entre 4 et 8 MeV dans le système du centre de masse. Nous pouvons constater que les jeux de paramètres I et II reproduisent également bien les résultats expérimentaux de la réaction $^{13}C + ^{13}C$. Il est à noter que le jeu II a été utilisé comme base de comparaison pour de nombreuses autres réactions et en particulier reproduit bien les sections efficaces des réactions $^{12}C + ^{10}B$, $^{12}C + ^{11}B$ et $^{14}N + ^{10}B$ [7,8].

Les effets de structures présents dans la réaction $^{12}C + ^{13}C$ ont complètement disparu dans le cas de la réaction $^{13}C + ^{13}C$ qui ne présente aucune résonance étroite ($\Gamma \simeq 100$ keV) dans le domaine d'énergie étudié et pour laquelle une simple dépendance en $A^{1/3}$ des rayons du potentiel optique suffit à expliquer les résultats expérimentaux.

* *Contrat Temporaire de Recherche.*
** *Adresse actuelle : DPh-N/BE, SACLAY.*

REFERENCES

[1] - Compte rendu d'activité 1979, *Note CEA-N-2134, et texte soumis pour publication à Nucl. Phys.*

[2] - R.A. DAYRAS et al., *Nucl. Phys. A265 (1976) 153.*

[3] - M.L. CHATTERJEE et al., *Nucl. Phys. A333 (1980) 273.*

[4] - F. PUHLHOFER, *Nucl. Phys. A280 (1977) 267.*

[5] - S.K. KOROTKY et al., *Proceedings of the International Conference on Nuclear Physics, BERKELEY (1980) p. 549.*

[6] - G.J. MICHAUD et al., *Phys. Rev. C5 (1972) 350.*

- G.J. MICHAUD et al., *Phys. Rev. C8 (1973) 525.*

[7] - R.A. DAYRAS et al., *Nucl. Phys. A261 (1976) 478.*

[8] - M.D. HIGH et al., *Nucl. Phys. A278 (1977) 149.*

Energie de la transition observée (MeV)	0,351 ($5/2^+ \rightarrow 3/2^+$)	0,440 ($5/2^+ \rightarrow 3/2^+$)	0,472 ($1^+ \rightarrow 4^+$)	0,585 ($1/2^+ \rightarrow 5/2^+$)	0,980 ($1/2^+ \rightarrow 3/2^+$)
Noyau résiduel	^{21}Ne (a)	^{23}Na (a)	^{24}Na (a)	^{25}Mg	^{25}Na
Particules évaporées	$\alpha + n$	$p + 2n$	$p + n$	n	p

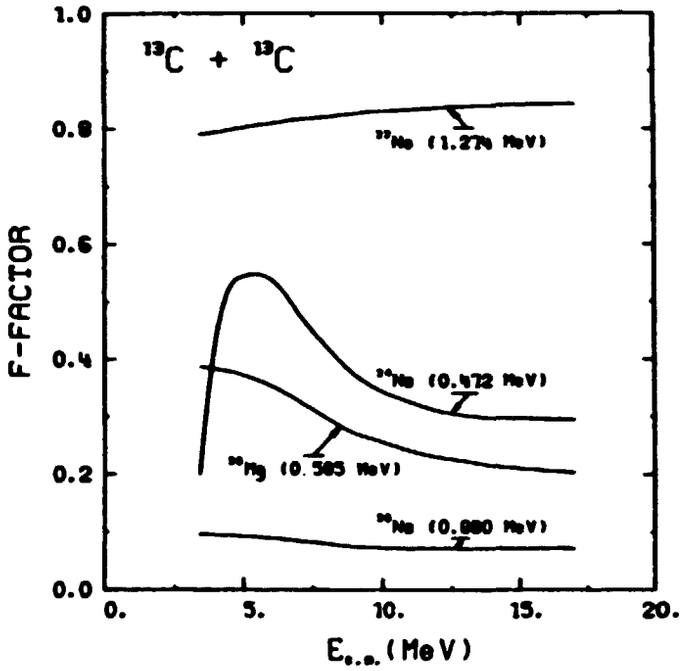
Energie de la transition observée (MeV)	1,274 ($2^+ \rightarrow 0^+$)	1,369 ($2^+ \rightarrow 0^+$)	1,634 ($2^+ \rightarrow 0^+$)	1,982 ($2^+ \rightarrow 0^+$)	6,728 ($3^- \rightarrow 0^+$)
Noyau résiduel	^{22}Ne	^{24}Mg (a-b)	^{20}Ne (a)	^{18}O	^{14}C (c)
Particules évaporées	α	$2n$	$\alpha + 2n$	2α	

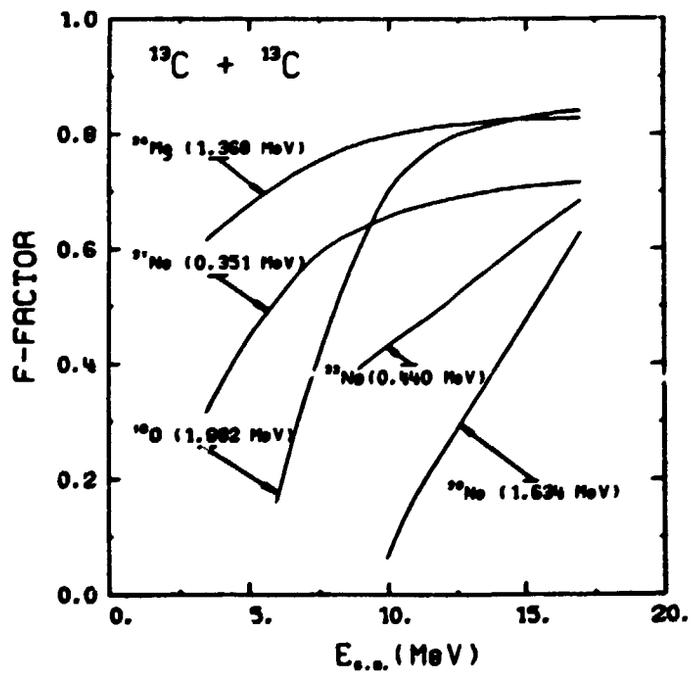
(a) réaction parasite : $^{12}C(^{13}C, x)$
(b) autre contribution : $^{13}C(^{13}C, p+n)^{24}Na\ (\beta^-)$
(c) réaction de transfert : $^{13}C + {}^{13}C \rightarrow {}^{12}C + {}^{14}C^*$

TABLEAU I : Principales transitions gamma observées au cours de la réaction $^{13}C + {}^{13}C$.

	V_o (MeV)	r_o (fm)	a_r (fm)	W_o (MeV)	r_i (fm)	a_i (fm)	réf.
I	16,0	1,35	0,45	0,22. $E_{c.m.}$	1,35	0,30	[5]
II	50,0	1,26	0,40	10,0	1,26	0,40	[6]

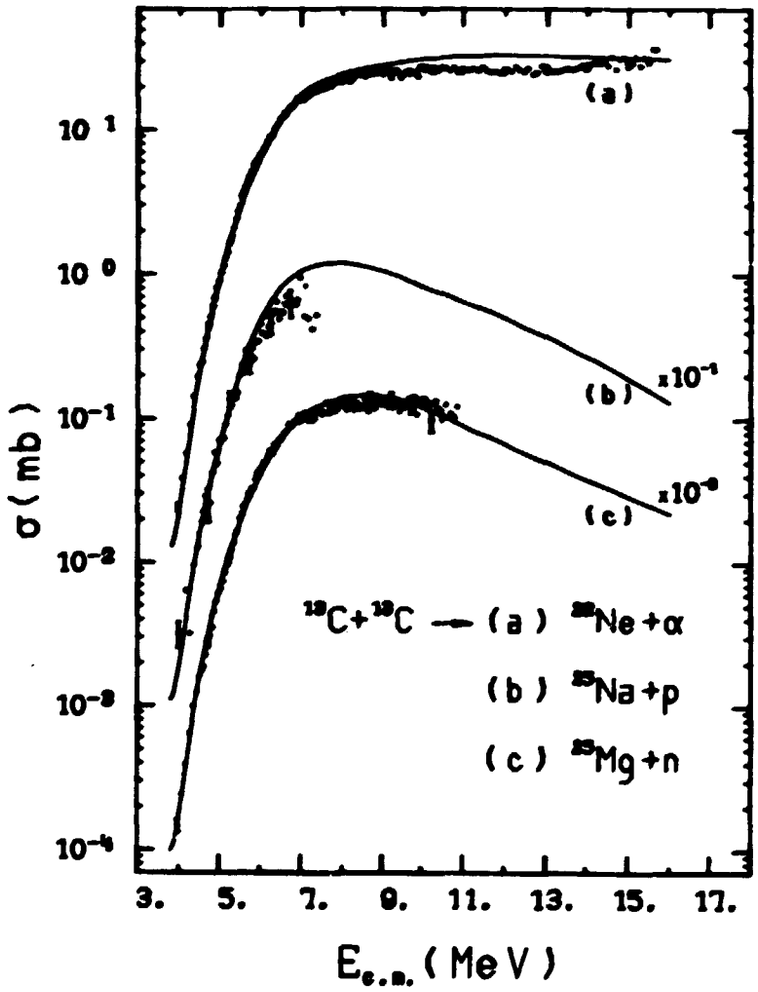
TABLEAU II : Paramètres utilisés pour les calculs de modèle optique.





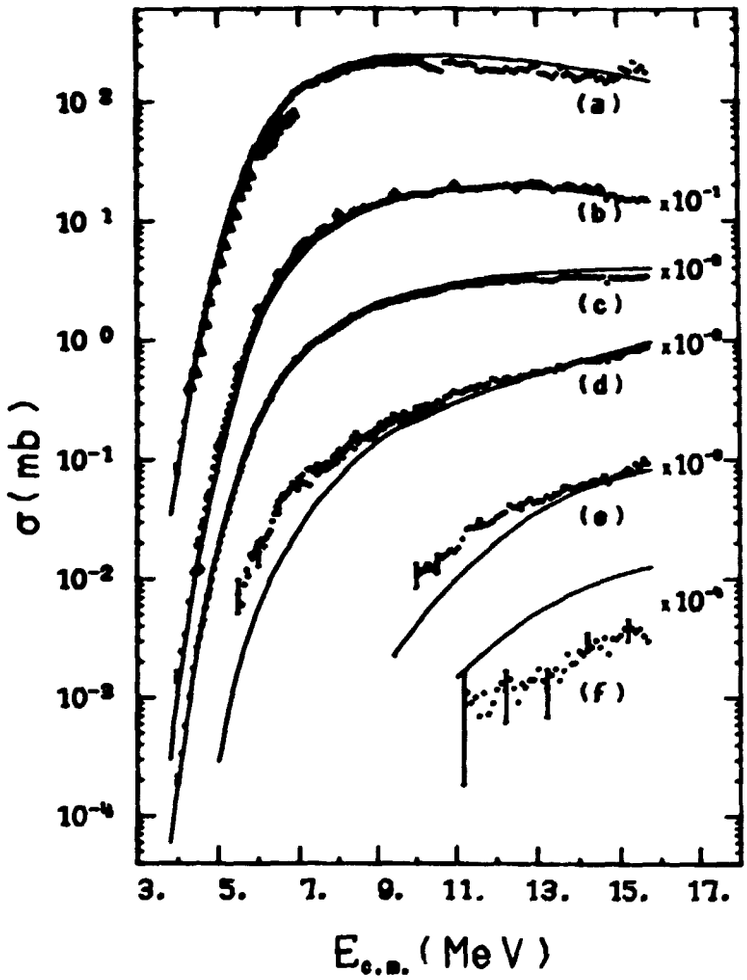
B-IV-7-FIGURE 1

Dépendance du facteur de correction F en fonction de l'énergie.



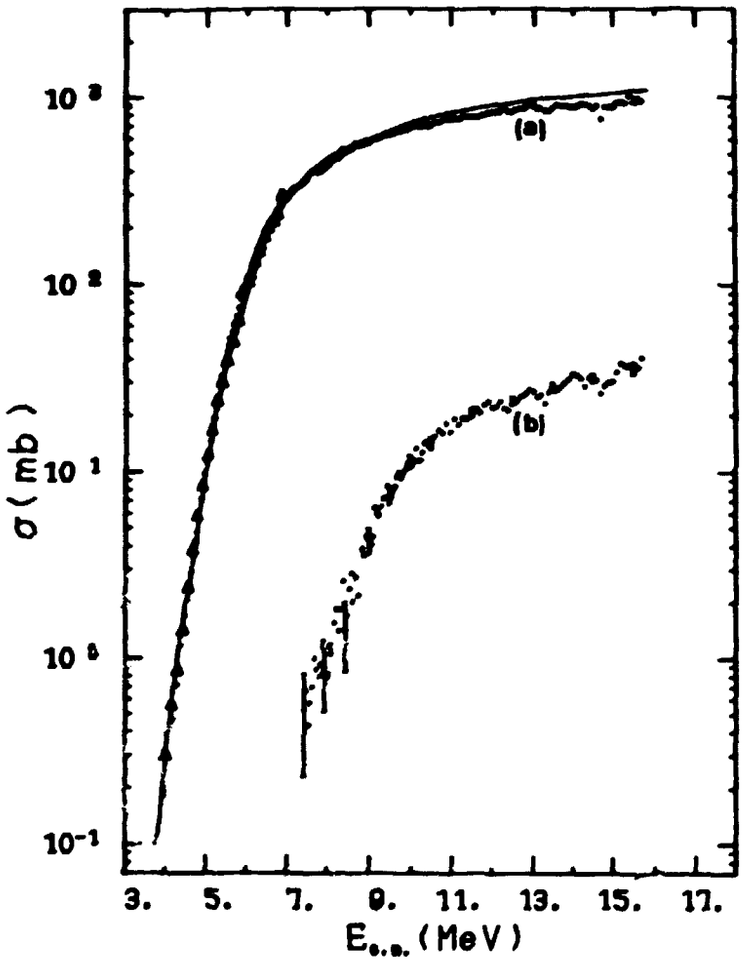
B-IV-7-FIGURE 2

Section efficace de formation des noyaux ^{25}Mg, ^{25}Na et ^{22}Ne. Les courbes en trait plein sont le résultat d'un calcul d'évaporation effectué à l'aide du code CASCADE. Les barres d'erreurs sont indiquées tous les MeV lorsqu'elles sont plus grandes que les points expérimentaux.



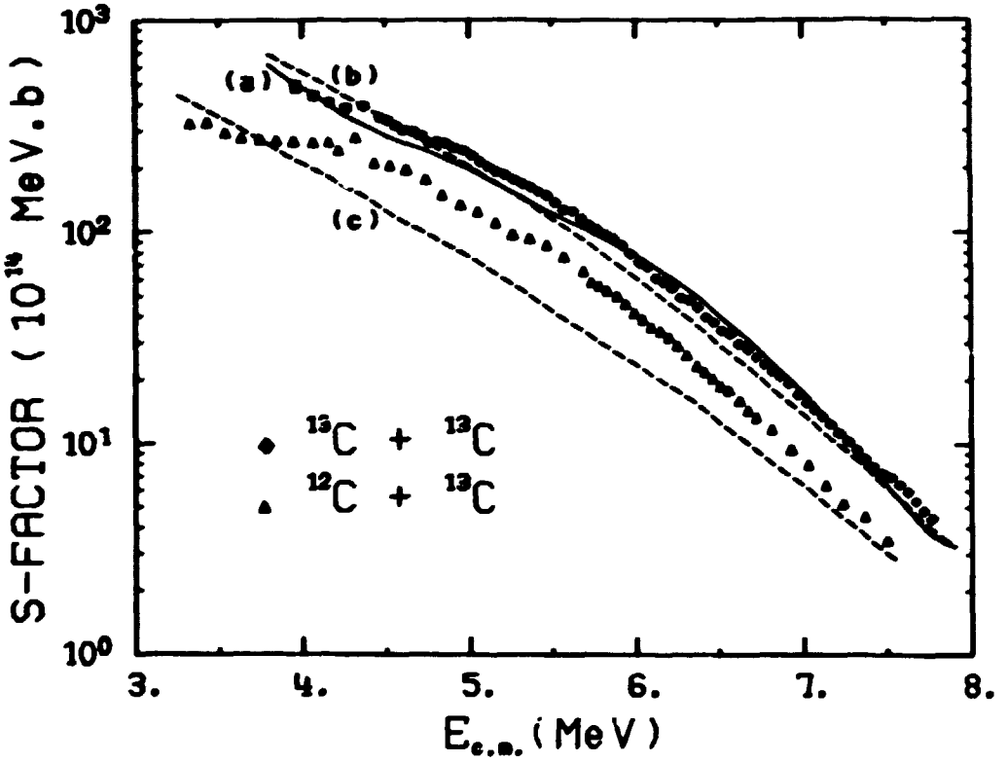
B-IV-7-FIGURE 3

Section efficace de formation des noyaux (a) ^{24}Mg (b) ^{24}Na (c) ^{21}Ne (d) ^{18}O (e) ^{23}Na (f) ^{20}Ne. Les triangles représentent les résultats de la réf. [3]. Par ailleurs voir la légende de la figure 2.



B-IV-7-FIGURE 4

Section efficace totale de réaction (a) et section efficace de transfert $^{13}C + {}^{13}C \rightarrow {}^{12}C + {}^{14}C^*$ (b). Les triangles représentent les résultats de la réf. [3]. La courbe en trait plein est le résultat d'un calcul de modèle optique utilisant le jeu de paramètres I. Les barres d'erreurs ont la même signification que sur la fig. 2.



B-IV-7-FIGURE 5

Dépendance en énergie du facteur nucléaire S pour les réactions $^{13}C + ^{13}C$ et $^{13}C + ^{12}C$. Les courbes en trait plein sont les résultats d'un calcul de modèle optique ayant pour paramètres les jeux I (a) et II (b et c).

B-IV-8-ETUDE DE LA REACTION (^{14}C, ^{14}O) SUR DIVERS NOYAUX DE LA REGION DE MASSE 24 < A < 58.+

(D. DRAKE*, S. JOLY, J.C. PENG*, N. STEIN*, J. SUNIER*).

STUDY OF THE (^{14}C, ^{14}O) REACTION ON DIFFERENT TARGET NUCLEI IN THE MASS RANGE 24 < A < 58.

The double charge exchange reaction (^{14}C, ^{14}O) has been studied for several target nuclei in the mass range 24 < A < 58. Angular distributions were also measured.

Les réactions de double échange de charge permettent d'atteindre des noyaux situés loin de la ligne de stabilité et d'étudier également les corrélations de paires dans les noyaux. Les premières réactions de ce type ont été faites avec des faisceaux de pions (π^+ ou π^-). La première étude de la réaction (^{14}C, ^{14}O) a été faite récemment sur ^{40}Ca à E_{lab} = 51 MeV [1] et les sections efficaces ont été trouvées relativement importantes pour une telle réaction exotique. Ce résultat encourageant conduisait donc à l'étude de cette réaction en fonction de la masse du noyau cible et du bilan en énergie de la réaction. Dans ce travail, nous avons mesuré les sections efficaces de la réaction (^{14}C, ^{14}O) pour différents noyaux pairs-pairs de la région de masse 24 < A < 58. La distribution angulaire des ions ^{14}O a également été mesurée.

Le faisceau de ^{14}C (6^+) était délivré par l'accélérateur Tandem de LOS ALAMOS associé à l'accélérateur vertical de sorte que les ions avaient l'énergie E_{lab} = 65 MeV, soit un gain appréciable par rapport à l'énergie disponible avec le Tandem seul (E = 51 MeV), facteur important pour l'étude de la réaction sur des noyaux lourds (barrière coulombienne). La nouvelle source installée dans le terminal de l'accélérateur vertical [2] permettait d'obtenir environ 200 nA sur la cible. L'intensité du faisceau était monitorée par un détecteur placé à $\theta_{lab} \approx 160°$. Plusieurs épaisseurs de cible ont parfois été utilisées pour normalisation ou séparation de groupes d'ions dans le noyau résiduel. Les produits de réaction étaient détectés dans le plan focal d'un spectromètre Q3D [3]. Le détecteur d'ions lourds consistait en la combinaison d'une chambre d'ionisation avec grille et d'un compteur

+ travail effectué au Laboratoire de LOS ALAMOS (USA).

proportionnel avec fil sensible à la position [4]. Trois signaux sont recueillis à la sortie du détecteur ; l'un correspond à la position de l'ion détecté dans le plan focal P, et les autres, à l'énergie E et à la perte d'énergie ΔE . L'identification (masse M, charge Z) des ions (d'état de charge q) détectés est faite à partir de 3 signaux précédents et de la rigidité magnétique $B\rho$. Des fenêtres placées sur les spectres $\Delta E \times E$ ($\sim MZ^2$) et $(B\rho)^2/E$ ($\sim M/q^2$) permettent alors d'obtenir le spectre en moment des ions de charge et de masse désirées.

Pour un seul angle, et pour tous les noyaux cible étudiés, les spectres correspondant aux réactions (^{14}C, ^{16}O) et (^{14}C, ^{15}O) ont été également obtenus, ce qui permettait essentiellement de s'assurer du bon choix des fenêtres dans les spectres $\Delta E \times E$ et $(B\rho)^2/E$. Les distributions angulaires ont été généralement mesurées dans l'intervalle $5° \leq \theta_{lab} \leq 25°$. A titre d'exemple, nous avons reporté sur la figure 1 la distribution angulaire des ions ^{14}O correspondant à l'état fondamental du noyau ^{40}Ar. Les sections efficaces des réactions (^{14}C, ^{16}O), (^{14}C, ^{15}O) et (^{14}C, ^{14}O) pour les états fondamentaux des noyaux résiduels sont présentées sur la figure 2 pour les noyaux ^{40}Ca, ^{46}Ti et ^{50}Cr.

* *Los Alamos Scientific Laboratory, LOS ALAMOS (USA).*

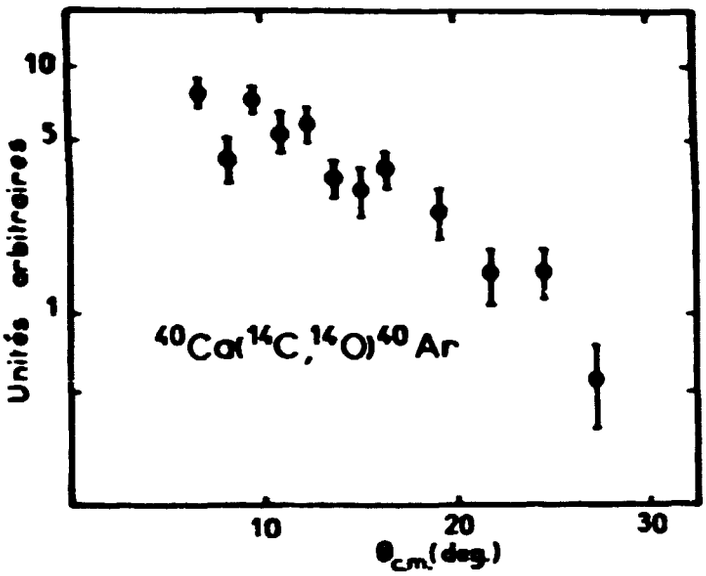
REFERENCES

[1] - D.M. DRAKE et al., *à paraître.*

[2] - J.R. TESMER, G.R. GOOSNEY and S.D. ORBESEN, *Nucl. Inst. Meth.*, 173 *(1980) 441.*

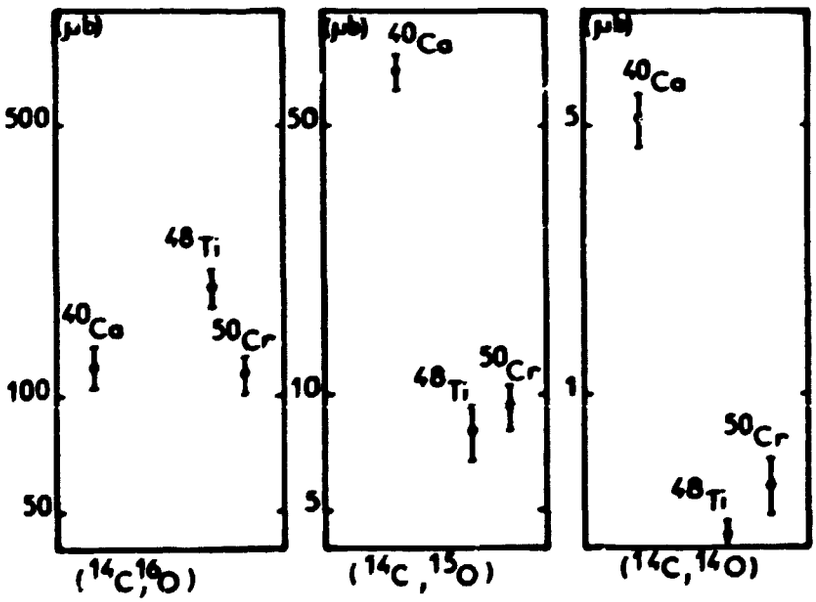
[3] - E.R. FLYNN et al., *Nucl. Inst. Meth.*, 128 *(1975) 35.*

[4] - S.D. ORBESEN et al, *Los Alamos Report, LA-6843-MS (1977).*



B-IV-8-FIGURE 1

Distribution angulaire de la réaction $^{40}Ca(^{14}C,\ ^{14}O)^{40}Ar$ pour l'état fondamental à l'énergie E_{lab} = 65 MeV.



B-IV-8-FIGURE 2

Comparaison des sections efficaces des réactions $(^{14}C,\ ^{16}O)$, $(^{14}C,\ ^{15}O)$ et $(^{14}C,\ ^{14}O)$ pour les états fondamentaux des noyaux résiduels et les noyaux cible de ^{40}Ca, ^{46}Ti et ^{50}Cr.

B-IV-9-ETUDES DES MODES COLLECTIFS RAPIDES DANS LES REACTIONS $^{56}Fe + ^{58,64}Ni$.

(Y. PATIN, H.C. BRITT+, S. PONTOPPIDAN+)

STUDY OF FAST COLLECTIVE MODES IN $^{56}Fe + ^{58,64}Ni$ REACTIONS.

We have measured and analysed, for the 315 and 430 MeV $^{56}Fe + ^{58,64}Ni$ systems, the triple differential cross section $d^3\sigma/dE.dA.dZ$ (E = kinetic energy, A = mass and Z = atomic number) of the reaction products. Mass and atomic number distributions are deduced as a function of the center of mass total kinetic energy.

Les sections efficaces triplement différentielles $d^3\sigma/dE.dA.dZ$ (E = énergie cinétique, A = masse et Z = numéro atomique) ont été mesurées aux énergies incidentes de 315 et 460 MeV pour le système $^{56}Fe + ^{58}Ni$ et de 464 MeV pour le système $^{56}Fe + ^{64}Ni$. Ces mesures ont été faites à plusieurs angles autour de l'angle d'effleurement : 6°, 9°, 12°, 14° et 16° dans le laboratoire pour les énergies incidentes de 460 et 464 MeV et 14°, 17°, 20° et 23° pour l'énergie de 315 MeV.

Les masses des fragments étaient déterminées par temps de vol sur environ 1 m, les énergies et les numéros atomiques par un compteur ΔE et E à gaz. Le faisceau de ^{56}Fe était délivré par l'accélérateur Cyclotron de BERKELEY.

Nous avons pu partant de ces données expérimentales, remonter aux distributions de A et de Z en fonction de l'énergie cinétique totale dans le centre de masse. Un premier examen de ces distributions indique que les produits de réaction restent concentrés dans la vallée de stabilité quelque soit le degré de relaxation du système. L'analyse de ces résultats est actuellement en cours.

+ Ce travail a été effectué au laboratoire de LOS ALAMOS, en collaboration avec H.C. BRITT du Los Alamos Scientific Laboratory, LOS ALAMOS, New Mexico 87545 (USA) et avec S. PONTOPPIDAN de Niels Bohr Institute, RISO Rookilde, Danemark DK 4000.

B-IV-10-MESURE DE LA PROBABILITE D'EVAPORATION DE RESIDUS DANS LA REACTION $^{236}U(^{7}Li, \alpha Xn)$ (Y. PATIN, H.C. BRITT[+], E. CHEIFETZ[+] et J.B. WILHELMY[+])

EVAPORATION RESIDUE PROBABILITY MEASUREMENT FOR $^{236}U(^{7}Li, \alpha Xn)$ REACTION.

We have used a new technique that involves the detection of evaporation residuals following a direct reaction to measure the fission probability at high excitation energy. We have deduced the ratio Γ_f/Γ_n for the $^{236}U(^{7}Li,\alpha)^{239}Np^*$ reaction in the range of 10 to 20 MeV excitation energy.

Les probabilités de fission pour des énergies d'excitation inférieures à 10 MeV sont maintenant bien reproduites par le calcul en terme de surfaces d'énergie potentielle et de fonctions de densité de niveaux. Pour des énergies d'excitation plus élevées (entre 10 et 20 MeV) les largeurs Γ_f de fission mesurées semblent plus petites que celles prévues par les modèles.

Nous avons entrepris de mesurer le rapport des largeurs de fission aux largeurs d'émission de neutron Γ_f/Γ_n. A ces énergies d'excitation la probabilité de fission Γ_f étant proche de 1, il est plus aisé de mesurer la probabilité complémentaire $(1 - P_f)$. Pour cela on détecte les noyaux composés qui n'ont pas fissionné.

Nous avons étudié la réaction $^{236}U(^{7}Li,\alpha)^{239}Np^*$ auprès du tandem de LOS ALAMOS. La technique expérimentale est décrite dans la référence [1].

[+] Ce travail a été effectué en collaboration avec H.C. BRITT, E. CHEIFETZ et J.B. WILHELMY, au Los Alamos Scientific Laboratory, LOS ALAMOS, New Mexico 87545 (USA).

Nous avons mis au point un code qui permet, compte tenu de l'évaporation de neutrons et de la diffusion dans la cible, de calculer les sections efficaces de fission.

Ces résultats sont en cours d'interprétation.

REFERENCE

[1] - H.C. BRITT, *IAEA, Symposium on Physics and Chemistry of fission (JULICH 1979).*

B-IV-11-INFLUENCE DU TYPE DE SOURCE DE PARTICULES DANS LA MESURE DE LA PROBABILITE D'IONISATION. (S. ANDRIAMONJE*, J.F. CHEMIN*, S. JOLY, J. ROTURIER*, J.L. UZUREAU).

INFLUENCE OF THE PARTICLE SOURCE TYPE ON THE IONIZATION PROBABILITY MEASUREMENT.

The influence of the type of the particle source on the determination of the ionization probability is investigated through the coincidence time spectra obtained with the two sources available at the Tandem accelerator. The new HICONEX source is favoured for these measurements.

La mesure de la probabilité d'ionisation consiste à déterminer le nombre de lacunes créées dans une couche électronique, en coïncidence avec les particules diffusées à un angle donné. Les lacunes créées émettent alors un rayonnement X (ou électron Auger) caractéristique du noyau cible. La mesure est donc basée sur la coïncidence entre la particule diffusée et le rayonnement X. La probabilité d'ionisation est proportionnelle au nombre de coïncidences N_c, défini comme l'aire du pic de coïncidence dans le spectre temps. La présence d'oscillations dans le spectre temps peut induire de grosses erreurs sur la détermination de N_c, erreurs d'autant plus grandes que le rapport entre le nombre de coïncidences vraies et de coïncidences fortuites est plus petit (généralement de l'ordre de l'unité), cas rencontré aux grands angles de diffusion.

Il a été montré qu'une structure apparaissait dans le spectre temps correspondant aux évènements fortuits lors de mesures de temps de vol entre particules émises dans une réaction nucléaire. Cette structure est liée à la fréquence de fonctionnement de la source HF de l'accélérateur. Ce phénomène a également été observé par ANDERSEN et al. [1] lors de mesures de probabilités d'ionisation similaires aux nôtres.

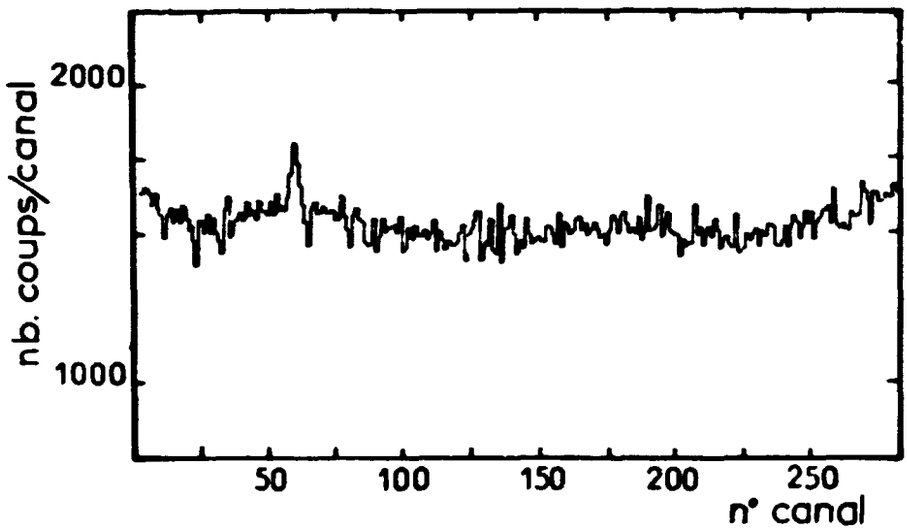
La figure 1 représente le spectre de coïncidences obtenu dans la réaction $^{106}Cd(p,p)^{106}Cd$, où l'on observe clairement une oscillation. Les protons

étaient alors délivrés par l'accélérateur Tandem équipé d'une source duoplasmatron. Récemment, une source d'ions lourds HICONEX a été installée, délivrant également un faisceau de protons. Le principe de fonctionnement de cette source est différent de celui de la source utilisée précédemment et a permis de réduire les oscillations ainsi que le montre la figure 2. Cette amélioration permet de définir le nombre de coïncidences, et la probabilité d'ionisation, avec une meilleure précision.

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

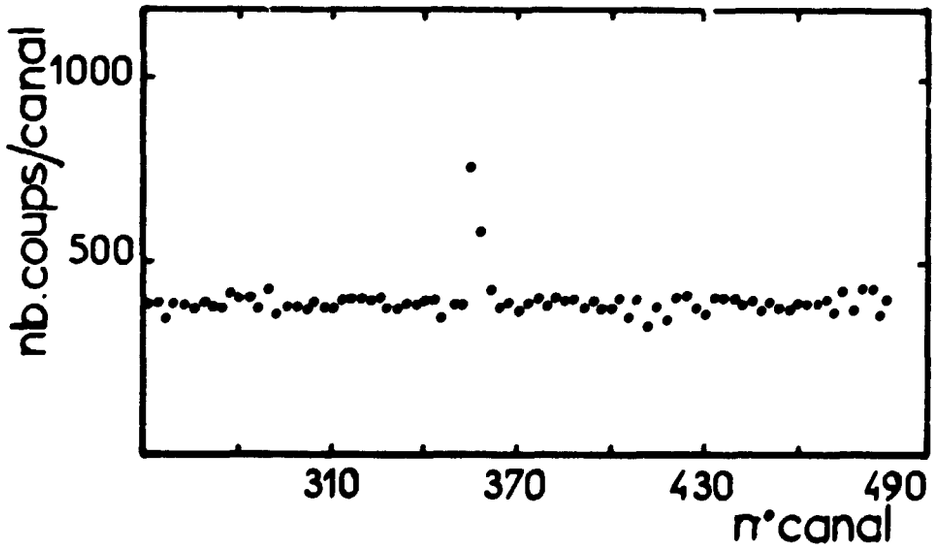
REFERENCE

[1] - J.U. ANDERSEN et al., *J. Phys.*, *B9* *(1976) 3247.*



B-IV-11-FIGURE 1

Spectre de coïncidences entre les protons diffusés et les rayonnements X pour la réaction $^{106}Cd(p,p)^{106}Cd$ à E_p = 10 MeV, en utilisant la source duoplasmatron.



B-IV-11-FIGURE 2

Spectres de coïncidences pour la même réaction avec la source HICONEX.

B-IV-12-INFLUENCE DES REACTIONS NUCLEAIRES SUR LA PROBABILITE D'IONISATION DES COUCHES K.

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

NUCLEAR EFFECTS IN K-SHELL IONIZATION PROBABILITIES.

The angular dependence of the K-shell ionization probability has been measured in the $^{106}Cd(p,p)$ reaction at E_p = 10 MeV for scattering angles between 20° and 170°. Theoretical estimates of the anisotropy coefficient are investigated.

L'existence d'un effet d'anisotropie dans la probabilité d'ionisation de la couche K, pour des collisions à très faibles paramètres d'impact ($\simeq 10^{-12}$ cm) a été mise en évidence lors de travaux antérieurs [1,2]. Ces études ont été effectuées pour la diffusion élastique très en-dessous de la barrière coulombienne.

Dans l'hypothèse où le projectile se déplace suivant deux demi-droites, représentant approximativement la collision "avant" et "après" la diffusion par le noyau cible, l'anisotropie apparaît, dans la théorie semi-classique, comme résultant de l'interférence entre les amplitudes de transition dipolaires correspondant à chaque demi-trajectoire. La probabilité d'ionisation peut se mettre sous la forme [3] :

$$I(\theta) = I\,(90°)\,(1 + \beta \cos\theta) \qquad (1)$$

où θ représente l'angle de diffusion et β , le coefficient d'anisotropie. L'ionisation associée à une réaction nucléaire peut être décrite à partir du même formalisme, en introduisant un déphasage supplémentaire qui tient compte du temps d'interaction nucléaire T_{int}.

Le principe de la mesure de la probabilité d'ionisation a été décrit en détails par ailleurs [4,5]. La probabilité d'ionisation a été mesurée pour

les noyaux ^{106}Cd et ^{114}Cd par diffusion élastique de protons de 10 MeV et pour des angles de diffusion compris entre 90° et 170°. Pour la détection des rayonnements X, nous avons utilisé un détecteur NaI de grande efficacité, permettant d'augmenter le taux de comptage par rapport à la diode Si(Li) utilisée précédemment [4,5].

Nous avons également mesuré la probabilité d'ionisation en fonction de l'épaisseur de la cible. La fig. 1 montre cette dépendance, où la probabilité est corrigée en appliquant la formule donnée dans la réf. [6].

Sur la fig. 2 sont portés les résultats des premières analyses pour $20° \leq \theta \leq 120°$. La dépendance angulaire est assez bien reproduite par la relation (1), accord attendu quand le processus coulombien est dominant par rapport au processus nucléaire. Par contre, un désaccord peut exister lorsque l'amplitude des 2 processus est du même ordre de grandeur, situation rencontrée aux grands angles de diffusion. De récentes études [7-9], effectuées dans le cas d'une résonance nucléaire, ont montré l'existence d'une corrélation entre les 2 processus nucléaire et atomique.

La probabilité d'ionisation est proportionnelle [4,5] au rapport (N_c/N_p) du nombre d'évènements (N_c) en coïncidence vraie à celui des particules diffusées (N_p). Ces quantités peuvent s'exprimer en fonction des amplitudes de diffusion coulombienne $f_{coul}(\theta,E)$ et nucléaire $f_{nucl}(\theta,E)$:

$$N_p \propto |f(\theta,E)|^2 \qquad (2)$$

avec :

$$f(\theta,E) = f_{coul}(\theta,E) + f_{nucl}(\theta,E) \qquad (3)$$

et :

$$N_c \propto |A\, f(\theta,E - E_K) + B\, f(\theta,E)|^2 \qquad (4)$$

où E_K est l'énergie de liaison de la couche K. A et B correspondent à l'amplitude d'ionisation calculée dans l'approximation semi-classique dans la voie d'entrée

et dans la voie de sortie de la réaction, respectivement.

Le calcul de ces amplitudes est actuellement en cours ainsi que le dépouillement des mesures pour les angles $\theta > 120°$.

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

REFERENCES

[1] - J.F. CHEMIN et al., *Phys. Rev.*, A15 *(1977) 1851.*

[2] - J.F. CHEMIN et al., *Phys. Lett.*, 67A *(1978) 116.*

[3] - G. CIOCHETTI, A. MOLINARI, *Nuovo Cimento*, 40B *(1965) 69.*

[4] - J.F. CHEMIN et al., *Nucl. Phys.*, A331 *(1979) 407.*

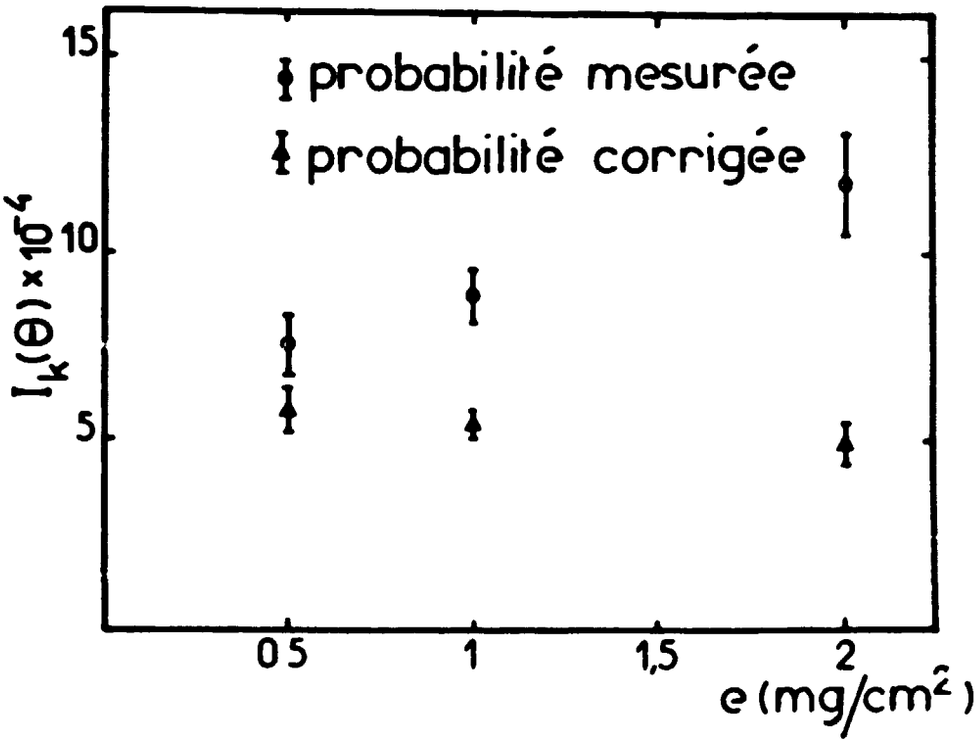
[5] - S. ANDRIAMONJE et al., *Note CEA-N-2134 (1980).*

[6] - M. DOST, *Proceedings of the Workshop on Theories of Inner Shell Ionization by Heavy Particles, Linz (1979) p. 305.*

[7] - J.S. BLAIR et al., *Phys. Rev. Lett.*, 41 *(1978) 1712.*

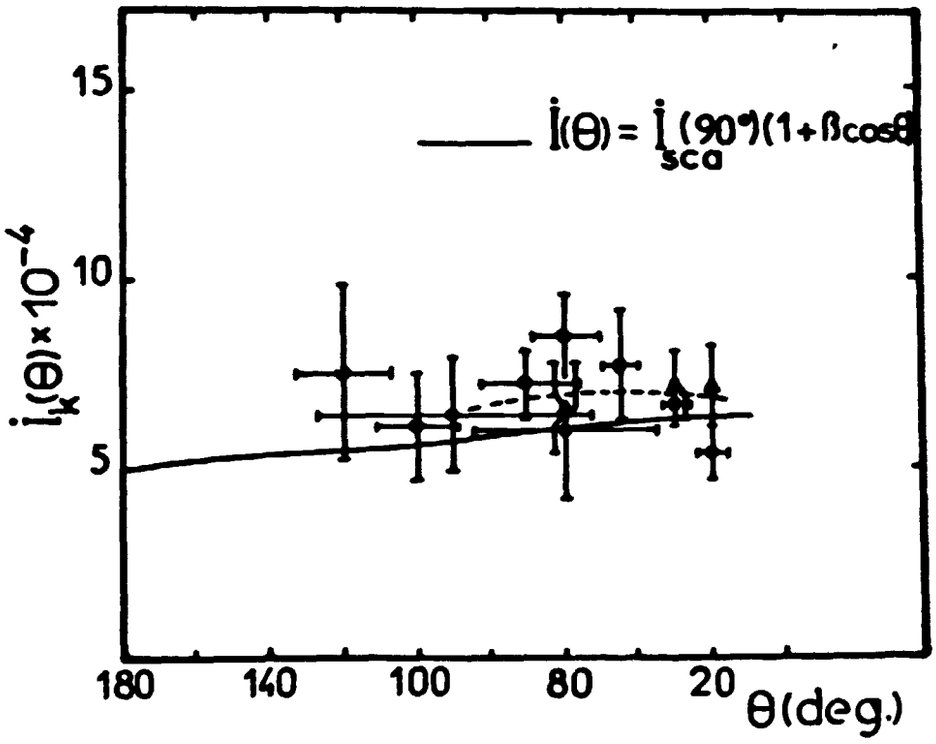
[8] - J.F. CHEMIN et al., *Proceedings of the International Conference on Nuclear Physics, BERKELEY (1980) p. 855.*

[9] - W. DUINKER, J. VAN ECK, *Proceedings of the International Conference on X-ray Processes and Inner Shell Ionization, Stivling (1980).*



B-IV-12-FIGURE 1

Variation de la probabilité d'ionisation mesurée $I(\theta)$ en fonction de l'épaisseur e de la cible de cadmium, pour l'angle de diffusion $\theta = 30°$.



B-IV-12-FIGURE 2

Comparaison entre les valeurs mesurées de la probabilité d'ionisation I_K pour différents angles de diffusion avec la dépendance angulaire définie par la relation (1).

B-IV-13-SEPARATION DES MECANISMES DANS LA DIFFUSION ELASTIQUE DE PROTONS DE 10 MeV PAR ^{106}Cd AU MOYEN D'UNE METHODE DE SPECTROSCOPIE PAR RAYONS X.

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

SEPARATION OF FAST AND SLOW COMPONENTS IN THE ELASTIC SCATTERING OF 10 MeV PROTONS BY ^{106}Cd.

The separation between fast and slow components in the elastic scattering of 10 MeV protons by ^{106}Cd is investigated by means of the X-ray spectroscopy technique as used in K-shell ionization probability and lifetime measurements. HAUSER-FESHBACH and direct interaction calculations have been done to estimate the compound and shape elastic contributions, respectively, and they are compared with experimental data.

Les mécanismes impliqués dans la diffusion élastique de particules par un noyau peuvent, en principe, être distingués à partir des temps d'interaction différents associés à ces processus.

Nous nous sommes proposés d'évaluer la contribution relative de la diffusion élastique par un mécanisme de noyau composé (compound elastic) et par le potentiel nucléaire (shape elastic) en utilisant la nouvelle méthode de spectroscopie par rayons X que nous avons mise au point [1-3]. Cette méthode est basée sur la possibilité de transférer la lacune K de l'atome cible à l'atome correspondant au noyau composé, la lacune K étant créée par la particule incidente dans la voie d'entrée de la réaction.

Nous avons choisi d'analyser la réaction ^{106}Cd(p,p$_o$)^{106}Cd à E_p = 10 MeV, réaction que nous avons déjà utilisée pour la mesure de la durée de vie du noyau composé ^{107}In [1]. Les méthodes expérimentales sont identiques mais dans cette mesure une bonne résolution est nécessaire pour séparer les protons diffusés élastiquement des protons inélastiques correspondant aux premiers niveaux excités de ^{106}Cd. Le nombre N_{XC} de raies X_K, caractéristiques de l'atome associé au noyau composé ^{107}In, en coïncidence avec les particules diffusées élastiquement, nous donne le nombre N_{CE} de protons diffusés élastiquement par un mécanisme de

noyau composé par la relation :

$$N_{CE} = \frac{N_{XC}}{I_o \, \omega_K \, \Omega_X} \times \frac{\tau_C + \tau_K}{\tau_C}$$

avec :

- I_o probabilité d'ionisation à paramètre d'impact nul.
- ω_K rendement de fluorescence de l'atome composé In.
- Ω_X efficacité du détecteur de rayons X incluant l'angle solide.
- τ_C durée de vie nucléaire.
- τ_K durée de vie de la lacune K.

La section efficace de diffusion élastique par mécanisme de noyau composé σ_{CE} a été calculée à l'aide du code CINDY [4] utilisant le formalisme du modèle statistique de HAUSER et FESHBACH ; cette section efficace est très faible comparée à la section efficace d'interaction directe. Les premières analyses de la réaction étudiée confirment cette différence. Notre méthode peut également s'appliquer au cas différent oùla section efficace σ_{CE} serait importante.

L'analyse et l'interprétation des résultats sont poursuivies.

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

REFERENCES

[1] - J.F. CHEMIN et al., *Thèse de Doctorat d'Etat, Bordeaux (1978).*

[2] - J.F. CHEMIN et al., *Nucl. Phys.* A331 *(1979) 407.*

[3] - J.F. CHEMIN et al., *Proceedings of the XIth International Conference on the Physics of Electronic and Atomic Collisions, KYOTO (1979) p. 313.*

[4] - E. SHELDON, V.C. ROGERS, *Comp. Phys. Comm.,* 6 *(1973) 99.*

PARTIE C :
THEORIE
ET
EVALUATION

C-I-EVALUATION DES DONNEES NUCLEAIRES

EVALUATION OF NUCLEAR DATA

C-I-1-CALCULS RECENTS DES SECTIONS EFFICACES, INDUITES PAR NEUTRONS, DES ISOTOPES DU TUNGSTENE* (C.A. PHILIS, E.D. ARTHUR**, P.G. YOUNG**).

NEW CALCULATIONS OF NEUTRON INDUCED CROSS SECTIONS ON TUNGSTEN ISOTOPES.

New calculations of neutron induced cross sections on Tungsten isotopes have been made in the 0.001 - 20 MeV energy range. The results form the basis of a new set of complete evaluations which are being put under ENDF format.

Des calculs à l'aide de modèles nucléaires ont été faits pour les isotopes 182, 183, 184, 186 du Tungstène dans la gamme d'énergie 0,001 - 20 MeV. Les résultats obtenus constituent la base d'une nouvelle évaluation du Tungstène [1] qui devrait résoudre en particulier les problèmes de spectre d'émission des neutrons et de bilan énergétique [2] qui existent actuellement dans ENDF/BV.

Les sections efficaces ont été calculées avec les codes de modèles nucléaires ECIS 78 [3], COMNUC [4], et GNASH [5]. Le code ECIS 78 a été utilisé pour déterminer les sections efficaces de diffusion inélastique pour les niveaux 2^+ et 4^+ pour $^{182,184,186}W$ et $3/2^-$, $5/2^-$, $7/2^-$ et $9/2^-$ vers ^{183}W. De plus ce code nous a fourni la section efficace élastique de forme et les coefficients de transmission des neutrons utilisés dans les codes GNASH et COMNUC. Le code COMNUC(modèle statistique HAUSER - FESHBACH avec fluctuations) a été utilisé entre 0,001 et 6 MeV pour obtenir les sections efficaces de capture, élastique composée et inélastiques. Au-dessus de 6 MeV, GNASH a été utilisé puisqu'il permet de prendre en compte de plus nombreuses voies de sorties ainsi que des corrections pour le pré-équilibre qui sont importantes au-dessus de 10 MeV pour les sections efficaces et les spectres des particules émises.

Les paramètres de modèle optique utilisés sont basés sur le jeu déterminé par DELAROCHE [6] légèrement modifié pour obtenir un meilleur accord avec certains résultats expérimentaux récents.

Les fonctions forces des rayonnements gamma ont été déterminées à partir des analyses des données de $^{182,183,184,186}W(n,\gamma)$ et sont généralement en accord avec les fonctions déterminées par JOLY [7]. Le nombre maximum de niveaux discrets a été pris en compte dans les calculs puisque les transitions allant vers les niveaux discrets sont importantes, en particulier juste au-dessus des seuils des sections efficaces(n,2n). Les expressions des densités de niveaux de GILBERT et CAMERON [8] ont été utilisées dans les régions du continuum après ajustement des paramètres sur les données concernant les niveaux discrets.

Des tests de ces résultats de calcul ont été faits sur les fonctions d'excitation de diffusions élastique et inélastiques mesurées jusqu'à 4 MeV par GUENTHER et al. [9] et sur les spectres expérimentaux d'émission de neutron et de rayonnement gamma. La figure 1 compare le spectre de production gamma(neutrons incidents de 13 MeV) que nous avons obtenu par le calcul avec les données de DICKENS [10]. Sur la figure 2 sont indiqués pour comparaison le spectre d'émission des neutrons(neutrons incidents de 14,6 MeV) calculé pour ^{184}W et les valeurs expérimentales de HERMSDORF [11] relatives à l'élément. La courbe en pointillés montre les résultats d'ENDF/BV.

Les résultats de ces calculs sont en cours d'assemblage sous format ENDF.

*Travail effectué essentiellement à LASL.

** Los Alamos Scientific Laboratory(LASL).

REFERENCES

[1] - Evaluation faite en collaboration avec *"Argonne National Laboratory"* et *"Los Alamos Scientific Laboratory"(U.S.A).*

[2] - *Transactions American Nuclear Society 33(1979) 681.*

[3] - *ECIS 78 :* J.RAYNAL(SACLAY), communication privée.

[4] - C.L.DUNFORD, *"A Unified Model for Analysis of Compound Nucleus Reactions", Atomics International report AI-AEC-12931(Juillet 1970).*

[5] - P.G.YOUNG and E.D.ARTHUR, *"GNASH", A Preequilibrium Statistical Nuclear Model Code for Calculations of Cross Sections and Emission Spectra, LOS ALAMOS Scientific Laboratory report LA-6947 (Nov.1977).*

[6] - J.P.DELAROCHE, G.HAOUAT, J.LACHKAR, Y.PATIN, J.SIGAUD, et J.CHARDINE, *"Coherent Optical and Statistical Model Analysis of* $^{182,183,184,186}W$ *Neutron Cross Sections", Proc. Int. Conf. on Nuclear Cross Sections for Technology, KNOXVILLE, TN(1979).*

[7] - J.J.VOIGNIER, S.JOLY, G.GRENIER, *"Mesure de la section efficace de capture radiative de rubidium, yttrium, niobium, gadolinium, tungstène, platine et thallium entre 0,5 et 3 MeV". CEA-R-5089(1980) - NEANDC(E) 210 (1980)- INDC 39(1980).*

G.GRENIER, J.J.VOIGNIER, S.JOLY, *"Sections efficaces de capture de différents éléments pour des neutrons d'énergie comprise entre 0,5 et 3 MeV". CEA-N-2195(1980) - NEANDC(E) 215(1980) - INDC-48(1980).*

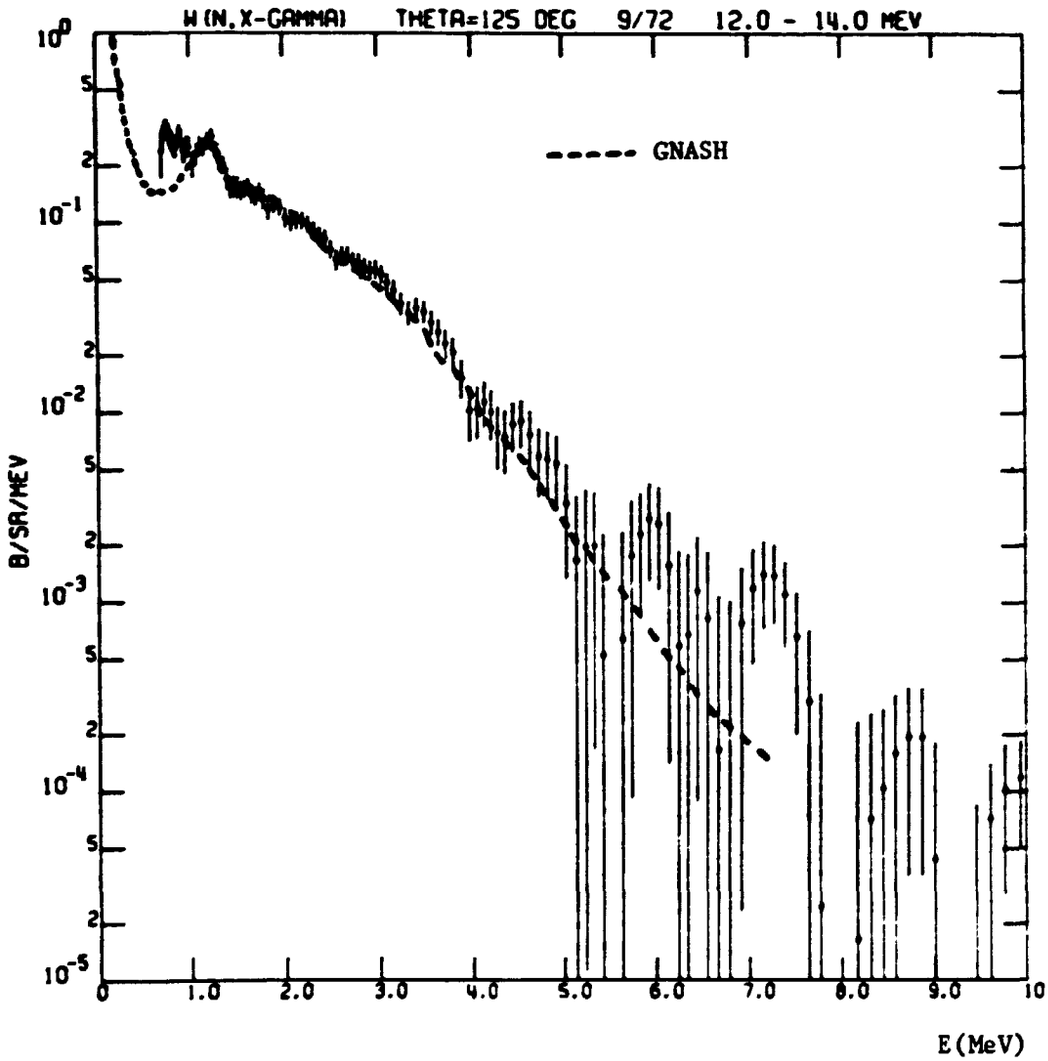
G.GRENIER, J.P.DELAROCHE, S.JOLY, Ch. LAGRANGE, J.J.VOIGNIER, *"Neutron capture cross sections of Y, Nb, Gd, W, and Au between 0.5 and 3 MeV". Proc. Int. Conf. on Nuclear cross sections for Technology, KNOXVILLE, 22-26 /10/1979, p.323.*

[8] - A.GILBERT and A.G.W.CAMERON, *"A Composite Nuclear-Level Density Formula with Shell Corrections", Can.J.Phys. 43, 1446(1965).*

[9] - P.T.GUENTHER, *"The Elastic and Inelastic Scattering of Fast Neutrons from the Even Isotopes of Tungsten", Ph.D.Thesis ,unpublished(1977).*

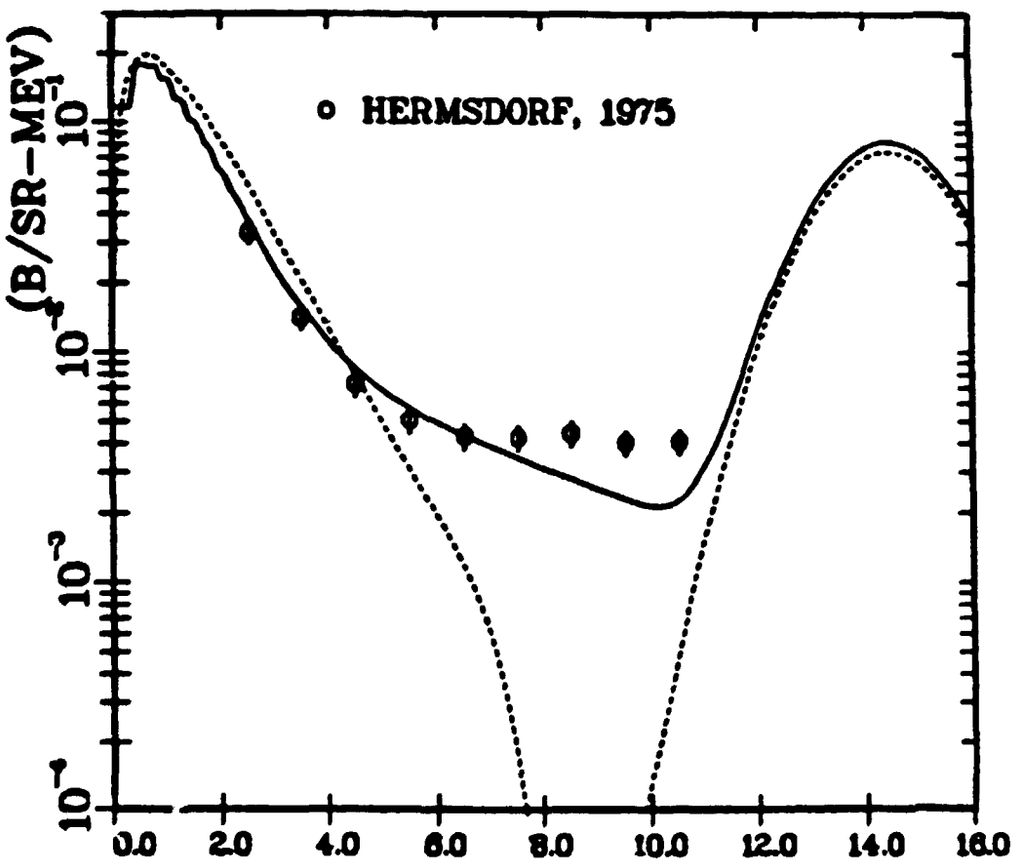
[10] - J.K.DICKENS, T.A.LOVE, and G.L.MORGAN, *"Gamma-Ray Production due to Interactions with Tungsten for Incident Neutron Energies between 0.1 and 20 MeV", ORNL-4847(1973).*

[11] - D.HERMSDORF, A.MEISTER, S.SASSONOFF, D.SELLIGER, and K.SEIDEL, *"Absolute Differentielle Neutronenemissionsquerschnitte für Ga, Se, Br, Zr, Nb, Cd, In, Sn, Sb, I, Ta, W, Au, Hg, Pb, und Be bei 14 MeV Einschussenergie"*, *Kernenergie* 11 *(1976)241.*



C-I-1-FIGURE 1

Spectres d'émission de rayonnement gamma comparés pour des neutrons incidents de 13 MeV(W naturel). En pointillés : Spectre calculé avec GNASH. Données expérimentales de DICKENS [10].



C-I-1-FIGURE 2

Spectres d'émission des neutrons secondaires comparés pour une énergie incidente de 14,6 MeV sur ^{184}W.

◆ Résultats expérimentaux

---- ENDF/BV

____ Nos calculs.

C-I-2-EVALUATION COMPLETE DES SECTIONS EFFICACES DU ^{209}Bi.

(O. BERSILLON, C. PHILIS, N. VERGES).

COMPLETE CROSS SECTION EVALUATION FOR ^{209}Bi FROM 10^{-5} eV TO 20 MeV.

New evaluation of neutron induced cross sections on ^{209}Bi has been started for the full energy range 10^{-5}eV - 20 MeV. A careful study of the resonance region led to a consistent set of resonance parameters. The 0.265 - 20 MeV energy region is under evaluation with the help of nuclear models to take into account statistical and direct process.

L'évaluation des sections efficaces neutroniques et de production de rayonnement γ du ^{209}Bi a été entreprise dans la gamme d'énergie 10^{-5}eV-20 MeV. Le nombre important de données expérimentales disponibles (≈ 15000) ne permet pas à lui seul de constituer cette évaluation qui doit alors être complétée par des calculs, tant dans la région des résonances résolues (10^{-5}eV - 265 keV) que dans la zone statistique(265 keV - 20 MeV).

- Région des résonances résolues.

Une évaluation complète des paramètres de résonances a été faite. Bien que les sections efficaces calculées à partir de ces paramètres soient d'une façon générale en accord avec les résultats expérimentaux (Fig.1) il subsiste néanmoins quelques désaccords locaux à régler. Les paramètres de densité de niveaux ont été spécialement déterminés sur la base des résultats expérimentaux.

- Zone d'énergie supérieure.

L'ajustement des paramètres du modèle optique sphérique a été fait suivant la méthode SPRT en s'appuyant essentiellement sur les données de section efficace totale entre 700 keV et 150 MeV [1] et de distributions angulaires élastiques entre 5 et 24 MeV [2].
Les figures 2 et 3 illustrent l'accord entre les valeurs calculées et expérimentales.

Le jeu de coefficients de transmission obtenu a ensuite permis de calculer les sections efficaces élastique, inélastiques (10 niveaux)

et de capture à l'aide du code COMNUC [3] jusqu'à 7,5 MeV [seuil de la réaction(n,2n)]et du code GNASH [4] pour les énergies supérieures.

Des calculs DWBA sont en cours pour tenir compte des effets directs pour certaines sections efficaces inélastiques.

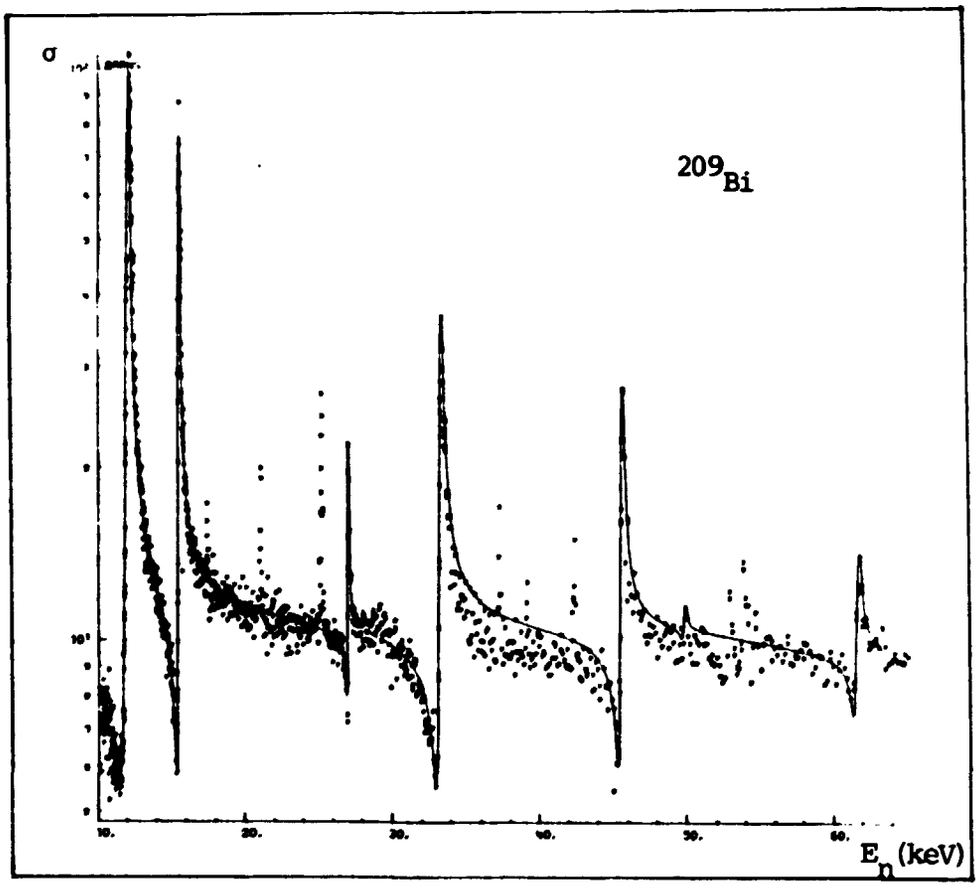
REFERENCES

[1] - S.CIERJACKS et al., *Rapport KFK 1000(1968).*

[2] - G.HAOUAT, *Communication privée(1980).*

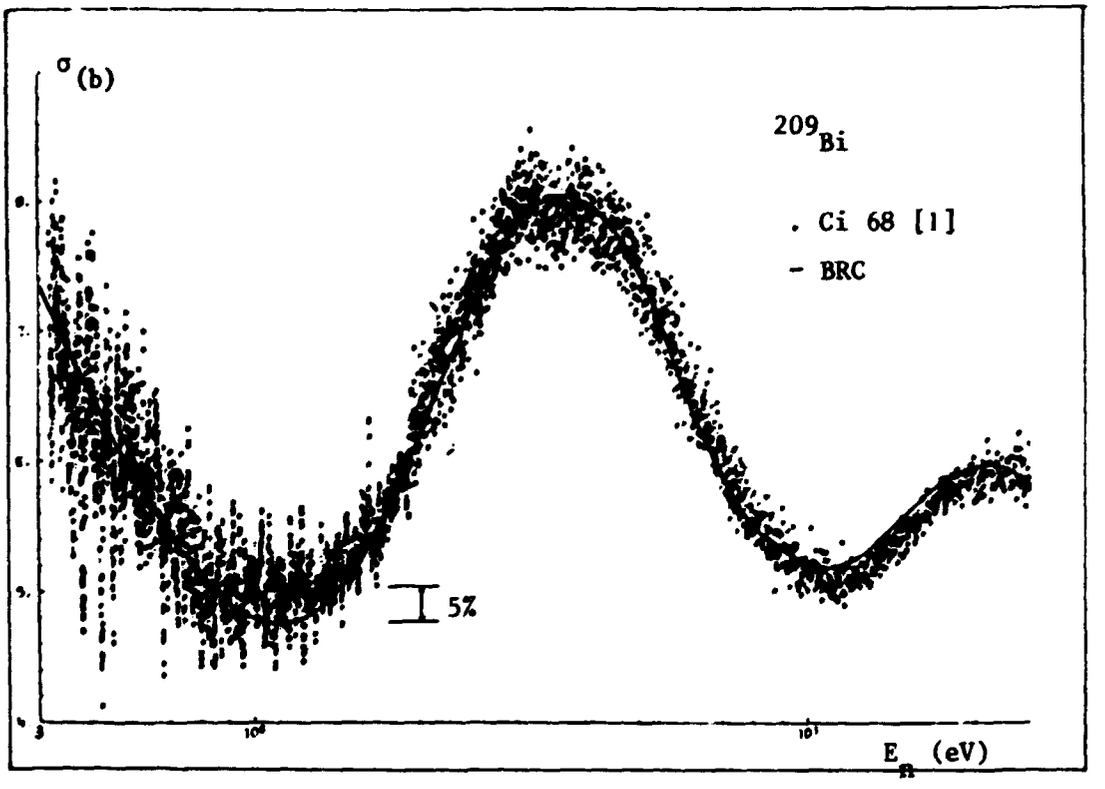
[3] - C.L.DUNFORD, *"A Unified Model for Analysis of Compound Nucleus Reactions", Atomics International report AI-AEC-12931(Juillet 1970).*

[4] - P.G.YOUNG and E.D.ARTHUR, *"GNASH" A Preequilibrium Statistical Nuclear Model Code for Calculations of Cross Sections and Emission Spectra , LOS ALAMOS Scientific Laboratory, report LA-6947(Nov.1977).*



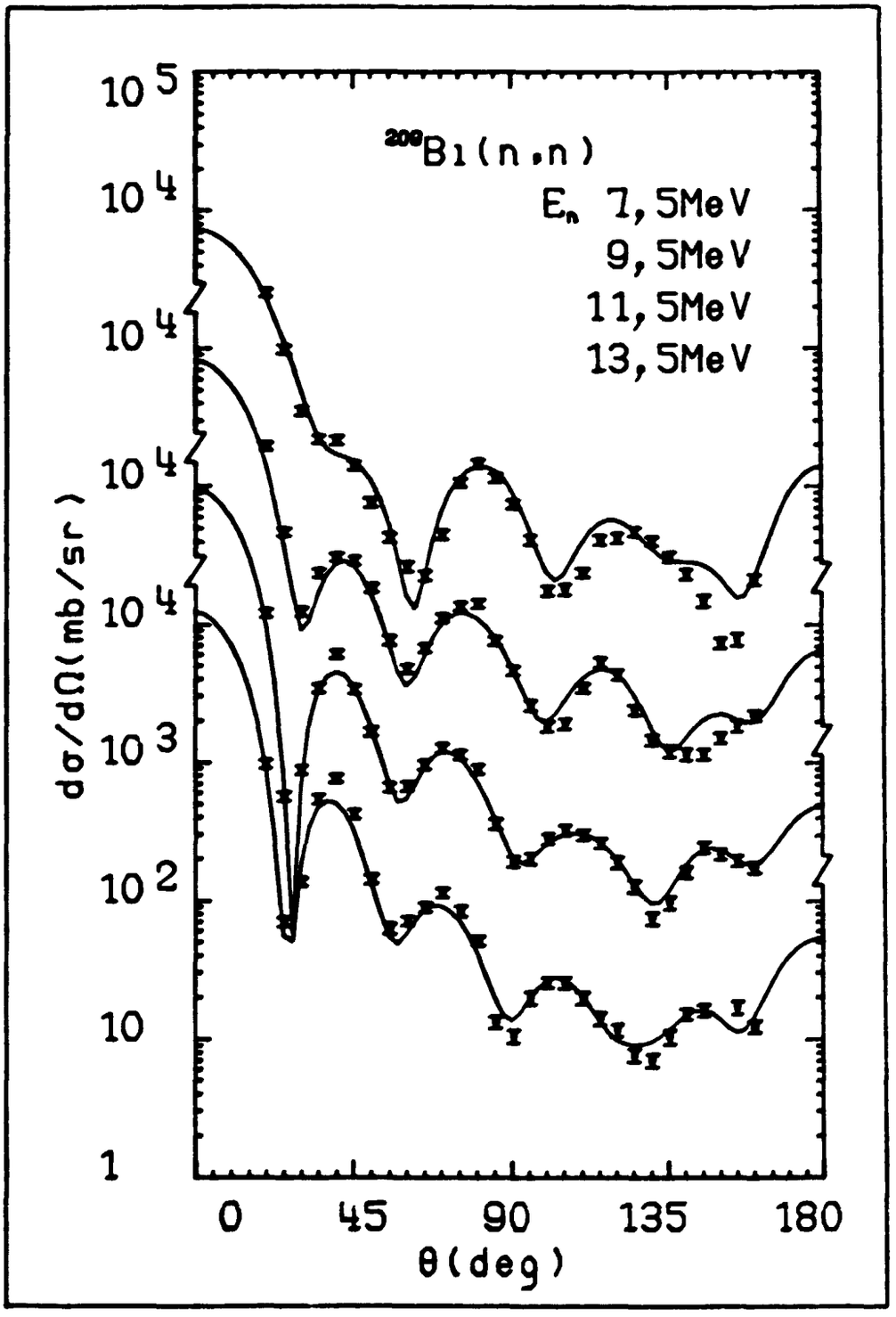
C-I-2-FIGURE 1

Comparaison entre les résultats expérimentaux et les données calculées (ligne continue) à partir des paramètres de résonances (pour $\ell = 0$) de 0,8 à 265 keV, pour la section efficace totale de ^{209}Bi.



C-I-2-FIGURE 2

Section efficace totale de ^{209}Bi entre 3 et 50 MeV : comparaison des résultats expérimentaux [1] avec nos calculs (ligne continue).



C-I-2-FIGURE 3

Comparaison des résultats expérimentaux de distribution angulaire [2] *avec nos calculs (ligne continue).*

C-I-3-EVALUATION COMPLETE DES SECTIONS EFFICACES NEUTRONIQUES DE ^{85}Rb ET ^{87}Rb DE 10^{-5} eV A 20 MeV : EVOLUTION.

(G. SIMON, A. PRINCE*, E. LALIE**).

COMPLETE CROSS SECTION EVALUATION FOR ^{85}Rb AND ^{87}Rb FROM 10^{-5} eV TO 20 MeV : PROGRESS.

Since the publications [1,2,3] of the preliminary evaluation, new calculations are in progress :
- capture cross section and angular distributions at BNL,
- neutron emission spectra for (n,n') and (n,2n) reactions at BRC.

L'évaluation des sections efficaces des Rb stables ayant déjà été présentée dans les références [1],[2],[3], nous ne rapporterons ici que l'évolution de cette étude durant le dernier semestre 1980.

Elle se résume en trois points :

- de nouveaux calculs de sections efficaces de capture et de distributions angulaires sont en cours au Centre de Brookhaven,
- de nouveaux calculs, dans le système du laboratoire, des spectres en énergie des neutrons issus des réactions (n,2n) et (n,n') ont également été réalisés à BRC à l'aide du code SPEC 6G (cf. C-II-4) [4]. La figure 1 donne les spectres obtenus pour la réaction $^{85}Rb(n,2n)^{84}Rb$ pour diverses énergies incidentes,
- l'assemblage définitif de l'ensemble des données relatives à cette évaluation complète est en cours au Centre de Brookhaven.

* *Collaborateur Temporaire Etranger, BROOKHAVEN (USA).*
** *Stagiaire Ecole Polytechnique Féminine.*

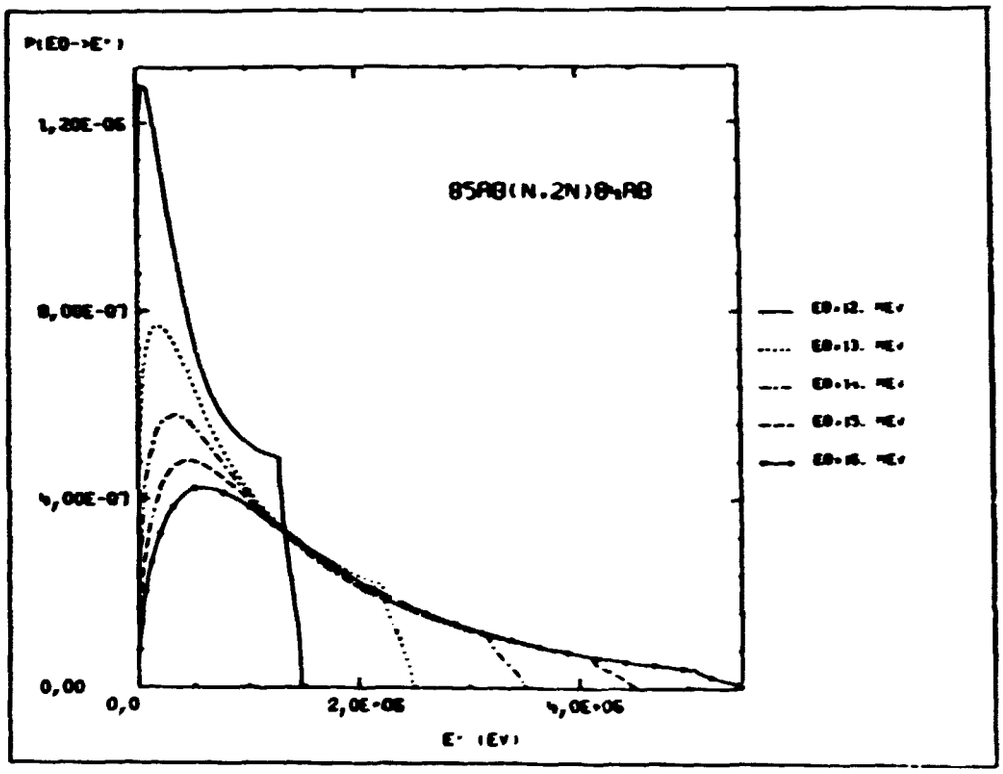
REFERENCES

[1] - E. LALIE, G. SIMON, C. PHILIS, *Note P2N-680/79.*

[2] - G. SIMON, A. PRINCE, E. LALIE, N. VERGES, D. THIERRY, *Note CEA-N-2134 (1980), NEANDC (E) 212/L, INDC (FR) 38/L (1980), p. 148.*

[3] - G.SIMON, A.PRINCE, E.LALIE, *Note CEA, à paraître (1981).*

[4] - G.SIMON, *Rapport CEA, à paraître (1981).*



C-I-3-FIGURE 1

Spectres des neutrons secondaires émis lors de la réaction $^{85}Rb(n,2n)^{84}Rb$ calculés avec le code SPEC 6G [4] pour cinq énergies de neutrons incidents : 12, 13, 14, 15 et 16 MeV.

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

SYNTHESIS OF RECENT WORKS PERFORMED AT BRC ON ACTINIDE NUCLEAR DATA.

A number of experimental, theoretical and evaluation works performed at BRC on actinide nuclear data have been gathered in the report [1]. Some of the evaluation works have been started in the framework of an IAEA-BRC research agreement for the period going from April 1st 1979 to March 31st 1980.

Dans le rapport [1] ont été rassemblés un certain nombre de travaux réalisés récemment à Bruyères-le-Châtel et portant sur la mesure, le calcul, et l'évaluation de données nucléaires neutroniques relatives aux Actinides. Un aperçu préliminaire de ces travaux [2] a été donné au 3ème Meeting du "Projet de Recherche Coordonnée AIEA - NDS sur l'Intercomparaison des Evaluations des Données Nucléaires Neutroniques des Actinides", qui s'est tenu à Vienne les 12 et 13 Juin 1980 [3]. En ce qui concerne plus spécialement les évaluations des sections efficaces, certaines des études ont été initiées dans le cadre d'un Accord de Recherche AIEA - BRC pour la période de 1er Avril 1979 au 31 Mars 1980.

- Un point est fait sur les mesures suivantes :
  - . $\bar{\nu}$ de fission, et quantités reliées($\bar{E}_\gamma$,P(ν),..), pour un grand nombre d'actinides, et leur utilité comme base pour une évaluation semi-empirique dans le cas de la fission induite par neutrons d'énergie inférieure à 15 MeV,
  - . Sections efficaces de fission absolues (cf.aussi Chap.B-II-7 de ce rapport).
  - . Sections efficaces(n,2n) et (n,3n) (cf.aussi Chap.B-II-8 de ce rapport).
  - . Diffusions élastiques et inélastiques de neutrons, et leur utilité pour l'évaluation des déformations nucléaires(cf.aussi Chap.B-I-6 de ce rapport).
  - . Données expérimentales liées au processus(n,γf) dans les résonances

induites par neutrons lents, et leur utilité pour l'évaluation de largeurs $\Gamma_{\gamma f}$.
Section efficace de fission de ^{231}Pa, avec une interprétation théorique préliminaire de la structure intermédiaire à basse énergie (voir aussi Chap.B-III-3 de ce rapport).

- En ce qui concerne les travaux d'évaluation proprement dits, les points suivants sont développés :

  évolution du système SYNOPSIS de compilation et d'intercomparaison de données(voir aussi Chap.C-II-2 de ce rapport),

  progrès dans la paramétrisation et l'utilisation des modèles optique et statistique dans la région des Actinides. En particulier une nouvelle procédure d'évaluation appelée "méthode du noyau pair-pair fictif" est présentée(en collaboration avec LASL) qui permet de gagner un temps de calcul appréciable dans l'application du modèle optique en voies couplées aux noyaux cibles de masse impaire. L'utilisation de cette méthode est décrite pour la cible ^{241}Pu (voir aussi Chap.C-I-5 et C-III-3 de ce rapport),

  mise au point, demandée au 2ème Meeting CRP sur les données des Actinides [4], faite par Ch.LAGRANGE sur les résultats comparés de l'utilisation des potentiels optiques sphériques et déformés dans la région des Actinides. Il est démontré que les calculs en voies couplées, bien que plus onéreux, sont les seuls recommandables pour la prédiction de sections efficaces suffisamment réalistes. Cependant, pour éviter de faire de tels calculs pour chaque cible, il est démontré qu'une interpolation peut être faite avec succès des résultats obtenus par voies couplées sur quelques Actinides bien choisis.

- Enfin, concernant l'application des méthodes théoriques microscopiques, quelques premiers résultats sont donnés de calculs de propriétés de déformation de plusieurs Actinides à partir des méthodes type HARTREE - FOCK - BOGOLYUBOV avec utilisation de la force effective D1. De tels calculs sont étendus dans toute la région des Actinides.

REFERENCES

[1] - *Rapport NEANDC(E)2II"L", INDC(FR)41/L (à paraître).*

[2] - *Rapport interne P2N-442/80 (Mai 1980).*

[3] - *Rapport INDC(NDS)-119 (Oct.1980).*

[4] - *Rapport INDC(NDS)-104 (Juillet 1979).*

C-I-5-EVALUATION DES DONNEES NUCLEAIRES NEUTRONIQUES DU ^{241}Pu DANS LA GAMME D'ENERGIE 10 keV - 20 MeV.

(Ch. LAGRANGE, O. BERSILLON, D. MADLAND*).

CROSS SECTION EVALUATION FOR ^{241}Pu FROM 10 keV TO 20 MeV.

An evaluation of neutron induced cross sections for ^{241}Pu has been started. As few experimental data exist for this nucleus, calculations are mainly based on the data of neighbouring nuclei.

Comme il n'existe que peu de données expérimentales relatives aux sections efficaces neutroniques du ^{241}Pu, l'évaluation de ces données est essentiellement basée sur les résultats de modèles nucléaires. Les calculs en modèle statistique ont été obtenus à l'aide du programme COMNUC-V, en utilisant les paramètres de fission de B.BACK et al. [1], la largeur radiative moyenne et l'espacement de niveaux de la réf. [2], ainsi que le schéma de niveaux discrets déduit du travail de ELZE et HUIZENGA [3]. Les coefficients de transmission nécessaires ont été obtenus par un calcul en voies couplées dont les paramètres ont été déterminés de façon à reproduire les valeurs recommandées des fonctions forces d'onde s et p [4] et la section efficace totale du noyau voisin ^{242}Pu [5]. Ces paramètres sont regroupés dans la Table I. En s'appuyant sur une suggestion de NIX [6], les valeurs des paramètres de déformation β_2 et β_4 ont été obtenues par une moyenne entre les valeurs calculées pour ^{240}Pu et ^{242}Pu [6], et utilisées dans la "méthode du noyau pair-pair fictif " [7] dont les niveaux excités seraient $E_x(2^+)$ = 35,8 keV et $E_x(4^+)$ = 119 keV. L'accord obtenu avec les valeurs recommandées à basse énergie [8] est reporté dans la Table II. La figure 1 présente la section efficace totale ainsi calculée et comparée aux évaluations de KONSHIN [9] et ENDF/BIV [10].

*Collaborateur Temporaire Etranger, LOS ALAMOS (USA).

REFERENCES

[1] - B.B.BACK et al., *Phys.Rev. C10(1974) 1948.*

[2] - *BNL-325, Third edition, Vol.1 - INDC (USA) -58/L (1973).*

[3] - Th.W.ELZE, J.R.HUIZENGA, *Phys.Rev.* C3 *(1971) 234.*

[4] - E.MENAPACE, M.MOTTA, A.VENTURA, *Rapport RT/FI (79) 5.*

[5] - M.MOORE et al., *Contribution à la conférence de KNOXVILLE(1979).*

[6] - R.NIX, *Communication privée.*

[7] - Ch.LAGRANGE, O.BERSILLON, *Contribution au rapport NEANDC(E) 2II"L", INDC(FR) 41/L (à paraître);* voir aussi *Rapport interne P2N-442/80 (Mai 80) , et Chap.C-I-4 du présent rapport.*

[8] - E.MENAPACE et al.,*CNEN report n°2114/CF (1979).*

[9] - V.A.KONSHIN et al., *Rapport INDC(CCP)-142/GJ (IAEA translation, 1980).*

[10] - *ENDF/BIV, MAT = 1266.*

Central réel	Volume imaginaire	Surface imaginaire	Spin-orbit
$v = 46 - 0,27E$	$W_v = + 0,12E$	$W_D \begin{cases} = 3,3+0,35E & E \leq 8 \text{ MeV} \\ = 6,56-0,06E & E \geq 8 \text{ MeV} \end{cases}$	$V_{so} = 0,0$
$r = 1,26,\ a = 0,63$	$r = 1,26,\ a = 0,63$	$r = 1,26,\ a = 0,520$	

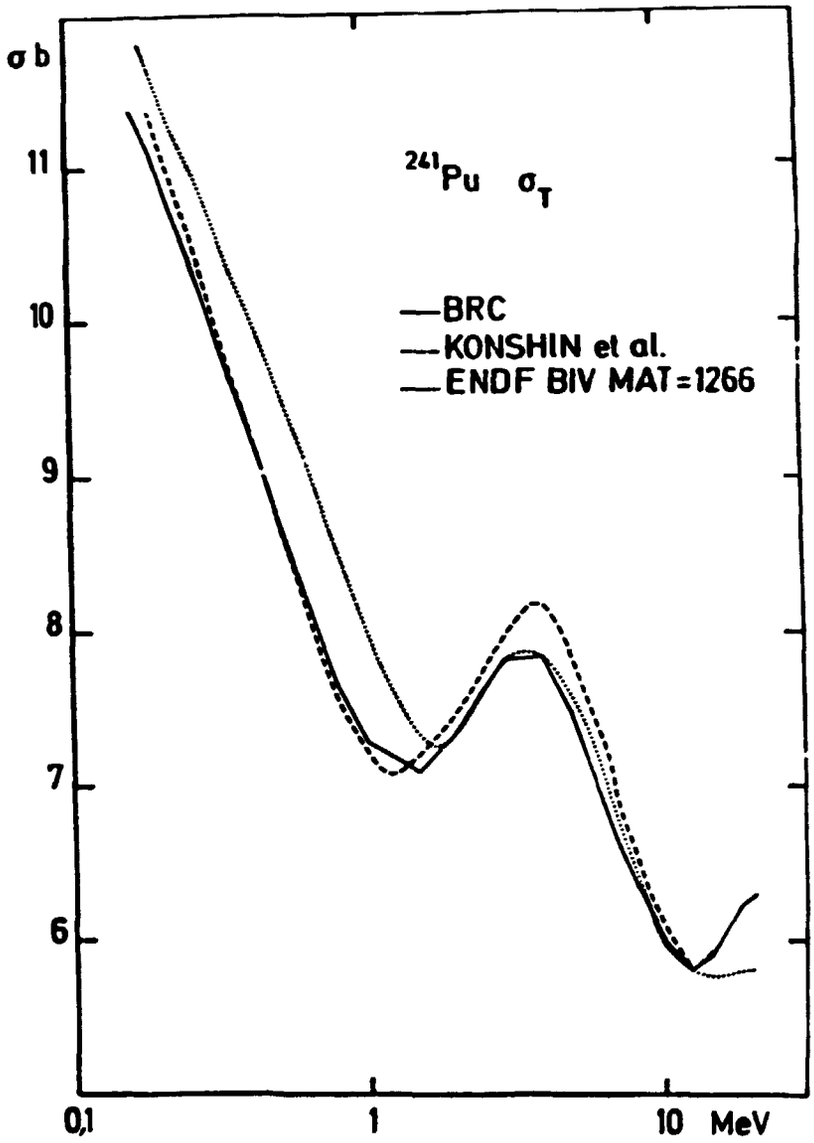
TABLEAU I

Paramètres du modèle optique - Les paramètres géométriques sont exprimés en fermis et les potentiels et énergies en MeV.

	S_0	S_1	R'
Evaluation (Réf. [8])	1,18	2,2	9,6
Calcul	1,12	2,36	9,26

TABLEAU II

Fonctions forces neutron (S_0, S_1) et rayon de diffusion (R') pour ^{241}Pu (les unités sont $10^{-4} eV^{-1/2}$ pour S_0 et S_1 et fermi pour R').



C-I-5-FIGURE 1

Sections efficaces totales évaluées [9,10] et calculées pour ^{241}Pu.

C-II-TRAITEMENT DES DONNEES

DATA PROCESSING

C-II-1-COMPILATION DE DONNEES SPECTROSCOPIQUES NUCLEAIRES.

(N. VERGES, O. BERSILLON, G. SIMON, C. PHILIS).

COMPILATION OF NUCLEAR SPECTROSCOPIC DATA.

Our spectroscopic data file has been completed updated for the following nuclei : $^{170-179}Lu$, $^{207-210}Bi$, $^{180-186}W$, $^{85-87}Rb$, ^{63}Cu, ^{63}Zn.

Le fichier de données spectroscopiques nucléaires utilisé principalement dans les calculs faits à l'aide de modèles nucléaires a fait l'objet de nouvelles mises à jour en 1980. C'est ainsi que les spins, parités, périodes des niveaux fondamentaux et excités de 28 noyaux représentant un total d'environ 800 niveaux différents ont été évalués et compilés. Les isotopes concernés par cette révision/addition de la bibliothèque de niveaux sont essentiellement : $^{170-179}Lu$, $^{207-210}Bi$, $^{180-186}W$, $^{85-87}Rb$, ainsi que ^{63}Cu et ^{63}Zn.

C-II-2-SYNOPSIS, OUTIL INTERACTIF D'EVOLUTION DE DONNEES NUCLEAIRES.

(M. COLLIN, D. COTTEN, R. PERRIER, G. SIMON, L. MATHIEU, O. BERSILLON, C. PHILIS).

SYNOPSIS, AN INTERACTIVE SYSTEM FOR NUCLEAR DATA EVALUATION.

Our interactive system for nuclear data evaluation : SYNOPSIS, has been extensively improved during 1980.
1-An experimental data file "MINI", shared between several users is now implemented. Data in this file can be compared with the evaluated data.
2-Graphical display has been extended to allow for angular distributions and spectra.

Sur la base des principes définis en 1978 [1] et à partir des programmes opérationnels en 1979 [2] nous avons développé le système SYNOPSIS dans de multiples directions, visant à mettre à disposition de l'évaluateur (cf.figure 1) :

- un accès direct sur chaque ensemble de données à traiter,
- la disposition dans le programme interactif de comparaison de tous les outils numériques existants et dont le temps de calcul et les ressources nécessaires sont acceptables sur MITRA 125.

En 1980, notre activité s'est donc diversifiée :

1-Un système "MINI" de gestion des données à caractère temporaire (expérimentales ou calculées pour une évaluation donnée), prenant place à côté du système "RAPIDE" (Recherche Accélérée Par Index des Données Evaluées), a été élaboré, afin de permettre à un ou plusieurs utilisateurs de gérer leurs données propres(chargement-correction-lecture) sans gêne réciproque.

Les programmes de comparaison, visualisation et tracé, prennent en charge ces données exactement comme les données évaluées.

2-<u>Extension des données évaluées disponibles.</u>

2-A-Chargement de nouvelles librairies.

Le chargement de KEDAK est effectué, celui de JENDL est envisagé après résolution des problèmes d'espace disque disponible.

D'autre part le stockage dans "RAPIDE" des évaluations émises par le laboratoire permettra une gestion plus facile des révisions éventuelles.

2-B-Mise à disposition des programmes de traitement adaptés aux nouveaux formats. Ce travail est prévu en 1981 pour l'utilisation des données KEDAK.

2-C-Problèmes d'espace disque disponible, évoqués dans 2-A.

L'étude préliminaire étant faite, les modifications de programmes seront testées dès réception du disque de 300 Megaoctets attendu dans le 1er Semestre 1981.

3-Traitement des différents types de données nucléaires.

Les codes de traitements séparés ont été re-écrits sous forme de modules pour être intégrés dans le programme de comparaison/visualisation :

3-A-du programme de traitement des distributions angulaires, y compris le changement de référence Centre de Masse/laboratoire [3],

3-B-du programme de traitement SPECT des sections efficaces différentielles en énergie des neutrons secondaires [4],

4-Généralisation des programmes de visualisation et tracé.

La visualisation des données expérimentales nous a conduit à prendre en charge la représentation des barres d'erreur symétriques ou non sur les 2 axes.

La représentation des lots de données peut s'effectuer maintenant selon 3 modes(nuage de points, courbe ou histogramme), la représentation en histogramme étant incompatible avec celle des barres d'erreur.

5-Etude d'une version transposable de "SYNOPSIS".

Plusieurs laboratoires ne disposant pas de MITRA 125 sont interessés par le système "SYNOPSIS".

La version actuelle étant par construction adaptée spécifiquement au calculateur MITRA 125, une version transposable sur IBM est à l'étude.

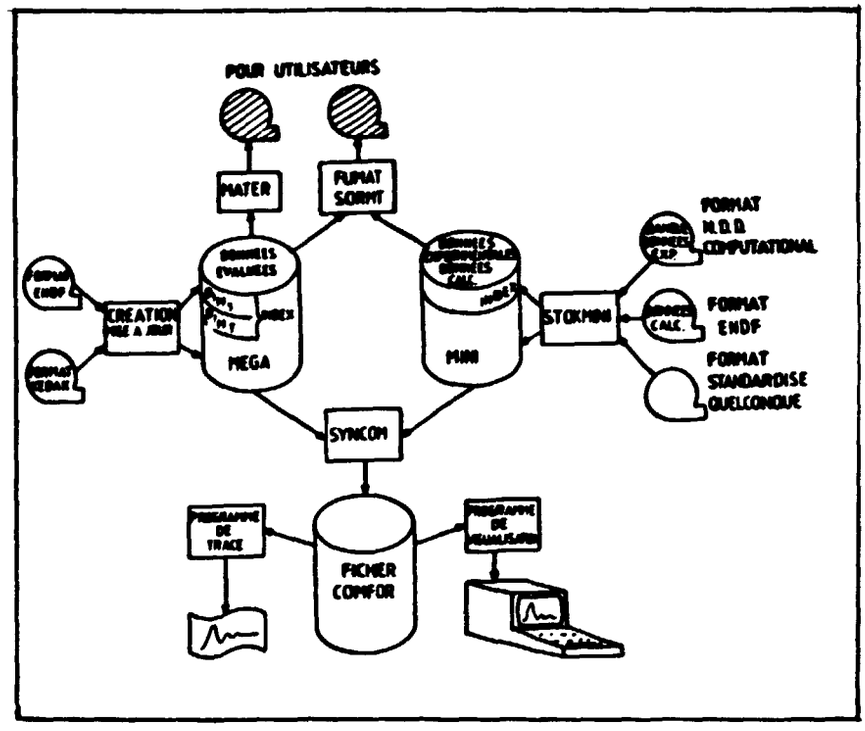
REFERENCES

[1] - M.COLLIN et al., *"SYNOPSIS , an interactive nuclear data evaluation file interface and maintenance system" NEANDC(E) 207/"L" INDC(FR) 37/L (Janvier 1980)*; pour une réactualisation, voir aussi le rapport *"Progress Report of recent works on actinide nuclear data at BRC", NEANDC(E) 211"L", INDC(FR) 41/L(à paraître)*; voir aussi chap.C-I-4 du présent rapport.

[2] - *Compte Rendu d'Activité 1979, CEA-N-2134(Juin 1980), chap.*C-II-2, p.160.

[3] - *Compte Rendu d'Activité 1979, CEA-N-2134(Juin 1980), chap.*C-II-8, p.177.

[4] - *Compte Rendu d'Activité 1979, CEA-N-2134(Juin 1980), chap.*C-II-6, p.173; voir aussi le présent rapport, chap.C-II-4.



C-II-2-FIGURE 1

Développement actuel du Système SYNOPSIS.

C-II-3-MULTIP : PROGRAMME INTERACTIF DE DEPOUILLEMENT DE RESULTATS.

(M. COLLIN).

MULTIP : AN INTERACTIVE DATA PROCESSING CODE TO ANALYSE MULTIPARAMETER RESULTS.

L'importance des sorties de certains calculs nous a incité à utiliser les programmes de visualisation SYLVIE et de tracé TRCOMF pour le dépouillement des résultats, la sortie sous forme graphique rendant plus facile l'interprétation.

Un programme MULTIP permet la sélection des données, éventuellement pour un ensemble de paramètres donnés, et sa transcription en format COMFOR, ce qui permet la gestion du lot de données concerné par SYNOPSIS (visualisation-tracé-stockage dans MINI-intercomparaison).

C-II-4-SPEC 6G : UNE VERSION CORRIGEE ET GENERALISEE DU CODE SPEC 5.

(G. SIMON).

SPEC 6G : A CORRECTED AND GENERALIZED VERSION OF THE SPEC 5 CODE.

SPEC 6G is a corrected and generalized version of SPEC 5 which is a code calculating in the LAB system the secondary neutron energy spectra resulting from(n,2n) or (n,n'$_c$) reactions. Angular distribution and energy spectrum in the residual nucleus referential are assumed to be known for each neutron emission.

Le programme SPEC 5 permet moyennant les hypothèses présentées dans [1,2], de calculer, dans le système du laboratoire, le spectre en énergie des neutrons émis lors d'une réaction(n,2n) ou (n,n'$_{continuum}$), connaissant, dans les référentiels liés aux noyaux émetteurs en recul, le spectre en énergie et la distribution angulaire du ou de chacun des neutrons émis. Ce programme génère, dans le format ENDF, la file"5" correspondante, sortie pouvant alors être reprise par le code de traitement SPECT [3,4].

Par rapport à la précédente version, SPEC 6G, corrigé de plusieurs erreurs de programmation, a été généralisé dans les directions suivantes :

1-Une option permettant la création automatique, pour chaque énergie incidente, de la grille des énergies de sortie, lui a été ajoutée.

2-Dans les référentiels des noyaux émetteurs, quatre options sont maintenant utilisables pour décrire les spectres en énergie des neutrons émis :
- Spectre d'évaporation
- Spectre de Maxwell
- Spectre de Watt avec ou sans dépendance énergétique des paramètres.

3-Dans ces mêmes référentiels, les distributions angulaires peuvent être soit équiprobables, soit décrites par les coefficients de leurs développements en polynômes de Legendre.

<u>REMARQUE</u> : *La structure modulaire de ce code autorise très facilement l'addition d'options permettant l'utilisation de spectres en énergie tabulés (les sous-programmes pourraient aisément être extraits du programme SPECT [3,4]) et de distributions angulaires également tabulées.*

4-Enfin, une option de calcul sans cinématique a également été introduite ; ce calcul est basé sur la méthode présentée par ODETTE dans la réf. [5].

Les figures 1, 2 et 3 permettent de comparer, pour trois énergies des neutrons incidents proches du seuil de la réaction $^{85}Rb(n,2n)^{84}Rb$, les spectres obtenus sans cinématique à ceux calculés, pour les différentes distributions angulaires présentées sur la figure 4, avec cinématique.

Les caractéristiques de ces différents spectres sont récapitulées dans le Tableau I.

Ces cas d'école montrent clairement la dépendance des spectres en énergie en fonction des distributions angulaires et laissent présager que, dans certaines conditions, les corrections d'efficacité réalisées pour tenir compte de différences de spectre peuvent être erronées au voisinage des seuils.

Dans l'avenir nous envisageons donc d'étendre ce code à l'étude des spectres en énergie des neutrons et des fragments de fission. En effet les énergies cinétiques mises en jeu dans ce cas sont bien plus importantes que dans le cas d'une réaction (n,2n) ou (n,n'_c) induite par des neutrons ayant une énergie d'une dizaine de MeV.

D'autres extensions peuvent également se concevoir :

- traitement des particules chargées,
- calculs des distributions en angles et en énergies donnant alors accès aux sections efficaces différentielles : $\frac{d^2\sigma}{d\theta dE}$.

REFERENCES

[1] - G. SIMON, *Contribution au Compte Rendu Annuel pour 1979, CEA-N-2134 (1980), p. 169.*

[2] - G. SIMON, *Rapport CEA (à paraître).*

[3] - G. SIMON, E. LALIE, R. PERRIER, *Contribution au Compte Rendu Annuel pour 1979, CEA-N-2134 (1980), p. 173.*

[4] - E. LALIE, G. SIMON, C. PHILIS, *Note interne n° P2N-680/79 du 3.08.1979.*

[5] - G.R. ODETTE, *Trans. Am. Nucl. Soc. 45 (1972) 464.*

E_o MeV	Caractéristiques distributions angulaires dans C.D.M.	E'min eV	E'max eV	< E' > eV
10,599 Fig. 1	Sans cinématique	0	5,662 E + 2	2,512 E + 2
	1er neutron Equiprobable (1 EQ) 2e neutron Avant (1 AV)	2,081 E + 2	3,846 E + 3	2,060 E + 3
	1er neutron Equiprobable (1 EQ) 2e neutron Arrière (1 AR)	2,081 E + 2	3,846 E + 3	1,349 E + 3
10,7 Fig. 2	Sans cinématique	0	9,921 E + 4	4,339 E + 4
	1er neutron Equiprobable (1 EQ) 2e neutron Avant (1 AV)	0	1,249 E + 5	4,975 E + 4
	1er neutron Equiprobable (1 EQ) 2e neutron Arrière (1 AR)	0	1,249 E + 5	4,026 E + 4
11 Fig. 3	Sans cinématique	0	3,922 E + 5	1,679 E + 5
	1er neutron Equiprobable (1 EQ) 2e neutron Avant (2 AV)	0	4,425 E + 5	1.788 E + 5
	1er neutron Equiprobable (1 EQ) 2e neutron Arrière (2 AV)	0	4,425 E + 5	1,600 E + 5

TABLEAU I

Caractéristiques des spectres donnés par les figures 1, 2 et 3.

LEGENDE DES FIGURES 1, 2, 3.

Comparaison des spectres en énergie des neutrons secondaires émis lors de la réaction $^{85}Rb(n,2n)^{84}Rb$ calculés, pour des neutrons incidents de 10,599 (Fig.1), 10,7 (Fig.2), et 11 MeV (Fig.3), à l'aide du programme SPEC 6G, et avec les hypothèses suivantes :

- *Dans les systèmes de noyaux émetteurs, le spectre des neutrons émit suit une loi d'évaporation.*
- *Dans les systèmes de noyaux émetteurs, les neutrons sont émis suivant différentes distributions angulaires présentées dans la figure 4.*

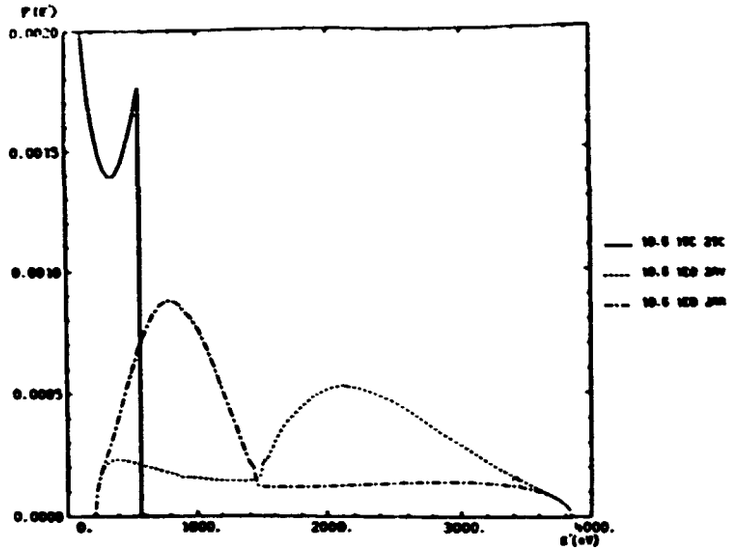
1)-Courbes ———— : sans cinématique.

2)-Courbes ———— : le 1er neutron est émis de façon équiprobable (DIST.EQ).

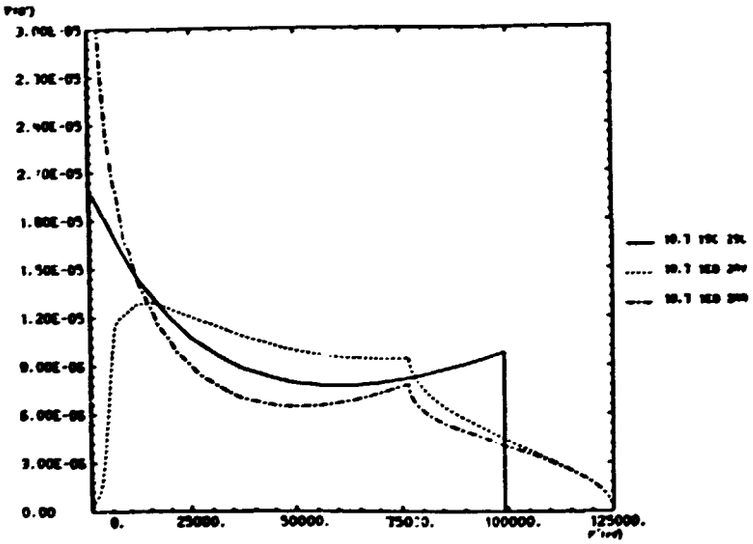
le 2ème neutron est émis vers l'avant (DIST.AV).

3)-Courbes — - — - — : le 1er neutron est émis de façon équiprobable (DIST.EQ).

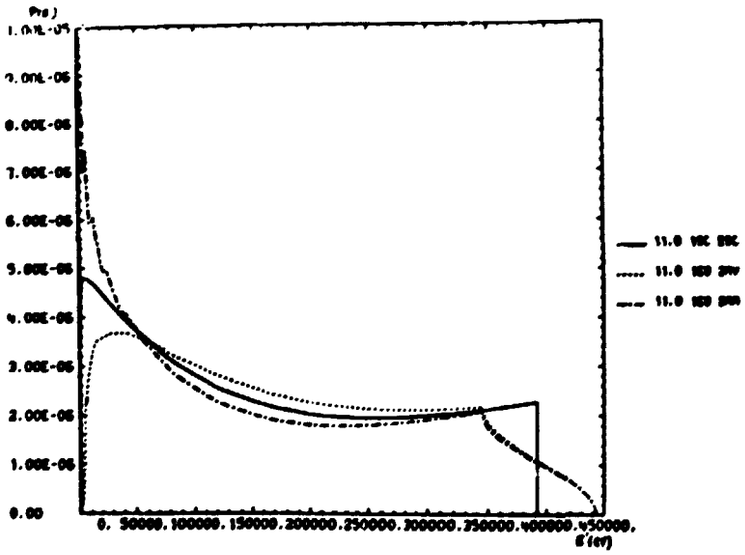
le 2ème neutron est émis vers l'arrière (DIST.AR).



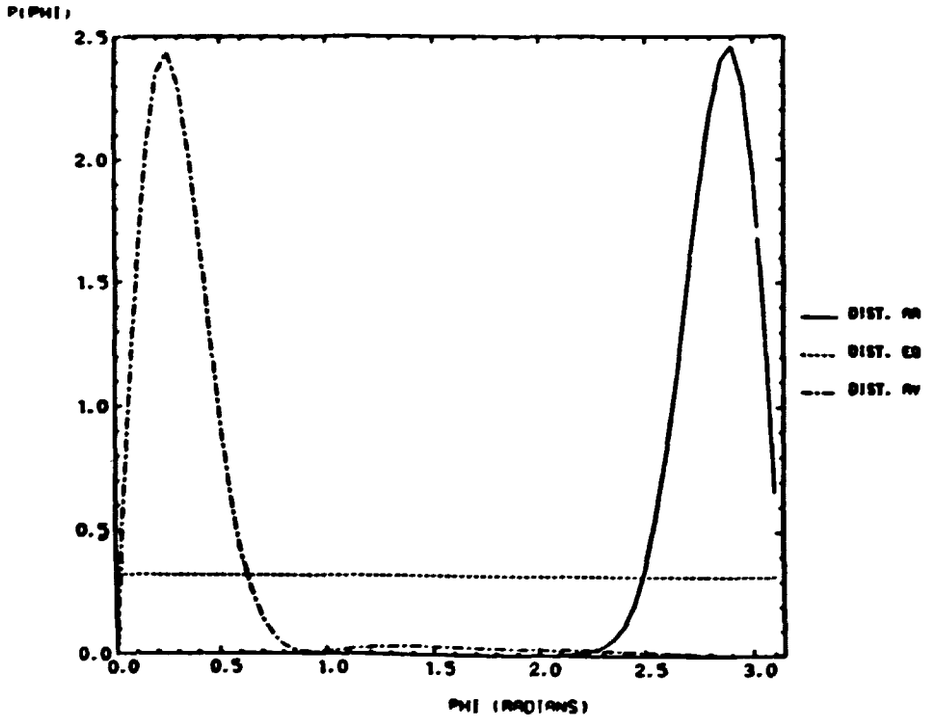
C-II-4- FIGURE 1



C-II-4-FIGURE 2



C-II-4-FIGURE 3



C-II-4-FIGURE 4

Comparaison des trois distributions angulaires utilisées pour nos calculs.

1)-Courbe ———— : distribution fortement piquée à l'arrière.

2)-Courbe - - - - - - : distribution Equiprobable.

3)-Courbe — - — - — : distribution fortement piquée à l'avant.

C-II-5-PARESG : CODE DE MISE EN EVIDENCE DES PROPRIETES STATISTIQUES DES NIVEAUX DANS LA REGION DES RESONANCES RESOLUES.

(G. SIMON).

PARESG : A CODE TO DISPLAY THE STATISTICAL PROPERTIES OF THE LEVELS IN THE RESOLVED RESONANCE REGION.

This code generates for the selected (L,J), and/or(L) and/or(J) states :
- *the corresponding level distribution,*
- *the observed mean level spacing* $<D>$,
- *the reduced spacing distribution* $P(D/<D>)$,
- *the associated WIGNER distribution,*
- *the reduced width integral distribution* $P(\Gamma_X/<\Gamma_X> > x)$
- *the fit of this distribution with one or several PORTER-THOMAS distributions.*

Ce programme, écrit en FORTRAN IV et opérationnel sur MITRA 125, permet, sur option, et pour un ou plusieurs des quatre ensembles suivants présentés sous le format ENDF [1]:

- états (L,J),
- états L(sans distinction de spin J),
- états J(sans distinction de spin L),
- tous les états(sans distinction ni de L, ni de J),

de générer :

1-La distribution des niveaux pris en compte,

2-l'ajustement d'une droite sur cette distribution conduisant à l'obtention de l'espacement moyen $<D>$ de ces niveaux,

3-la distribution des espacements réduits $D/<D>$,

4-la distribution de WIGNER associée à $<D>$,

5-la distribution ou la distribution intégrale, des largeurs $\Gamma_X/<\Gamma_X>$ ou des largeurs réduites $\Gamma^\circ_X/<\Gamma^\circ_X>$ ($\Gamma^\circ_X = \Gamma_X/\sqrt{E_n}$) rapportées à la largeur moyenne correspondante.

6-l'ajustement d'une ou plusieurs lois de PORTER et THOMAS sur cette distribution , donnant ainsi accès aux nombres effectifs de voies de sortie

Ces distributions, mises sur un fichier disque, peuvent être transformées en un fichier de format COMFOR [2] à l'aide du programme CFCOMF afin d'être visualisées, tracées et comparées à l'aide du programme EVMCA [3](*).

A titre d'illustration, les figures 1, 2, et 3 présentent pour ^{232}Th les distributions des niveaux, des espacements et des largeurs neutroniques, obtenues par ce traitement à partir des données contenues dans le fichier ENDF/BV.

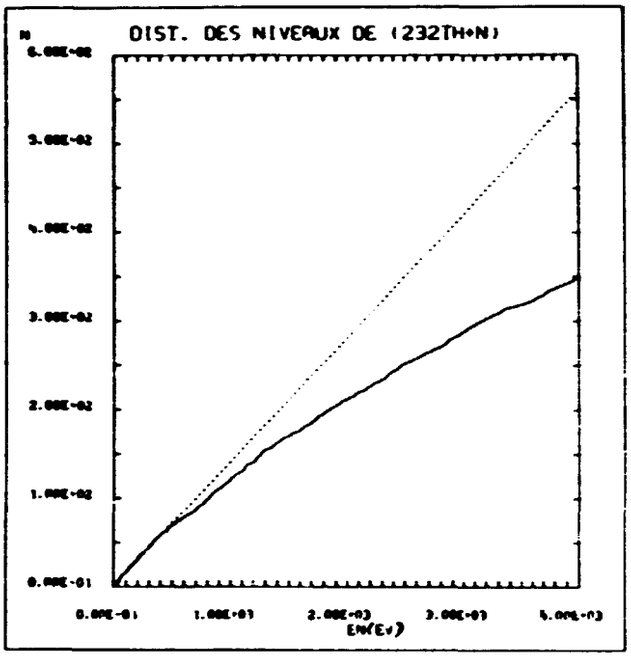
(*) (CFCOMF est un programme qui transforme les données présentées sous un format, en entrées sous format COMFOR [2]dans le but de visualisation).

REFERENCES

[1] - *Data formats and procedures for the evaluated data files, ENDF BNL-NCS 50496(1975) et révision(1978).*

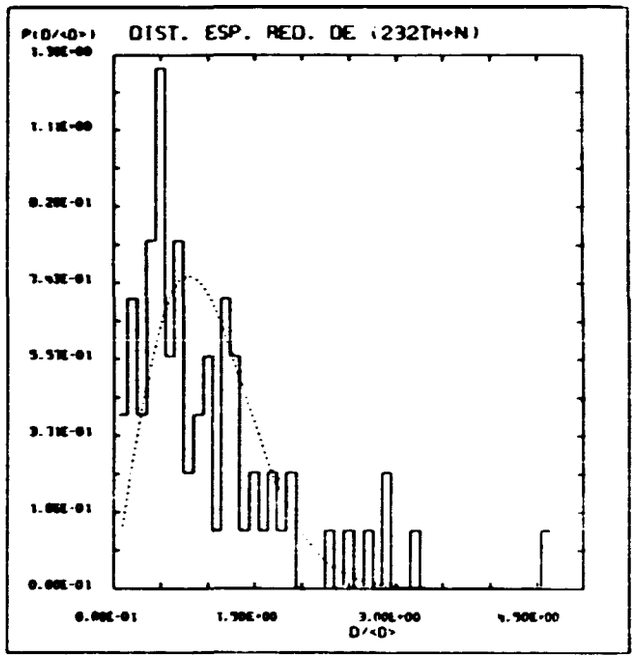
[2] - M.COLLIN et al., *"SYNOPSIS , an interactive nuclear data evaluation file interface and maintenance system", NEANDC(E) 207"L "_ INDC(FR) 37/L (Janvier 1980).*

[3] - R.PERRIER; *Communication privée 1980.*
R.PERRIER; *Note CEA, à paraître 1981.*



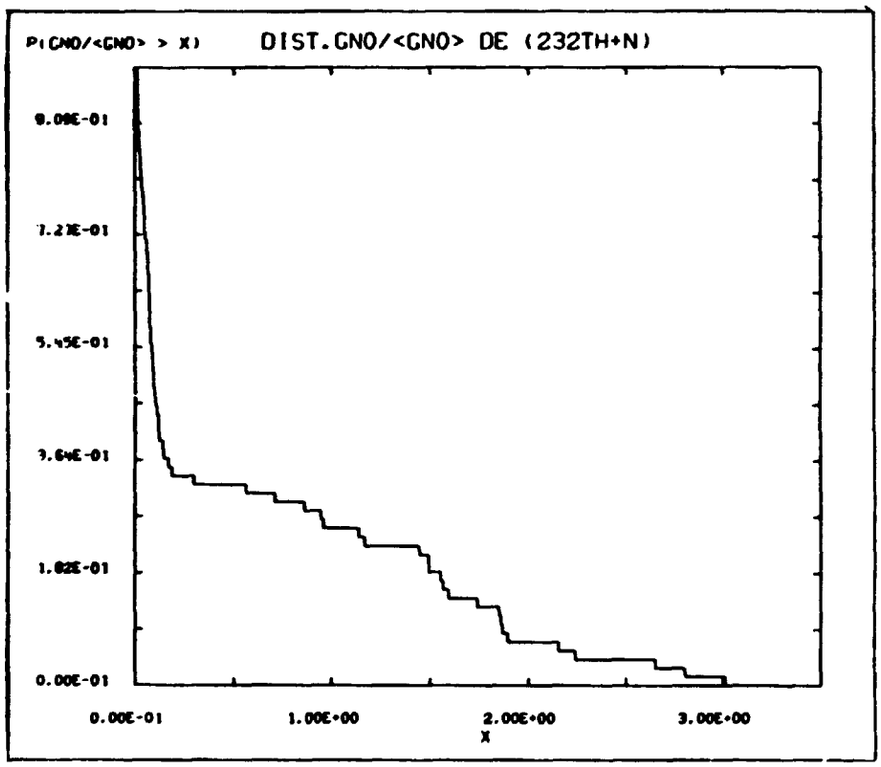
C-II-5-FIGURE 1

Distribution des niveaux de (^{232}Th + n) (histogramme) et lissage de celle-ci par une droite ajustée sur les niveaux d'énergie inférieure à 510,3 eV (---).



C-II-5-FIGURE 2

Distribution des espacements réduits des niveaux de (^{232}Th + n) d'énergie inférieure à 510,3 eV (histogramme) et distribution de WIGNER associée (---).



C-II-5-FIGURE 3

Distribution intégrale des largeurs neutroniques réduites des niveaux de (^{232}Th + n) d'énergie inférieure à 510,3 eV.

C-II-6-AMPX 2 : IMPLANTATION ET UTILISATION.

(D. COTTEN, M. COLLIN, C.A. PHILIS).

IMPLEMENTATION OF THE AMPX 2 CODE AT BRC.

AMPX 2, version récente du code AMPX(ORNL) a été implanté et testé aussi bien sur l'IBM 3033(CISI) que sur l'IBM 148 de l'UC B-III. Une bibliothèque de 105 groupes a commencé à être constituée. Des masses critiques de divers assemblages de matières fissiles ont été calculées grâce à ce code.

C-II-7-MODIFICATIONS ET TESTS DU CODE EVGRP.

(G. SIMON, R. PERRIER).

MODIFICATIONS AND TESTS IN THE EVGRP CODE.

The code EVGRP which processes the ENDF photo-production data files has been modified. Entries have been simplified, and three processing options have been added. This new version has been successfully tested on the ENDF/BV files.

Rappelons que le code EVGRP [1,2] a pour objet le traitement des données de production photonique contenues dans les fichiers de type ENDF.

Afin de simplifier l'utilisation de ce programme, très bientôt disponible, et d'en augmenter l'efficacité, nous avons :

- modifié les entrées, supprimant ainsi certaines redondances,
- introduit trois options d'utilisation :

1)-calcul de sections efficaces de production gamma,

2)-mise en groupes neutron-gamma des sections efficaces de production gamma, des multiplicités et abondances relatives des différents photons,

3)-traitement particulier des spectres gamma continus.

Cette version définitive, testée avec succès sur des fichiers ENDF/BV - en particulier pour ^{93}Nb (MAT = 1189, MT = 102) - est en cours de publication [2].

REFERENCES

[1] - G. SIMON, R. PERRIER, *Compte-Rendu Annuel pour 1979, Note CEA-N-2134 (Juin 1980), p. 178.*

[2] - G. SIMON, R. PERRIER, *Rapport CEA, (à paraître).*

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

C-III-1-MODELE STATISTIQUE ET BARRIERES DE FISSION A 3 MAXIMUMS.

(J. GUILLOT*, J. JARY, S. PLATTARD).

STATISTICAL MODEL AND THREE HUMPED FISSION BARRIERS.

The calculation of penetrabilities through three-humped-fission barriers have been put into a statistical model code. Applications to the $^{231}Pa(n,f)$ reaction have been made.

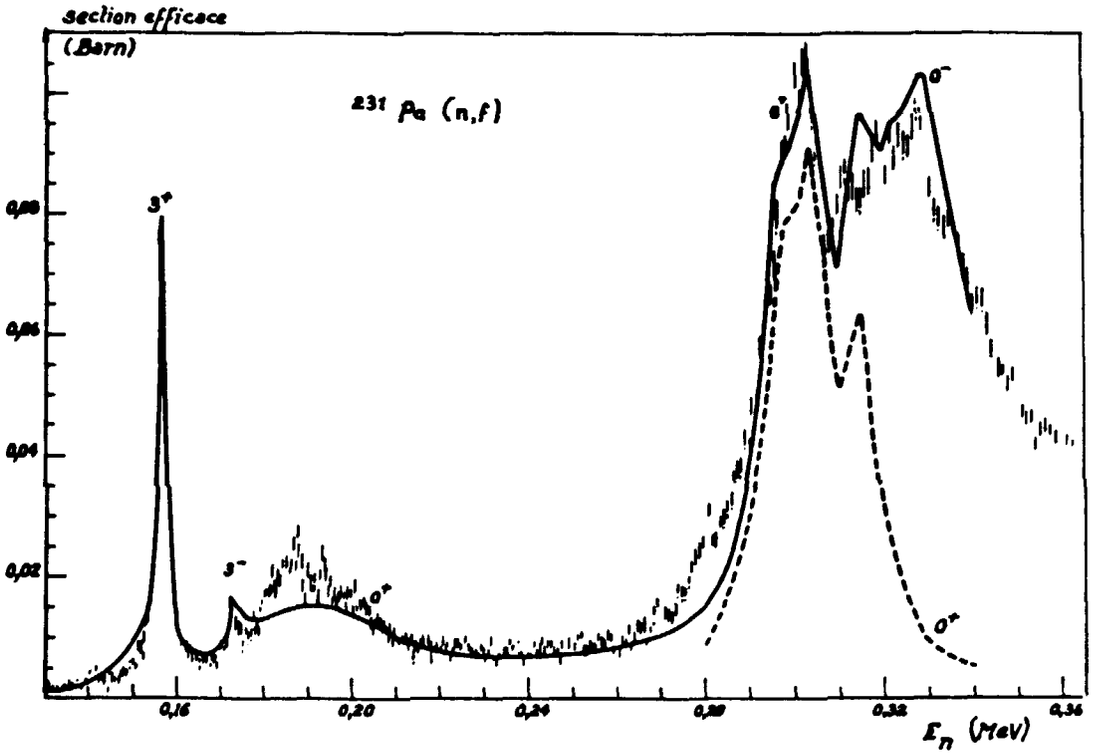
Le code NRLY qui calcule les sections efficaces induites par neutrons à l'aide du modèle statistique a été modifié afin d'y introduire le calcul des pénétrabilités de fission d'une barrière à trois maximums avec ou sans amortissement. Les pénétrabilités sont obtenues par une méthode analytique de résolution de l'équation de SCHRODINGER [1]. Dans le cas d'une barrière de fission à deux maximums, ces résultats sont comparables à ceux obtenus par une intégration numérique de l'équation de SCHRÖDINGER. Le code ainsi modifié a été utilisé pour une interprétation très préliminaire des mesures de la section efficace de fission de ^{231}Pa récemment faites à LOS ALAMOS par S.PLATTARD et coll. [2]. L'ajustement obtenu est donné en trait plein sur la figure 1. Il est à noter que pour la résonance $K\Pi = 0^+$ située vers 300 keV, et tracée en pointillés sur la figure 1, le calcul fait apparaitre les bandes de rotation construites sur cet état du troisième puits de potentiel.

* *Stagiaire Militaire.*

REFERENCES

[1] - J.GUILLOT, *Note interne P2N - 914/80 (1980).*

[2] - S.PLATTARD et coll." *High resolution fission cross section of ^{231}Pa " , International Conference on Nuclear Cross sections for Technology, KNOXVILLE (U.S.A), 22-26 October 1979.*



C-III-1-FIGURE 1

Section efficace de fission de ^{231}Pa entre 130 keV et 360 keV. En trait plein : interprétation théorique préliminaire. En pointillés : contribution d'une résonance 0^+.

C-III-2-ANALYSE PAR MODELES OPTIQUES MICROSCOPIQUE ET PHENOMENOLOGIQUE DE L'INTERACTION DES NUCLEONS AVEC ^{93}Nb.

(Ch. LAGRANGE, A. LEJEUNE*).

PHENOMENOLOGICAL AND MICROSCOPIC OPTICAL MODEL ANALYSES OF THE LOW ENERGY NUCLEON INTERACTION WITH ^{93}Nb.

The phenomenological and microscopic [1] models were parametrized in the energy range 10 keV - 50 MeV so as to obtain a good agreement with all the available nucleon data. From the analyses of sub-Coulomb proton experimental data the fundamental importance of the absorptive Coulomb correction term appears.

Une analyse par modèle optique microscopique [1] de l'interaction des nucléons avec ^{93}Nb a été entreprise pour comparer les résultats obtenus à ceux précédemment déduits [2] d'une analyse de ces mêmes données par un modèle optique phénoménologique. Ces comparaisons ont permis dans le cas de protons incidents d'énergie cinétique inférieure à la barrière Coulombienne de mettre en évidence l'importance du terme imaginaire de correction Coulombienne. Le fait que ce terme de correction soit négligé dans les analyses par modèle optique phénoménologique explique en grande partie la dépendance anormale, en fonction de l'énergie ou du nombre de masse, de la paramétrisation obtenue pour les protons.

* *Centre de Recherches Nucléaires, Strasbourg et Université de Liège (Belgique).*

REFERENCES

[1] - J.P.JEUKENNE, A.LEJEUNE et C.MAHAUX, *Phys.Rev.C16, 80(1977).*
A.LEJEUNE, *Phys.Rev. C21, 1107 (1980).*

[2] - Ch.LAGRANGE, *Phys.Rev. C22, 896 (1980); Bull. Am.Phys.Soc.24, 870 (1979).*

C-III-3-TESTS DE L'UTILISATION DES MODELES OPTIQUE ET STATISTIQUE POUR L'EVALUATION DES DONNEES NEUTRONIQUES.

(Ch. LAGRANGE).

PRACTICAL TESTS OF THE USE OF OPTICAL STATISTICAL MODEL FOR EVALUATION PURPOSES.

As theoretical model calculations remain an essential tool in the case where experimental data are not available to complete evaluated data files, a number of tests of these models were undertaken [1,2,3].

Des tests de modèles ont été faits pour les noyaux de la région des actinides. Dans un premier temps nous avons comparé les résultats obtenus par des calculs en modèle optique utilisant des potentiels sphériques (SOM) ou déformés (DOM). Il est possible, pour ces noyaux déformés, d'obtenir un ajustement local raisonnable des données expérimentales en utilisant des calculs SOM. Cependant l'utilité de tels calculs en vue d'extrapolation ou d'interpolation apparaît très limitée, voire nulle. Par contre des calculs DOM,qui tiennent compte explicitement de la déformation des noyaux, permettent de faire des prédictions beaucoup plus fiables.

Cependant les calculs DOM nécessitent pour les noyaux de nombre de masse impair des temps de calculs qui peuvent s'avérer prohibitifs. Pour cette raison un modèle simple, appelé "modèle du noyau pair-pair fictif" a été testé [2].

D'autres tests ont été faits dans le domaine de masses des produits de fission. Ces tests ont porté sur les problèmes du choix des paramètres de déformation, et des coefficients de transmission introduits dans les calculs par modèle statistique.

On trouvera une synthèse sur un ensemble de problèmes récents associés à l'utilisation du modèle optique-statistique en vue de l'évaluation de données nucléaires dans la référence [3].

REFERENCES

[1] - Ch.LAGRANGE *"On the usefulness of coupled channel calculations for actinide nuclei", in report INDC(FR) 41/L (à paraitre); voir aussi Note interne P2N - 442/80, et communication au 3ème Meeting sur l'Intercomparaison des Evaluations des Données des Actinides, VIENNE , Juin 1980(voir Summary report INDC(NDS) - 119 (1980)).*

[2] - Ch.LAGRANGE, O.BERSILLON, *"Coupled channel optical model calculations for evaluating neutron cross sections for odd-mass actinides", in report INDC(FR) 41/L(à paraitre).*

[3] - Ch.LAGRANGE, *"Comments on some aspects of the use of optical-statistical model for evaluation purposes", workshop on Evaluation Methods and Procedures, BROOKHAVEN (USA) - 22-25 Sept. 1980.*

C-III-4-CALCULS PAR MODELE OPTIQUE DES FONCTIONS DENSITES NEUTRON.

(J.B. GARG*, Ch. LAGRANGE).

OPTICAL MODEL POTENTIAL AND NEUTRON STRENGTH FUNCTIONS.

A number of accurate values of the s- and p-wave neutron strength functions in the mass region $40 \leqslant A \leqslant 70$ have recently been measured. These experimental data are presented together with results of optical model calculations.

La section efficace totale neutron-noyau mesurée avec une très bonne résolution permet d'obtenir les valeurs des fonctions densités d'ondes s et p. De nombreuses mesures de section efficace totale avec une très bonne résolution en énergie ont été entreprises dans ce but. Les valeurs expérimentales des fonctions densité obtenues[1] sont présentées figure 1. Sur cette même figure on a reporté les résultats de calculs par modèle optique sphérique [2]. Il apparait qu'un très bon accord entre les valeurs expérimentales et les valeurs calculées peut être obtenu en utilisant un seul ensemble de paramètres du potentiel optique. De plus en adoptant la dépendance en énergie suivante de l'intensité des potentiels réel et imaginaire : $V = V_0 - 0,3$ En, et $W_D = W_{DO} + 0,4$ En [3], on obtient un excellent accord avec la valeur expérimentale de la section efficace totale du zinc dans la gamme d'énergie 100 keV - 10 MeV.

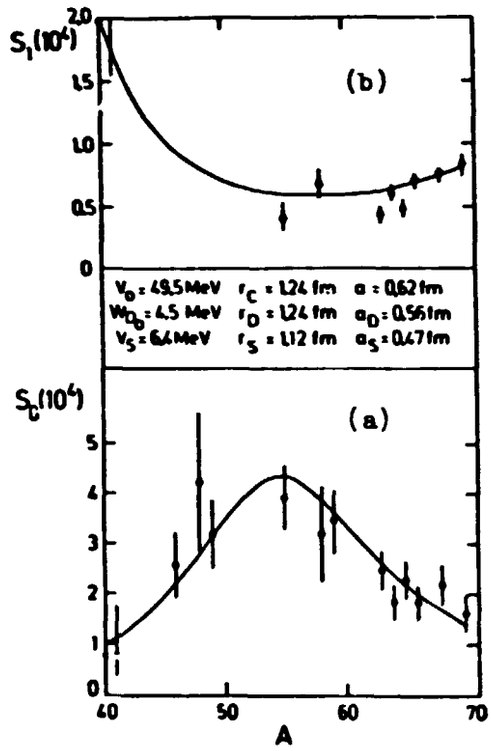
* *Collaborateur temporaire étranger, University of Albany, New-York, U.S.A.*

REFERENCES

[1] - J.B.GARG, V.TEKKU, et J.A.HARVEY *(à paraître).*

[2] - J.B.GARG, Ch.LAGRANGE, *Communication à la Conf.Int. sur la Phys.Nucl., BERKELEY (24-30 Août 1980).*

[3] - S.F.MUGHABGHAB, et D.I.GARBER, *BNL 325, 3ème ed.(1973).*



C-III-4-FIGURE 1

Fonctions densités d'onde s (a) et d'onde p (b).
En trait plein : résultats du potentiel optique dont les paramètres sont indiqués.

C-III-5-OPTLN : PROGRAMME DE MODELE OPTIQUE UTILISANT DES POTENTIELS LOCAUX ET NON LOCAUX.

(F.S. DIETRICH*).

A LOCAL NON LOCAL OPTICAL MODEL CODE FOR NUCLEON SCATTERING.

The program OPTLN solves the SCHRÖDINGER equation for a spherical optical potential which contains both local and non local parts. In addition the equation may be solved in such a way that the optical wave function should be orthogonal to the occupied shell-model states. This code was used in an optical model analysis of nucleon + ^{208}Pb elastic scattering within the energy range 7 - 65 MeV.

Un code de calcul(OPTLN) par modèle optique sphérique permettant d'utiliser des potentiels locaux et non locaux a été implanté sur la CDC 7600 du Centre de Calcul de Saclay, pendant le stage effectué par l'auteur à BRC en 1980. En utilisant la technique des opérateurs de projection, ce code permet de tenir compte du principe d'exclusion de PAULI. La structure de ce code, les quantités physiques calculées et les sous-programmes de recherche de paramètres sont analogues à ceux du code SOMC 2 [1]. Dans le cas où les potentiels sont non locaux,la méthode de résolution des équations integro-différentielles est analogue à celle employée par PEREY et BUCK [2]. Cependant le critère de convergence choisi concerne la fonction d'onde et non la matrice S. La méthode de FIEDELDEY [3] et FRAHN [4] permettant d'obtenir un potentiel local équivalent à un potentiel non local a été aussi adoptée.

Ce code a été exploité pour l'étude de la diffusion élastique de nucléons par le ^{208}Pb dans le domaine d'énergie incidente 7 MeV - 65 MeV.

* *Collaborateur temporaire étranger, Lawrence Livermore Laboratory, OAK RIDGE (U.S.A).*

REFERENCES

[1] - Ch.LAGRANGE et R.PERRIER *Note CEA - N-2088, NEANDC(E) 205 "L", INDC(FR) 35/L (1979).*

[2] - F.PEREY et B.BUCK, *Nucl.Phys. 32(1962) 353.*

[3] - H.FIEDELDEY, *Nucl.Phys. 77(1966) 149*

[4] - W.E.FRAHN, *Nucl.Phys. 66(1965) 358.*

C-III-6-ANALYSE DE LA DIFFUSION ELASTIQUE ET INELASTIQUE DE NEUTRONS DE 2,5 MeV ET 4,6 MeV POUR ^{194}Pt.+

(J.P. DELAROCHE).

ANALYSIS OF NEUTRON ELASTIC AND INELASTIC SCATTERING FROM ^{194}Pt AT 2.5 MeV AND 4.6 MeV.

From elastic and inelastic scattering measurements performed at 2.5 MeV and 4.6 MeV at the Kentucky University, we have obtained theoretical interpretations for the angular distributions from the 0^+, 2^+, 4^+, 2^+_γ, 3^+_γ states of ^{194}Pt. A good description of these data has been obtained from coupled channels and statistical model calculations.

Les isotopes du Platine sont des noyaux situés dans la région de transition A = 190 - 200 où les formes nucléaires évoluent progressivement entre une forme allongée et une forme aplatie . Si de nombreux travaux de spectroscopie nucléaire ont déjà été entrepris dans cette région de masse, rares sont en revanche les études consacrées à la forme de ces noyaux en utilisant la diffusion de neutrons.

Des mesures de diffusion élastique et inélastique de neutrons de 2,5 MeV et 4,6 MeV par ^{194}Pt ont été entreprises à l'Université du Kentucky. Des distributions angulaires ont ainsi été obtenues dans le domaine θ = 20 - 160 degrés et pour les états suivants : 0^+, 2^+, 4^+, 2^+_γ, 3^+_γ. Les paramètres du modèle optique en voies couplées et les déformations β_2 et β_4 ont été déterminés en utilisant la base de couplage (0^+, 2^+, 4^+, 2^+_γ). La paramétrisation du potentiel a été obtenue par ajustement sur les résultats expérimentaux suivants : section efficace totale de $^{Nat.}$Pt, fonctions densité, diffusion inélastique de protons à 35 MeV [1]. Les prévisions ainsi obtenues, combinées aux calculs de modèle statistique, rendent bien compte des résultats expérimentaux obtenus pour la diffusion inélastique de neutrons à 2,5 MeV et 4,6 MeV [2].

+ *Travail effectué en collaboration avec l'Université du KENTUCKY (U.S.A).*

REFERENCES

[1] - P.T.DEASON, Ph.D. *Thesis MSU(1979)*.

[2] - M.C.MIRZAA, J.P.DELAROCHE, S.W.YATES, J.L.WEIL et M.T.Mc ELLISTREM, *BAPS* 25, *542(1980)*; M.T.Mc ELLISTREM, J.P.DELAROCHE, M.C.MIRZAA, et S.W.YATES, *LBL Report N°LBL - 11118(1980, p.286)*; J.P.DELAROCHE, et M.T.Mc ELLISTREM, *BAPS* 25, *746(1980)*.

C-III-7-EFFET PAIR-IMPAIR SUR LES DEFORMATIONS DES ISOTOPES DU TUNGSTENE. (J.P. DELAROCHE).

EVEN-ODD EFFECT ON THE DEFORMATIONS OF THE TUNGSTEN ISOTOPES.

It has been shown that the even-odd effect observed previously on the deformation of ^{183}W remains if, instead of symmetric rotational model wave functions, more realistic collective wave functions are used in the coupled channels analyses.

Dans une publication récente [1], il a été suggéré un effet pair-impair assez prononcé sur la déformation β_4 des isotopes du tungstène. Dans cette étude, il avait été aussi supposé que tous les isotopes étaient des noyaux rigides déformés.

Nous avons repris partiellement ce travail en utilisant des fonctions d'ondes plus réalistes pour ^{183}W. Le résultat est que l'effet pair-impair observé subsiste et qu'il dépend peu du modèle collectif utilisé dans les calculs en voies couplées.

REFERENCE

[1] - J.P.DELAROCHE, G.HAOUAT, J.LACHKAR, Y.PATIN, J.SIGAUD, et J.CHARDINE, *Phys.Rev.* C 23, *n°1 (1981) p.136 - 152.*

C-III-8-ANALYSE DE LA DIFFUSION ELASTIQUE ET INELASTIQUE DE NEUTRONS POUR LES ISOTOPES PAIRS ET PAIR-IMPAIRS DU GADOLINIUM A 4,1 MeV.

(J.P. DELAROCHE, G. HAOUAT, Ch. LAGRANGE, M. GIROD, J. LACHKAR, J. CHARDINE).

ANALYSIS OF NEUTRON ELASTIC AND INELASTIC SCATTERING FROM THE EVEN AND EVEN -ODD ISOTOPES OF GADOLINIUM AT 4.1 MeV INCIDENT ENERGY.

From an optical model analysis it has been found that the deformations of these nuclei vary strongly with the A-mass number. This trend is reproduced by HARTREE-FOCK-BOGOLYUBOV calculations.

Les sections efficaces de diffusion élastique et inélastique sur les deux premiers états excités de chaque isotope stable du gadolinium sont en cours d'analyse. Les premiers résultats obtenus par modèle optique montrent l'existence d'un effet pair-impair très marqué sur les déformations β_4. Cet effet semble être également obtenu à partir de calculs microscopiques du type HARTREE-FOCK-BOGOLYUBOV.

C-III-9-SUR LE COMPORTEMENT ANORMAL DU POTENTIEL D'ABSORPTION POUR LES REACTIONS DE PROTONS SOUS LA BARRIERE COULOMBIENNE.+

(J.P. DELAROCHE).

ON THE ANOMALOUS BEHAVIOR OF THE IMAGINARY WELL DEPTH REQUIRED FOR OPTICAL MODEL ANALYSES OF SUB-COULOMB PROTONS ON NUCLEI IN THE MASS 100 REGION.

It is argued that nuclear deformation cannot explain properly the anomalous behavior of the imaginary potential currently used in the interpretation of proton sub-Coulomb reactions in the mass range A ≃100.

Il est bien connu [1] que l'interprétation des sections efficaces de réaction de protons aux énergies incidentes inférieures à la barrière Coulombienne présente des difficultés. C'est ainsi que dans la région de masses A ≃ 100, il a été montré que les résultats expérimentaux ne pouvaient être interprétés convenablement qu'au prix d'un accroissement très important du potentiel d'absorption du modèle optique [1]. Ces études, précédemment faites dans le cadre du modèle optique sphérique, ont été reprises à l'aide du modèle optique déformé afin d'apprécier l'importance des effets de déformation . Le résultat obtenu est que la prise en compte des déformations nucléaires ne suffit pas à résoudre les difficultés rencontrées dans les analyses en modèle optique sphérique [2].

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

REFERENCES

[1] - C.H.JOHNSON, A.GALONSKY and R.L.KERNELL, *Phys.Rev.Lett.* 39, *1604(1977).*

[2] - R.L.HERSHBERGER, J.P.DELAROCHE, et D.S.FLYNN, *BAPS* 25, *520(1980).*

C-III-10-CALCULS DE SECTIONS EFFICACES NEUTRONIQUES D'ISOTOPES PAIRS DU SAMARIUM UTILISANT DES FONCTIONS D'ONDES DEPENDANTES DE DEFORMATION.

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

NEUTRON CROSS SECTION CALCULATIONS FOR THE EVEN SAMARIUM ISOTOPES USING DEFORMATION DEPENDENT WAVE FUNCTIONS.

Microscopic wave functions obtained from the diagonalization of the collective hamiltonian have been used in a generalization of the coupled channels optical model. A good agreement has been obtained between experimental and calculated neutron cross sections for a number of Samarium isotopes.

Des fonctions d'ondes microscopiques obtenues [1,2] à partir de la diagonalisation de l'hamiltonien collectif par la méthode numérique de KUMAR et BARANGER [3] ont été utilisées dans une généralisation du modèle optique en voies couplées. Les déformations quadrupolaires triaxiales du type habituel (β,γ) sont prises en compte. Un tel formalisme évite le choix de paramètres de déformation et permet de ménager la possibilité de formes différentes suivant les divers états de la cible. Les calculs de sections efficaces neutroniques ont été effectués en utilisant des paramètres de potentiels optiques déterminés précédemment [4] et les fonctions d'ondes calculées à partir de la théorie des déformations dynamiques [1] pour les cibles ^{148,150,152,154}Sm et à partir des méthodes HARTREE - FOCK - BOGOLYUBOV [2] pour les cibles ^{150,152}Sm. Les différences relatives de sections efficaces totales entre ^{150}Sm (^{152}Sm) et ^{148}Sm sont présentées dans la figure 1a (figure 1b) avec la comparaison théorie-expérience. Dans ces calculs les fonctions d'ondes pour ^{148}Sm ont été prises dans l'étude de KUMAR [1]. Ce travail a été présenté à la conférence de BERKELEY [5].

*Service de Physique Théorique, CRN de Strasbourg.

**Adresse présente : Université de Bergen (Norvège).

REFERENCES

[1] - K.KUMAR, *Conference on the Structure of Medium-Heavy Nuclei, Rhodos (1979) p.169. Institute of Physics, LONDON (1980).*

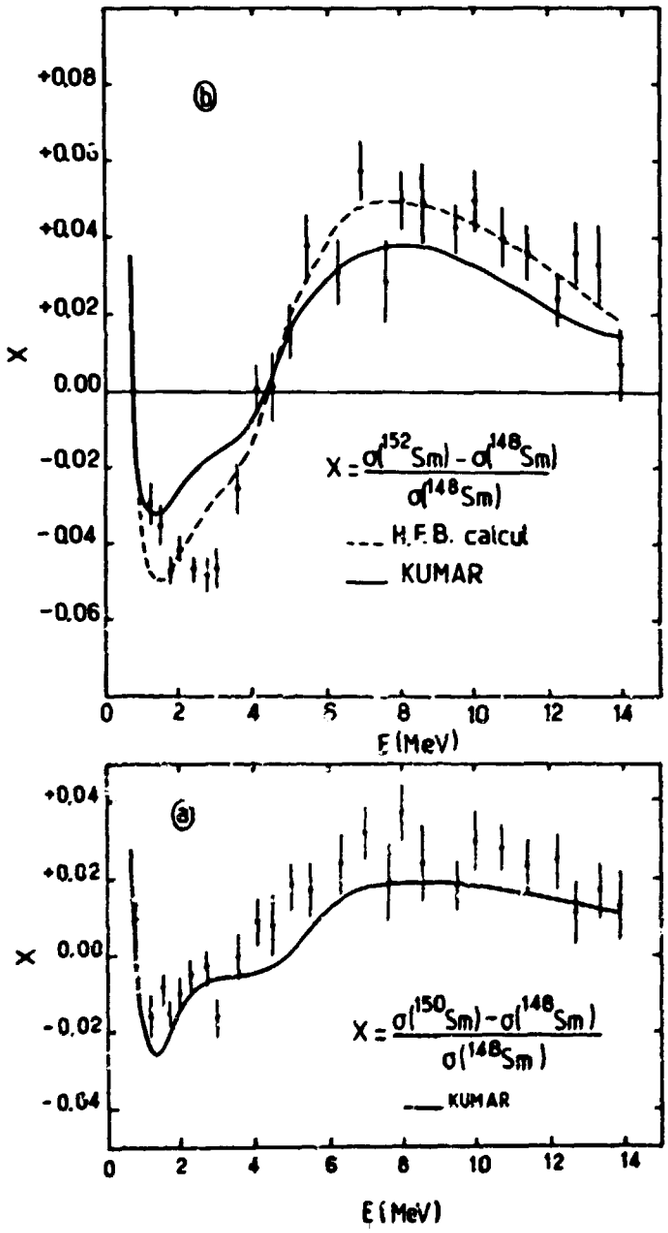
[2] - M.GIROD, K.KUMAR, B.GRAMMATICOS, and P.AGUER, *Phys.Rev.Lett.* 41, *(1978) 1765.*

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

[4] - R.E.SHAMU, Ch.LAGRANGE, E.M.BERNSTEIN, J.J.RAMIREZ, T.TAMURA, et C.Y.WONG, *Phys.Lett.* 61B *(1976) 29.*

[5] - Ch.LAGRANGE, M.GIROD, B.GRAMMATICOS, et K.KUMAR, *communication à la Conf.Int. de Physique Nucléaire, BERKELEY, 24 - 30 Août 1980.*

Manuscrit reçu le 22 avril 1981



C-III-10-FIGURE 1

Différences relatives de sections efficaces neutroniques totales entre ^{152}Sm (figure 1a) ou ^{150}Sm (figure 1b) et ^{148}Sm : comparaisons calculs - expériences.

C-III-11-DISTRIBUTION ANGULAIRE DES FRAGMENTS DE FISSION POUR LA FISSION PAR NEUTRONS DE ^{230}Th.

(J.W. BOLDEMAN*, D. GOGNY, A.R. de L. MUSGROVE*, R.L. WALSH*).

FISSION FRAGMENT ANGULAR DISTRIBUTIONS FOR NEUTRON FISSION OF ^{230}Th [1].

Fission fragment angular distributions have been measured for the neutron fission of ^{230}Th in the energy range 680 - 1100 keV with special attention to the region of the large vibrational resonance in the neutron fission cross section near 715 keV. The analysis involved the search for a set of fission barrier parameters which lead to a simultaneous description of the angular distribution data and the existing data for the fission cross section. It was found that the data for the 715 keV resonance could be reproduced only if the K = 1/2 band responsible for this resonance splits into two separate bands, one of each parity, and if the decoupling parameter has a parity dependent sign. The derived moment of inertia constant $\hbar^2/2\vartheta$ has a value of 1.85 keV which suggests that the vibrational resonance occurs within a minimum in the potential energy surface corresponding to a β deformation of ε_2 = 0.85. The derived data are all consistent with the predicted triple-humped fission barrier for the thorium nuclei.

L'abstract ci-dessus est celui d'une publication dans *Physical Review* [1] dont une partie a résulté d'un travail en coopération pendant un stage de J.W.BOLDEMAN à Bruyères-le-Châtel.

*Australian Atomic Energy Commission Research Establishment (Australie).

REFERENCE

[1] - J.W.BOLDEMAN, D.GOGNY, A.R.de L.MUSGROVE, R.L.WALSH, *Phys.Rev.* C22, 627(1980).

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

DESCRIPTION OF NUCLEI WITHIN THE SELF-CONSISTENT THEORIES.

C-IV-1-DESCRIPTION MICROSCOPIQUE DES RESONANCES GEANTES. (J. DECHARGE, D. GOGNY).

MICROSCOPIC DESCRIPTION OF GIANT RESONANCES

The excited states in ^{208}Pb up to 40 MeV excitation energy, are described in the framework of a fully self consistent R.P.A. method using the D1 effective interaction. Many interesting informations have been obtained on the characteristics of these states, especially in the neighbouring of the giant isoscalar dipole resonance where recent inelastic scattering experiments have shown some fairly well defined resonances.

Des expériences récentes de diffusion inélastique de particules alpha et de protons [1] sur le ^{208}Pb ont montré l'existence de structures nettement définies dans les spectres des particules diffusées, correspondant à des états excités du noyau cible situés entre 15 et 30 MeV d'excitation. Il y a seulement quelques années l'existence de telles résonances était mise en doute car à ces énergies, elles devaient être fortement diluées dans les états du continu du noyau. Il était donc intéressant de regarder les prédictions des théories microscopiques dans ce domaine.

Nous avons alors étendu les calculs R.P.A. appliqués jusqu'ici à l'étude des corrélations à longue portée dans l'état fondamental ainsi qu'à la description des premiers états collectifs [2], aux états d'excitation élevée. Rappelons que ces calculs sont effectués de manière totalement "self-consistante", l'interaction

particule-trou étant obtenue directement à partir de l'interaction effective D1, sur la base des états de Hartree-Fock.

Ces calculs qui permettent de retrouver les résonances monopolaire, dipolaire et quadrupolaire bien connues autour de 12 MeV, ont mis également en évidence toute une série d'états de multipolarité variée dans la région d'intérêt. En particulier ils confirment l'existence d'une resonance dipolaire isoscalaire signalée dans la référence [3]. La densité de transition associée à cet état montre que les vibrations de densité ont lieu principalement à l'intérieur du noyau et correspondent en conséquence à un mode de compression. Par ailleurs cette résonance est située à moins de 500 keV d'autres résonances 3^- et 5^- pour lesquelles les séparations en vibrations de volume et de surface est moins nette.

Ainsi la méthode R.P.A. donne des informations sur les états excités à haute énergie et leurs caractéristiques. Elle permet de plus de remonter aux sections efficaces de diffusion élastique, en introduisant les densités de transition théoriques dans des codes de diffusion.

Cette étude n'en est pour l'instant qu'à un stade préliminaire, mais les nombreuses informations déjà obtenues, suscitent le plus grand intérêt.

REFERENCES

[1] - H. FARAGGI et al., *SACLAY (1980).*

- N. MARTY et al., *ORSAY (1980).*

[2] - D. GOGNY, J. DECHARGE, *(à publier).*

[3] - J. WAMBACH, V. KLEMT et J. SPETH, *Phys. Lett.* 77b, *245 (1978).*

C-IV-2-DESCRIPTION SELF-CONSISTANTE DES ETATS DE HAUT SPIN DANS LE ^{208}Pb.

(J. DECHARGE, D. GOGNY, L. SIPS*).

FULLY SELF CONSISTENT DESCRIPTION OF HIGH SPIN STATES IN ^{208}Pb.

Magnetic transverse form factors of 12^- and 14^- states in ^{208}Pb are calculated in a fully self-consistent R.P.A. theory. Reduction of the strength due not only to the core polarization but also to the ground state correlations is observed.

Les états de haut spin d'un noyau forment une classe intéressante d'états excités car ils mettent en jeu un nombre généralement très restreint de configurations particule-trou (p-t). Comme ils peuvent être atteints dans des expériences de diffusion de particules sur le noyau en question, il est alors possible d'obtenir des informations sur ces configurations (p-t), c'est-à-dire sur la structure nucléaire. C'est ainsi que les sections efficaces, ou plus commodément les facteurs de forme de diffusion magnétique, d'électrons sur les états 12^- et 14^- du Pb ont pu être mesurés. HAMAMOTO [1] a montré que les facteurs de forme théoriques calculés uniquement avec les états Hartree-Fock, étaient trop élevés par rapport à l'expérience et qu'une réduction appréciable était obtenue en tenant compte de la polarisation du coeur. Nous montrons dans la référence [2] que la polarisation du coeur (calculée par la méthode R.P.A.) réduit bien le facteur de forme mais aussi qu'une réduction supplémentaire non négligeable est obtenue en tenant compte des effets des corrélations à longue portée dans l'état fondamental.

* *Collaborateur Temporaire Etranger, R. Boskovic Institute, ZAGREB (Yougoslavie).*

REFERENCES

[1] - I. HAMAMOTO, J. LICHTENSTADT et G.F. BERTSCH, *(à paraître dans Phys. Lett.).*

[2] - J. DECHARGE, D. GOGNY, et L. SIPS, *(soumis à Phys. Lett.).*

C-IV-3-CALCULS MICROSCOPIQUES DES DENSITES DE TRANSITION DE CHARGE 2^+ DU ^{58}Ni, 2^+ ET 4^+ DU ^{152}Sm. (M. GIROD, B. GRAMMATICOS*).

MICROSCOPIC CALCULATIONS OF THE TRANSITION CHARGE DENSITY OF ^{58}Ni (2^+) AND ^{152}Sm (2^+, 4^+).

Microscopic calculations of the transition charge density have been carried out within the framework of a β and γ constrained HFB calculation with the GOGNY D1 interaction. We report here a comparison of the experimental density with the theoretical predictions in the model of DAVYDOV-FILIPPOV for different β and γ values and in a dynamical model from solving the BOHR hamiltonian. The results suggest that the overlap of the intrinsic states in the β,γ plane have to be taken into account.

Les mesures à haut transfert de la diffusion élastique et inélastique d'électrons permettent maintenant une détermination très précise des densités de charge de l'état fondamental et des densités de transition. En particulier nous disposons actuellement de résultats sur l'état 2^+ du ^{58}Ni et les premiers états excités 2^+ et 4^+ du ^{152}Sm, qui se révèlent être d'excellents tests pour les théories microscopiques.

En parallèle avec ces résultats expérimentaux, nous avons entrepris une série de calculs dans le cadre de l'approximation Hartree-Fock-Bogolyubov (HFB) utilisant l'interaction D1. Les états intrinsèques sont déterminés par un calcul HFB sous contraintes (β,γ). La connaissance de ces états intrinsèques à différentes déformations axiales et triaxiales permet de tester les effets dynamiques dans le cadre de modèles plus ou moins adaptés (modèle rotationnel, modèle de DAVYDOV-FILIPPOV, hamiltonien de BOHR) ou bien ultérieurement dans le cadre de la méthode de la coordonnée génératrice.

Le ^{58}Ni est un bon exemple de noyau mou où les effets dynamiques peuvent être importants :

i) - la surface d'énergie potentielle est très plate jusqu'à $\beta \leq 0,3$,

ii) - la densité de charge du fondamental est améliorée si l'on tient compte des effets dynamiques [1],

---

* *Service de Physique Théorique, CRN de Strasbourg*

iii) - la déformation dynamique de l'étàt fondamental obtenu par résolution de l'hamiltonien de BOHR est de l'ordre de $\beta = 0,2$; $\gamma = 30°$

Dans la figure 1 nous comparons la courbe expérimentale [2] aux résultats du calcul obtenu :

i) - à différents β et γ dans le modèle DAVYDOV-FILIPPOV,

ii) - par résolution de l'hamiltonien de BOHR :

$$< oo \,|\rho|\, \alpha IM) = \sqrt{\frac{4\pi}{2I+1}}\; Y^{*}_{IM} \int \left(\sum_{K=o}^{I} A^{\beta\gamma}_{\alpha IK}\, A^{\beta\gamma}_{100}\, Q^{\beta\gamma}_{IK} \right) \beta_4 \sin 3\gamma \, d\beta d\gamma$$

où les $A^{\beta\gamma}_{\alpha IK}$ sont les fonctions d'onde collectives et les $Q^{\beta\gamma}_{IK}$ les "densités de transitions" intrinsèques.

On constate que dans tous les cas la phase des oscillations est correcte mais leur amplitude n'est pas bien reproduite. Le modèle de DAVYDOV-FILIPPOV, où l'on suppose β et γ fixés, est évidemment très schématique, mais il permet de faire des "instantanés" du noyau à des déformations variées. On voit ainsi que la partie intérieure de la densité de transition ($r \leq 2,5$ fm) est bien reproduite par les faibles déformations ($\beta \approx 0,1$) alors qu'une forte déformation ($\beta = 0,3$) reproduit bien la région de la surface. La courbe dynamique, qui est une simple superposition, régie par les fonctions d'ondes collectives, des différentes déformations, ne représente qu'une moyenne qui ne reproduit que médiocrement la courbe expérimentale.

Nous avons de bonnes raisons de penser que ce résultat peut être grandement amélioré si l'on abandonne l'hypothèse trop simplificatrice qui consiste à supposer un recouvrement nul entre les états intrinsèques. Ce travail est actuellement en cours.

Concernant le samarium 152, nous présentons les premiers résultats obtenus pour les densités de transition 2^+ et 4^+ (fig. 2). Le calcul a été fait à partir des états intrinsèques HFB dans le cadre du simple modèle rotationnel.

Le ^{152}Sm est un noyau déformé de transition ($E_4+/E_2+ = 3,01$) entre le noyau mou ^{150}Sm ($E_4+/E_2+ = 2,32$) et le noyau bien déformé et rigide ^{154}Sm ($E_4+/E_2+ = 3,25$). Le modèle rotationnel n'est donc pour ce noyau qu'une bonne approximation. Cela explique en partie que la densité de transition de l'état 4^+ est moins bien reproduite que celle de l'état 2^+. Un calcul dynamique complet est actuellement en cours. Nous pensons que là aussi il sera nécessaire de tenir compte du recouvrement non nul des états intrinsèques pour espérer supprimer la bosse dans la densité de transition de l'état 2^+ autour de r = 3 fm.

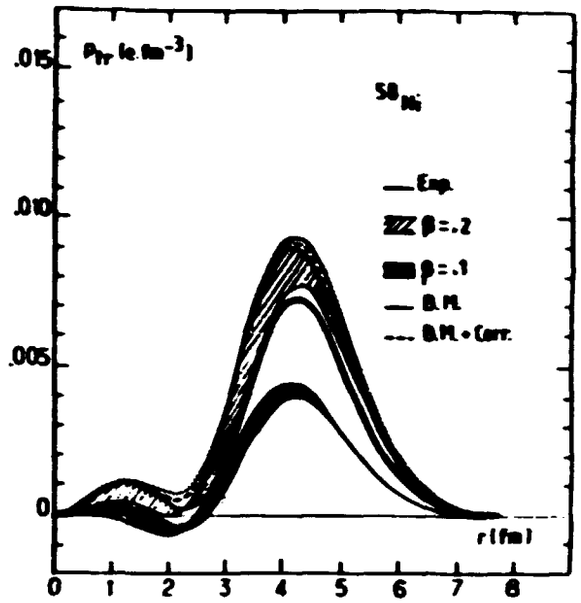
REFERENCES

[1] - M. GIROD et D. GOGNY, *Phys. Lett. 64B (1976) 5.*

[2] - I. SICK et al., *Phys. Rev. Lett. 34 (1975) 910.*

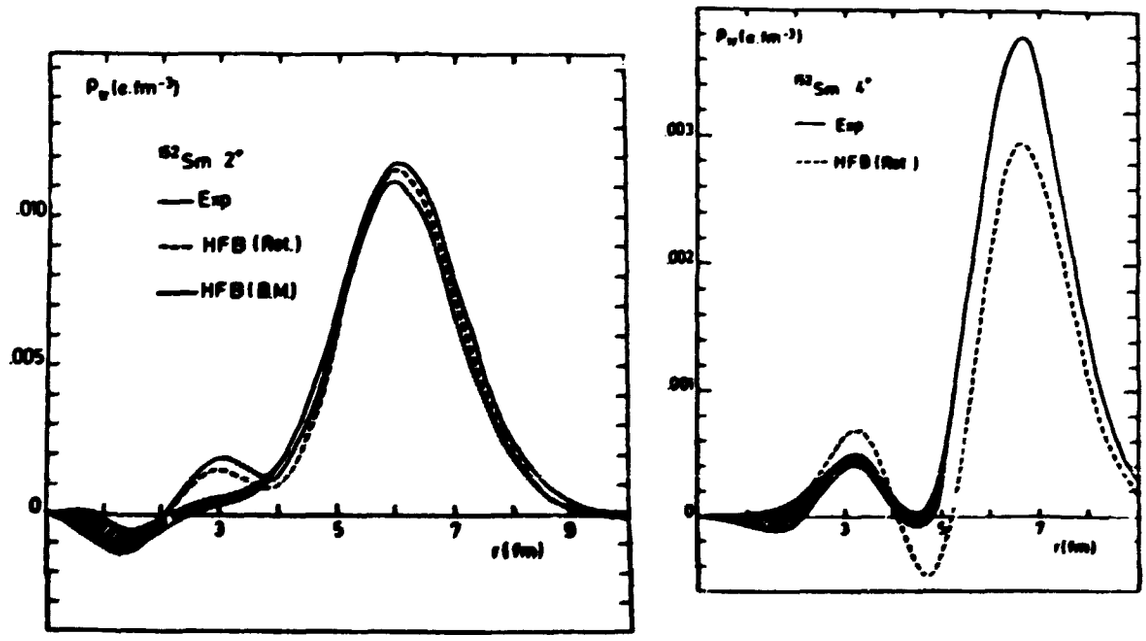
- B. FROIS et al., *International Conference on Nuclear Physics, BERKELEY 24-30 Août 1980.*

[3] - X.H. PHAN et al., *Symposium on perspectives in electro and photo nuclear Physics, SACLAY 29 Sept. - 3 Oct. 1980.*



C-IV-3-FIGURE 1

Densité de transition du niveau 2^+ du ^{58}Ni. Les courbes β=.1 et β=.2 ont été calculées avec le modèle de Davydov-Filippov γ variant de 0 à $\pi/3$. BM signifie Bohr-Mottelson. Corr. signifie correction à la non-localité.



C-IV-3-FIGURE 2

Densité de transition des niveaux 2^+ et 4^+ du ^{152}Sm. Les densités théoriques ont été calculées dans le modèle rotationnel (Rot) et dans le modèle de Bohr-Mottelson (BM) pour le 2^+.

C-IV-4-CALCULS HFB A TEMPERATURE FINIE. (M. GIROD, A. VENTURA*).

HFB CALCULATIONS WITH FINITE TEMPERATURE.

HFB calculations at finite temperature have been performed with the D1 effective interaction. The calculations on the ^{116}Sn and ^{158}Gd nuclei indicate that the HFB level density underestimates the experimental one. In major part, this is due to the one quasi-particle spectrum which is not compressed enough. It is likely that a direct comparison with the experiment would necessitate to account for the coupling of the particle with the vibrations of the core.

Les méthodes HF ou HFB ont permis de donner une bonne description des états fondamentaux et peu excités des noyaux. Dans le but de tester leur validité à plus haute énergie d'excitation, nous avons effectué des calculs HFB à température finie avec l'interaction D1 utilisée à température nulle. Les premiers calculs ont porté sur les noyaux ^{116}Sn et ^{158}Gd.

Quelques isotopes de l'étain ont été étudiés dans le formalisme HF + BCS sphérique [1]. La densité de niveaux calculée surestime la densité expérimentale à l'énergie de liaison du neutron d'un facteur 20 au plus. Il a été suggéré en réf. [2] que les étains pourraient être déformés à une énergie d'excitation de l'ordre de 8 à 10 MeV.

Les calculs HFB des surfaces d'énergie potentielle en fonction de la déformation que nous avons effectués à différentes températures ne confirment pas cette hypothèse. D'autre part, les calculs microscopiques à symétrie sphérique basés sur le modèle de NILSSON plus une simple interaction d'appariement reproduisent bien les densités de niveaux expérimentales des étains [3]. La fig. 1 montre la variation de l'entropie S en fonction de l'énergie d'excitation E* dans le cadre de ce modèle (NBCS) comparée à celle calculée à l'approximation HFB, pour le noyau ^{116}Sn.

Nous obtenons une croissance de l'entropie nucléaire S en fonction de E* plus faible dans le cas HFB que dans le cas NBCS. Il est clair que la densité

de niveaux nucléaire qui est proportionnelle à exp (S) sera par conséquent beaucoup trop faible dans l'approximation HFB.

Nous avons effectué les mêmes calculs pour le noyau bien déformé ^{158}Gd où le modèle NILSSON + pairing donne aussi une densité de niveau proche de l'expérience [4]. La différence entre les deux calculs subsiste mais est plus faible que pour ^{116}Sn (Fig. 2).

L'origine de cette différence semble provenir essentiellement de la différence des densités de niveaux à une particule au voisinage du niveau de Fermi. La figure 3 montre le comportement de la quantité $g(\Omega) = N(\Omega)/2\Omega$ pour les protons (a) et les neutrons (b) obtenue dans les deux approximations NILSSON (N) et HARTREE-FOCK (HF). $N(\Omega)$ est le nombre de niveaux à une particule dans un intervalle de demi-largeur Ω centré à l'énergie de Fermi. Il est clair que la densité de niveaux à une particule HF est systématiquement trop faible surtout pour les neutrons pris au niveau de Fermi.

Il est possible que le couplage particule-vibration, qui provoque un déplacement de niveaux à une particule, permette d'obtenir une densité de niveau à une particule plus forte au voisinage du niveau de Fermi. Cette correction devrait être plus importante pour ^{116}Sn, qui est relativement mou, que pour le ^{158}Gd qui est rigide, en accord avec nos résultats des figures 1 et 2.

* *Collaborateur Temporaire Etranger, BOLOGNE (Italie).*

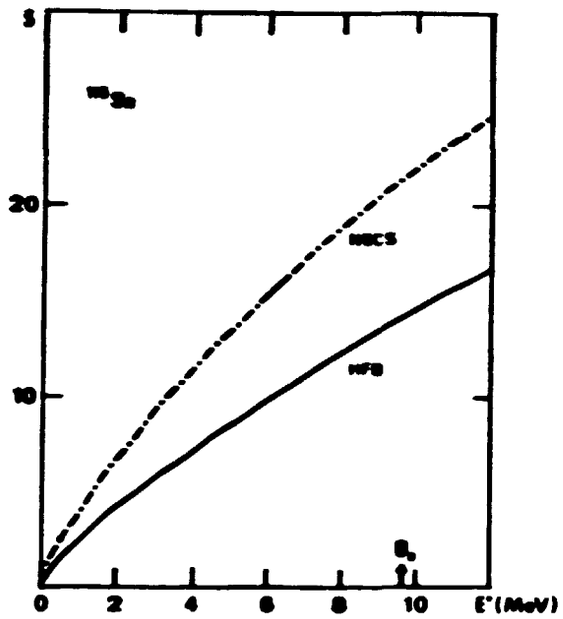
REFERENCES

[1] - F.N. CHOUDHURY et S.D. GUPTA, *Phys. Rev.* C16, 757 (1977).

[2] - B.C. SMITH, F.N. CHOUDHURY et S.D. GUPTA, *Phys. Rev.* C17, 318 (1978).

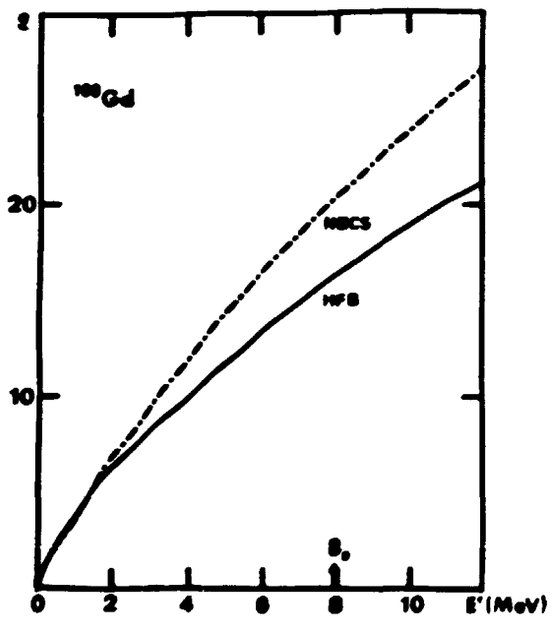
[3] - V. BENZI, G. MAINO, E. MENAPACE et A. VENTURA, *Proc. of Specialists' Meeting on Neutron Cross Sections of Fission Product Nuclei, BOLOGNE (1979), C. COCEVA et G.C. PANINI, Ed., p. 215 (1980).*

[4] - G. MAINO, E. MENAPACE et A. VENTURA, *Nuovo Cimento* 57A, 427 (1980).



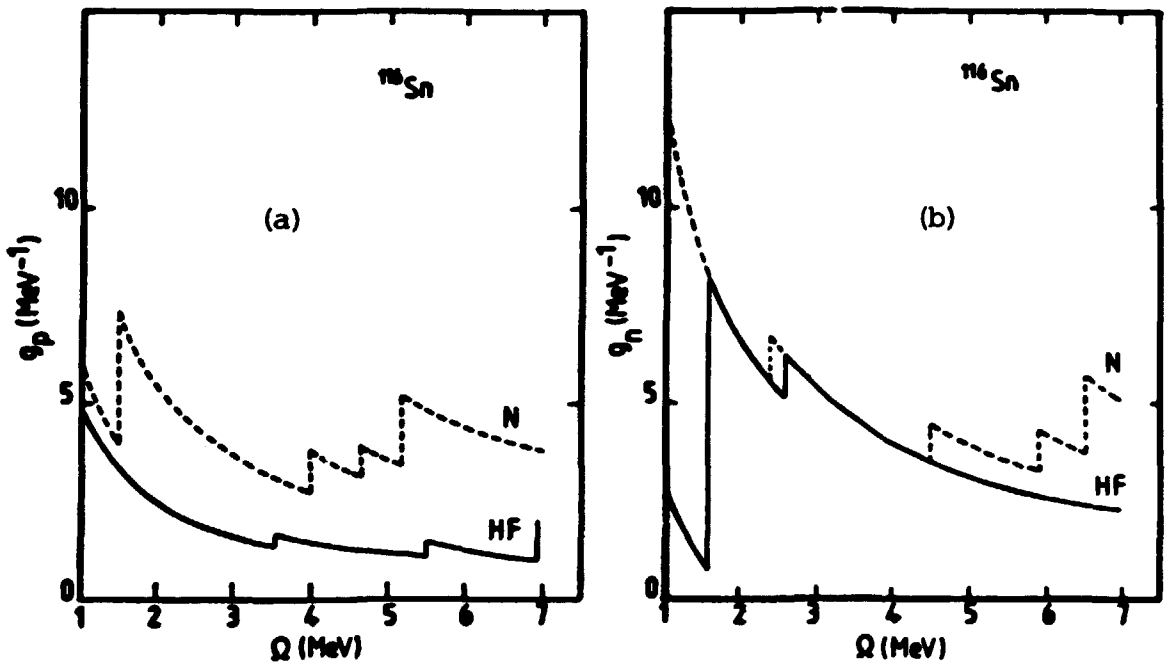
C-IV-4-FIGURE 1

Entropie S en fonction de l'énergie d'excitation E. NBCS : NILSSON plus pairing. Cas de ^{116}Sn.*



C-IV-4-FIGURE 2

Entropie S en fonction de l'énergie d'excitation E. NBCS : NILSSON plus pairing. Cas de ^{158}Gd.*



C-IV-4-FIGURE 3

Densité de niveaux à une particule $g(\Omega) = N(\Omega)/2\Omega$. $N(\Omega)$ est le nombre de niveaux dans un intervalle de demi-largeur Ω centré à l'énergie de Fermi . N : NILSSON potentiel. Cas de ^{116}Sn.

a) protons. *b) neutrons.*

C-IV-5-CALCUL MICROSCOPIQUE DE LA BARRIERE DE FISSION DU ^{240}Pu. (J.F. BERGER, M. GIROD).

MICROSCOPIC CALCULATION OF THE ^{240}Pu FISSION BARRIER.

The constrained Hartree-Bogolyubov method has been used with the D1 effective interaction to evaluate the potential energy surface of the ^{240}Pu. Non axial and left-right asymmetries have been included, resulting in a considerable lowering of the fission barrier previously calculated.

Le calcul microscopique de la barrière de fission du noyau ^{240}Pu que nous avions réalisé précédemment avec l'interaction D1 [1] a été complété de façon à inclure l'influence des déformations triaxiales et asymétriques de masse. Rappelons que la méthode que nous utilisons - la méthode de HARTREE-BOGOLYUBOV - permet d'évaluer à la fois le champ moyen et le champ d'appariement du noyau d'une façon complètement microscopique, et que c'est grâce à la forme particulièrement réaliste de l'interaction D1 qu'un tel calcul a été rendu possible.

Les résultats que nous avons obtenus [2,3] confirment que la configuration nucléaire la plus favorable au premier maximum de la barrière de fission est non axiale et que le système devient asymétrique de masse aux très grandes déformations. L'asymétrie de masse la plus probable augmente avec la déformation et tend, au voisinage de la scission, vers une valeur compatible avec la distribution en masses expérimentale.

L'introduction de ces nouveaux degrés de liberté dans l'évaluation de la surface d'énergie potentielle du ^{240}Pu a pour conséquence une réduction notable de la barrière de fission statique de ce noyau (cf fig. 1) ; le premier maximum passe de 9 MeV à 6,8 MeV et le second de 17 MeV à 9,2 MeV. Ces nouvelles valeurs sont tout à fait satisfaisantes (l'expérience fournit 6 MeV et 5,4 MeV respectivement) compte tenu du caractère microscopique et statique des barrières que nous donnons.

L'un des avantages principaux des approches microscopiques du type de celle que nous utilisons est de donner une description des systèmes nucléaires

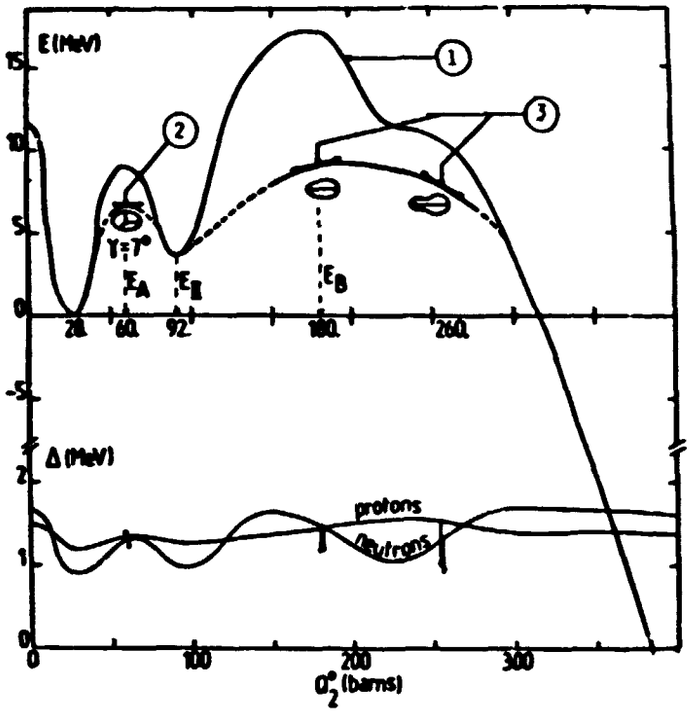
indépendamment de toute paramétrisation (hormis celle de l'interaction à deux corps). Grâce à celà, nos calculs peuvent fournir des informations inaccessibles aux modèles phénoménologiques, tels que les caractéristiques globales des noyaux et leurs variations avec les différents types de déformations envisageables. Ainsi, le calcul présenté ici permet d'obtenir le comportement en fonction des déformations quadrupolaires et octupolaires de l'intensité des corrélations d'appariement, du "gap" d'appariement, de la masse et de la forme des pré-fragments, des différents paramètres d'inertie, etc ..... Ce genre d'informations, qui ne peuvent être déduites de l'expérience, intervient souvent dans les données initiales des modèles phénoménologiques de la fission. Nos calculs permettent donc de tester et de préciser les hypothèses sur lesquelles reposent ces modèles.

REFERENCES

[1] - J.F. BERGER, M. GIROD, *"Calculs de surfaces d'énergie potentielle par la méthode HFB", communication à "IAEA Symposium on Physics and Chemistry of fission", JÜLICH (14-18 Mai 1979).*

[2] - J.F. BERGER, M. GIROD, *"HFB calculation of the ^{240}Pu fission barrier including non axial and left-right asymmetries", communication à "International Conference on Nuclear Physics", BERKELEY (24-30 Août 1980).*

[3] - J.F. BERGER, M. GIROD, *"Calcul de la surface d'énergie potentielle du ^{240}Pu par la méthode HFB", communication aux "Journées d'Etudes sur la Fission", L'ALPE d'HUEZ (6-10 Octobre 1980).*



C-IV-5-FIGURE 1

Dans le haut de la figure, la courbe 1 en trait plein représente la barrière de fission que fournit le calcul HFB axial et symétrique. La courbe 2 a été déduite d'un calcul HFB triaxial réalisé au premier maximum de la barrière. La triaxialité obtenue (= 7°) est indiquée sur la figure. La courbe 3 montre le résultat d'un calcul HFB où la symétrie droite-gauche a été abandonnée. E_A, E_{II}, E_B sont les grandeurs qui servent habituellement à caractériser les barrières de fission.

Dans le bas de la figure on a tracé les variations avec la déformation quadrupolaire $\langle Q_2^0 \rangle$ de l'énergie de quasi-particule la plus basse Δ, pour les protons et pour les neutrons. Les flèches sont indicatives des modifications obtenues lorsque la symétrie axiale et la symétrie droite-gauche sont abandonnées.

C-IV-6-UNE APPROCHE DE CHAMP MOYEN POUR L'INTERPRETATION DES EXPERIENCES DE DIFFUSION D'ELECTRONS. (J. DECHARGE, M. GIROD, D. GOGNY, B. GRAMMATICOS*).

A MEAN FIELD APPROACH FOR THE INTERPRETATION OF ELECTRONS SCATTERING EXPERIMENTS [1].

A microscopic approach based on the mean field assumption is used for the description of nuclear structure and the interpretation of electron scattering experiments. Static results are presented for the nuclear ground states obtained with the HARTREE-FOCK-BOGOLYUBOV method. It is also shown that the inclusion of large range and dynamical correlations can substantially improve the agreement with experiment for the ground state while allowing a description of the excited states as well.

L'abstract ci-dessus est celui de la communication [1] présentée par B. GRAMMATICOS* et basée sur un travail effectué en collaboration avec le Groupe de D. GOGNY à BRUYERES-LE-CHATEL, et en laision avec l'A.L.S. de SACLAY.

* C.R.N. de STRASBOURG (France).

REFERENCE

[1] - J. DECHARGE, M. GIROD, D. GOGNY, B. GRAMMATICOS, *communication au "Symposium on Perspectives in electro and photo nuclear physics", SACLAY 29/9 au 3/10/1980.*

PARTIE D :

ASTROPHYSIQUE

D-I ETUDE DU MILIEU INTERSTELLAIRE

INTERSTELLAR MEDIUM

D-I-1-DYNAMIQUE D'UN RESTE DE SUPERNOVA DANS UN MILIEU EVAPORATIF.

(J.P. CHIEZE, B. LAZAREFF*) [4].

DYNAMICS OF EVAPORATIVE SUPERNOVAE REMNANTS

The evolution of a supernova remnant in a cloudy interstellar medium is shown to belong to the class of self-similar motions. The equation of the motion is numerically integrated. Some properties are discussed.

La structure et l'évolution du milieu interstellaire repose dans une large mesure sur la dynamique des restes de supernovae (McKEE et OSTRIKER [1]). Dans le but de préciser un aspect du travail présenté dans CHIEZE et LAZAREFF [2], [3], nous avons étudié l'évolution d'une onde de choc sphérique se propageant dans un milieu à deux phases, évaporatif. L'ensemble des nuages interstellaires [2],[3] constitue la phase condensée susceptible d'être évaporée au passage de l'onde de choc de la supernova.

L'élévation consécutive de densité dans toute la région intérieure au choc est très supérieure au facteur classique d'HUGONIOT, voisin de $(\gamma + 1)/(\gamma - 1)$. La dynamique du choc est de ce fait altérée. La loi d'expansion est alors de la forme :

$$R \propto t^{3/5}$$

Elle diffère de la loi classique de SEDOV :

$$R \propto t^{2/5}$$

---

* Département de Radioastronomie - Observatoire de Meudon MEUDON (France)

Les profils internes de densité et de température ont été obtenus analytiquement grâce à la nature auto-similaire du problème.

D-I-2-MILIEU INTERSTELLAIRE. ORIGINE DU RAYONNEMENT COSMIQUE GALACTIQUE.

(J. AUDOUZE*, J.P. CHIEZE, E. VANGIONI-FLAM*) [6]

INTERSTELLAR MEDIUM : ON THE ORIGIN OF GALACTIC COSMIC RAYS

On the basis of some meteoritic abundance anomalies, we propose that the vicinity of exploding stars may be the birthplace of galactic cosmic rays.

A la suite du travail sur la nucléosynthèse de ^{22}Ne et ^{26}Al, (VANGIONI-FLAM, AUDOUZE, CHIEZE [5]), nous avons montré que le voisinage des novae et des supernovae, par les abondances cosmiques qui sont susceptibles de s'y établir, pouvait être proposé comme site d'origine du rayonnement cosmique galactique. L'argumentation repose principalement sur les "anomalies" isotopiques récemment observées dans certaines météorites carbonées.

REFERENCES DU CHAPITRE D-I

[1] - McKee C.F., OSTRIKER J.P., *Astrophys. J.* 218 *(1977) 148.*

[2] - Compte Rendu d'Activité 1979.

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

[4] - CHIEZE J.P., LAZAREFF B., *Astron. Astrophys. (sous presse)*

[5] - VANGIONI-FLAM E., AUDOUZE J., CHIEZE J.P., *Astron. Astrophys.* 82 *(1980) 234.*

[6] - AUDOUZE J., CHIEZE J.P., VANGIONI-FLAM E., *Astron. Astrophys.* 91 *(1980) 49.*

* *Institut d'Astrophysique, PARIS*

D-II-PROPRIETES DES GALAXIES

PROPERTIES OF GALAXIES.

D.II.1. - CORRELATION METALLICITE-VITESSE D'ECHAPPEMENT DANS LES GALAXIES ELLIPTIQUES. (L.VIGROUX* J.P. CHIEZE et B. LAZAREFF**) [1].

METALLICITY AND DYNAMICAL PROPERTIES FOR SPHEROIDAL AND ELLIPTICAL GALAXIES.

We propose a new correlation between the metallicity and the escape velocity of spheroidal and elliptical galaxies. A simple interpretation in terms of hot galactic winds is given.

Nous avons pu utiliser des mesures optiques et infrarouges pour estimer la métallicité (IE : l'abondance des produits de la nucléosynthèse stellaire) d'un échantillon de galaxies elliptiques comprenant des membres de l'amas de Virgo et des elliptiques naines de l'amas local.

Nous avons mis en évidence une nouvelle correlation entre la vitesse de libération et la metallicité de chacune de ces galaxies. Cette relation s'étend sur plus de 14 magnitudes,des galaxie elliptiques normales aux systèmes sphéroidaux nains.

Les amas globulaires, quant à eux, ne se rangent pas sur cette séquence. De ce point de vue on doit les considérer comme des systèmes ayant évolué différemment des galaxies elliptiques naines.

Nous avons pu donner une interprétation simple de ces résultats en proposant un modèle pour lequel le gaz contenu dans une galaxie est chauffé par les supernovae. Le gaz est susceptible de s'échapper quand son énergie spécifique interne dépasse l'énergie cinétique d'échappement.

---

* DPh/EP/SAP - CEN/SACLAY

** Département de Radioastronomie, Observatoire de Meudon - MEUDON.

D-II-2-AMAS DE GALAXIES

CLUSTERS OF GALAXIES.

A model for the X-ray structure of two clusters of galaxies is proposed which includes dynamics of the intracluster gas, together with electronic conduction and radiative cooling.

De nombreux amas de galaxies sont des émetteurs X. Le gaz intergalactique est responsable de cette émission. Les amas ABELL 2319 et ABELL 576 ont pu être observés par le satellite X "EINSTEIN" (EX-HEAO-II). Le dépouillement et une première analyse ont été publiés par S.D. WHITE et J. SILK [2]. Bénéficiant de la présence pendant un semestre à l'Institut d'Astrophysique de S.D. WHITE, nous avons pu mettre au point un modèle rendant compte de la structure X particulière des deux amas cités. Ce modèle, en cours d'exploitation, prend en considération l'hydrodynamique du gaz intergalactique, la conduction électronique classique ou saturée et les pertes radiatives.

REFERENCES DU CHAPITRE D-II

[1] - VIGROUX L., CHIEZE J.P., LAZAREFF B., *Astron. Astrophys. (Sous presse).*

[2] - WHITE S.D., SILK J., *Preprint (1980).*

PARTIE E :

BIBLIOGRAPHIE

PUBLICATIONS

(Documents émis ou publiés dans le Service P2N au cours de l'année 1980)

- Hartree-Fock-Bogolyubov calculations with the D1 effective interaction on spherical nuclei.
  J. DECHARGE, D. GOGNY.
  Physical Review Vol. 21C, n° 4 p. 1568 à 1593 (1980).

- Quadrupole moments and nucleon excitation strengths in even-A Sm isotopes
  Ch. LAGRANGE, G. HAOUAT, J. LACHKAR, R.E. SHAMU, M.T. McELLISTREM.
  Nuclear Physics A345 n° 1 p. 193 à 201 (1980).

- Measurement of the $^{235}U(n,2n)$ cross section between threshold and 13 MeV.
  J. FREHAUT, A. BERTIN, R. BOIS.
  Nuclear Science and Engineering Vol. 74 n° 1 p. 29 à 33 (1980).

- Deformations, moments and radii of $^{182,183,184,186}W$ from fast neutron scattering.
  J.P. DELAROCHE, G. HAOUAT, J. LACHKAR, Y. PATIN, J. SIGAUD, J. CHARDINE.
  Physical Review C Vol. 23 n° 1 p. 136 à 152 (1980).

- Direct semi-direct and compound distributions of radiative neutron capture cross sections.
  A. LINDHOLM - L. NILSSON - M. AHMAD - M. ANWAR - I. BERGQVIST - S. JOLY -
  Nuclear Physics A339 n° 2 p. 205 à 218 (1980).

- The foil thickness correction in $\bar{\nu}$ measurements and the $\bar{\nu}$-η discrepancy.
  J.W. BOLDEMAN, J. FREHAUT.
  Nuclear Science and Engineering Vol. 76 n° 1 p. 49 à 52 (1980).

- The (p,n) reaction for $89 \leq A \leq 130$ and an anomalous optical model potential for sub-coulomb protons.
  Ch. LAGRANGE.
  Physical Review C. Vol. 22 n° 2 (Août 1980).

- A model for the Hi cloud spectrum in the solar neighbourhood.
  J.P. CHIEZE, B. LAZAREFF.
  Astronomy and Astrophysics, Vol. 91, p. 290 à 301 (1980).

- Fission fragment angular distributions for neutron fission of ^{230}Th.
  J.W. BOLDEMAN, D. GOGNY, A.R. de L. MUSGROVE, R.L. WALSH.
  Physical Review C, Vol. 22, n° 2, p. 627 à 637 (1980).

- Isotopes anomalies in meteorites and the origin of the galactic cosmic rays.
  J. AUDOUZE, J.P. CHIEZE, E. VANGIONI-FLAM.
  Astronomy and Astrophysics, Vol. 91, p. 49 à 52 (1980).

- Effects of deformation on neutron total cross sections of even A Nd and Sm isotopes.
  R.E. SHAMU, E.M. BERNSTEIN, J.J. RAMIREZ, Ch. LAGRANGE.
  Physical Review C, Vol. 22, p. 1857 à 1871 (1980).

- Metallicity and dynamical parameters for spheroïdal and elliptical galaxies.
  L.VIGROUX, J.P. CHIEZE, B. LAZAREFF.
  Soumis à la Revue "Astronomy and Astrophysics".

- Self similar evolution of evaporative supernova remnants.
  J.P. CHIEZE, B. LAZAREFF.
  Soumis à la Revue "Astronomy and Astrophysics".

- Fully selfconsistent description of high spin magnetic states in ^{208}Pb.
  J. DECHARGE, L. SIPS, D. GOGNY.
  Physics Letters, Vol. 98B, n° 4, p. 229 à 232 (1981).

- Formation des étoiles.
  J.P. CHIEZE.
  "Le Figaro" (Vendredi 8 Août 1980).

- Formation et évolution des étoiles
  J.P. CHIEZE
  Encyclopédie Universalis, mise à jour 1980.

- Compte Rendu de travaux sur l'évaluation de données nucléaires relatives aux actinides.
  Rapport NEANDC(E) 211 "L" - INDC(FR) 41/L (à paraître).

- Some spectroscopic properties of fine structures observed near the ^{231}Pa(n,f) fission threshold.
  S. PLATTARD, G.F. AUCHAMPAUGH, N.W. HILL, G. de SAUSSURE, J.A. HARVEY, R.B. PEREZ.
  Soumis à la revue Physical Review Letters.

- Pulse-height Weighting technique applied to NaI spectra for fast neutron cross section measurements.
  S. JOLY.
  Soumis à la revue Nuclear Science Engineering.

- Phenomenological and microscopic optical model analyses of low energy nucleons interaction with ^{93}Nb.
  Ch. LAGRANGE, A. LEJEUNE
  (doit paraître dans la revue Physical Review C).

- K-components for the ∿ 1.4 MeV ∿ 1.6 MeV, and ∿ 1.7 MeV structures in the fission of ^{232}Th + n.
  G.F. AUCHAMPAUGH, S. PLATTARD.
  Soumis à la revue Physical Review.

COMMUNICATIONS

Nuclear Structure with intermediate energy probes, LOS ALAMOS (U.S.A.)
du 14 au 16.01.1980

- Matter distributions compared with electron scattering results
  D. GOGNY. (Invited paper)
  Rapport : LA 8303 C p. 166 à 175 et CEA-CONF n° 5633.

Annual Meeting of the American Nuclear Society, LAS VEGAS (Névada)
du 8 au 13 Juin 1980.

- High resolution measurement of the ^{231}Pa(n,f) cross section from 0.4 eV to 12 MeV.
  S. PLATTARD, G.F. AUCHAMPAUGH, G. de SAUSSURE.
  CEA-CONF 5219.

A.I.E.A. consultants' meeting on neutron source properties, DEBRECEN (Hongrie)
du 17 au 21.03.1980

- Measurement of the neutron activity of a ^{252}Cf source relative to $\bar{\nu}_p$ for the spontaneous fission
  J. FREHAUT, M. BEAU.
  INDC(NDS) 114/GT Paper C.6 p. 300 et CEA-CONF 5100.

- Production of monoenergetic neutrons with energies between a few hundred keV and 40 MeV.
  G. HAOUAT, M. CANCE.
  INDC(NDS) 114/GT Paper C.17 p. 311 et CEA-CONF 5099.

International Conference on Nuclear Physics, BERKELEY (U.S.A)
du 24 au 30 Août 1980.

- Hartree-Fock Bogolyubov calculation of the ^{240}Pu fission barrier including non axial and left-right asymmetries.
  J.F. BERGER, M. GIROD.
  Paraîtra en CEA-CONF.

BERKELEY (U.S.A.) Suite.

- Dynamical effects in the neutron induced fission of ^{232}Th.
  H. ABOU YEHIA, J. BOLDEMAN, J. FREHAUT, J. TROCHON.
  Paraîtra en CEA-CONF.

Washington Meeting of the APS WASHINGTON (U.S.A.) du 28.4 au 1.5.1980.

- On comparisons of quadrupole deformation parameters $B_{n,p'}$ and $B_{n,n'}$
  M.T.McELLISTREM, J.P. DELAROCHE.
  Paraîtra en CEA-CONF.

- Sensitive influence of nuclear dynamics on nucleon scattering
  J.P. DELAROCHE.
  Paraîtra en CEA-CONF.

- A comment of the anomalous behaviour of the imaginary well depth required for optical model analyses of sub-coulomb protons on nuclides in the mass 100 region .
  R.L.HERCHBERGER, J.P. DELAROCHE, D.S. FLYNN.
  Paraîtra en CEA-CONF.

- Collective excitations in neutron scattering from ^{194}Pt
  M.C. MIRZAA, J.P. DELAROCHE, S.W. YATES, J.L. WEIL, M.T. McELLISTREM.
  Paraîtra en CEA-CONF.

Symposium on Neutron Cross Sections from 10-50 MeV UPTON, L.I. (U.S.A) du 12 au 14 Mai 1980.

- Status of (n,2n) cross section measurements at Bruyères-le-Châtel.
  J. FREHAUT, A. BERTIN, R. BOIS, J. JARY.
  Rapport BNL-NCS 51245 Vol.1 p. 399 à 412 et CEA-CONF N° 5486.

4° Congrès de l'A.I.P. MELBOURNE (Australie) du 25 au 29.08.1980

- Comparison of fission characteristics for spontaneous fission and thermal neutron induced fission of some plutonium isotopes.
  H. ABOU HEYIA, J. BOLDEMAN, Y. PRANAL, J. TROCHON.
  Paraîtra en CEA-CONF.

Workshop on evaluation methods and procedure. BROOKHAVEN (U.S.A) du 22 au 25.09.1980.

- Comments on some aspects of the use of optical statistical model for evaluation purposes. (Invited Paper).
  Ch. LAGRANGE
  CEA-CONF. 5551.

Journées d'Etudes sur la fission ALPE D'HUEZ du 6 au 10.10.1980.

- Etude de la dissipation d'énergie dans la fission de ^{234}U.
  F. COÇU, Y. PATIN, S. CIERJACKS, J. LACHKAR, J. SIGAUD, G. HAOUAT.
  CEA-CONF 5637.
- Calcul de la surface d'énergie potentielle du ^{240}Pu par la méthode HFB.
  J.F. BERGER, M. GIROD.
  CEA-CONF. 5528
- Propriétés spectroscopiques de quelques résonances fines observées dans le seuil de la réaction $^{231}Pa(n,f)$.
  S. PLATTARD, G.F. AUCHAMPAUGH, N.W. HILL, G. de SAUSSURE, J.A. HARVEY, R.B. PEREZ.
  CEA-CONF.5527.
- Etude systématique des résultats sur l'énergie cinétique totale $\bar{E}_K$ des fragments de fission.
  J. TROCHON.
  Paraîtra en CEA-CONF.

Workshop on nuclear physics with real and virtual photons from collective states to quarks in nuclei, BOLOGNE (Italie) du 25 au 28.11.1980.

- Problems in Hartree-Fock calculations of nuclear level densities.
  M. GIROD, A. VENTURA.
  CEA-CONF 5550.

Symposium sur les perspectives de la Physique Electro et Photo nucléaire SACLAY du 29 au 3.10.1980.

- Triaxial deformation effects in the 2^+ transition charge density of ^{58}Ni.
  B. FROIS, J.B. BELLICARD, M. GIROD, B. GRAMMATICOS, J. HEISENBERG, M. HUET, Ph. LECONTE, X.P. PHAN, I. SICK.
  Paraîtra dans le Compte Rendu de la Conférence.

- A mean field approach for the interpretation of electron scattering experiments : results and perspectives.
  J. DECHARGE, M. GIROD, D. GOGNY, B. GRAMMATICOS.
  Paraîtra dans le Compte Rendu de la Conférence.

NOTES C.E.A.

- Réalisation d'une cible tournante de ^{7}Li pour la production de neutrons avec un accélérateur Van de Graaff.
  S. SEGUIN.
  CEA-N-2132.

- Compte rendu d'activités du Service P2N pour l'année 1979.
  CEA-N-2134 - NEANDC(E) 212/L - INDC(FR) 38/L.

- Réalisation d'une cible gazeuse Tritium pour la production de neutrons avec un accélérateur Van de Graaff 4 MeV.
  F. BRISARD.
  CEA-N-2182.

- Mesure de $\bar{\nu}_p$ pour la fission de ^{237}Np induite par des neutrons d'énergie inférieure à 15 MeV.
  J. FREHAUT, A. BOIS, A. BERTIN.
  CEA-N-2196 - NEANDC(E) 219 "L" - INDC(FR) 46/L -

- Sections efficaces de capture de différents éléments pour des neutrons d'énergie comprise entre 0,5 et 3 MeV.
  G. GRENIER, J. VOIGNIER, S. JOLY.
  CEA-N- 2195 - NEANDC(E) 215"L" - INDC(FR) 48/L.

- Mesures absolues des sections efficaces de fission de ^{235}U à 2,5 MeV et 4,45 MeV et de ^{241}Am à 14,6 MeV.
  M. CANCE, G. GRENIER.
  CEA-N-2194 - NEANDC(E)214"L" - INDC(FR) 47/L.

- Sections efficaces de diffusion de neutrons rapides par les noyaux de la région des actinides entre 0,6 et 3,4 MeV.
  G. HAOUAT, J. LACHKAR, Y. PATIN, J. SIGAUD.
  CEA-N-2197 - NEANDC(E) 217 "L" - INDC(FR) 44/L.

NOTES C.E.A. (Suite).

- Diffusion de neutrons par les isotopes $^{206,207,208}Pb$ et ^{209}Bi dans la gamme d'énergie 7,5 - 11,5 MeV.
  G. HAOUAT, O. BERSILLON, J. LACHKAR, Y. PATIN, Ch. LAGRANGE.
  CEA-N-2200 - NEANDC(E) 218 "L" - INDC(FR) 45/L.

- Evaluation complète des données nucléaires neutroniques de ^{85}Rb et ^{87}Rb de 10^{-5} eV à 20 MeV.
  G. SIMON, A. PRINCE, E. LALIE.
  CEA-N-2201 - NEANDC(E) 216 "L" - INDC(FR) 43/L -

RAPPORT C.E.A.

Mesure de la section efficace de capture radiative du rubidium, yttrium, niobium,gadolinium,tungstène, platine et thallium entre 0,5 et 3 MeV.

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

CEA-R-5089 - NEANDC(E) 210 "L" - INDC(FR) 39/L.

DIVERS ET THESE

- Etude expérimentale des effets dynamiques dans la fission induite par neutrons dans ^{232}Th et ^{238}U.
  H. ABOU YEHIA.
  Thèse d'Etat soutenue le 26.06.1980.

- Bilan du groupe de travail de P2N sur un nouvel appareillage. Proposition d'un programme couvrant la physique nucléaire, la propagation et l'interaction de bouffées intenses.
  R. DEI-CAS.
  Note technique n° P2N/186/80 du 3.03.1980.

- Définition d'un accélérateur à fort courant
  R. DEI-CAS.
  Note technique N° P2N/221/80 du 11.03.1980.

- Création d'une zône de libre accès dans le hall du Van de Graaff.
  R. DEI-CAS.
  Note technique N° P2N/352/80 du 18.04.1980.

- 1/ Mouvement radial simplifié dans un accélérateur linéaire à fort courant.
  2/ Préparation de la réunion du 8 Mai 1980 avec CGR-MeV.
  R. DEI-CAS.
  Note Technique n° P2N/409/80 du 6.05.1980.

- Détecteur à galettes à microcanaux pour le SPEG.
  M. MORJEAN, Y. PRANAL, J.L. UZUREAU.
  Note Technique n° P2N/463/80 du 23.05.1980.

- Possibilités de simulation avec des protons des effets d'irradiation par des neutrons de 14 MeV.
  G. HAOUAT.
  Note technique n° P2N/501/80 du 2.06.1980.

- Possibilités d'un "buncher" H.F.
  R. DEI-CAS.
  Note technique n° P2N/581/80 du 26.06.1980.

- Optimisation de la géométrie des cavités dans la partie haute énergie.
  R. DEI-CAS, J. BARDY, M.A. BEUVE.
  Note technique n° P2N/611/80 du 9.07.1980.

- Pré-étude d'un spectromètre magnétique à protons de recul (cas d'une bobine cylindrique).
  R. DEI-CAS.
  Note technique n° P2N/779/80 du 29.09.1980.

- Evolution radiale de la bouffée, système d'extraction et de focalisation
  R. DEI-CAS, M.A. BEUVE.
  Note technique n° P2N/769/80 du 24.09.1980.

- Etude et réalisation d'un diviseur de fréquence par la pulsation du faisceau de l'accélérateur Van de Graaff 4 MeV.
  R. CESCHI.
  Note technique n° P2N/817/80 du 10.10.1980.

- Influence de la charge d'espace sur la trajectoire d'une particule chargée dans un espace sans champ.
  R. CESCHI.
  Note technique n° P2N/818/80 du 10.10.1980.

- Amélioration de la résolution en énergie du spectromètre neutronique à temps de vol à l'aide d'un regroupeur à haute fréquence.
  R. DEI-CAS, J. BARDY, M.A. BEUVE, A. DANDINE. J.P. LAGET.
  Note technique n° P2N/906/80 du 17.11.1980.

- Optimisation des regroupeurs basse énergie et haute énergie du tandem pour la spectrométrie neutronique à temps de vol, à haute résolution.
  R. DEI-CAS.
  Note technique n° P2N/910/80 du 17.11.1980.

- Mulcat-BRC a Monte-Carlo neutron and gamma-ray - multiple - scattering correction program for the mitra 125 computer.
  J.R. LILLEY.
  Note technique n° P2N/934/80 du 26.11.1980.

PARTIE F :

SEMINAIRES

LISTE DES SEMINAIRES DONNES AU SERVICE P2N EN 1980

(en principe le lundi de chaque semaine)

Lundi 7 Janvier 1980 :

Détection de particules légères spectatrices dans quelques réactions à 3 corps : Interaction dans l'état final et effets coulombiens dans l'émission ^{12}C -α- ^{12}C.

(J.N.SCHEURER - Centre d'Etudes Nucléaires de BORDEAUX-GRADIGNAN)

Lundi 14 Janvier 1980 :

Détermination de l'orientation du moment angulaire transféré dans une réaction du type deep inélastique par mesure de l'anisotropie gamma.

(P.AGUER - Centre de spectrométrie Nucléaire et de Spectrométrie de masse - ORSAY)

Lundi 21 Janvier 1980 :

Evaluation des sections efficaces des noyaux de ^{85}Rb et ^{87}Rb.

(G.SIMON - Centre d'Etudes de BRUYERES-LE-CHATEL)

Lundi 28 Janvier 1980 :

L'étude de la résonance géante dans les noyaux par diffusion inélastique aux très petits angles (0° compris).

(M.FAUERE) - Institut des Sciences Nucléaires - GRENOBLE)

Lundi 18 Février 1980 :

Réacteurs nucléaires pour l'espace.
(D.KOENING - Los Alamos Scientific Laboratory et CEN-SACLAY)

Mardi 19 Février 1980 :

Traitement semi-classique du noyau.
(P.SCHUCK - Institut Laue-Langevin - GRENOBLE)

Lundi 25 Février 1980 :

Relationship between the band structure and the mechanical properties of germanium under shock.
(P.HARRIS - US Army Research and Development Command - DOVER(USA) et Université de POITIERS)

Mardi 26 Février 1980 :

Exciton model description of nuclear reactions.
(S.K.GUPTA - Bhabha Atomic Research Center - BOMBAY(Inde)

Lundi 3 Mars 1980 :

Osmium neutron capture cross-section and the age of the Galaxy.
(R.L.MACKLIN -Oak-Ridge et CE BRUYERES-LE-CHATEL)

Mardi 4 Mars 1980 :

Aspects classiques dans les changements de forme des noyaux à hauts moments angulaires.
(R.ARVIEU - Institut des Sciences Nucléaires de GRENOBLE)

Lundi 17 Mars 1980 :

Le phénomène de fission rapide dans les réactions induites par ions lourds : un mécanisme intermédiaire entre les réactions très inélastiques et la formation du noyau composé.
(C.NGÔ - DPh-N-MF - CEN/SACLAY)

Lundi 24 Mars 1980 :

"Simple" models for fast-nucleon radiative capture.
(F.DIETRICH - Lawrence Livermore Laboratory et CE BRUYERES-LE-CHATEL)

Lundi 14 Avril 1980 :

Etude des états de trous de neutrons dans les $^{207-206-205}Pb$ par la réaction $(^3He, \alpha)$ à 100 MeV.
(J.GUILLOT - Centre d'Etudes de BRUYERES-LE-CHATEL)

Lundi 21 Avril 1980 :

Properties of complex spectra of neutron resonance spectroscopy.
(J.B.GARG -State University cet Albany - N.Y et Centre d'Etudes de BRUYERES-LE-CHATEL)

Lundi 28 Avril 1980 :

Effets des forces à trois corps.
(M.FABRE de la RIPELLE - Institut de Physique Nucléaire d'ORSAY)

Mardi 29 Avril 1980 :

U.S Nuclear Data Evaluation Activities.
(S.PEARLSTEIN - Brookhaven National Laboratory)

Lundi 5 Mai 1980 :

The phenomenology of proton scattering from nuclei.
(R.S.MACKINTOSH - Open University, Milton Keynes - GRANDE-BRETAGNE)

Lundi 12 Mai 1980 :

Monte-Carlo simulation of neutron scattering experiments.
(J.LILLEY - Los Alamos et Centre d'Etudes de BRUYERES-LE-CHATEL)

Lundi 19 Mai 1980 :

Recent advance in the production and detection of fast monoenergetic neutrons between 0,002 and 60 MeV.
(M.DROSG - Institut de Physique de l'Université de VIENNE - AUTRICHE)

Lundi 2 Juin 1980 :

Transfert α et rôle d'interaction neutron-proton dans la naissance des déformations, situation espérimentale dans la région des Ge.
(D.ARDOUIN - Institut de Physique - Université de NANTES)

Lundi 9 Juin 1980 :

Intermediate structure in unresolved resonances of fissile and fertile nuclides.
(M.S.MOORE - Los Alamos Scientific Laboratory - USA)

Vendredi 13 Juin 1980 :

Effets biologiques des neutrons.
(J.LAFUMA - Centre d'Etudes Nucléaires - FONTENAY-aux-ROSES)

Lundi 16 Juin 1980 :

Methods high sensitivity assay of transuranic isotopes in nuclear waste.
(M.CATES - Los Alamos Scientific Laboratory)

Lundi 23 Juin 1980 :

Fusion d'ions de masse intermédiaire $^{24}Mg + Mg$; ^{12}C, $^{28}Si + Si$.
(S.GARRY - DPh-N/BE - SACLAY)

Vendredi 27 Juin 1980 :

Structure nucléaire et mécanisme de réaction aux énergies intermédiaires : expériences auprès du nouveau synchro-cyclotron d'ORSAY.
(H.LANGEVIN - I.P.N ORSAY)

Lundi 7 Juillet 1980 :

Dynamic theory of excited rotational bands in the high spin region of deformed nuclei.
(P.RING - Technische Universitat MUNCHEN -RFA)

Jeudi 10 Juillet 1980 :

Creation of the rare light elements and whether the univers will expand.
(S.AUSTIN - Michigan State University et Faculté des Sciences d'ORSAY)

Lundi 13 Octobre 1980 :

Capture radiative de neutrons rapides à Los Alamos.
(S.JOLY - Centre d'Etudes de BRUYERES-LE-CHATEL)

Lundi 20 Octobre 1980 :

Calculs Hartree-Fock-Bogolyubov appliqués à la barrière de fission du ^{240}Pu.
(J.F. BERGER - Centre d'Etudes Nucléaires de BRUYERES-LE-CHATEL)

Lundi 27 Octobre 1980 :

Problèmes dans les calculs Hartree-Fock à température finie.
(A.VENTURA - Centre d'Etudes de BRUYERES-LE-CHATEL et CEN-BOLOGNE, Italie).

Lundi 3 Novembre 1980 :

Fully self-consistent description of high spin magnetic states in ^{208}Pb.
(L.SIPS - Centre d'Etudes de BRUYERES-LE-CHATEL et Institut R.Boskovic-ZAGREB)

Lundi 1er Décembre 1980 :

Contribution à l'étude de la dynamique du processus de fission : fragmentations froides.
(C.SIGNARBIEUX - DPh-N/MF - CEN/SACLAY)

Lundi 8 Décembre 1980 :

Oscillations de neutrino.
(B.VIGNON - Institut des Sciences Nucléaires - GRENOBLE)

Jeudi 11 Décembre 1980 :

New features of local and non local optical potentials.
(H.VON GERAMB - DPh-T- SACLAY et Université de HAMBOURG)

Lundi 15 Décembre 1980 :

Intérêt des isotopes radioactifs dans l'étude des aquifères - Recherche de ^{36}Cl au Tandem de Bruyères-le-Châtel.
(J.C.FONTES - Laboratoire de Géochimie Isotopique - ORSAY, I.BRISSAUD - Institut de Physique Nucléaire - ORSAY)

Lundi 22 Décembre 1980 :

Description des noyaux de masse impaire de Ir, Au et Ag à l'aide d'un modèle particule- rotor asymétrique généralisé.

(Ch. VIEU - Centre de Spectrométrie Nucléaire et de Spectrométrie de masse - ORSAY)

Edité par
le Service de Documentation
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay
91191 GIF-sur-YVETTE Cédex (France)