

CEA-N-2284  
NEANDC (E) 232 «L»  
INDC (FR) 55/L

- Note CEA-N-2284 -

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

**COMPTE RENDU D'ACTIVITE  
DU SERVICE DE PHYSIQUE NEUTRONIQUE ET NUCLEAIRE  
POUR L'ANNEE 1981**

**NDS LIBRARY COPY**

- Mai 1982 -

Note CEA-N-2284

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

*en français*

PHYSIQUE NUCLEAIRE  
PROGRAMMES DE RECHERCHE  
C E A

*en anglais*

NUCLEAR PHYSICS  
RESEARCH PROGRAMS  
C E A

- Note CEA-N-2284 -

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

COMPTE RENDU D'ACTIVITE  
DU SERVICE DE PHYSIQUE NEUTRONIQUE ET NUCLEAIRE  
POUR L'ANNEE 1981



CEA-N-2284 -

COMPTE RENDU D'ACTIVITE DU SERVICE DE PHYSIQUE NEUTRONIQUE ET NUCLEAIRE  
POUR L'ANNEE 1981

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 1981. 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 1981 ainsi que la liste des séminaires qui ont eu lieu dans le laboratoire.

1982

222 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

CEA-N-2284

PROGRESS REPORT OF THE NEUTRON AND NUCLEAR PHYSICS DIVISION FOR THE  
YEAR 1981

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 1981. 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 1981 and a list of talks given in the laboratory.

1982

222 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

# I

## P R E F A C E

Le compte-rendu du Service de Physique Neutronique et Nucléaire est présenté, comme chaque année, selon les grandes rubriques qui reflètent les divers sujets d'intérêt développés au cours de l'année écoulée .

En ce qui concerne l'aspect support technique du Service, le fonctionnement des accélérateurs a été relativement satisfaisant et leur temps d'utilisation tout à fait comparable à celui des autres années , L'accélérateur VDG Tandem 7 MV n'a pas pu atteindre ses performances maximales, par suite de difficultés dues aux tubes, mais ces difficultés sont maintenant levées . L'étude du regroupeur, qui a débuté en 1980, a été entièrement financée en 1981 et se déroule conformément aux prévisions; un certain nombre d'aménagements ont pu être effectués et l'installation définitive aura lieu au cours de l'année 1982, devant nous permettre d'obtenir des bouffées de particules de très faible largeur temporelle (quelques centaines de picosecondes) .

La mise en place, auprès de l'accélérateur VDG 4 MeV, de la microsonde nucléaire s'est poursuivie en liaison avec le Service d'Etudes Analytiques (CEN-SACLAY) . Nous avons obtenu des faisceaux de protons de section carrée (15  $\mu$ m de côté) présentant une bonne stabilité et utilisables pour les premiers essais de cet appareillage .

Plus généralement nous avons fait cette année un effort particulier de renouvellement et d'amélioration des détecteurs de faisceaux, dans le but de mieux connaître les caractéristiques des faisceaux délivrés par les accélérateurs et de faciliter ainsi les réglages et les conditions d'utilisation .

Les travaux généraux d'amélioration des systèmes informatiques ont porté d'une part sur l'augmentation de capacité des ordinateurs (adjonction d'un disque de 300 Millions d'octets, accroissement de taille de la mémoire centrale), d'autre part sur le développement de logiciels adaptés aux besoins spécifiques des utilisateurs ainsi que sur la mise en place et l'amélioration de codes généraux de calcul .

## II

Sur le plan expérimental, nos travaux se sont poursuivis selon trois directions principales ; mesures de sections efficaces (diffusion élastique, inélastique, capture), étude expérimentale du processus de fission, activités ions lourds .

Sur le premier point, la tenue à Paris les 21-22 et 23 Novembre 1981 d'une réunion de spécialistes sur les données de diffusion des actinides (réunion organisée dans le cadre de l'OCDE au Château de la Muette) nous a conduits à effectuer une synthèse des données existantes et dans ce cadre nous avons réalisé un ensemble de mesures de sections efficaces différentielles de diffusion élastique et inélastique de neutrons sur quelques actinides . Ces mesures ont été présentées lors de la réunion et interprétées dans le cadre de modèles nucléaires . Notons en outre la réalisation de mesures de sections de capture (en particulier sur  $^{63}\text{Cu}$  et  $^{65}\text{Cu}$ ) ainsi que la mesure du nombre moyen de neutrons prompts émis lors de la fission de  $^{232}\text{Th}$  induite par neutrons rapides .

L'étude expérimentale du processus de fission nous a amenés, d'une part à développer un système de prise de temps à galettes de microcanaux, d'autre part à automatiser le plus possible l'analyse des données issues des mesures . Nous avons en particulier fait des mesures sur  $^{230}\text{Th}$  et nous avons entrepris, dans le cadre de l'étude des réactions (d,pf) une collaboration avec le Département de Physique Nucléaire (CEN-SACLAY) ainsi que des expériences en liaison avec le laboratoire de Los Alamos .

En matière d'ions lourds, notre activité principale a porté sur la mise au point de dispositifs expérimentaux ; nous avons poursuivi la réalisation de l'ensemble CASIMIR, qui comporte une chambre d'ionisation de grandes dimensions associée à une chambre à réactions . Ce dispositif est en grande partie réalisé et un certain nombre de tests ont pu être effectués, en collaboration avec le Département de Physique Nucléaire (CEN-SACLAY) en particulier sur la chambre d'ionisation . Nous avons en outre progressé dans l'étude du détecteur de temps zéro et de localisation qui doit équiper l'entrée du SPEG (spectromètre devant être implanté auprès de GANIL) et réalisé un prototype dont le fonctionnement est satisfaisant .

### III

En matière d'évaluation de données on peut noter en premier lieu la poursuite d'évaluations déjà entreprises auparavant : c'est ainsi que les travaux concernant le Tungstène et le Bismuth ont été terminés et ont donné lieu à la création des fichiers ENDF correspondants . La collaboration avec le laboratoire de Los Alamos se poursuit, en particulier sur le Thulium . En deuxième lieu nous avons développé et amélioré les outils informatiques et plus généralement les aides aux travaux d'évaluation proprement dite . Notons en particulier la réalisation en cours d'une version "portable" du code SYNOPSIS permettant de gérer et de manipuler les bibliothèques de données .

Dans le cadre des études de modèles nucléaires, il faut noter une synthèse des méthodes théoriques propres à la prédiction des sections efficaces des Actinides et présentée également au Meeting OCDE du Château de la Muette . Des progrès intéressants ont été réalisés visant à utiliser les résultats de calculs microscopiques en vue de la détermination théorique de sections efficaces, notamment pour l'interprétation de mesures de diffusion élastique et inélastique sur le  $^{208}\text{Pb}$  . Diverses extensions du modèle optique en voies couplées ont également été étudiées, en particulier dans le cadre de l'analyse de nombreuses données expérimentales de diffusion menée en collaboration avec le "Triangle Universities Nuclear Laboratory" (TUNL) .

Nos activités de physique nucléaire microscopique se sont développées très activement . Un des résultats marquants obtenus a porté sur une interprétation nouvelle du processus de scission, incluant la possibilité de "fission froide", à partir d'un calcul entièrement selfconsistant des barrières de fission et de scission du noyau  $^{240}\text{Pu}$  . Cette approche théorique, qui restitue déjà de façon satisfaisante diverses données expérimentales de fission, est appelée à de plus larges développements . D'autres études se sont poursuivies parallèlement, notamment pour la description des résonances géantes et le calcul de diverses caractéristiques d'état fondamental, telles que les distributions de densités de nucléons et les propriétés de déformation d'une série d'actinides .

P. FIGEAC

Chef du Service de Physique  
Neutronique et Nucléaire



Je remercie particulièrement Melle Marie Lise MOULIN qui a assuré la plus grande partie de la frappe de ce document, ainsi que M. Jacques SALVY, Adjoint au Chef de Service, qui s'est chargé de son édition .

TABLE DES MATIERES

PARTIE A : EXPLOITATION ET AMELIORATIONS DES MOYENS EXPERIMENTAUX

A-I- ACCELERATEURS.....	2
A-I-1 Exploitation du Van de Graaff Tandem 7 MV.....	2
A-I-2 Améliorations apportées au 7 MV.....	3
A-I-3 Exploitation du Van de Graaff 4 MeV.....	5
A-II- ETUDE DE NOUVEAUX DIAGNOSTICS DE FAISCEAUX.....	9
A-III- REALISATION D'UN REGROUPEUR HF.....	12
A-IV- UTILISATION DES ACCELERATEURS POUR DES APPLICATIONS DE MICROSONDE NUCLEAIRE ET DE DATATION.....	22
A-V- INTERACTION D'UN FAISCEAU DE PARTICULES AVEC UNE CIBLE IONISEE.....	26
A-VI- DEVELOPPEMENTS DE DIPOLES A AIMANTS PERMANENTS.....	27
A-VII- SUR LA POSSIBILITE DE CHAUFFAGE D'UN PLASMA DE TYPE TOKAMAK A L'AIDE D'IONS LOURDS DE HAUTE-ENERGIE.....	30
A-VIII- ELECTRONIQUE ET CONTROLE PAR MICROPROCESSEUR.....	32
A-IX- INFORMATIQUE.....	36
A-X- PROGRAMMES DE CALCUL.....	41
A-XI- TECHNOLOGIE.....	44

CONTENTS

PART A : UTILIZATION AND IMPROVEMENTS OF THE EXPERIMENTAL

A-I- ACCELERATORS.....	2
A-I-1 The 7 MV tandem Van de Graaff accelerator.....	2
A-I-2 Improvements of the 7 MV facility.....	3
A-I-3 The 4 MeV Van de Graaff accelerator.....	5
A-II- STUDY OF NEW BEAM DIAGNOSTICS.....	9
A-III- REALIZATION OF A HIGH ENERGY RF BUNCHER.....	12
A-IV- USE OF THE ACCELERATORS FOR DATATIONS AND NUCLEAR MICROPROBE APPLICATIONS.....	22
A-V- PARTICLE BEAM INTERACTION WITH A HOT IONIZED TARGET.....	26
A-VI- DEVELOPMENT OF DIPOLES USING PERMANENT MAGNETS.....	27
A-VII- ON THE POSSIBILITY OF A TOKAMAK PLASMA HEATING BY USING HIGH ENERGY HEAVY IONS.....	30
A-VIII- ELECTRONIC AND MICROPROCESSOR CONTROL.....	32
A-IX- THE DATA ACQUISITION, COMPUTING AND THEIR EVOLUTION ARE DESCRIBED.....	36
A-X- SCIENTIFIC PROGRAMMING.....	41
A-XI- TECHNOLOGY.....	44

PARTIE B : EXPERIENCES ET INTERPRETATIONS

B-I- DIFFUSION ELASTIQUE ET INELASTIQUE DES NEUTRONS RAPIDES.....	48
B-I-1 Amélioration du spectromètre de neutrons par temps de vol.....	48
B-I-2 Données de sections efficaces de diffusion élastique et inélastique de neutrons rapides sur les actinides.....	49
B-I-3 Compilation des données de diffusion de neutrons sur les principaux isotopes de la région des actinides.....	50
B-I-4 Sections efficaces de diffusion de neutrons sur $^{232}\text{Th}$ , $^{233}\text{U}$ , $^{235}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{239}\text{Pu}$ et $^{242}\text{Pu}$ entre 0,6 et 3,4 MeV.....	54
B-I-5 Diffusion de neutrons par des noyaux de la couche s-d : $^{24}\text{Mg}$ , $^{28}\text{Si}$ , $^{32}\text{S}$ .....	56
B-I-6 Diffusion de neutrons de 10 et 13 MeV par les noyaux $^{63}\text{Cu}$ et $^{65}\text{Cu}$ .....	59
B-I-7 Diffusion de neutrons de 13 et 15,5 MeV sur $^{208}\text{Pb}$ .....	61
B-II- AUTRES REACTIONS INDUITES PAR NEUTRONS.....	64
B-II-1 Corrections dans les mesures de capture radiative de neutrons.....	64
B-II-2 Sections efficaces de capture radiative de neutrons rapides.....	67
B-II-3 Excitation de la résonance quadrupolaire isovectorielle dans la réaction $^{208}\text{Pb} (n,\gamma)$ .....	70
B-II-4 Mesures de $\bar{\nu}_p$ pour $^{232}\text{Th}$ .....	71
B-III- ETUDE DU PROCESSUS DE FISSION.....	75
B-III-1 Etude d'un système de prise de temps pour des mesures de temps de vol de fragments de fission.....	75
B-III-2 Amélioration du système de traitement de données de la mesure de l'énergie cinétique des fragments de fission.....	76
B-III-3 Analyse des distributions angulaires des fragments de fission.....	81

PART B : EXPERIMENTS AND INTERPRETATIONS

B-I- FAST NEUTRON ELASTIC AND INELASTIC SCATTERING.....	48
B-I-1 Improvements in the time-of-flight fast neutron spectrometer.....	48
B-I-2 Cross section data on fast neutron elastic and inelastic scattering from actinide nuclei.....	49
B-I-3 Data compilation for fast neutron scattering on the main actinides.....	50
B-I-4 Neutron scattering cross sections for $^{232}\text{Th}$ , $^{233}\text{U}$ , $^{235}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{239}\text{Pu}$ and $^{242}\text{Pu}$ between 0.6 and 3.4 MeV.....	54
B-I-5 Neutron scattering from S-D shell nuclei : $^{24}\text{Mg}$ , $^{28}\text{Si}$ , $^{32}\text{S}$ .....	56
B-I-6 Neutron scattering from the nuclei $^{63}\text{Cu}$ and $^{65}\text{Cu}$ at 10 and 13 MeV.....	59
B-I-7 Neutron scattering from $^{208}\text{Pb}$ at 13 and 15,5 MeV.....	61
B-II- OTHER NEUTRON INDUCED REACTIONS.....	64
B-II-1 Corrections for fast neutron capture measurements.....	64
B-II-2 Fast neutron capture cross sections.....	67
B-II-3 The E2 isovector giant resonance as seen through the $^{208}\text{Pb}$ (n, $\gamma$ ) reaction.....	70
B-II-4 Measurement of $\rho$ for $^{232}\text{Th}$ .....	71
B-III- STUDY OF FISSION.....	75
B-III-1 A new system for fast time pick up.....	75
B-III-2 Improvements of the codes used for the analysis of fission fragment kinetic energy measurements.....	76
B-III-3 A code for experimental fission fragment angular distribution analysis.....	81

B-III-4	Mesure de la distribution en masse et de l'énergie cinétique des fragments de la fission de $^{230}\text{Th}$ induite par neutrons.....	85
B-III-5	Mesure de la probabilité de fission dans les réactions $^{231}\text{Pa}$ et $^{232}\text{Th}$ (d,pf).....	90
B-III-6	Etude des structures fines dans les résonances de fission de $^{233}\text{Th}$ à l'aide de la réaction $^{232}\text{Th}$ (d,pf) ..	94
B-III-7	Rendements en masses symétriques de la fission de $^{231}\text{Th}$ induite par la réaction $^{230}\text{Th}$ (d,pf).....	96
B-IV-	ETUDE DES REACTIONS ENTRE IONS LOURDS.....	100
B-IV-1	Le dispositif CASIMIR : une chambre associée à un système d'identification et de mesure d'ions de réaction.....	100
B-IV-2	Essais d'une chambre d'ionisation de grandes dimensions.....	104
B-IV-3	Détecteur de temps zéro et de localisation à galettes de microcanaux.....	108
B-IV-4	Détection de radioisotopes naturels avec le Tandem Van de Graaff.....	114
B-IV-5	Recherche de $^{36}\text{Cl}$ et de $^{14}\text{C}$ dans des échantillons naturels.....	115
B-IV-6	Ralentissement d'ions lourds dans un mélange D- $^3\text{He}$ .....	116
B-IV-7	Etude de la réaction de fusion $^{13}\text{C} + ^{13}\text{C}$ .....	120
B-IV-8	Calculs de fragmentation du projectile.....	121
B-IV-9	Distributions corrélées des charges et des masses provenant des réactions $^{56}\text{Fe}$ sur $^{58}\text{Ni}$ , $^{64}\text{Ni}$ et $^{122}\text{Sn}$ ....	123
B-IV-10	Etude du système $^{24}\text{Mg} + ^{197}\text{Au}$ à 271 MeV.....	126
PARTIE C : THEORIE ET EVALUATION		
C-I-	EVALUATION DE DONNEES NUCLEAIRES.....	128
C-I-1	Evaluation complète des données nucléaires des isotopes du Tungstène.....	128
C-I-2	Evaluation complète des données nucléaires de $^{209}\text{Bi}$ .....	130
C-I-3	Evaluation complète des sections efficaces neutroniques de $^{169}\text{Tm}$ .....	134
C-I-4	Calcul des spectres en énergie des particules émises au cours des réactions $n + ^6\text{Li}$ et $n + ^7\text{Li}$ .....	137

B-III-4 Neutron induced fission in $^{230}\text{Th}$ ; fission fragment mass distribution and kinetic energy.....	85
B-III-5 Fission cross section measurements from the $^{231}\text{Pa}$ and $^{232}\text{Th}$ (d,pf) reactions.....	90
B-III-6 Study of the fine structures in the $^{233}\text{Th}$ fission resonances from the $^{232}\text{Th}$ (d,pf) reaction.....	94
B-III-7 Symmetric fission yields for $^{231}\text{Th}$ from the $^{230}\text{Th}$ (d,pf) reaction.....	96
B-IV- STUDY OF HEAVY ION INDUCED REACTIONS.....	100
B-IV-1 The CASIMIR set-up.....	100
B-IV-2 Tests of a large area ionization chamber.....	104
B-IV-3 A position sensitive channel plate time detector.....	108
B-IV-4 Natural radioisotopes detection with the tandem Van de Graaff.....	114
B-IV-5 Search for $^{36}\text{Cl}$ and $^{14}\text{C}$ in natural samples.....	115
B-IV-6 Slowing down of heavy ions in a cold D- $^3\text{He}$ mixture.....	116
B-IV-7 Fusion cross section measurements for the $^{13}\text{C} + ^{13}\text{C}$ reaction.....	120
B-IV-8 Projectile fragmentation calculations.....	121
B-IV-9 Correlated charge and mass distributions from reaction of $^{56}\text{Fe}$ with $^{58}\text{Ni}$ , $^{64}\text{Ni}$ and $^{122}\text{Sn}$ .....	123
B-IV-10 Study of the $^{24}\text{Mg} + ^{197}\text{Au}$ system at 271 MeV.....	126

PART C : THEORY AND EVALUATION

C-I- EVALUATION OF NUCLEAR DATA.....	128
C-I-1 Complete evaluation of neutron induced cross sections on Tungsten isotopes.....	128
C-I-2 Complete cross section evaluation for $^{209}\text{Bi}$ from $10^{-5}$ eV to 20 MeV.....	130
C-I-3 Complete cross section evaluation for $^{169}\text{Tm}$ from $10^{-5}$ eV to 20 MeV.....	134
C-I-4 Energy spectra of particules emitted in the $n + ^6\text{Li}$ and $n + ^7\text{Li}$ reactions.....	137

C-II- TRAITEMENT DES DONNEES.....	140
C-II-1 Compilation de données spectroscopiques nucléaires.....	140
C-II-2 Synopsis : outil interactif d'évaluation de données nucléaires.....	141
C-II-3 Système de couplage de codes de modèles nucléaires utilisés en évaluation.....	144
C-III- CALCULS DE DONNEES ET ETUDES DE MODELES NUCLEAIRES.....	146
C-III-1 NRLY : Code de modèle statistique pour le calcul des sections efficaces neutroniques des noyaux fissionables.....	146
C-III-2 RDF : code de calcul des réactions (d,pf), (d,pn) et (d,pγ) avec modèle statistique.....	147
C-III-3 Application du modèle optique en voies couplées pour le calcul de sections efficaces neutroniques pour <sup>233</sup> U.....	148
C-III-4 Analyse par modèle optique microscopique de la diffusion élastique et inélastique de nucléons par <sup>208</sup> Pb.....	150
C-III-5 Analyse des diffusions élastiques et inélastiques de neutrons d'énergie comprise entre 8 et 17 MeV sur les noyaux vibrationnels <sup>40</sup> Ca, <sup>54,56</sup> Fe, <sup>58,60</sup> Ni, <sup>63,65</sup> Cu, <sup>116,120</sup> Sn, et <sup>208</sup> Pb.....	153
C-III-6 Analyse des diffusions élastiques et inélastiques de protons polarisés de 16 MeV sur <sup>76,78,80,82</sup> Se.....	155
C-III-7 Interaction directe de neutrons rapides sur les têtes de bande de vibration β et γ des isotopes du Tungstène.....	156
C-IV- DESCRIPTION DES NOYAUX DANS LE CADRE DES THEORIES SELF- CONSISTENTES.....	157
C-IV-1 Description microscopique des résonances géantes dans les noyaux <sup>40</sup> Ca, <sup>48</sup> Ca, <sup>90</sup> Zr et <sup>208</sup> Pb.....	157
C-IV-2 Distributions de densités de nucléons par la méthode Hartree-Fock-Bogoliubov pour les noyaux sphériques.....	159
C-IV-3 Effets dynamiques sur la densité de transition 2 <sup>+</sup> du <sup>58</sup> Ni.....	160

C-II- DATA PROCESSING.....	140
C-II-1 Compilation of nuclear data.....	140
C-II-2 Synopsis : an interactive system for nuclear data evaluation.....	141
C-II-3 An evaluation and calculation processing system with nuclear model codes.....	144
C-III- CALCULATION OF DATA AND STUDY OF NUCLEAR MODELS.....	146
C-III-1 NRLY : a statistical model code for calculating neutron cross sections of fissionable nuclei.....	146
C-III-2 RDF : code for calculating (d,pf), (d,pn) and (d,px) reactions using the statistical model.....	147
C-III-3 Application of the coupled channel optical model to the calculation of $^{233}\text{U}$ neutron cross sections.....	148
C-III-4 Microscopic optical model analyses of elastic and inelastic nucleon scattering from $^{208}\text{Pb}$ .....	150
C-III-5 Analysis of neutron elastic and inelastic scattering from vibrational nuclei at incident energies between 8 and 17 MeV.....	153
C-III-6 Analysis of elastic and inelastic scattering of 16 MeV polarised protons from $^{76,78,80,82}\text{Se}$ .....	155
C-III-7 Direct interaction of fast neutron scattered from the $\pi$ and $\gamma$ band head levels of the Tungsten isotopes.....	156
C-IV- DESCRIPTION OF NUCLEI WITHIN THE SELF-CONSISTENT THEORIES.....	157
C-IV-1 Microscopic description of the giant resonances in $^{40}\text{Ca}$ , $^{48}\text{Ca}$ , $^{90}\text{Zr}$ and $^{208}\text{Pb}$ .....	157
C-IV-2 Nucleon densities distributions in spherical nuclei from the Hartree-Fock-Bogoliubov method.....	159
C-IV-3 Dynamical effects on the $2^+$ transition densities of $^{58}\text{Ni}$ .....	160

C-IV-4 Calcul microscopique du potentiel collectif des isotopes pairs A = 182 à 190 du Mercure et de l'isotope impair $^{185}\text{Hg}$ .....	163
C-IV-5 Calculs microscopiques des propriétés de déformation dans la région des actinides.....	167
C-IV-6 Description microscopique de la fission. Le mécanisme de la scission.....	172

PARTIE D : METHODES MATHEMATiques ET ASTROPHYSIQUE

D-I- ETUDES SUR LES METHODES D'INTEGRALES FONCTIONNELLES.....	178
D-II- MODELE D'EMISSION X DES AMAS DE GALAXIES.....	179
D-III- MODELE DE GALAXIES A SURSAUTS DE FORMATION D'ETOILES.....	181

PARTIE E : BIBLIOGRAPHIE..... 182

PARTIE F : SEMINAIRES..... 196

C-IV-4 A microscopic calculation of collective potential in  
 $^{182}\text{Hg}$  -  $^{190}\text{Hg}$  isotopes..... 163

C-IV-5 Microscopic calculation of deformation properties in  
the Actinide region..... 167

C-IV-6 Microscopic description of fission. The scission  
mechanism..... 172

PART D : MATHEMATICAL METHODS AND ASTROPHYSICS

D-I- STUDIES ON FUNCTIONAL INTEGRAL METHODS..... 178

D-II- A MODEL FOR THE X-RAY EMISSION OF CLUSTERS OF GALAXIES..... 179

D-III- BURSTS AND COHERENT OSCILLATIONS OF STAR FORMATION IN  
GALAXIES..... 181

PART E : BIBLIOGRAPHY..... 182

PART F : SEMINARS..... 196



PARTIE A :

EXPLOITATION ET AMELIORATIONS

DES MOYENS EXPERIMENTAUX

## A-I-ACCELERATEURS

A-I-1- Exploitation du Van de Graaff Tandem 7 MV. (A. DANDINE, A. COURTAÏN, et les techniciens du Groupe Accélérateurs).

*The 7 MV tandem Van de Graaff Accelerator.*

*The total running time was of 2 194 hours ; 70 % of this time was devoted to p, d acceleration and 30 % to heavy ion acceleration.*

*The tank was opened six times during this year due to SF6 leakage, beam foil stripping replacement and tube and belt damages.*

En 1981, le temps d'utilisation du Tandem a été de 2 194 h . Environ 70 % du temps a été consacré à l'accélération de protons et de deutérons et 30 % à l'accélération d'ions lourds, soit :

$^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{28}\text{Si}$ ,  $^{58}\text{Ni}$ ,  $^{63}\text{Cu}$  pour les expériences spécifiques au Service P2N et :

$^{26,27}\text{Al}$ ,  $^{35,37}\text{Cl}$ ,  $^{40,41}\text{Ca}$ ,  $^{39,40}\text{K}$  et  $^{14}\text{C}$  pour des expériences préliminaires de datation effectuées en collaboration avec les physiciens d'ORSAY : C.S.N.S.M. et I.P.N.

. six ouvertures du tank ont été effectuées au cours de l'année pour les causes suivantes :

- + recherche d'une fuite de SF6 dans l'accélérateur ; cette fuite ne se produisait que lorsque le Tandem était sous pression. Elle provenait d'une traversée électrique alimentant le déviateur de faisceau installé dans l'électrode HT du Tandem,
- + changement des feuilles de "stripping",
- + remplacement des tubes accélérateurs, quatre tubes neufs sont arrivés à B.III cassés dans leur caisse d'emballage (fig. 1). Au retour de réparation, les quatre tubes ont été installés dans le Tandem, mais l'un d'eux a été cassé au cours du montage et retourné une nouvelle fois chez le constructeur. Le Tandem a donc fonctionné jusqu'à fin 1981 avec trois tubes neufs à électrodes d'acier, et avec un tube usagé à électrodes d'aluminium. En conséquence la tension d'accélération a été limitée provisoirement à 6,4 MV,

- + remplacement de la courroie de montée des charges :  
la courroie installée au mois de septembre a dû être changée au mois d'octobre à cause d'un allongement excessif, après 230 heures seulement de fonctionnement,
- + remplacement du moteur d'entraînement de la courroie et de l'alternateur.

A-I-2- Améliorations apportées au 7 MV (Groupes accélérateurs, technologie et ordinateurs).

*Improvements of the 7 MV facility.*

*A continuous effort has been done to improve some parts of the 7 MV facility namely the heavy ion source, the vacuum system and the computer assistance to define the parameters. A new beam line was also installed.*

a) Modification de la source d'ions lourds Hiconex 834 :

(R. BODIN - A. COURTAINE - A. DANDINE)

- Dans la version originale de cette source construite par Général Ionex et qui est en fonctionnement à P2N depuis 1979, les ions césium bombardent l'intérieur d'un cône creux du matériau dont on désire obtenir des ions négatifs (fig. 2). Le cône est placé sur un plateau porte-cônes qui reçoit douze cônes séparés.

Dans la nouvelle version, mise au point au laboratoire, le faisceau de césium est dévié et passe dans le trou d'un cône en titane, ou en molybdène, décalé de 4 mm par rapport à l'axe de la source (fig. 3). Le faisceau de césium est repoussé par l'électrode d'extraction et focalisé sur l'échantillon cible monté sur l'arrière du cône. La focalisation est affinée à l'aide d'une tension réglable (de 0 à 100 v) appliquée entre l'extracteur et la masse H.T de l'injecteur 100 kV.

- Cette nouvelle disposition présente les avantages suivants :
  - + Le diamètre de l'impact du faisceau de césium sur la cible est ramené à 1 mm. Il en résulte une diminution de l'émittance de la source et une augmentation d'environ un facteur trois du courant d'ions lourds négatifs à la sortie de l'injecteur,
  - + Les échantillons, généralement de forme cylindrique, sont faciles à fabriquer et nécessitent très peu de matière. L'intérêt est évident dans le cas de l'accélération d'isotopes radioactifs (ex :  $^{14}\text{C}^-$ ),

- + La durée de vie de l'ioniseur de la source est considérablement allongée.
- La fig. 4 montre une roue équipée de cônes et d'échantillons cylindriques montés sur l'arrière descônes,
- Les servo-moteurs de commande à distance, fournis par Général Ionex, ont été remplacés par des moteurs à courant continu à vitesse variable et à commande par boutons-poussoirs. On obtient ainsi une meilleure précision du réglage des différents paramètres de la source,
- L'analyse du faisceau d'ions négatifs est effectuée par un aimant à 90°, de produit  $\frac{ME}{Z^2} = 6,4$  u.m.a, et de grand pouvoir de résolution :  
 $\frac{M}{\Delta M} \approx 150.$   
L'alimentation de cet aimant est réglée avec une précision de  $10^{-5}$  par une sonde de Hall.

b) Amélioration du vide :

- Les travaux d'amélioration du vide ont été poursuivis en vue d'augmenter la transmission du faisceau dans l'accélérateur et dans les lignes de faisceau et de diminuer les recombinaisons et les changements d'état de charge des ions lourds accélérés.  
Dans ce but, les pompes turbo-moléculaires de la basse-énergie et d'une partie de l'installation haute-énergie ont été remplacées par des pompes à diffusion d'huile dont la nouvelle technologie supprime totalement les migrations d'huile et permet d'obtenir de meilleurs vides.  
D'autre part, la source HVEC non utilisée et son aimant d'analyse ont été enlevés en vue d'améliorer la conductance en basse-énergie.  
Suite à ces modifications, le vide obtenu est de l'ordre de  $10^{-7}$  torr dans toute la partie de l'installation située en amont de l'aimant d'analyse à 90°, côté haute-énergie.  
Le montage des tubes HVEC a été modifié pour réduire les risques de fuite et permettre l'utilisation ultérieure de joints métalliques.

c) Informatisation des paramètres de réglage du Tandem : (J. BARDY)

- Un programme mis au point sur le Mitra 225 permet d'obtenir sur une console de visualisation les principaux paramètres de réglage du Tandem, à savoir :
  - + tension du tandem,
  - + champs des aimants d'analyse et de commutation,
  - + courants d'excitation des lentilles de focalisation.

Les données d'entrée sont :

+ masse, charge et énergie des particules accélérées.

d) Installation d'une nouvelle ligne de faisceau dans le Hall Neutron :  
(A. DANDINE - A. COURTAÏN)

La nouvelle ligne de faisceau, déviée à  $56^\circ$  par rapport à l'axe du Tandem, sera mise en service début 82. Cette ligne fonctionnera avec des faisceaux continus et des faisceaux pulsés.

Dans ce dernier cas, il sera possible d'obtenir des bouffées de largeur à mi-hauteur  $\Delta t \leq 100$  picosecondes, en utilisant un regroupeur fonctionnant à 160 MHz (cf § A-3) installé à une distance de 4 ou 5 mètres de la cible. Cette ligne de faisceau sera équipée de systèmes de détection rapides, spécialement adaptés à la très faible largeur des bouffées.

A-I-3- Exploitation du Van de Graaff 4 MeV (A. DANDINE, R. DUBOIS et les techniciens du groupe accélérateurs).

*The 4 MeV Van de Graaff accelerator.*

*The 4 MeV VDG Accelerator was in operation during 1 778 h and 4 openings of the tank were needed for minor repairings.*

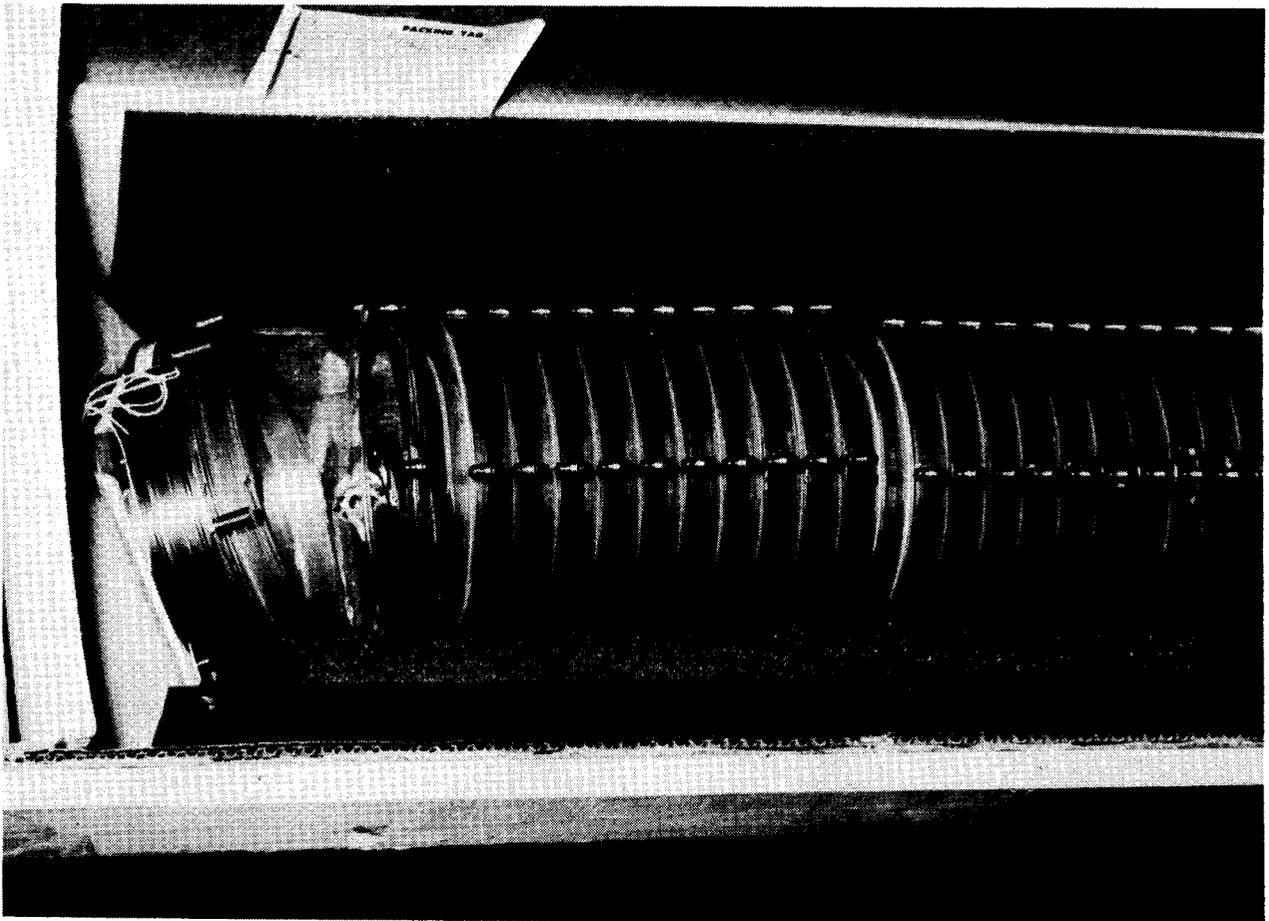
Le temps d'utilisation de l'accélérateur a été de 1 778 h ; dont 1 520 h en protons et 258 h en deutons.

- quatre ouvertures du tank ont été effectuées pour les changements de la source d'ions et pour réparer le système de commande de la focalisation et le passage étanche de l'alimentation du moteur d'entraînement de la courroie.
- plusieurs dépannages ont été effectués sur les alimentations des aimants et sur le système de vide (vidange des pompes à vide, détartrage des circuits de refroidissement).
- le tube accélérateur et la courroie de montée des charges (respectivement 8 300 h et 4 070 h de fonctionnement) sont en bon état.

EXPLOITATION DES ACCELERATEURS

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

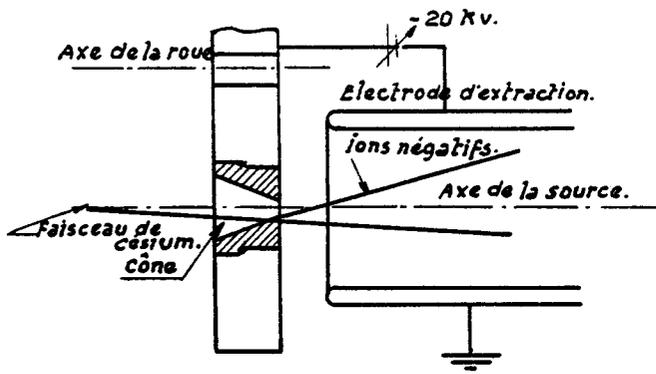
	VDG 7 MV	VDG 4 MV
Entretien Réparations	614	348
Arrêts dus à des causes extérieures	25	10
Etudes et Améliorations	531	309,30
Réglages	189	83
Temps morts	268	471,30
Temps total utilisation	2 194	1 778
Protons	557	1 520
Deutérons	971	258
Ions lourds	666	0



A-I- FIGURE 1

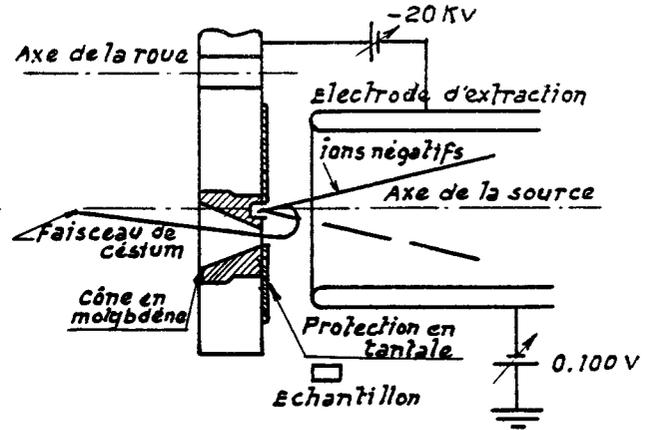
*Tube accélérateur tandem cassé en deux endroits*

# SOURCE D'IONS LOURDS. HICONEX 834



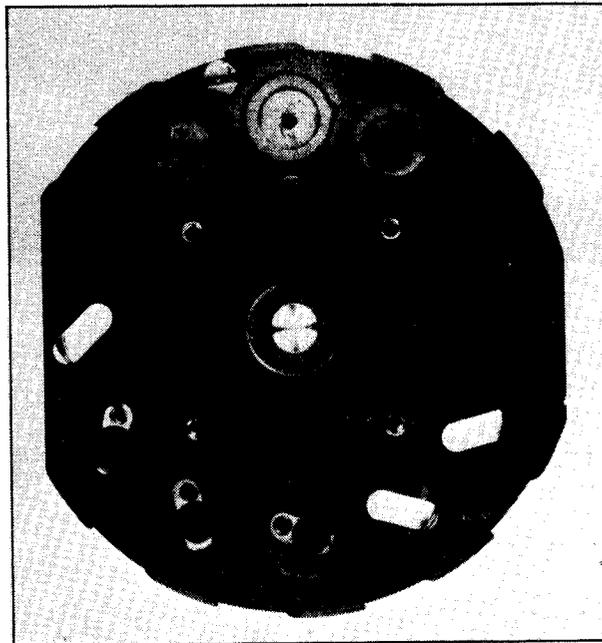
A-I- FIGURE 2

Version originale



A-I- FIGURE 3

Version modifiée



A-I- FIGURE 4

Roue porte-cônes

## A-II- ETUDE DE NOUVEAUX DIAGNOSTICS DE FAISCEAUX

(Groupes accélérateurs, électronique, informatique et technologie)

*Study of new beam diagnostics*

*New sets of diagnostics were experimented or envisaged to improve the knowledge of the beam characteristics. These diagnostics are based on beam monitor profiles, infrared camera and electron secondary emission detector*

En plus des systèmes rapides de mesure du faisceau cités en A-I-2- un effort a été entrepris pour améliorer les moyens de diagnostics du faisceau aussi bien sur le Tandem que sur le VDG 4 MeV

### A-II-1- Nouveau "Beam Profile Monitor" : (B.P.M.)

Nous avons entrepris de remplacer les détecteurs de faisceau en place depuis plus de dix ans sur le VDG Tandem 7 MV et sur le VDG 4 MeV. Notre choix s'est fixé sur un type de matériel implanté à BERLIN auprès de l'accélérateur VICKSI et commercialisé par la société DANFYSIKS (DANEMARK).

Le dispositif comporte quatre têtes de détection avec leurs préamplificateurs associés, un sélecteur et un boîtier de commande.

On a la possibilité de visualiser sur un même écran d'oscilloscope les profils en deux positions différentes ; pour chaque position du faisceau, on visualise les profils dans les plans horizontaux et verticaux.

### A-II-2- Emittancemètre

Nous avons fait l'acquisition d'un emittancemètre qui comme les B.P.M? a été développé à VICKSI et est commercialisé par DANFYSIKS.

Le principe de mesure est basé sur une sélection des particules du faisceau par une fente et une détection par fil.

Les déplacements de la fente et du fil sont assurés par des moteurs pas à pas commandés par le calculateur MITRA 225 à travers des modules CAMAC. L'acquisition des courants sur les fils s'effectue également au moyen de tiroirs CAMAC.

Après traitements des données, on peut obtenir, sur une console de visualisation graphique, les diagrammes d'émittances dans les deux plans.

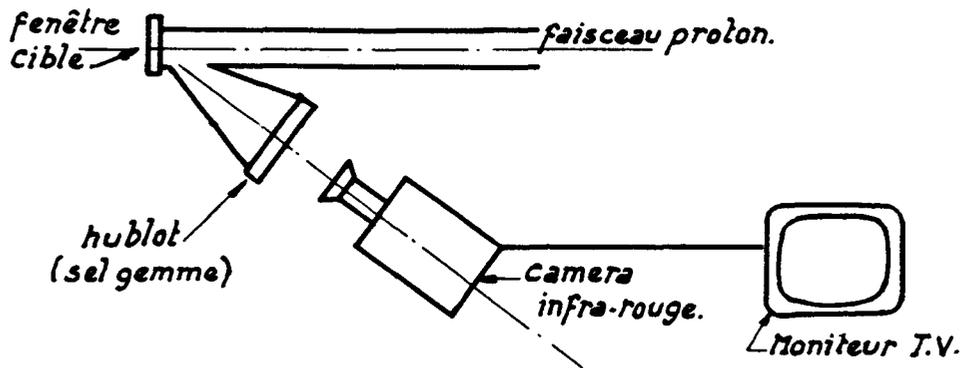
Les programmes de rotation des moteurs sont écrits, ainsi que le programme d'acquisition et de traitement. L'émittancemètre sera monté sur la ligne de faisceaux du Hall neutrons.

A-II-3- Mesure de la forme des bouffées du faisceau pulsé

Une étude est en cours pour la réalisation d'un détecteur de bouffées dont le fonctionnement est basé sur l'émission d'électrons secondaires provoquée par le passage du faisceau à travers une feuille de carbone. Le principe du système est représenté sur la fig. 1. Le profil des électrodes a été optimisé à l'aide d'un code de calcul de trajectoires (SIAC N° 166) de telle sorte que la dispersion en temps pour deux trajectoires électroniques extrêmes soit la plus réduite possible ( de l'ordre de 10 picosecondes). La détection proprement dite sera effectuée par une cage de Faraday adaptée sur 50  $\Omega$ .

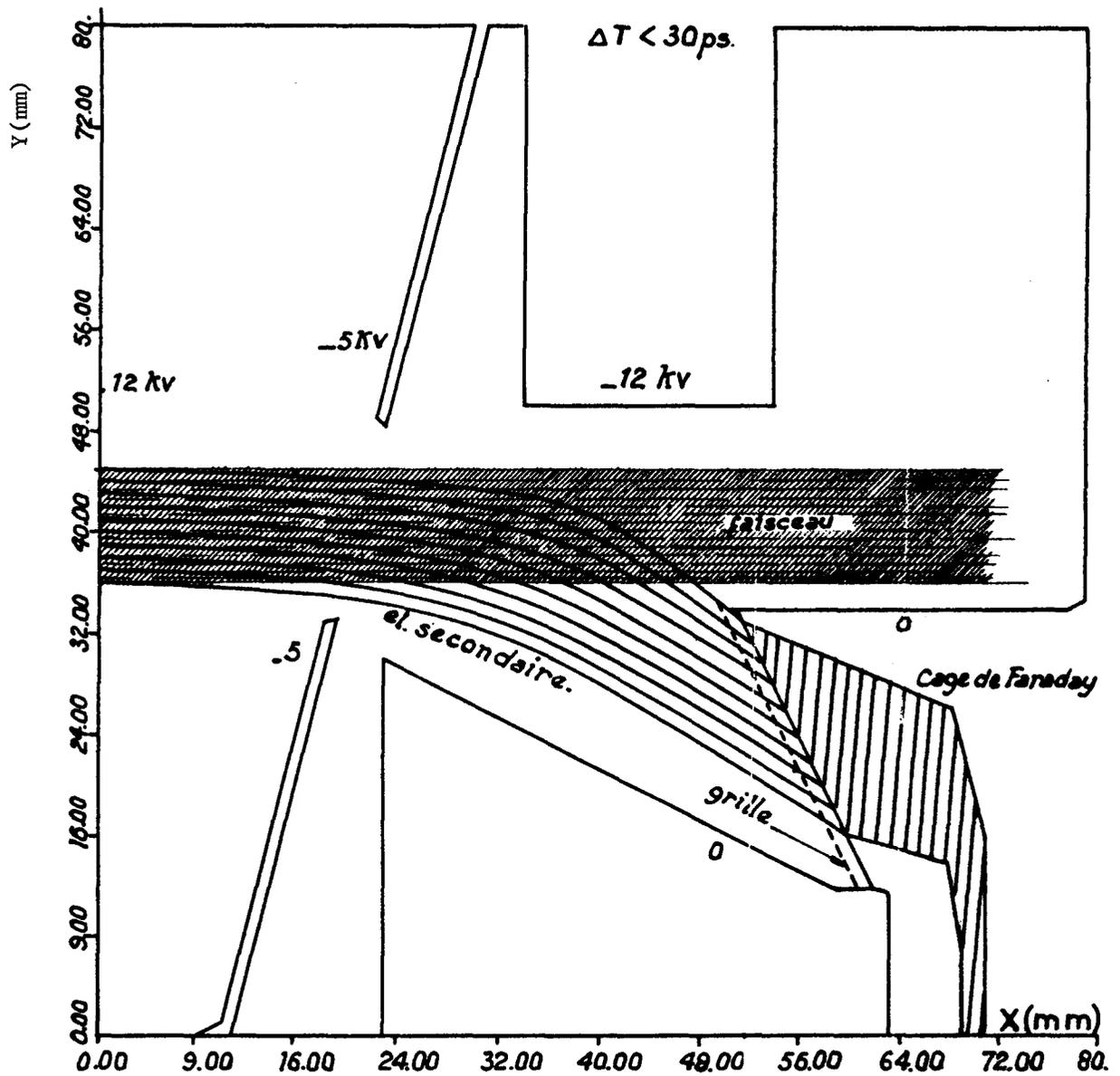
A-II-4- Visualisation de l'impact du faisceau à l'aide d'une camera infra-rouge (avec la collaboration de Y. PRANAL - J. TROCHON)

Afin de vérifier les dimensions du faisceau sur la fenêtre d'une cible gazeuse, nous avons utilisé une caméra infra-rouge qui visait le point d'impact des particules selon le schéma ci-dessous :



Cette expérience a montré que les dimensions du faisceau du VDG 4 MeV étaient très faibles (diamètre < 0,5 mm) ce qui entraînait une destruction de la fenêtre pour des courants d'environ 10 à 15  $\mu$ A.

En mettant en place un système de balayage magnétique du faisceau incident et en surveillant sur le moniteur T.V la surface de la cible, nous avons pu augmenter l'intensité du faisceau jusqu'à 55  $\mu$ A avant rupture de la fenêtre. Un traitement du signal vidéo permet d'isoler la partie chaude de la cible et d'obtenir ainsi des zones isothermes .



A-II - FIGURE 1

Principe du système de détection de bouffées

A-III- REALISATION D'UN REGROUPEUR HF

(J. BARDY - A. BERTIN - A. COURTAINE - A. DANDINE - R. DEI CAS -  
JP LAGET - Y. de PENQUER - M. RENAUD - P. JOUY\* - JP GUEGUEN\* -  
J. POTTIER\* et les techniciens des groupes)

*Realization of a high energy RF buncher*

*In order to improve by a factor of the order of two the overall energy resolution of the time of flight neutron spectrometer it was decided to add an RF buncher on the high energy part. To optimize the coupling of the low energy and high energy bunchers some modifications have to be done on the existing facility. The 165 MHz cavity was designed after experimentations on small model cavities and numerical calculations. All the hardware is now in order and we intend to use a computer control of the overall system.*

Dans le but d'obtenir des bouffées de particules (p,d) accélérées de l'ordre de 300 à 100 picosecondes de largeur, il est prévu d'installer un regroupeur HF sur deux lignes de faisceau du Hall Neutrons.

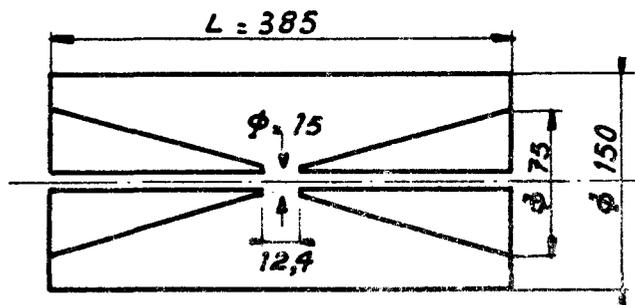
Ce regroupeur est étudié et réalisé en collaboration avec le Service d'Instrumentation pour la Recherche de Saclay.

Il s'agit d'un regroupeur monogap fonctionnant à la fréquence de 165 MHz avec une puissance maximale de l'ordre de 30 kW en régime continu (70 kW en régime pulsé).

Nous décrivons ci-après l'état d'avancement du projet qui devrait se concrétiser par une mise en exploitation de l'appareil au cours du deuxième semestre de 1982.

A-III-1 Mesures sur maquette

Des mesures ont été effectuées sur une maquette à l'échelle 3/8 dont les dimensions sont indiquées sur le schéma ci-dessous :



(Cotes en mm)

\*DEIN/SIR/CEN/Saclay

Cette maquette a donné les résultats suivants :

. fréquence de résonance :  $F_0 = 414$  MHz

. facteur de surtension :  $Q = 7 \cdot 10^3$

. impédance :  $Z \approx 4,3$  M $\Omega$ ,

ce qui correspond à une fréquence de 165 MHz pour la cavité à l'échelle 1.

La figure 1 représente le plan de la demie cavité.

#### A-III-2 Calculs numériques à l'aide du code SUPERFISCH

Nous avons utilisé le code de calcul SUPERFISCH pour vérifier les résultats des mesures sur la maquette et évaluer les caractéristiques de la cavité à l'échelle 1.

Les résultats obtenus sont en très bon accord avec les mesures ainsi que l'on peut le constater sur le tableau ci-dessous :

Maquette échelle 3/8

	Mesures	Calcul
F resonances (MHz)	422,3	423,3
Z impédance (M $\Omega$ )	7	
Q facteur surtension	$7 \cdot 10^3$	

soit une différence de  
1 MHz

Cavité échelle 1 (valeurs calculées)

$F = 165,57$  MHz

$Z = 7,3$  M $\Omega$

$Q = 18\ 000$

Des calculs ont été effectués pour évaluer l'influence de la longueur de la cavité ainsi que la dimension du gap.

La figure 2 représente les lignes de champs électriques calculées à l'aide du code SUPERFISCH.

#### A-III-3 Générateur HF

Après consultation auprès de différents constructeurs, le choix s'est fixé sur un appareillage étudié et réalisé par la C.G.E.E. en ce qui concerne l'alimentation et R.T.C. pour les amplificateurs HF.

L'amplificateur principal est constitué d'un tube YL 1530 et d'une cavité accordable et le préamplificateur d'un tube YL 1540 et d'une cavité 40777.

TUBE YL 1530 (amplificateur de puissance)

Tension anode	8,5 kV ,	60 kW
VG1	- 300 V ,	120 mA
VG2	800 V ,	150 mA

TUBE YL 1540 (préamplificateur)

Tension anode	5 kV ,	7 kW
VG1	- 100 V ,	30 mA
VG2	700 V ,	30 mA

Caractéristiques de l'amplificateur :

Fréquence de fonctionnement	160 à 230 MHz
Puissance . du préamplificateur en continu	2 kW
. du préamplificateur en pulsé	4 kW
. de l'amplificateur en continu	30 kW
. de l'amplificateur en pulsé	75 kW

Le fonctionnement en régime pulsé est prévu pour une durée de 1 ms à 100 Hz ou 10 ms à 10 Hz.

L'alimentation pour l'amplificateur de puissance doit fournir une tension de 8,5 kV pour une puissance de 60 kW en régime continu et 10 kV, 100 kW en régime pulsé.

La figure 3 représente l'organisation générale du système. Trois boucles de contre réaction en fréquence, en tension et en phase (cf A-III-6) permettront de stabiliser ces paramètres autour des valeurs optimales.

#### A-III-4 Modification du regroupeur basse-énergie

L'optimisation de l'ensemble du système vis à vis de l'utilisation en spectromètre neutronique à temps de vol conduit à un certain nombre de contraintes (1) et en particulier il s'avère intéressant de réduire la longueur de vol du regroupeur basse-énergie. Compte tenu de la disposition actuelle, en particulier des "steerers" à l'entrée, le module a été réalisé et sera essayé au début de l'année 82. Il permet de réduire d'un facteur proche de 1,5 la longueur de vol du regroupeur basse-énergie.

#### A-III-5 Informatisation du système

On envisage d'informatiser les procédures de commande et de contrôle des regroupeurs haute-énergie et basse-énergie (2).

Le calculateur central (MITRA 225) élabore un certain nombre de points de consigne suivant l'expérience envisagée et des microprocesseurs contrôlent que ces points de consigne restent dans une fourchette indiquée. Dans une phase d'optimisation, le calculateur pourrait être utilisé pour caractériser la forme de la bouffée et définir l'optimum de certains paramètres.

Une console ("Touch Panel") permet à l'aide de mots clefs d'afficher des paramètres, de visualiser des courbes de variation, etc.

Dans un premier temps on limitera l'acquisition et le contrôle à un certain nombre de paramètres pour étendre ultérieurement l'informatisation à d'autres paramètres.

Les liaisons entre le calculateur Mitra 225 et les éléments des regroupeurs seront assurées par l'intermédiaire de modules CAMAC.

#### REFERENCES

- (1) R. DEI CAS *Note interne P2N 910/80 et Compte-Rendu d'activité du Service pour 1980, Note CEA N 2214, NEANDC(E) 222 "L" (juillet 1981)*
- (2) R. DEI CAS *"Projet de commande, contrôle et d'informatisation du regroupeur HF" Note P2N 723/81*

A-III-6 Mesure des variations de temps de transit de la bouffée.

La connaissance de la fluctuation du temps de transit d'une bouffée de protons à l'intérieur de l'accélérateur Van de Graaff Tandem est indispensable pour l'optimisation du regroupeur d'ions haute-énergie ; il faut en effet que la bouffée arrive en phase avec la tension HF sinon il pourrait en résulter une dispersion d'énergie supplémentaire.

C'est pourquoi nous avons tout d'abord mesuré les variations de ce temps de transit en prenant comme origine des temps le passage de la bouffée dans le regroupeur-hâcheur basse-énergie (RHBE). L'appareillage électronique de chronométrie est déclenché à partir d'une arche de sinusoïde de l'oscillateur 2,5 MHz qui pilote le RHBE. Pour s'affranchir des incertitudes de déclenchement dues aux variations d'amplitude, un circuit électronique a été spécialement étudié afin de délivrer un signal origine des temps qui possède un "jitter" de l'ordre de 200 picosecondes pour une variation en amplitude de 6 décibels de la sinusoïde délivrée par l'oscillateur. Enfin, le signal stop de la chronométrie est délivré par une prise temps rapide placée sur l'axe du faisceau de protons soit à la sortie du tank en bout d'extension.

Les mesures réalisées en ne prenant qu'une bouffée de protons sur mille, pour être compatible avec la fréquence de fonctionnement du chronomètre, donnent les résultats suivants :

- . variations du temps de transit de la bouffée entre le RHBE et la sortie du tank : 1,26 nanosecondes,
- . variations du temps de transit de la bouffée entre le RHBE et l'extrémité de la ligne de faisceau : 1,81 nanosecondes,
- . variations du temps de transit de la bouffée entre la sortie du tank et l'extrémité de la ligne de faisceau : 0,5 nanoseconde.

La détermination de la loi de variation du temps de transit en fonction du temps a nécessité une modification de l'appareillage électronique de chronométrie, qui a porté essentiellement sur l'augmentation importante de la fréquence de fonctionnement de celui-ci, car dans ce cas il faut mesurer les variations du temps de transit de chacune des bouffées de protons.

Les mesures réalisées font apparaître que les variations du temps de transit de la bouffée de protons à l'intérieur de l'accélérateur Van de Graaff Tandem se font d'une manière lente à une fréquence de l'ordre de 50 Hz. Différents essais ont été effectués pour réduire ces variations, à savoir :

- remplacement de l'alimentation de la source qui utilise une fréquence de 50 Hz par une alimentation à onduleur fonctionnant à 100 KHz,
- la modification des tensions d'alimentation et de l'amplitude des signaux de commande du RHBE,
- la suppression de la ligne à retard mécanique utilisée pour le réglage de la phase des signaux de commande du RHBE.

Aucune de ces modifications n'a apporté de changement très significatif des valeurs des résultats déjà obtenus.

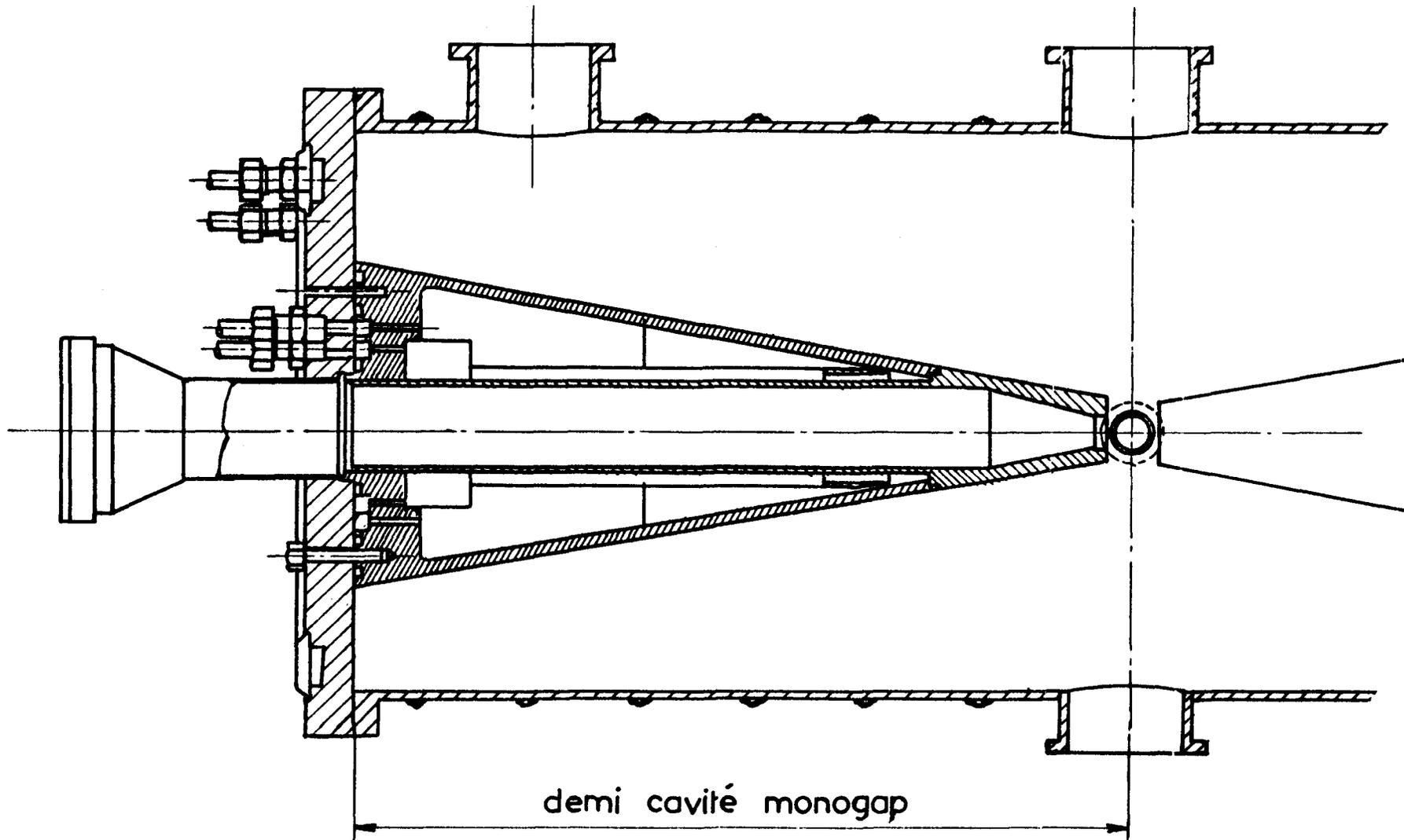
Néanmoins le calcul a montré que le temps de transit était très sensible à des variations de phase très faibles entre RHBE et le regroupeur haute-énergie, ce qui n'était pas apparu lors des essais effectués précédemment. Un essai de fonctionnement avec le regroupeur fonctionnant sans hâcheur nous a alors permis de mesurer une variation de temps de transit de 1,04 nanosecondes au lieu de 1,26 nanosecondes mesuré en faisant fonctionner le RHBE. Ce résultat semble donc confirmer la sensibilité calculée au "bruit de phase" entre le hâcheur et le regroupeur.

Une variation de 1 nanoseconde de temps de transit conduit à un déphasage possible de  $\pm 30^\circ$  sur le regroupeur haute-énergie et donc à une dispersion en énergie inacceptable; c'est pourquoi un asservissement en phase est nécessaire et sera réalisé comme cela est schématisé sur la figure 3.

#### A-III-7 Transformations des systèmes existants

Pour obtenir une bonne stabilité en fréquence et en phase entre le dispositif RHBE et le regroupeur haute-énergie nous avons prévu la commande de l'ensemble à partir d'un synthétiseur de fréquence délivrant une sinusoïde à 160 MHz. Cette sinusoïde, qui est appliquée au regroupeur HE est divisée par 32 pour fournir un signal carré à la fréquence de 5 MHz nécessaire au fonctionnement du regroupeur BE ; ce signal est à nouveau divisé par 2 pour obtenir un signal carré à la fréquence de 2,5 MHz appliqué au hâcheur BE. Pour assurer des écarts de phase constants entre la sinusoïde et les signaux carrés nous étudions un circuit particulier dont le bloc diagramme est représenté sur la figure 4. Il est destiné à s'affranchir des variations de temps de transit dans les diviseurs et emploie les mises en forme utilisées pour les mesures (cf § A-III-5). Les modifications nécessaires pour piloter le RHBE à partir de signaux carrés ont été étudiées et seront mises en place au début de l'année 1982. Un certain nombre d'améliorations seront également apportées au matériel existant pour assurer une meilleure stabilité en amplitude.

A-III - FIGURE 1  
*Plan de la demi-cavité*



demi cavité monogap

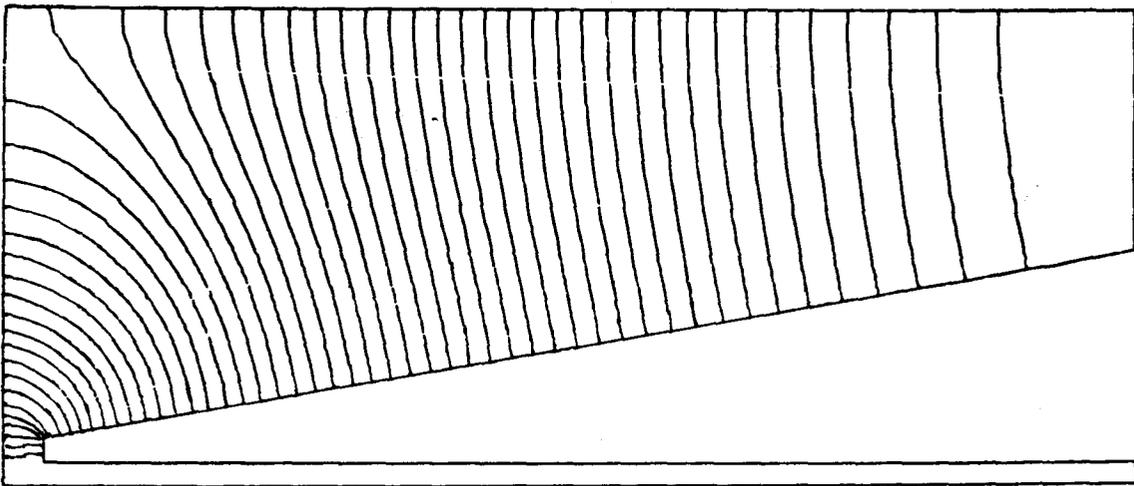
F 165 MHz  
30 kw HF

Echelle 1/4

Cavité

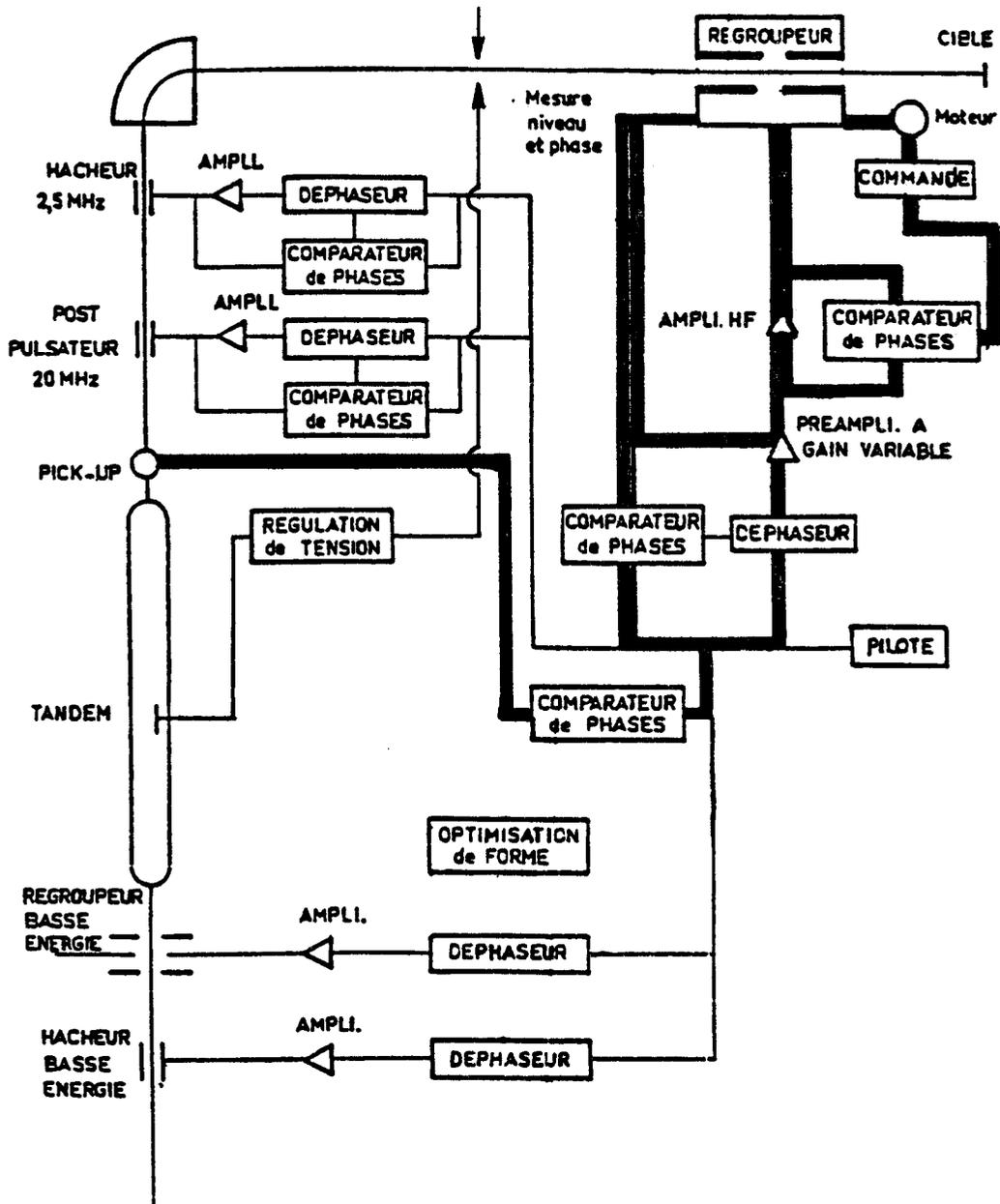
F = 165,57 MHz

CHAMP ELECTRIQUE .



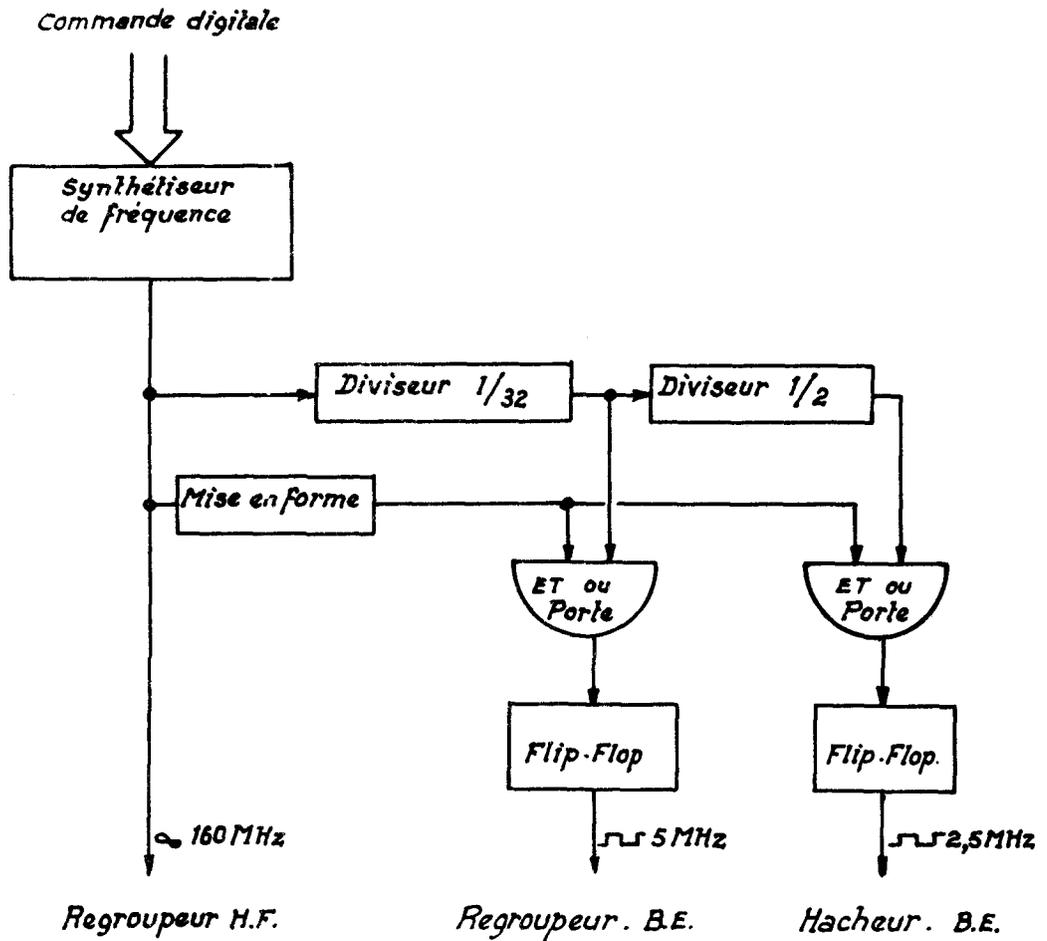
A-III - FIGURE 2

*Lignes de champ électrique calculées à l'aide du code SUPERFISCH*



A-III - FIGURE 3

Organisation générale du système



A-III - FIGURE 4

Commande de hacheur-regroupeur à basse-énergie

A-IV- UTILISATION DES ACCELERATEURS POUR DES APPLICATIONS DE MICROSONDE  
NUCLEAIRE ET DE DATATION (Groupe Accélérateurs et Electronique)

*Use of the accelerators for datations and nuclear microprobe applications.*

*Some preliminary measurements have been done on new fields  
such as datation (cf § B-IV-4 et 5) and nuclear microprobe.  
We discuss here some technical aspects.*

A-IV-1 Microsonde nucléaire (J. BARDY en collaboration avec Ch. ENGELMAN  
SEA Saclay)

En 1981, on a procédé aux premiers essais avec faisceau de la microsonde nucléaire implantée auprès de l'accélérateur Van de Graaff 4 MV. Ces essais ont été effectués avec des faisceaux de protons de 2 à 3 MeV (cf fig. 1).

Les premiers tests étaient destinés à la vérification et à la mise au point des différents ensembles, et à permettre un réglage de l'alignement des parties mécaniques.

Après installation d'un détecteur à barrière de surface, nous avons mis au point l'électronique d'acquisition et nous avons effectué des mesures quantitatives sur les caractéristiques du faisceau.

Nous avons obtenu des faisceaux de forme carrée sur la cible de l'ordre de 15  $\mu\text{m}$  de cotés pour des courants de l'ordre de 3 à 5 nA.

A l'aide d'un contrôle optique qui sera installé dans la chambre d'analyse fin 1981, nous pensons obtenir des faisceaux inférieurs à 5  $\mu\text{m}$ .

Au cours du premier trimestre 1982 nous installerons un microscope à miroir pour visualiser la zone de l'échantillon à étudier et un détecteur Si (Li).

Il est également prévu d'installer des plaques de déviation du faisceau pour balayer une surface donnée de l'échantillon afin d'obtenir des images de répartition. L'acquisition et le traitement des spectres seront assurés par un module autonome (TRACOR) qui pilotera également la tension d'alimentation des plaques de déflexion.

A-IV-2 Datation (en collaboration avec le groupe ions lourds (cf § B-IV-4 et 5))  
Des essais préliminaires ont été effectués sur la datation en  $\text{C}^{14}$  et pour cela une technique de préparation d'échantillons a été mise au point. La figure 2 représente le spectre obtenu avec l'échantillon

analysé. La comparaison de cette expérience préliminaire de datation (1) avec celles effectuées dans différents laboratoires étrangers, en particulier à Rochester, montre que des transformations minimales de l'appareillage existant doivent être réalisées sur l'optique géométrique de la ligne de faisceau (2) et sur l'adjonction d'un filtre électrostatique (1).

Considérons par exemple les éléments  $C_{14}^{4+}$  et  $C_{13}^{2+}$  provenant du  $C_{13}H$  ; le  $C_{13}^{2+}$  peut se transformer en  $C_{13}^{3+}$  en cours d'accélération à un endroit  $x/l$  de la partie haute-énergie pour lequel le rapport  $\frac{ME}{q^2}$  de  $C_{14}^{4+}$  sera le même que celui de  $C_{13}^{3+}$ .

Cette valeur de  $x/l$  est déterminée par (1) :

$$\frac{14 \times 5 V}{16} = \frac{13}{9} \left[ \frac{13}{14} V + 2 V \frac{x}{l} + \frac{3V}{l} (l-x) \right]$$

V étant la tension d'accélération ; on obtient  $\frac{x}{l} = 0,77$

La longueur  $\Delta l$  sur laquelle peuvent se produire ce type d'évènements est telle que  $\frac{\Delta l}{l} \approx \frac{\Delta E}{E} \approx 10^{-3}$ .

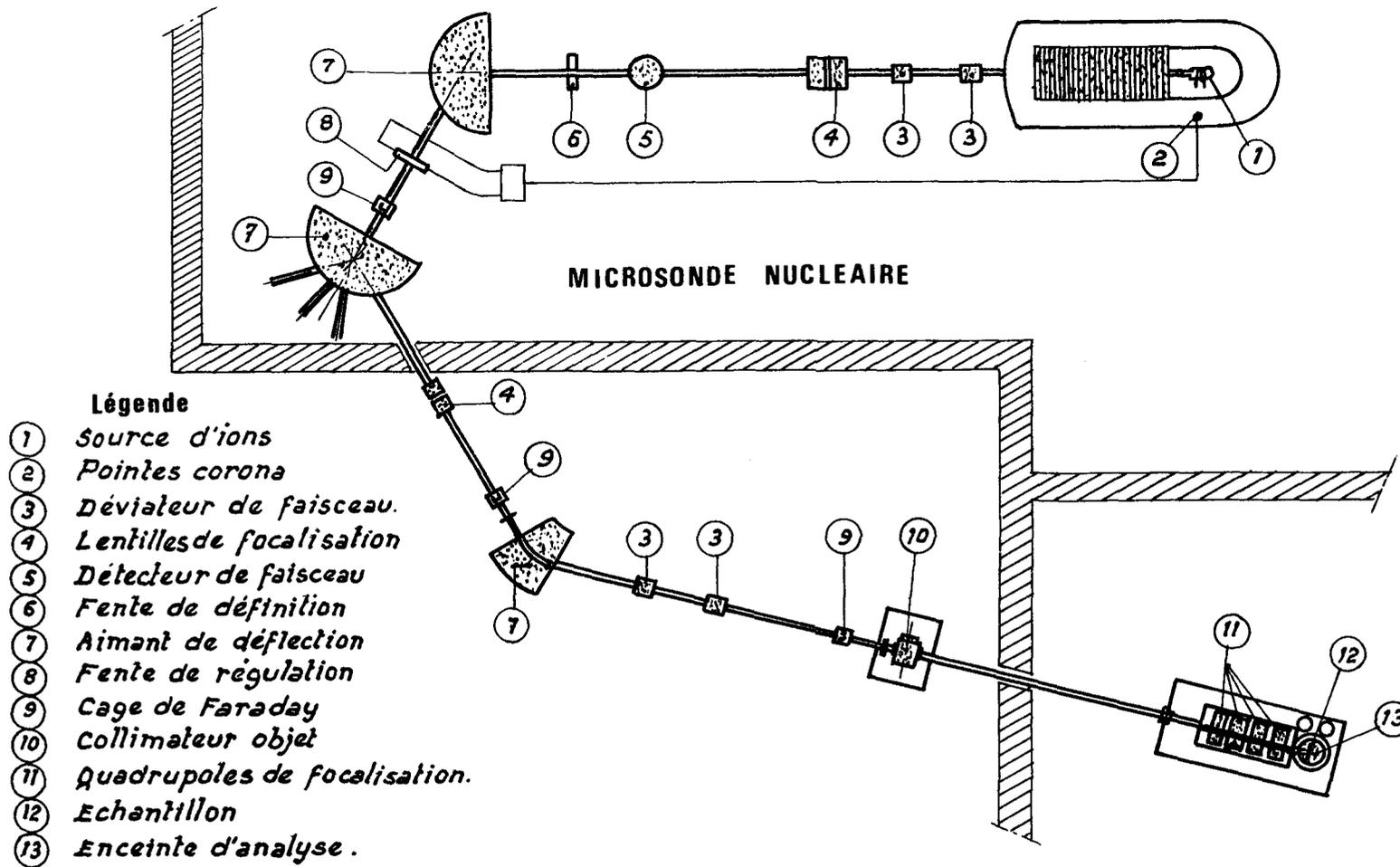
En supposant que la section efficace de perte d'un électron est déterminée par :

$$\sigma_q \rightarrow q+1 = 4,6 q 10^{-16} \left\{ \frac{32q}{E} (1 - \exp^{-E/32q}) \right\}$$

la fraction du faisceau qui subit un tel évènement est de l'ordre de  $6 \cdot 10^{-7}$  pour un vide de  $10^{-6}$ . Compte tenu des abondances relatives du  $C_{13}H$  et du  $C_{14}$  il peut y avoir 100 fois plus de particules provenant de la composante  $C_{13}$  que de  $C_{14}$  ; ces particules ayant le même  $B\rho$  doivent être séparées par un filtre électrostatique pour ne pas détériorer l'efficacité de détection du système  $E - \Delta E$  habituel.

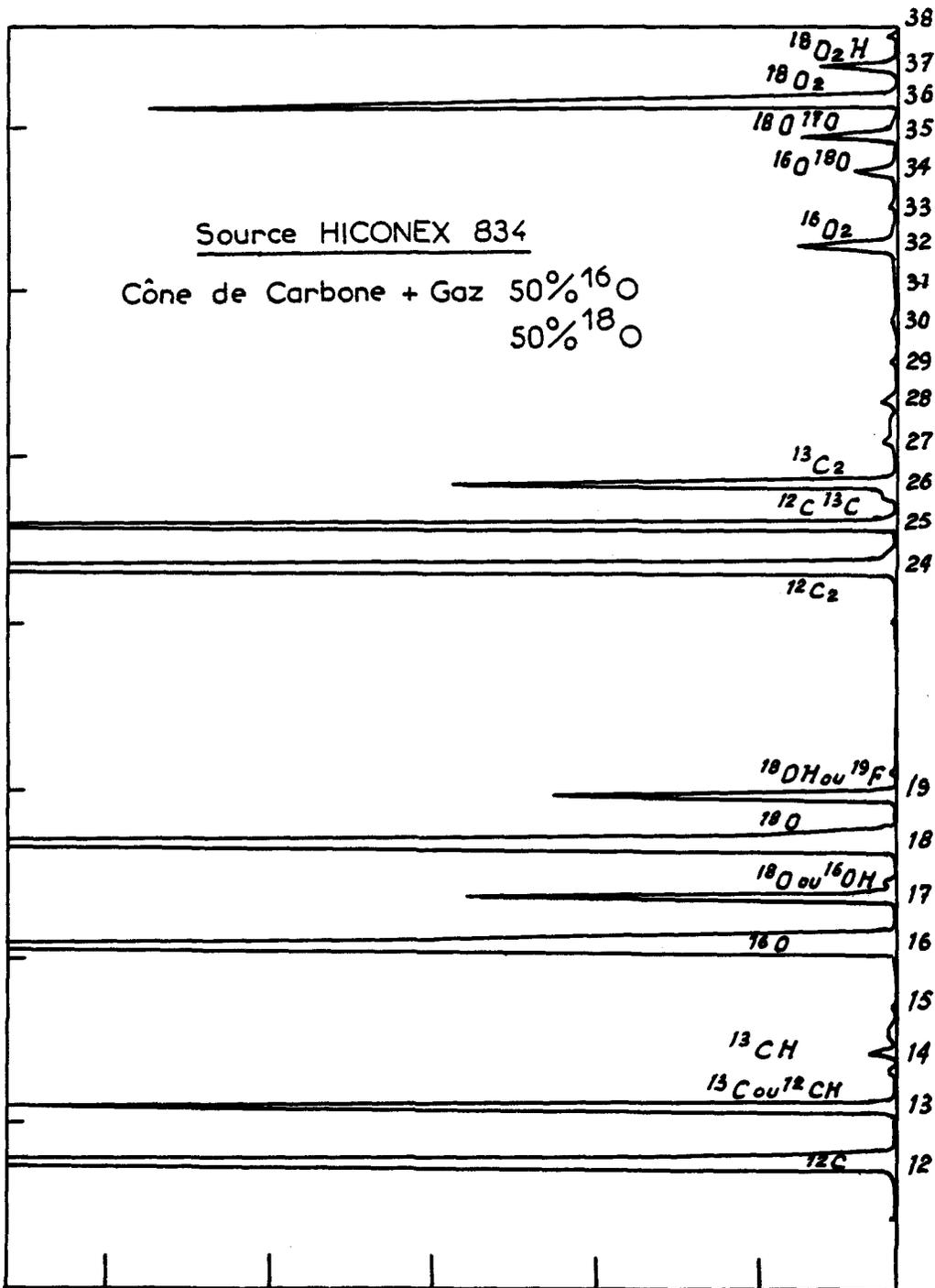
#### REFERENCES

- (1) R. DEI CAS *Note P2N 697/81*
- (2) J. BARDY *Note à paraître : Amélioration de l'optique du faisceau sur la voie Split-Pole.*



A-IV-FIGURE 1

Schéma d'implantation de la microsonde nucléaire



A-IV- FIGURE 2

Portion du spectre de masses d'ions négatifs après l'aimant d'analyse de l'injecteur dans le cas d'un cône de  $^{12}\text{C}$  arrosé par un jet de  $^{16}\text{O}$  et  $^{18}\text{O}$  à très faible pression.

A-V- INTERACTION D'UN FAISCEAU DE PARTICULES AVEC UNE CIBLE IONISÉE

(R. DEI CAS - J. BARDY - P. FARTHOAT)

*Particle beam interaction with a hot ionized target*

*We are considering the possibility to study charge changing cross sections and light and heavy ion slowing down mechanisms on hot targets by using particle beams crossing a laser created plasma.*

Nous avons examiné les aspects expérimentaux (1), (2) présentés par une expérience d'interaction d'ions lourds et légers sur des cibles lourdes ou légères produites à l'aide d'un laser à CO<sub>2</sub> fournissant 50 J en 50 nanosecondes. Ce type d'expérience devrait permettre d'accéder à des données expérimentales (dans certaines plages de fonctionnement) sur :

- les mécanismes de transfert de charge d'ions multichargés,
- les phénomènes de ralentissement d'ions lourds ou légers sur des cibles ionisées lourdes ou légères.

Les plages de fonctionnement possible ainsi que la méthode expérimentale basée sur un spectromètre de type à parabole de Thomson ont été considérées en réf. (2).

REFERENCES

- (1) R. DEI CAS "Slowing down of heavy ions in a ionized metal target"  
4<sup>th</sup> Int. Conf. Palaiseau 1981, et rapport CEA à paraître .
- (2) R. DEI CAS - J. BARDY - P. FARTHOAT - Note interne P2N 900/81

A-VI- DEVELOPPEMENTS DE DIPOLES A AIMANTS PERMANENTS

(R. DEI CAS - P. FARTHOUAT - B. POINT en collaboration avec  
les groupes Technologie et Electronique)

*Development of dipoles using permanent magnets*

*Numerical and experimental studies have been undertaken  
to delimit the performances of permanent magnets for  
bending and focusing systems in accelerators or for  
nuclear spectrometry.*

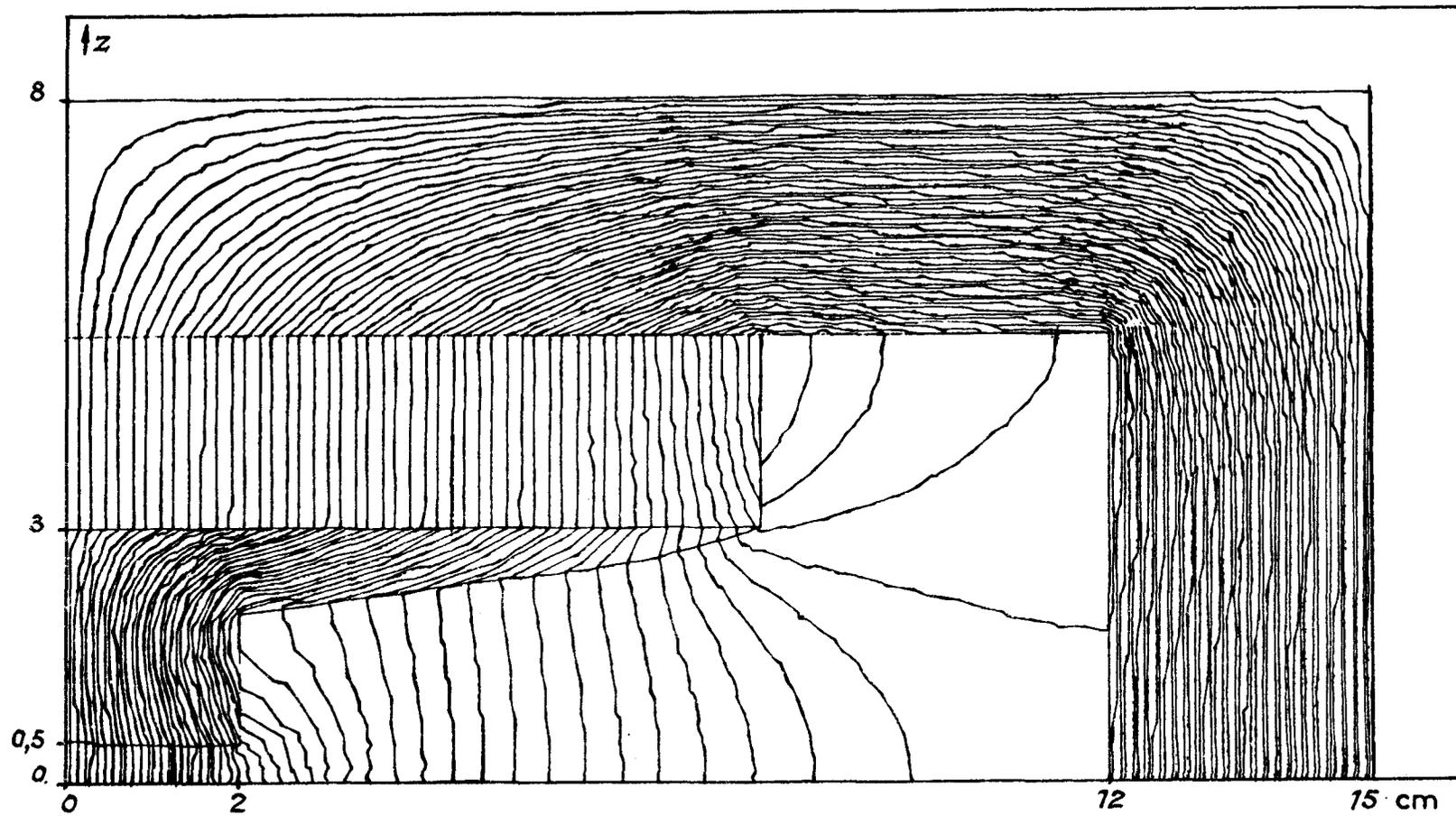
Une étude numérique à l'aide des codes Pandira (1) et Magnetix (2) a permis de définir les performances accessibles à l'aide d'aimants permanents à terre rare. Les figures 1 et 2 montrent 2 configurations d'aimants permanents permettant d'obtenir 9 500 à 10 500 GS dans un entrefer de 10 x 30 mm.

Une maquette a été réalisée à partir d'aimants CORAMAG pour vérifier les calculs numériques.

Une application de ce type de géométrie est en cours d'étude pour un spectromètre à haute résolution (3).

REFERENCES

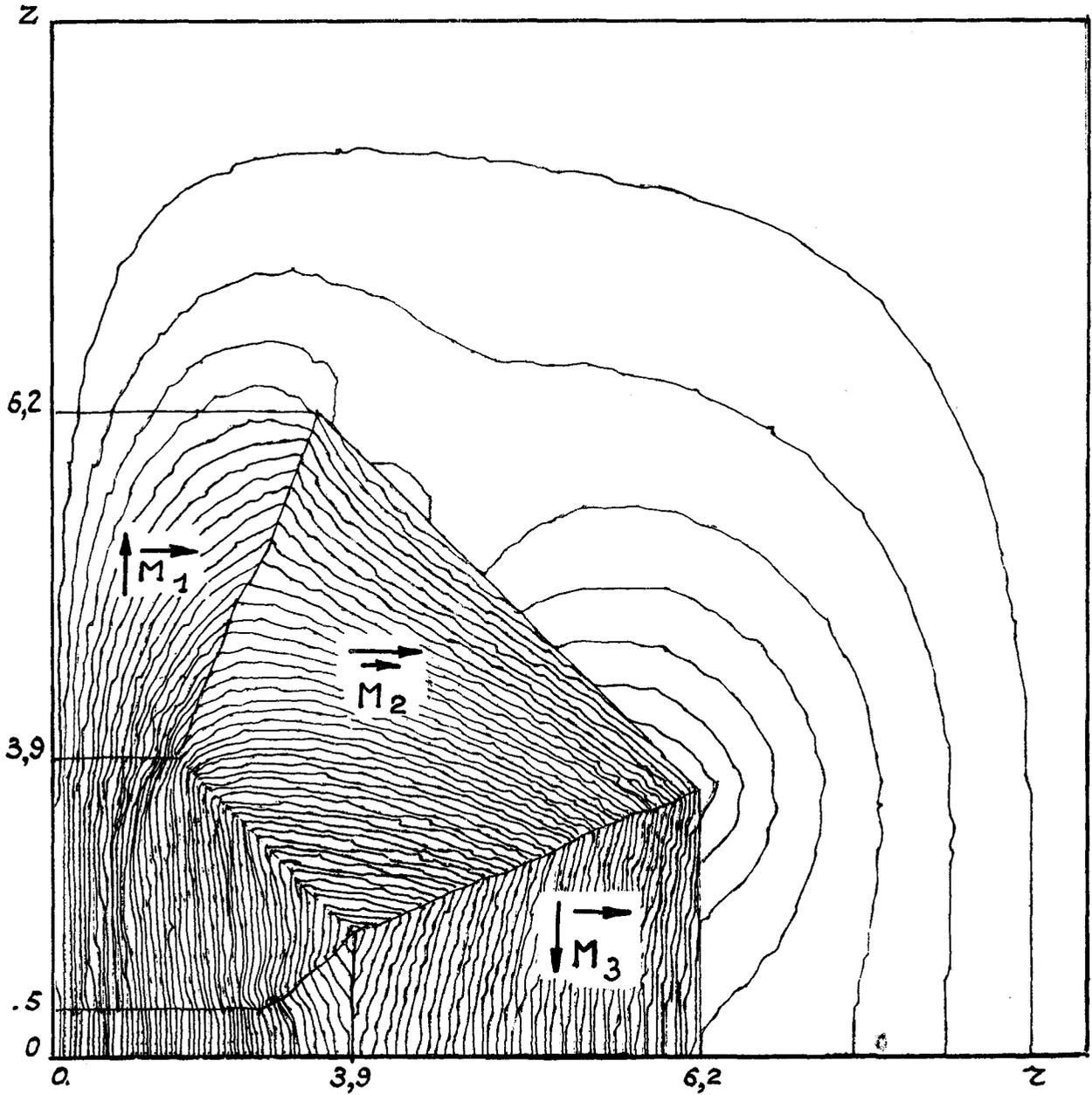
- (1) R.F. HOLSINGER, K. HALBACK 4<sup>th</sup> International Workshop Hakone nat. park JAPAN mai 1979
- (2) G. THAHET CISI et le Foll, Thooris CISILOG/ES/81-004
- (3) R. DEI CAS et al. "Etude d'un spectromètre à haute résolution à aimants permanents", à paraître.



A-VI- FIGURE 1

*Lignes de flux ;  $B_z(0,0) = 10\ 500$  gauss*

*Dipole 4 a (1/4 géométrie)*



A-VI- FIGURE 2

*Lignes de flux,  $B_z(0,0) = 9\ 500$*

*Dipole 4 b (1/4 géométrie)*

A-VII- SUR LA POSSIBILITE DE CHAUFFAGE D'UN PLASMA DE TYPE TOKAMAK A L'AIDE D'IONS LOURDS DE HAUTE-ENERGIE (R. DEI CAS)

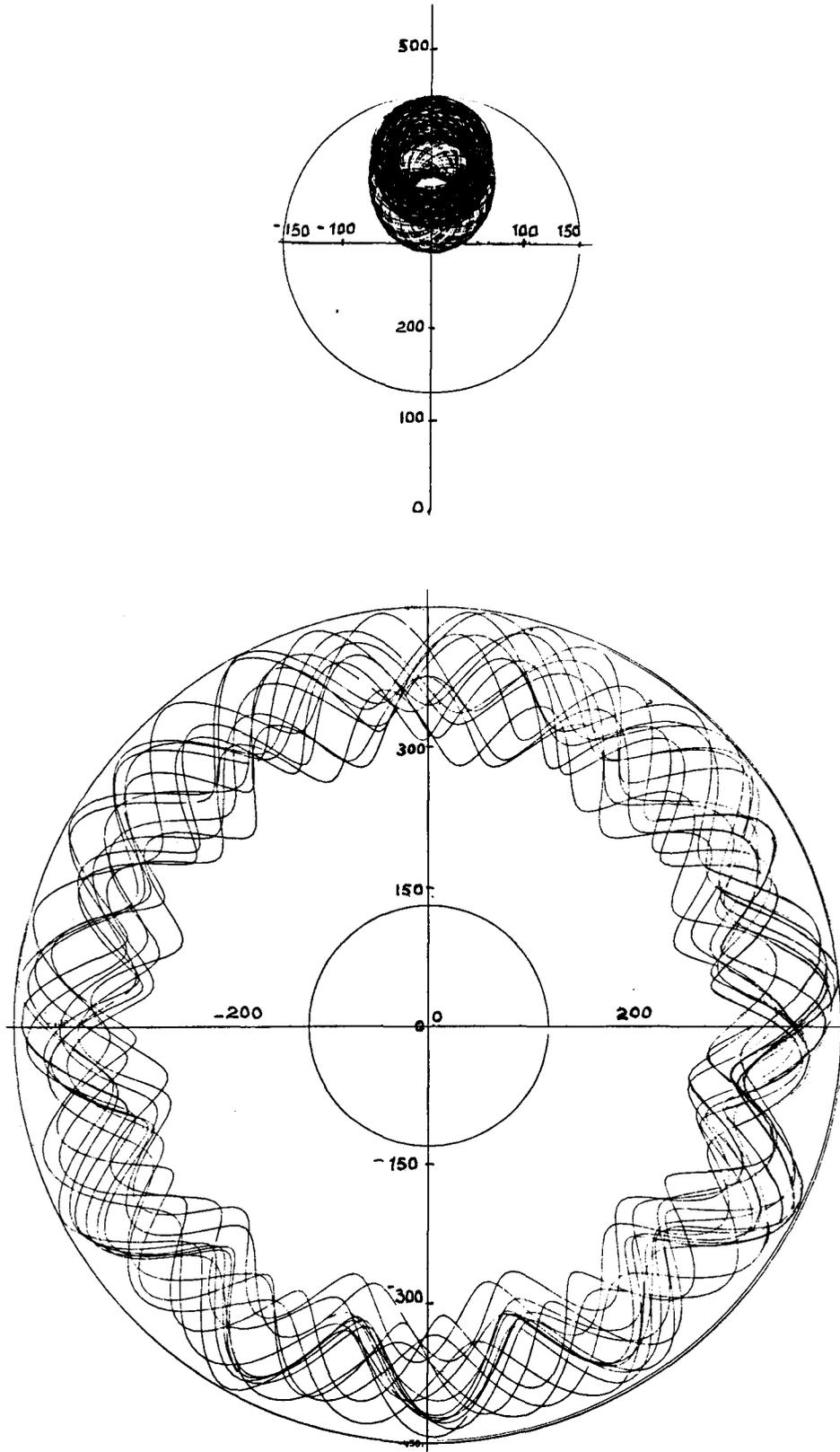
*On the possibility of a tokamak plasma heating by using high energy heavy ions.*

*Considering the potentiality of a high current heavy ion RF linac we have analysed the capture and confinement aspects of 0.5 to 1 GeV Xenon ions in a large tokamak configuration.*

La préétude d'un accélérateur linéaire à ions lourds à fort courant (1) nous avait conduit à considérer comme possible l'obtention d'une énergie de l'ordre du joule par bouffée en régime pulsé, ce qui conduirait à des énergies de 50 à 100 MJ par seconde. Une étude préliminaire a été effectuée (2) pour évaluer les problèmes de capture, de confinement et de perte par rayonnement. La figure 1 montre par exemple la trace d'ions  $Xe^{+35}$  de 1 GeV dans un plasma de 4 MA dans une géométrie de type JET. Une étude plus complète permettant de déterminer la ligne d'injection et le dépôt radial d'énergie est en cours (3).

REFERENCES

- (1) R. DEI CAS - J. POTTIER - H. LEBOUTET *PAC Washington 1981*  
*IEEE NS Vol. 28 n° 3 1981, et dans Note CEA N 2214 (juillet 1981) p.15*
- (2) R. DEI CAS - "Multi-megajoule heating of large tokamaks with high energy heavy ion beams," *4<sup>th</sup> International Conference Palaiseau 1981.*
- (3) R. DEI CAS - *On additional heating of large tokamaks with high energy heavy ion beams, Third joint Varenna - Grenoble Int. Symp. 22-27 mars 1982*



A-VII- FIGURE 1

Trace d'ions  $Xe^{+35}$

**A-VIII- ELECTRONIQUE ET CONTROLE PAR MICROPROCESSEUR**

*Electronic and microprocessor control*

*We describe the final version of a set of 16 analog amplifiers controlled by a microprocessor. Work is in progress to control by a computer the beam scanning and data acquisition systems for the nuclear microprobe applications.*

A-VIII-1 Gestion et commande à distance d'un ensemble à seize voies amplificatrices (R. FAUJOUR).

Cette réalisation termine l'étude entreprise par D. NGABERE (1).

Dans cette application avec microprocesseur, on suppose que les amplificateurs à gains programmables fournissent des tensions analogiques destinées à commander une chaîne d'alimentations de lentilles et de steerers focalisateur d'un faisceau d'accélérateur. Il s'agit donc de définir des réglages optima pour chaque particule accélérée, de les mémoriser et de pouvoir les retrouver à tout moment dans un délai minimum.

Le système réalisé (2) qui n'est qu'un exemple d'utilisation, permet :

- un fonctionnement en local où le châssis constitué par le tiroir de commande et les 16 amplificateurs est autonome : la lecture et l'écriture des réglages se fait directement à partir du châssis, ce dernier pouvant être déconnecté du reste du système. Dans cette application ce mode de fonctionnement pourrait être utile en cas de mise au point ou d'étalonnage,
- un fonctionnement à distance selon 4 modes programmés :
  - A) écriture des réglages depuis la mémoire du microprocesseur,
  - B) lecture des réglages vers la mémoire du microprocesseur,
  - C) interruption,
  - D) écriture des gains à partir du clavier de la console.

Le mode interruption s'apparente au fonctionnement en mode local mais la mémoire utilisée est celle associée au microprocesseur.

Les figures 1 et 2 décrivent l'appareillage.

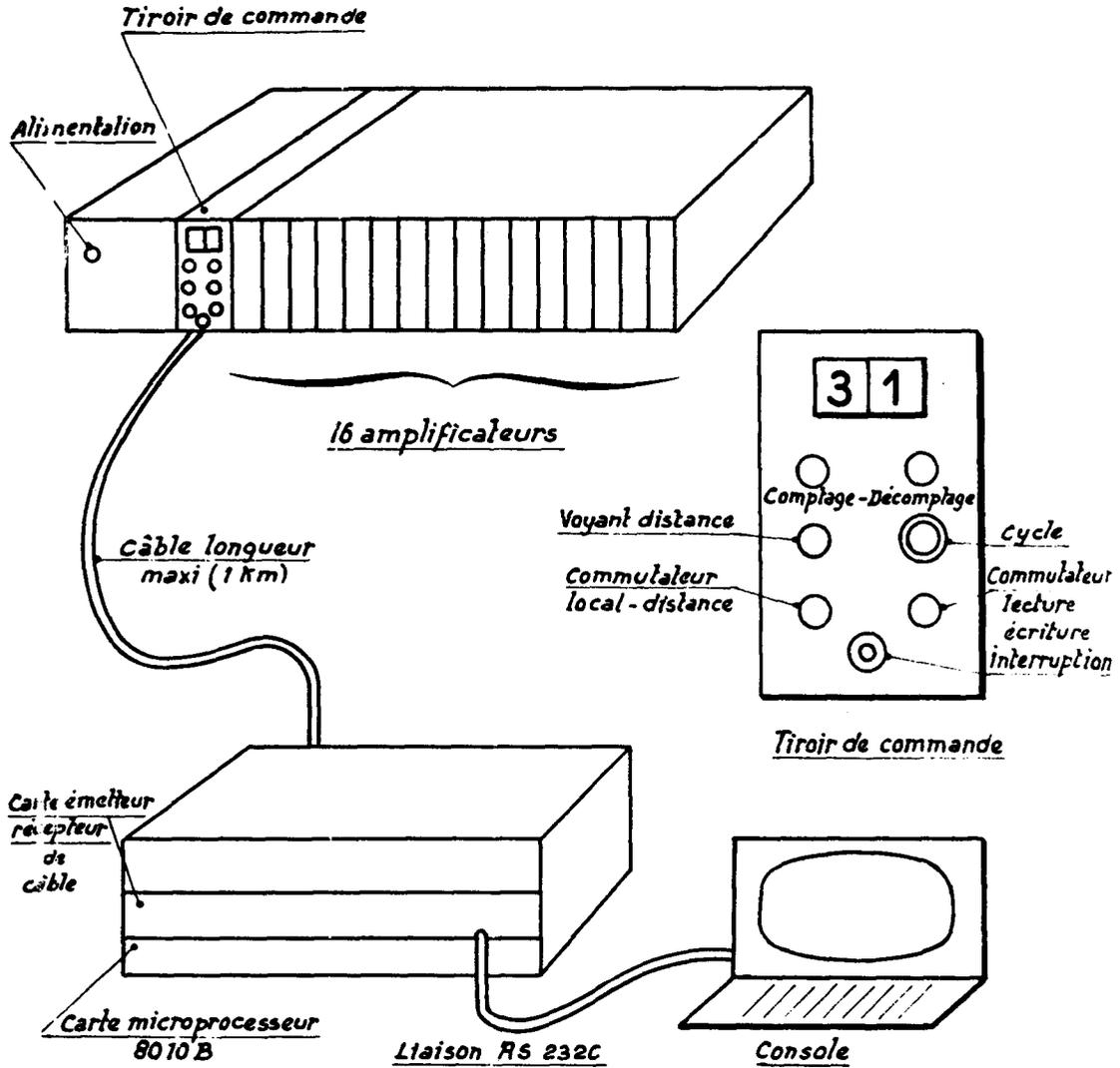
REFERENCES

- (1) Note CEA N 2114 (janvier 1982)
- (2) R. FAUJOUR - D. NGABERE - "Réalisation et gestion par microprocesseur d'un ensemble de 16 voies amplificatrices à gain programmable" Note CEA (à paraître)

A-VIII-2 Imagerie pour la microsonde nucléaire (JP LAGET)

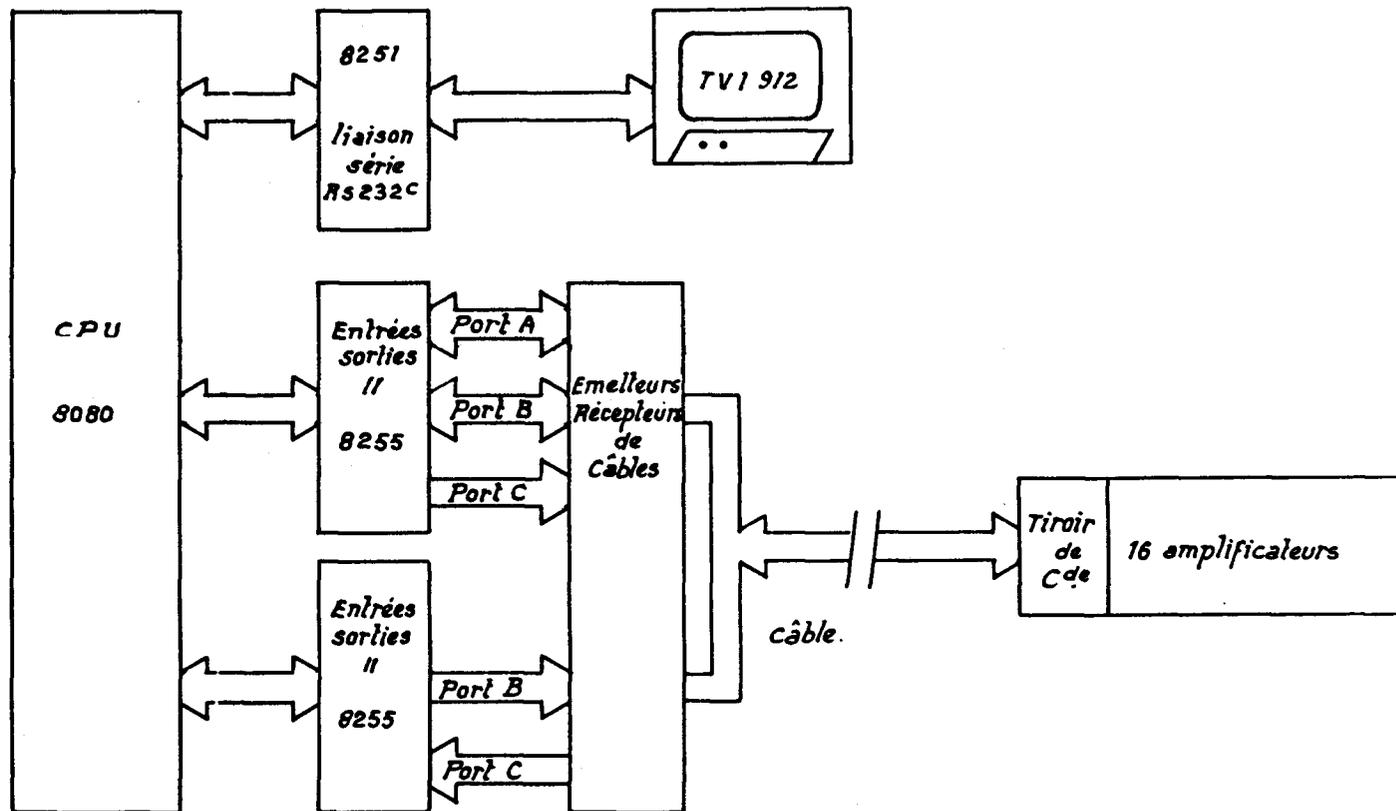
Les programmes destinés à la commande de balayage et à l'acquisition des données issues de la microsonde nucléaire (cf § A-IV-1) sont en cours d'écriture pour un ordinateur Tracor Northern 1710 (processeur DEC LSI 11/2). Le ordinateur pilote digitalement les alimentations haute tension nécessaires pour assurer le balayage de l'échantillon et acquiert, pour chaque point analysé, les données issues des détecteurs. Le type de balayage (forme, nombre de points) et le temps d'acquisition en chaque point sont fixés par l'utilisateur.

Un programme de traitement des données avec représentation des résultats en images couleur ou en images tridimensionnelles est également à l'étude.



A-VIII- FIGURE 1

Description du système de gestion et commande à distance d'un ensemble à 16 voies amplificatrices.



A-VIII- FIGURE 2

*Synoptique de fonctionnement à distance*

A-IX- INFORMATIQUE (Y. de PENQUER - M. GUILLOUD - D. MASSERON - P. MICHAUD - N. CHEYSSIAL).

*Computers*

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

A-IX-1- Situation actuelle des ordinateurs du service

Le parc ordinateurs du Service se compose d'un MITRA 125, d'un MITRA 225, de deux MITRA 15 et d'un CO/ORDINATEUR 500 SFENA DSI.

Le MITRA 125 et le CO/ORDINATEUR 500 équipent le centre de calcul permettant soit d'effectuer les travaux sur place (MITRA 125), soit de les soumettre au réseau C.I.S.I. (CO/ORDINATEUR 500), et de bénéficier des calculateurs I.B.M., C.D.C et CRAY de ce réseau.

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

MITRA 125 - Centre de calcul

La configuration de ce poste a un peu évolué cette année ; aux trois axes disque de 50 Méga octets, nous avons ajouté un axe de 300 Méga octets. Nous avons porté la mémoire à 512 Kmots de 16 bits et nous avons implanté un double lecteur de disquettes type 3740.

Malgré les efforts faits pour améliorer les procédures d'utilisation de cette machine, il semble évident qu'elle ne répond plus aux besoins actuels des utilisateurs. En effet, étant donnée la demande, elle fonctionne au delà de ses possibilités, ce qui entraîne des perturbations au niveau des tâches des utilisateurs. Dans le but de résoudre ces problèmes, il est envisagé d'étudier le remplacement de cet ordinateur par une machine plus adaptée à nos besoins.

CO/ORDINATEUR 500 Terminal C.I.S.I. pour les calculs scientifiques

Continuant l'amélioration de son logiciel, la SFENA DSI nous permettra, au début de 1982, d'utiliser une procédure dite 3270, et ainsi d'avoir à notre disposition, sur nos consoles, les possibilités des interactifs C.I.S.I. En conséquence toutes les consoles actuellement raccordées à cet ordinateur seront remplacées et leur nombre sera porté à 12.

En cours d'année la capacité disque a été portée de 20 à 40 Méga octets.

Nous avons rencontré certains problèmes d'exploitation sur le réseau C.I.S.I. ; après un décrochement du réseau par exemple, la remise en ligne est bien loin d'être automatique.

#### MITRA 225 - Poste d'acquisition de données

La mémoire de ce calculateur a été portée de 256 Kmots à 512 Kmots de 16 bits, et un double lecteur de disquettes (type 3740) a été implanté. Grâce à ceci, le fonctionnement en multifonctions a été amélioré, en particulier il est possible d'implanter sur le MITRA des tâches de gestion et d'envisager des tâches de contrôle de l'accélérateur Van de Graaff 14 MeV et du regroupeur HF sans pénaliser l'acquisition qui est le rôle principal de cette machine.

Les améliorations prévues sont l'adjonction d'un axe de 50 Méga octets et d'un lecteur de disquettes double face, double densité pour le traitement en différé des données d'acquisition. De plus nous attendons toujours la disponibilité de fonctionnement en temps partagé sur cette machine.

#### MITRA 15-1 Acquisition de données Van de Graaff 4 MeV

Aucune modification n'a été apportée à ce poste qui continue à être utilisé en système d'acquisition et de prétraitement. Des améliorations sont demandées par les utilisateurs, mais étant donnée la charge du groupe il n'a pas encore été possible de les envisager.

#### MITRA 15-2 Acquisition de données Hall Neutron

Pour aligner les possibilités de ce calculateur sur le précédent un lecteur de disquettes a été implanté et un logiciel que nous décrivons plus loin a été réalisé, de telle sorte que les disquettes écrites sur MITRA 15 sont compatibles avec celles écrites sur MITRA 125 ou 225.

### A-IX-2- Réalisations importantes du groupe

#### Electroniques

##### - Corrélateur 16 voies BCL 16 (CAMAC)

Cet appareil est destiné à contrôler le fonctionnement d'expériences utilisant des codeurs CAMAC JCAN80T des SES de Saclay. Ce module CAMAC permet d'associer jusqu'à 16 codeurs corrélés de façon programmable. Il reçoit les signaux fin de conversion émis par les différents codeurs. Un signal de fin de transfert est fourni par le module lorsqu'il a reçu tous les signaux fin de conversion dans un temps programmable déterminé en fonction du nombre de canaux auxquels sont associés les codeurs. Lorsqu'il n'y a pas de corrélation, il y a génération d'un signal d'annulation de codage.

##### - système de visualisation utilisant un tube TEKTRONIX 611

Ce système comprend un tiroir NIM de conversion et un pupitre de commande.

Tiroir de conversion : Il comprend deux convertisseurs DAC qui transforment les données logiques des spectres venant d'un calculateur, ayant des lignes d'entrée-sortie 16 bits, en signaux analogiques utilisables par le tube 611. Une logique cablée fournit le "timing" de cette visualisation.

Pupitre de commande : Un châssis a été réalisé pour être inséré dans les baies d'expériences. Sur un panneau avant encadrant le tube à mémoire 611, sont regroupées toutes les commandes : numéros des spectres, fréquence de balayage, points surbrillants, gain en X et en Y, canal d'origine. Une logique associée permet le décodage, le multiplexage et le transfert vers le calculateur de ces fonctions.

### Logiciel

#### - Acquisition

La mise au point des programmes d'acquisition du MITRA 225 s'est poursuivie. En particulier, les programmes de sauvegarde des spectres monoparamétriques et biparamétriques constitués en ligne ont été réalisés. Cette sauvegarde s'effectue sur le disque d'acquisition où un espace est réservé à cet effet. Chaque expérience et chaque séquence a sa zone propre ; ces zones sont gérées dynamiquement. Des utilitaires permettent d'utiliser ces données.

#### - Péricolor

+ Un programme de représentation des courbes de niveaux sur traceur Benson a été réalisé ; il prend comme niveaux de référence ceux qui ont été choisis par l'utilisateur en allant directement les lire dans les registres de la Péricolor.

+ Un autre programme permet le relevé de points à l'intérieur d'une ou plusieurs courbes dessinées à l'aide du marqueur. Il est possible de cette façon d'obtenir l'intégration de certains pics ou les spectres monoparamétriques résultant de la projection en X ou Y de certaines zones sélectionnées par le marqueur. La trace de ces courbes pourra être sauvée sur disque pour des utilisations répétées.

#### - Disquettes

Deux ensembles de programmes ont été développés pour rendre compatible entre eux les divers matériels utilisant les disquettes : Mitra 15,

Mitra 125 et MITRA 225.

Le logiciel fourni par la SEMS pour le MITRA est très encombrant. Nous avons donc réécrit des programmes et des sous-programmes gérant un seul type de fichiers à savoir les fichiers séquentiels dont les enregistrements sont en binaire et de longueur fixe.

. Gestion des disquettes :

- . création, changement de nom et destruction d'un fichier,
- . image sur imprimante, en hexadécimal, du contenu des secteurs du disque,
- . liste sur l'imprimante des caractéristiques des fichiers présents sur le disque,
- . modification rapide du contenu d'un mot mémorisé sur la disquette.

. Gestion des fichiers créés sur disquettes

Des sous-programmes appelables en Fortran permettent la lecture et l'écriture séquentielle ou aléatoire dans les fichiers créés sur disquette.

Tracor

Plusieurs analyseurs d'amplitude multicanaux programmables équipés d'unités de disques souples (TRACOR - TN 1710) sont utilisés dans le Service et, à la demande des utilisateurs, nous avons été amenés à développer un logiciel MITRA 125-225 permettant une compatibilité TRACOR - MITRA des fichiers de données.

Un accès de haut niveau aux disques souples est réalisé à l'aide de primitives développées pour nous par la GIXI.

Les programmes et sous-programmes permettant la gestion des disques et des fichiers de données ont été écrits par le groupe.

. Gestion des disquettes par les MITRA en mode TRACOR :

- . Création de catalogue et de fichiers sur disquette,
- . liste des caractéristiques des fichiers présents sur une disquette.

. Gestion des fichiers de données :

Des sous-programmes appelables en FORTRAN permettent la lecture et l'écriture de ces fichiers.

Implantation du code GAGE sur MITRA 125

Dans le but de pouvoir programmer à partir du MITRA 225 les microprocesseurs qui seront utilisés dans nos chaînes CAMAC, nous avons adapté sur

ce MITRA le code GAGE (générateur d'assembleurs croisés). Il est actuellement opérationnel.

Nous avons déjà produit l'assembleur du microordinateur INTEL 8085. Nous avons également implanté de la même façon l'Editeur de lien universel.

A-X- PROGRAMMES DE CALCUL (M.A BEUVE - L. MATHIEU - M. GAUTIER -  
N. CHEYSSIAL).

*Scientific programming*

Les calculs scientifiques sont exécutés, soit sur les ordinateurs de la C.I.S.I. à Saclay (IBM 3033, IBM 370-68, CDC 7600), soit sur le CRAY 1S du GETIA (organisme créé en commun par C.I.S.I. et E.D.F.) par l'intermédiaire d'un terminal (SFENA-DSI) installé dans le service. Les dépouillements des résultats des mesures 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 et exploitation de nouveaux codes,
- Implantation de codes étrangers sur le réseau C.I.S.I.,
- écriture de nouveaux programmes utilitaires sur MITRA 125-VG 2100,
- transplantation de gros codes d'IBM-CDC sur CRAY 1 S,
- exploitation et mise à jour de codes déjà existants.

. Ecriture et exploitation de nouveaux codes

Une série de petits codes a été écrite et mise au point pour le dépouillement des mesures (faites à Berkeley et Los-Alamos) sur les distributions de charges et de masses obtenues à partir des pertes d'énergie dans le cas des réactions  $^{56}\text{Fe}$  sur  $^{58}\text{Ni}$ ,  $^{64}\text{Ni}$  et  $^{122}\text{Sn}$ . (1)

- COCOPR et DECOD permettent la lecture et le décodage des bandes d'acquisition issues de la mesure,
- FECM transforme les données laboratoire en données centre de masse,
- MENDE calcule les valeurs moyennes,
- TRAPAT et CALPAT exécutent les tracés et présentent les résultats finaux.

. Implantation de codes étrangers sur le réseau C.I.S.I.

Divers codes écrits par F.S. DIETRICH (Lawrence Livermore National Laboratory) ont été implantés sur le CRAY 1 S.

- CAPTURE : calcul des sections efficaces de capture pour des nucléons polarisés et non polarisés,
- HELENE : calcul des sections efficaces par un modèle statistique,
- MULTISCAT : code Monte-Carlo de corrections de diffusion multiple,
- OPTNL 70 : diffusion élastique des nucléons polarisés et non polarisés (modèle optique avec recherche automatique de paramètres),
- OPTNL 56 : diffusion élastique des nucléons polarisés et non polarisés (modèle optique de Perey-Buck).

D'autre part, la version 5 du code SAMCE a été implantée sur C.D.C.

. Ecriture de nouveaux programmes utilitaires sur MITRA 125-VG 2100

Les programmes regroupés sous le nom général UTINAVY et comprenant déjà BAN8F6, OLDNAV, NEWNAV (2) ont été complétés par :

- DISKET : Lecture et écriture de disquettes,
- BENSON : Présentation des résultats sur tracés Benson.

. Transplantation CDC-IBM vers CRAY 1 S

De nombreux essais ont été faits sur CRAY 1 S pour mesurer les gains de temps par rapport à l'exploitation sur CDC.

Le code SAMCE version 7 a été implanté définitivement sur CRAY 1 S (3).

. Exploitation

- LIBRC : tracé des courbes de la compilation des sections efficaces totale et de diffusion des neutrons rapides sur les actinides,
- LIBDIFM : dépouillement des expériences (n,n'),
- SAMCE : modification de la partie SAMX version 3 afin de pouvoir traiter n corps.  
. exploitation du code SAMF version 3 afin de connaître toutes ses possibilités (influence des différents paramètres et de la géométrie).

REFERENCES

- (1) cf ce rapport chapitre B-IV-9
- (2) M.A. BEUVE - M. GAUTIER - N. CHEYSSIAL - programmes de calcul, note CEA - n° 2214 (1981) p. 44
- (3) 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 (1973)

A-XI- TECHNOLOGIE (C. BONETTI - M. DUMAZERT - G. GOMES et les Techniciens du Groupe).

*Technology*

A-XI-1- Préparation de cibles

Le transfert du laboratoire cibles a perturbé les activités pendant le premier semestre 1981. Ce n'est que début juin que les installations sont devenues opérationnelles.

Les demandes de cibles neutronigènes ont été stationnaires par rapport à l'année précédente. Nous avons fait l'étude et la réalisation de cibles tritiées en Zr naturel et  $^{90}\text{Zr}$  sur supports d'or, au profit de l'Université Suédoise de LUND (1).

Une étude a été entreprise pour la fabrication de feuilles de 1 à  $20\mu$  d'épaisseur en  $\text{CH}_2$ , possédant une très grande uniformité, ceci à la demande de la S.E.C.R.

D'autre part, des essais sont en cours pour la fusion et le moulage de cylindres en Thulium.

Le laboratoire cibles a également participé à l'étude et à la réalisation d'un prototype de spectromètre à aimants permanents (cf A-VI).

Nous avons réalisé divers dépôts, notamment d'Ir et de Pt sur des filaments de spectromètre.

A-XI-2- Etude d'une fenêtre tournante pour CASIMIR (en collaboration avec le groupe ions lourds, cf § B IV-1)

L'étude de la chambre à réaction de CASIMIR a été réalisée par le GEF (Saclay) ; le groupe Technologie a participé plus particulièrement aux études de supportage de l'ensemble de la chambre d'ionisation, des chariots de déplacement et de la fenêtre coulissante de la chambre à réaction.

Le principe retenu pour l'étanchéité au vide secondaire entre la chambre à réaction et l'ensemble de détection, est du même type que celui existant sur le "split pôle" du service.

La chambre à réaction d'un diamètre extérieur de 1078 mm est équipée de trois ouvertures en secteurs ; la figure 1 montre la chambre de réaction non équipée.

Sur les parties inférieures et supérieures des secteurs à fenêtres coulissantes un chemin de guidage a été usiné pour un chariot muni de galets réglables par des excentriques (cf. fig. 2).

Ce chariot est solidaire d'une lame d'acier de 5/10 mm d'épaisseur, de

3100 mm de longueur et de 146 mm de hauteur, dans laquelle a été faite une ouverture rectangulaire.

La lame circule entre deux feuilles de teflon de 1 mm d'épaisseur. L'une de ces feuilles en appui sur les joints du secteur, est perforée de trous en regard de la gorge centrale dans laquelle est fait un vide primaire. Le tout est serré modérément par une contrebride.

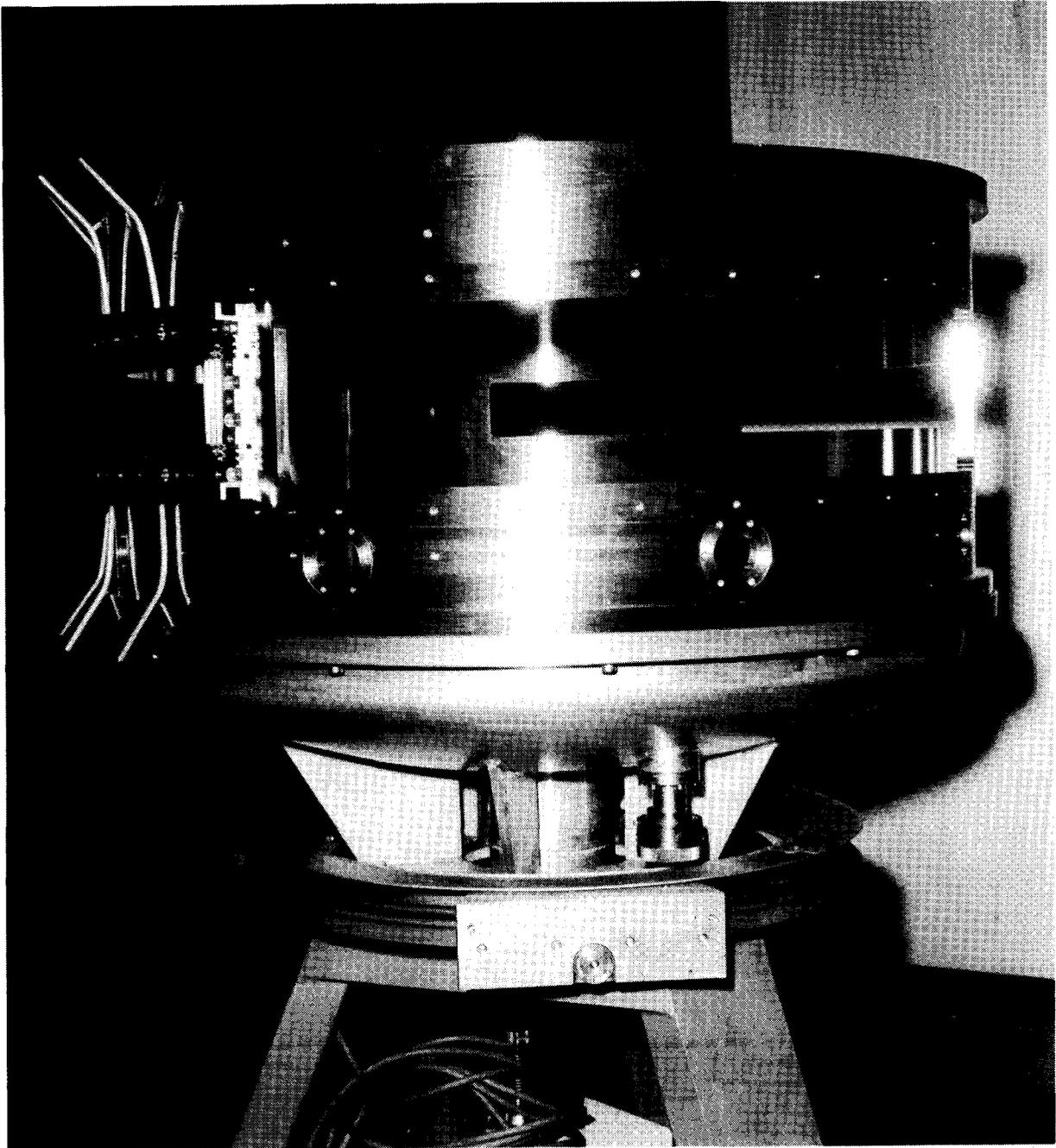
Après les différents réglages du chariot et de la lame, la jonction est faite avec l'ensemble de détection par un soufflet. L'ensemble est rendu solidaire par quatre vis d'appui et deux pièces de serrage. Le tout faisant corps, il est possible avec le bras de levier de l'ensemble de faire glisser la lame (déplacement de l'ensemble  $90^\circ$  angulaire). Un patin guide tefloné à chaque extrémité du secteur permet de diriger cette lame vers des cylindres d'enroulement, pouvant être motorisés afin d'aider le déplacement de la lame.

Le chariot se déplace sur un rail placé au sol (réalisé en 9 éléments) et ayant un rayon de 2270 mm.

Le bureau de dessin a en outre participé à diverses études telles que : obturateur de faisceau, modification du regroupeur côté basse-énergie (cf A-III), compteur à plaque parallèle (cf B) cible tritiée, et diagnostic de faisceau.

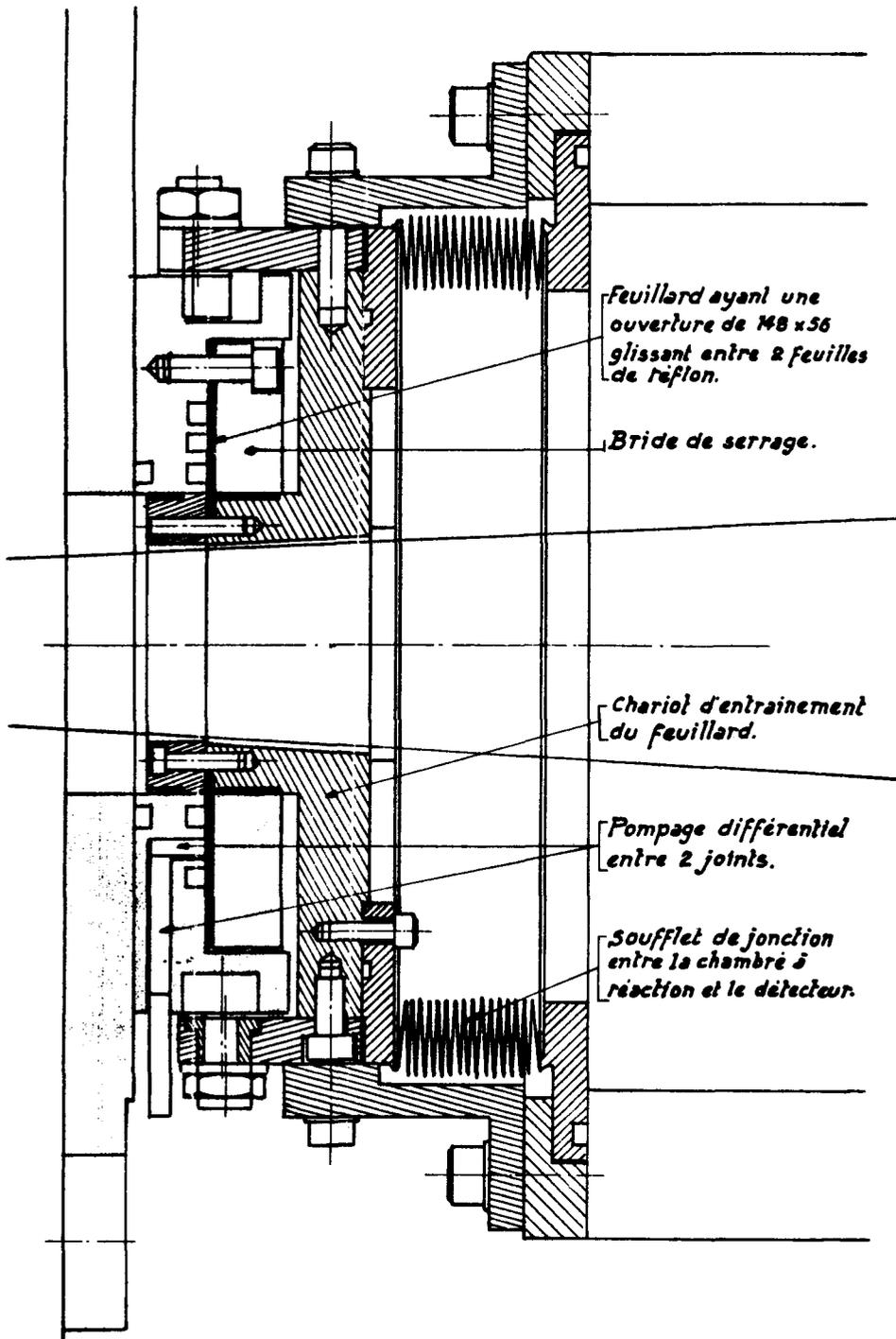
#### REFERENCE

- (1) C. BONETTI - *Préparation de cibles neutronigènes de zirconium, soumis à NIM.*



A-XI- FIGURE 1

*Chambre de détection non équipée*



*Figure A-XI-2*

*Fenêtre tournante*

PARTIE B :

EXPERIENCES

ET

INTERPRETATIONS

B-I DIFFUSION ELASTIQUE ET INELASTIQUE DES NEUTRONS RAPIDES

*FAST NEUTRON ELASTIC AND INELASTIC SCATTERING*

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

(S. SEGUIN - C. HUMEAU - G. DALBERA - JP LOCHARD - Y. PATIN - G. HAOUAT)

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

*Improvements in the experimental systems have been performed by adding a sixth neutron detection device to the time-of-flight spectrometer. In addition, neutron detectors with reduced time spread are developed to be used with the future tandem high-energy bunched beam in fast neutron scattering experiments.*

Une chaîne de mesure a été ajoutée à l'ensemble de spectrométrie par temps de vol des neutrons rapides (1) qui se compose désormais de six détecteurs. Ce dispositif permet un gain de temps d'environ 20 % sur les périodes d'acquisition des données.

Par ailleurs, les caractéristiques temporelles du faisceau pulsé délivré par l'accélérateur tandem Van de Graaff seront améliorées prochainement par la mise en service d'un dispositif de regroupement à haute-énergie qui permettra d'obtenir des impulsions de 100 à 150 picosecondes (2). Afin d'utiliser au mieux les possibilités de ce dispositif dans les expériences de diffusion de neutrons rapides, il est nécessaire de réduire la dispersion en temps des détecteurs de neutrons actuellement employés dans ces expériences. Ces détecteurs, constitués de scintillateurs de 120 mm de diamètre associés à des photomultiplicateurs XP 2040 à large photocathode, ont une résolution de l'ordre de 800 picosecondes. En couplant un scintillateur de grand diamètre à un photomultiplicateur XP 2020 de dimensions plus réduites ( $\phi = 40$  mm), par un guide de lumière il est possible de réduire la dispersion en temps à  $\approx 250$  ps tout en conservant un grand angle solide de détection.

Des calculs ont été effectués pour déterminer les dimensions optimales des guides de lumière sans introduire une dispersion en temps trop importante. Les guides de lumière sont en cours de fabrication, et les essais d'un prototype de détecteur seront effectués très prochainement.

REFERENCES

- (1) J. LACHKAR - G. HAOUAT - J. SIGAUD - Y. PATIN - F. COÇU - C. HUMEAU - et S. SEGUIN *Rapport CEA R 4839, NEANDC(E) 177 "L", INDC (FR) 12/L (1977)*
- (2) Voir chapitre A-III- dans ce compte-rendu.

B-I-2- Données de sections efficaces de diffusion élastique et inélastique de neutrons rapides sur les actinides. (G, HAOUAT)

*Cross section data on fast neutron elastic and inelastic scattering from actinide nuclei.*

*Fast neutron elastic and inelastic scattering data on actinide nuclei and techniques relevant to their measure are reviewed. Particular attention is given to high resolution experiments dealing with the excitation of well defined levels since the resulting data are of major importance for model calculations and evaluations. The experimental procedures are discussed and their large impact on the accuracy and the quality of the data is stressed. Selected cross section data are presented to illustrate the performances as well as the limits of presently available experimental techniques. Ways of improving these techniques are proposed.*

Une rencontre de spécialistes sur "la diffusion de neutrons rapides sur les actinides" s'est tenue à Paris, Château de la Muette, du 23 au 25 novembre 1981 (1). Nous y avons présenté un exposé de revue traitant des données de diffusion élastique et inélastique de neutrons rapides sur les actinides et des techniques qui permettent de les mesurer. Une attention particulière a été portée sur les expériences à haute résolution qui ont trait à l'excitation de niveaux bien résolus, car les données qui en résultent jouent un rôle important dans les calculs par modèles ou les évaluations. Les procédures expérimentales ont été discutées et leur large impact sur la précision et la qualité des données a été souligné. Nous avons présenté une sélection de données de sections efficaces pour illustrer les performances aussi bien que les limites des techniques expérimentales dont on dispose présentement. Des moyens d'améliorer ces techniques ont été proposés, en particulier ceux du service P2N, à savoir l'utilisation d'un regroupeur à haute-énergie des faisceaux pulsés (cf chap. A-III-) et l'emploi de détecteurs à haute résolution en temps. (cf chap. B-I-1).

#### REFERENCE

- (1) Compte-rendu de la réunion de spécialistes sur "Fast Neutron Scattering on Actinide Nuclei", 23-25 novembre 1981. OCDE, Château de la Muette, Paris (à paraître).

B-I-3- Compilation des données de diffusion de neutrons sur les principaux isotopes de la région des actinides (G. HAOUAT - C. NORDBORG<sup>●</sup> - P. NAGEL<sup>●●</sup> - T. NAKAGAWA<sup>●</sup>)

*Data compilation for fast neutron scattering on the main actinides.*

*An extensive compilation of experimental evaluated and calculated data on fast neutron scattering from the most important actinide nuclei has been prepared for consideration by the participants at the last Specialist's Meeting on "Fast neutron scattering on Actinides" (1). This compilation includes almost all available data of neutron total cross sections, elastic and inelastic scattering cross sections for experimentally resolved levels and continuum processes, and inelastic cross sections deduced from ( $n\gamma$ ) measurements.*

Une large compilation des données expérimentales, évaluées et calculées sur les principaux isotopes de la région des actinides a été préparée pour être présentée et discutée lors de la dernière réunion de spécialistes sur "la diffusion de neutrons rapides sur les actinides" (1). Cette compilation rassemble la plupart des données disponibles de sections efficaces totales, de sections efficaces de diffusion élastique et inélastique sur les niveaux bien résolus ou sur le continuum, ainsi que les données de diffusion inélastique déduites de mesures ( $n\gamma$ ). Sont aussi indiquées les fonctions d'excitation et les distributions angulaires pour la diffusion élastique et la diffusion inélastique sur les niveaux résolus expérimentalement de même que les distributions en angle et en énergie pour la diffusion inélastique sur les niveaux non résolus.

Un ensemble de 400 graphiques a été présenté à la conférence. La table I donne un état indicatif des données expérimentales de diffusion de neutrons, disponibles à la Banque des Données Nucléaires de Saclay, pour les principaux actinides. Les noyaux  $^{232}\text{Th}$  et  $^{238}\text{U}$  sont ceux qui ont été le mieux étudiés expérimentalement. Nous présentons, à titre d'illustration, dans la figure 1, les sections efficaces inélastiques vers le premier niveau  $2^+$  de  $^{232}\text{Th}$  et  $^{238}\text{U}$ .

Une synthèse de cette compilation rassemblant environ 150 graphiques sera publiée prochainement en même temps que le Compte-Rendu de la réunion de Spécialistes (1).

● NEA Data Bank (OCDE), Saclay

●● Collaborateur temporaire étranger, BRC.

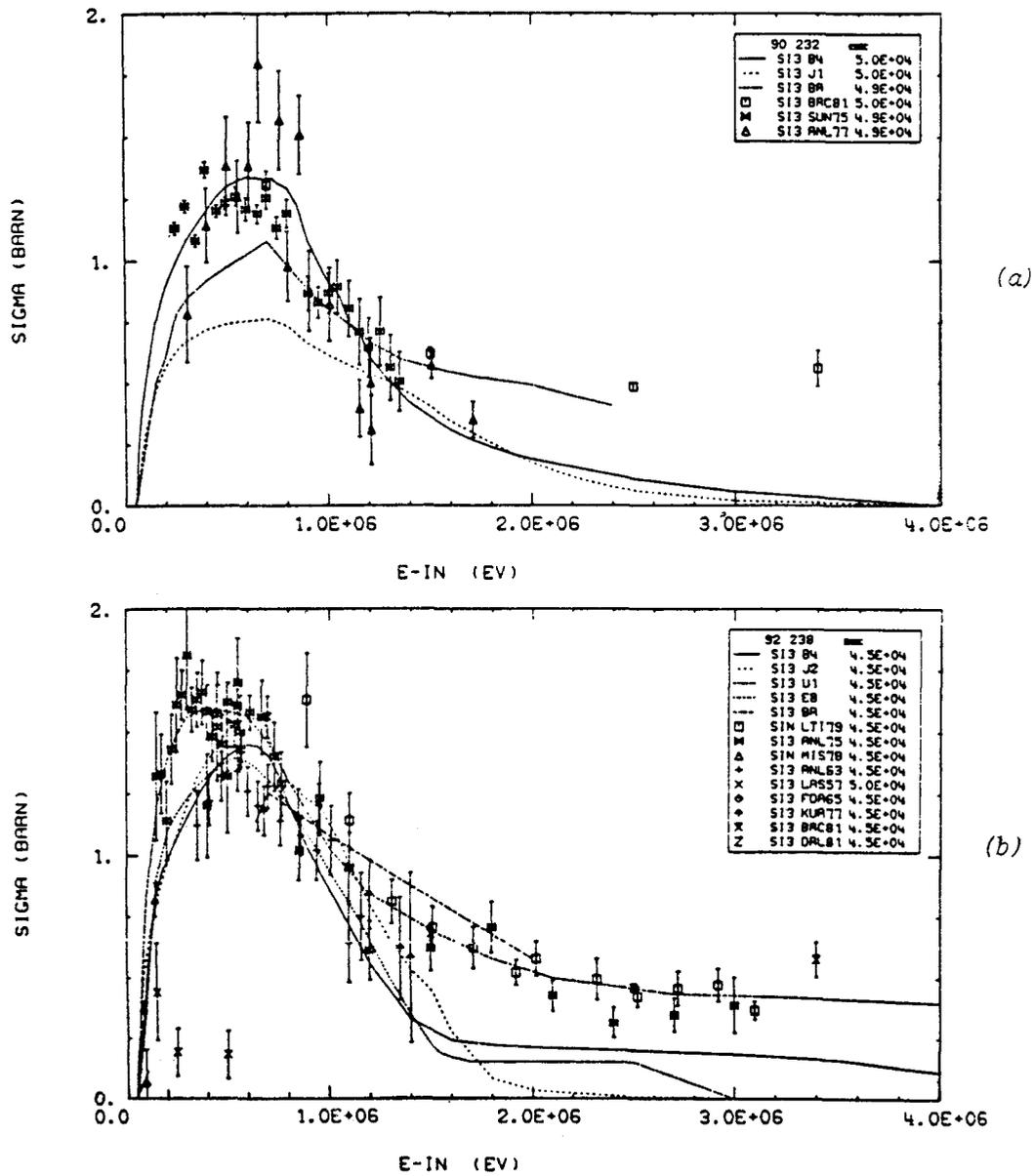
REFERENCE

(1) Réunion de Spécialistes sur "la diffusion de neutrons rapides sur les actinides" 23-25 novembre 1981 Château de la Muette, Paris, organisée par l'OCDE.

Table I - Données de diffusion de neutrons sur les actinides principaux

Les valeurs indiquent le nombre de points de mesure.

Noyaux	$\sigma_T$	$\sigma_{nn}$	$\frac{d\sigma}{d\Omega} nn$	$\sigma_{nn'}$	$\frac{d\sigma}{d\Omega} nn'$	$\sigma_{ne}$	$\frac{d\sigma}{dE} nn'$	$(\frac{\sigma_{nn'}}{\sigma_{nn'}\gamma})$
$^{232}_{Th}$	2157	32	318	213	184	3		1180
$^{237}_{Np}$		$\approx 40$						
$^{233}_{U}$	836	2	36	3	48	2		
$^{235}_{U}$	10521	85	503	24	49	20	11	
$^{238}_{U}$	4004	24	461	119	697	40	60	$\approx 2000$
$^{239}_{Pu}$	4393	147	1007	61	61	9	3	
$^{240}_{Pu}$	105	30	150	50				
$^{242}_{Pu}$	142	9	143	13	156			
$^{241}_{Am}$	32							



B-I-3 FIGURE 1

Sections efficaces de diffusion inélastique vers le 1er niveau  $2^+$  de  $^{232}\text{Th}$  (a) et  $^{238}\text{U}$  (b). Les références de ces figures sont indiquées dans la compilation.

B-I-4- Sections efficaces de diffusion de neutrons sur  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  et  $^{242}\text{Pu}$  entre 0,6 et 3,4 MeV.

(G. HAOUAT - J. LACHKAR - CH. LAGRANGE - J. JARY - J. SIGAUD - Y. PATIN)  
Neutron scattering cross sections for  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  and  $^{242}\text{Pu}$  between 0.6 and 3.4 MeV.

*Differential cross sections for neutron elastic and inelastic scattering from the actinide nuclei  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  and  $^{242}\text{Pu}$  have been measured at incident energies ranging from 0.6 to 3.4 MeV using a multi-angle time-of-flight spectrometer. The energy resolution of the spectrometer was high enough to experimentally resolve the elastic and first inelastic groups for  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{233}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  and  $^{242}\text{Pu}$  at all energies. Cross sections for groups of states have been obtained for  $^{235}\text{U}$  and  $^{239}\text{Pu}$ . Comparison of these measurements with evaluations in the latest evaluated data files shows substantial discrepancies particularly at high energies. The present results for  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ , and  $^{239}\text{Pu}$  have been combined with total cross-section measurements and low-energy scattering properties in an analysis based on the coupled-channel and compound nuclear formalisms. Optical potential parameters and nuclear deformations have been derived and are discussed (1).*

Nous avons mesuré les sections efficaces différentielles de diffusion élastique et inélastique de neutrons sur les noyaux  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  et  $^{242}\text{Pu}$  aux énergies incidentes allant de 0,6 à 3,4 MeV, en utilisant un spectromètre à temps de vol composé de plusieurs détecteurs. La résolution en énergie du spectromètre était suffisamment bonne pour séparer expérimentalement, à toutes les énergies, les groupes de diffusion élastique et de diffusion inélastique sur les premiers états excités de  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{233}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ , et  $^{242}\text{Pu}$ . Des sections efficaces relatives à des groupes d'états ont été obtenues pour  $^{235}\text{U}$  et  $^{239}\text{Pu}$ . La comparaison de ces mesures avec les évaluations les plus récentes indique des désaccords importants notamment aux énergies élevées. Les présentes données pour  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  et  $^{239}\text{Pu}$  ont été combinées avec des mesures de section efficace totale et des résultats de diffusion à basse énergie dans une analyse basée sur le modèle optique en voies couplées et le modèle statistique. Les paramètres du potentiel optique et les déformations nucléaires en ont été déduits et sont discutés (1).

REFERENCE

- (1) G. HAOUAT - J. LACHKAR - CH. LAGRANGE - J. JARY - J. SIGAUD - Y. PATIN  
"Neutron scattering cross sections for  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$   
and  $^{242}\text{Pu}$  between 0.6 and 3,4 MeV", à paraître dans *Nuclear Science and  
Engineering*.

B-I-5- Diffusion de neutrons par des noyaux de la couche s-d :  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{28}\text{Si}$ ,  $^{32}\text{S}$   
(G. HAOUAT, R. de SWINIARSKI\*, F. DIETRICH\*\*, CH. LAGRANGE, Y. PATIN)  
*Neutron scattering from s-d shell nuclei :  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{28}\text{Si}$ ,  $^{32}\text{S}$ .*

*The study of fast neutron scattering from the s-d shell nuclei :  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{28}\text{Si}$ ,  $^{32}\text{S}$  at 9.76 and 14.83 MeV, undertaken in 1980 (1) has been proceeded with data reduction for elastic scattering and inelastic scattering to levels of up to 6 MeV excitation energy. The analysis of the data in the framework of the coupled channels and statistical models is presented and discussed.*

L'étude de la diffusion élastique et inélastique de neutrons rapides sur les noyaux de la couche s-d :  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{28}\text{Si}$ , et  $^{32}\text{S}$ , entreprise en 1980 (1), s'est poursuivie cette année avec le traitement des données expérimentales. Les mesures avaient été effectuées aux énergies de neutrons incidents de 9,76 et 14,83 MeV et à 28 angles répartis entre 15 et 160 °, en utilisant le spectromètre par temps de vol du Service P2N (2). Les sections efficaces différentielles ont été obtenues pour la diffusion élastique et la diffusion inélastique sur les niveaux d'énergie d'excitation inférieure ou égale à 6 MeV. Cette étude expérimentale a fait l'objet d'un rapport qui présente en détail les techniques de mesure utilisées, les méthodes de réduction des données et les sections efficaces (3).

Les données à 14,83 MeV, relatives à la diffusion élastique et à la diffusion inélastique vers le premier état excité  $2^+$  de chacun des trois noyaux, ont été analysées en utilisant uniquement le formalisme des équations couplées, la contribution du mécanisme de noyau composé étant négligeable pour ces états fortement collectifs. Ce travail a été présenté à la dernière Conférence d'Oxford sur "la structure nucléaire et la physique des particules" (4).

L'interprétation théorique s'est poursuivie, toujours à 14,83 MeV, en incluant dans l'analyse l'état  $4^+$  de la bande de rotation fondamentale  $K = 0$ . Nous avons utilisé dans les calculs une base de couplage  $0^+$ ,  $2^+$ ,  $4^+$  et supposé des déformations quadrupolaire ( $\beta_2$ ) et hexadécapolaire ( $\beta_4$ ) des noyaux. La figure 1 montre les résultats obtenus sur le noyau  $^{28}\text{Si}$  ; les paramètres du modèle optique et les déformations  $\beta_2$  et  $\beta_4$  sont indiqués sur la figure.

Les données à 9,76 MeV sont incluses dans une analyse cohérente effectuée avec, pour chaque noyau, les mêmes paramètres de modèle optique qu'à 14,83 MeV, à la dépendance près en énergie des intensités des potentiels réels et imaginaires. A l'énergie de 9,76 MeV, les sections efficaces

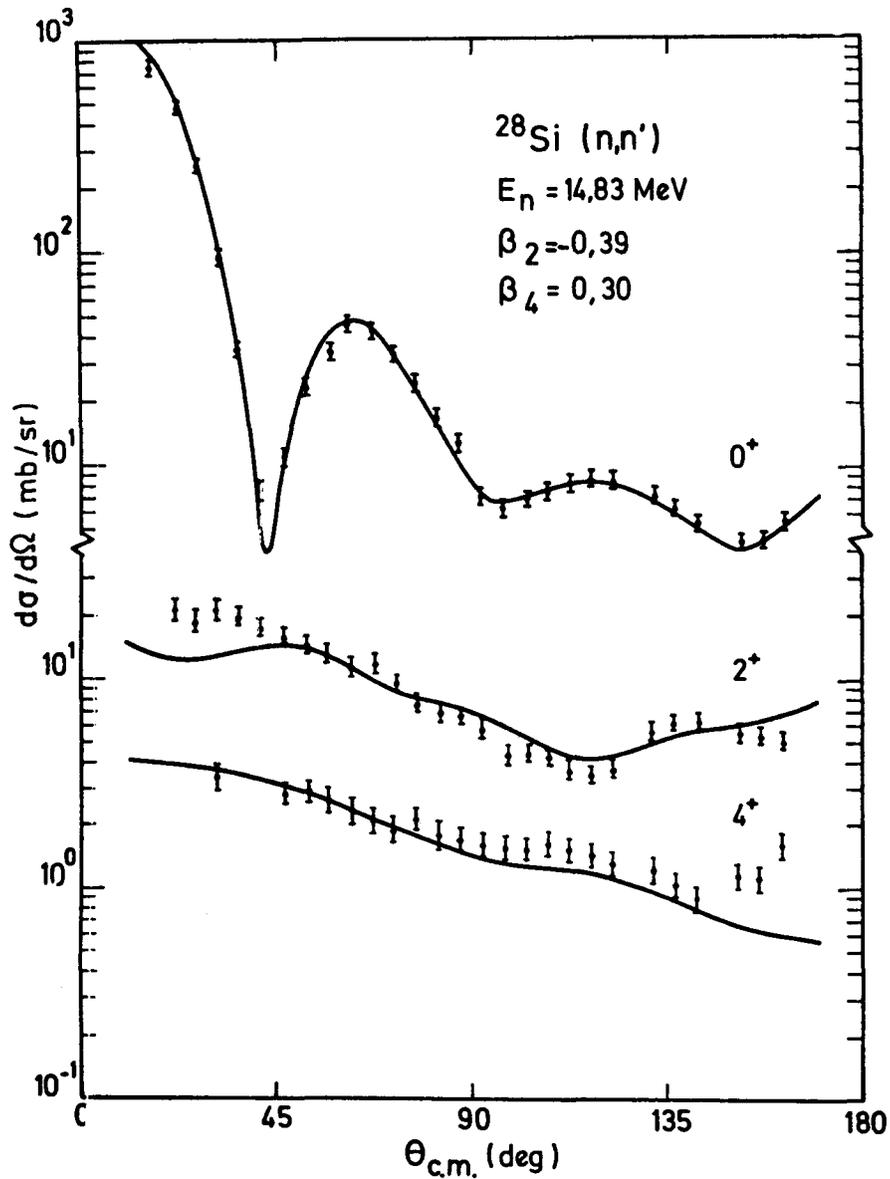
comprennent les contributions de l'interaction directe et du noyau composé. Le calcul des sections efficaces de noyau composé, à l'aide d'un modèle statistique, est actuellement en cours.

\*IN2P3 Institut des Sciences Nucléaires , Grenoble (FRANCE),

\*\*Présente adresse : Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore (USA).

#### REFERENCES

- (1) G. HAOUAT - A. VIRDIS - F. DIETRICH - R. de SWINIARSKI - C. HUMEAU - S. SEGUIN - J. SIGAUD - JP. LOCHARD et J. CHARDINE. "Diffusion de neutrons rapides par les noyaux  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{28}\text{Si}$  et  $^{32}\text{S}$ ", Note CEA N 2214, NEANDC (E) 222 "L", INDC (FR) 50/L (1981) P. 64
- (2) J. LACHKAR - G. HAOUAT - J. SIGAUD - Y. PATIN - F. COÇU - C. HUMEAU et S. SEGUIN. Rapport CEA R 4839, NEANDC(E) 177 "L", INDC (FR) 12/L (1977)
- (3) A. VIRDIS "Etude expérimentale de la diffusion de neutrons rapides sur les noyaux  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{28}\text{Si}$  et  $^{32}\text{S}$ ", Rapport CEA R 5144 (1981)
- (4) G. HAOUAT - R. de SWINIARSKI - A. VIRDIS - F. DIETRICH et CH. LAGRANGE "Nuclear deformation of  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{28}\text{Si}$  and  $^{32}\text{S}$  from fast neutron scattering" Conférence : "Nuclear Structure and Particle physics", OXFORD (U.K), 6-8 avril 1981



B-I-5 FIGURE 1

Distributions angulaires de diffusion de neutrons de 14,83 MeV sur  $^{28}\text{Si}$  pour les niveaux  $0^+$  (fondamental),  $2^+$  (1,78 MeV) et  $4^+$  (4,61 MeV) de la bande rotationnelle fondamentale. Les tracés continus représentent les calculs décrits dans le texte. Les paramètres de déformation du potentiel optique  $\beta_2$  et  $\beta_4$  sont indiqués sur la figure.

B-I-6- Diffusion de neutrons de 10 et 13 MeV par les noyaux  $^{63}\text{Cu}$  et  $^{65}\text{Cu}$

(G. HAOUAT - C. HUMEAU - S. SEGUIN - JP LOCHARD - J. CHARDINE)

*Neutron scattering from the nuclei  $^{63}\text{Cu}$  and  $^{65}\text{Cu}$  at 10 and 13 MeV*

*Data reduction of neutron scattering from  $^{63}\text{Cu}$  and  $^{65}\text{Cu}$  at 10 and 13 MeV (1) has yielded cross sections for the elastic scattering ( $3/2^-$ ) and for the inelastic scattering to the first  $1/2^-$ ,  $5/2^-$ ,  $7/2^-$  excited states of both isotopes.*

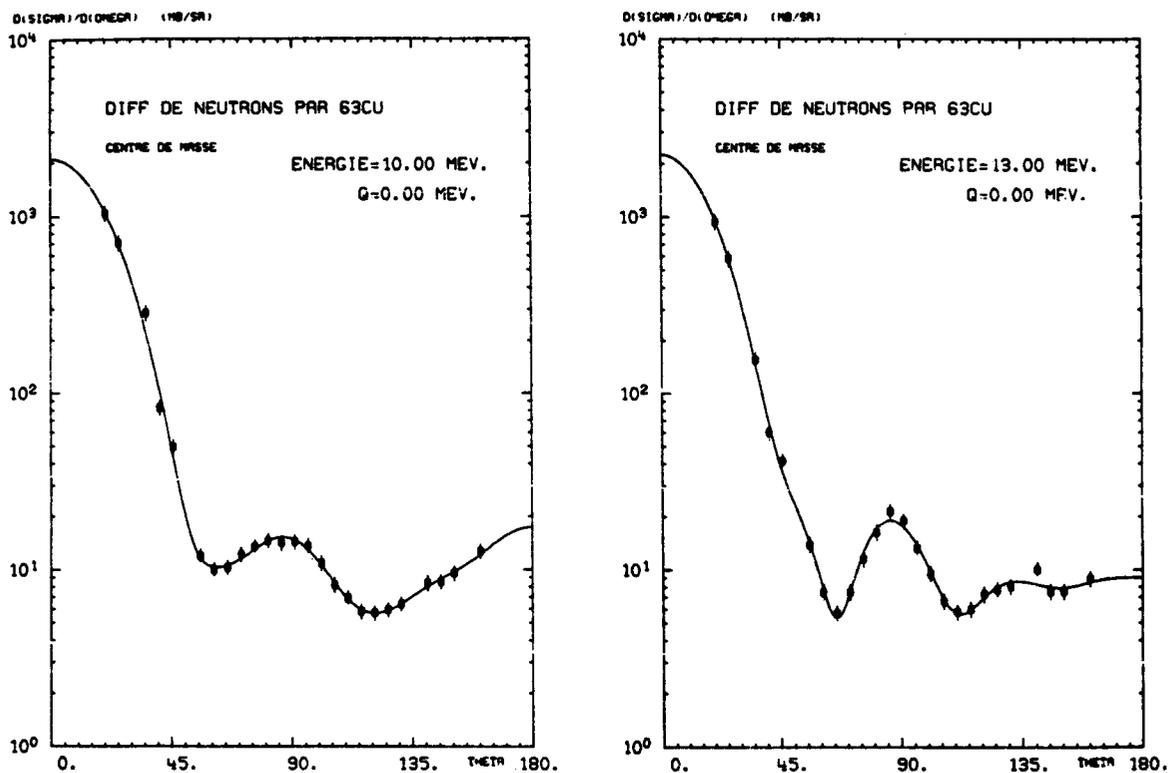
*These data will be used in an analysis for testing the weak coupling model of De Shalit for the copper isotopes, and for providing deformability parameters of these vibrational nuclei.*

L'étude de la diffusion de neutrons sur  $^{63}\text{Cu}$  et  $^{65}\text{Cu}$ , commencée en 1980 avec la mesure des sections efficaces à 10 et 13 MeV par la méthode du temps de vol (1), s'est poursuivie par le traitement des données expérimentales. La résolution totale en énergie du spectromètre, qui était de 200 keV à 10 MeV et 260 keV à 13 MeV, était suffisante pour permettre de séparer expérimentalement les groupes de neutrons diffusés sur les niveaux les plus bas de  $^{63}\text{Cu}$  et  $^{65}\text{Cu}$ . Les sections efficaces différentielles de diffusion élastique ( $3/2^-$ ) et de diffusion inélastique sur les premiers états excités  $1/2^-$ ,  $5/2^-$ ,  $7/2^-$  des deux isotopes ont été obtenues aux deux énergies à 25 angles répartis entre 20 et 160°. Les sections efficaces de diffusion élastique sur les noyaux  $^{63}\text{Cu}$  et  $^{65}\text{Cu}$  à l'énergie de 10 MeV sont présentées dans la figure 1.

L'interprétation théorique des données, qui sera entreprise prochainement, devrait permettre de tester la validité du modèle de couplage faible de De Shalit (2) pour la diffusion de nucléons de moyenne énergie sur les noyaux impairs  $^{63}\text{Cu}$  et  $^{65}\text{Cu}$ . L'analyse des données, à l'aide du formalisme des équations couplées, permettra, en outre, de déduire les paramètres de déformabilité de ces noyaux vibrationnels. Une comparaison sera faite avec l'analyse utilisant d'autres données décrite au chapitre C-III-5.

#### REFERENCES

- (1) G. HAOUAT, CH. LAGRANGE, G. DALBERA, C. HUMEAU, S. SEGUIN, JP LOCHARD, J. CHARDINE et J. SIGAUD. "Diffusion de neutrons de 10 et 13 MeV par les noyaux  $^{63}\text{Cu}$  et  $^{65}\text{Cu}$ ". Note CEA N 2214, NEANDC(E) 222"L", INDC(FR) 50/L (1981) P. 69.
- (2) A. De SHALIT, *Phys. Rev.* 122, 1530 (1961)



B-I-6 FIGURE 1

Sections efficaces de diffusion élastique de neutrons de 10 MeV sur les noyaux <sup>63</sup>Cu et <sup>65</sup>Cu. Les tracés continus représentent un ajustement des données par un développement en polynômes de Legendre.

B-I-7- Diffusion de neutrons de 13 et 15,5 MeV sur  $^{208}\text{Pb}$

(G. HAOUAT, F. DIETRICH\*, Y. PATIN, R. De SWINIARSKI\*\*, C. HUMEAU, J. CHARDINE, JP LOCHARD, S. SEGUIN).

*Neutron scattering from  $^{208}\text{Pb}$  at 13 and 15.5 MeV*

*Differential cross sections for neutron scattering from  $^{208}\text{Pb}$  have been measured at 13 and 15.5 MeV incident neutron energies. Angular distributions for elastic scattering and inelastic scattering to the  $3^-$  (2.614 MeV) and  $5^-$  (3.198 MeV) excited states have been obtained. This measurement, and previous data measured in this laboratory (1), will be analysed in the framework of the optical model to derive precise  $^{208}\text{Pb}$  potential parameters with their energy dependencies in a wide energy range. Collective properties of this nucleus will also be investigated through the inelastic scattering.*

La diffusion des neutrons sur le noyau  $^{208}\text{Pb}$  a été étudiée expérimentalement aux énergies de 13 et 15,5 MeV. Ce travail fait suite à une première série de mesures sur  $^{208}\text{Pb}$ , ainsi que sur les isotopes  $^{206,207}\text{Pb}$  et  $^{209}\text{Bi}$ , dans la gamme d'énergie 7,5 - 13,5 MeV (1). Ces études ont pour but la détermination précise des paramètres du modèle optique du noyau sphérique  $^{208}\text{Pb}$  et leurs variations en fonction de l'énergie des neutrons incidents ; elles ont pour but aussi d'obtenir des informations sur les propriétés collectives de ce noyau à double couche fermée. Les sections efficaces ont été mesurées en utilisant l'ensemble de spectrométrie des neutrons par temps de vol du service P2N (2). Les neutrons de 13 et 15,5 MeV étaient produits à l'aide de la réaction  $^2\text{H} (d,n) ^3\text{He}$  en cible gazeuse. L'échantillon de plomb, utilisé pour les mesures, avait une masse de 106g et était enrichi à 99,8 % en  $^{208}\text{Pb}$ . La dispersion totale en énergie du système de mesure était de 350 keV à 13 MeV et de 420 keV à 15,5 MeV. Les sections efficaces différentielles ont été mesurées entre 15 et 160° par pas de 5°.

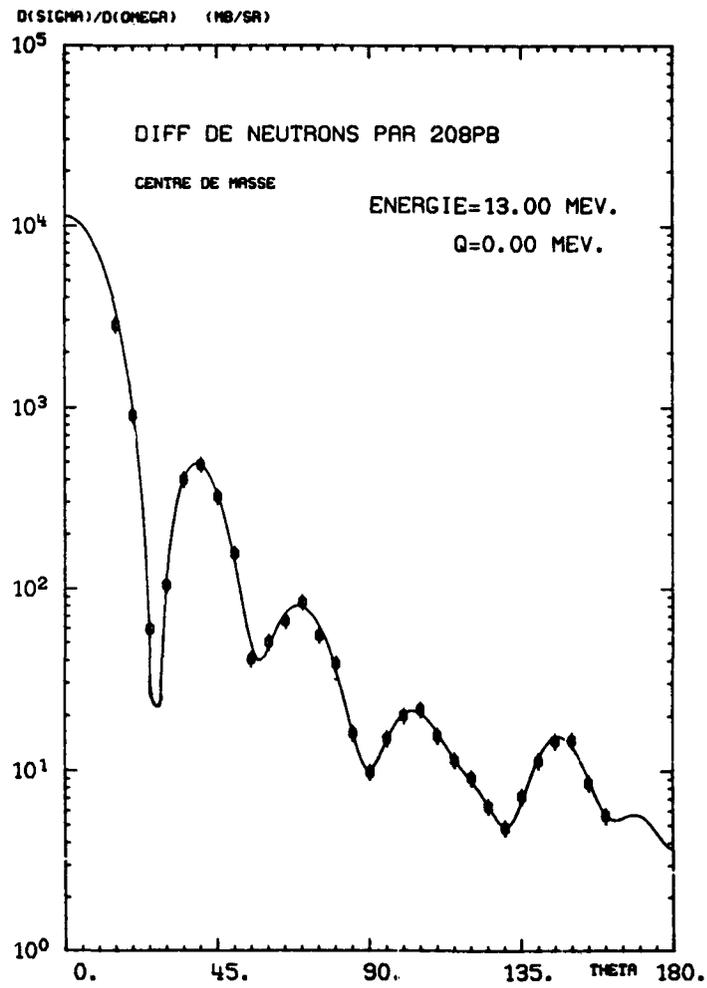
Le traitement des données est actuellement en cours. Nous présentons, à titre d'illustration, dans la figure 1 les sections efficaces de diffusion élastique obtenues à 13 MeV. L'étude de la diffusion des neutrons sur  $^{208}\text{Pb}$  permettra de confronter la paramétrisation du potentiel optique phénoménologique à celle obtenue avec un potentiel résultant de la convolution de la distribution de densité du noyau avec une interaction nucléon-nucléon réaliste dépendant de la densité. De tels calculs sont décrits par ailleurs dans ce compte-rendu (3).

\* Collaborateur temporaire étranger, Lawrence Livermore National Laboratory (USA)

\*\* IN2P3 *Institut des Sciences Nucléaires, Grenoble (FRANCE)*

REFERENCES

- (1) G. HAOUAT, O. BERSILLON, J. LACHKAR, Y. PATIN, CH. LAGRANGE.  
*"Diffusion de neutrons par les isotopes  $^{206}, ^{207}, ^{208}\text{Pb}$  et  $^{209}\text{Bi}$  dans la gamme d'énergie 7,5 - 13,5 MeV" Note CEA N 2200, NEANDC(E) 218 "L", INDC (FR) 45/L (1981)*
- (2) J. LACHKAR, G. HAOUAT, J. SIGAUD, Y. PATIN, F. COÇU, C. HUMEAU, et S. SEGUIN *Rapport CEA R 4839, NEANDC(E) 177 "L", INDC(FR) 12/L (1977)*
- (3) J.C. BRIENT, CH. LAGRANGE, *Chapitre C-III-4 de ce compte-rendu*



B-I-7 FIGURE 1

Section efficace de diffusion élastique de neutrons de 13 MeV sur <sup>208</sup>Pb. La courbe résulte d'un ajustement par un développement en polynômes de Legendre.

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

B-II-1- Corrections dans les mesures de capture radiative de neutrons  
(G. GRENIER, S. JOLY et J. VOIGNIER)

*Corrections for fast neutron capture measurements*

*We have investigated different methods to estimate the corrections to be applied to fast neutron capture cross sections and asymmetry factors when large samples are used. Analytical methods give good results for geometry and absorption effects but we have to rely on Monte-Carlo techniques to estimate the multiple scattering effect.*

Pour les mesures de sections efficaces totales de capture, les dimensions de l'échantillon sont généralement choisies de sorte que les corrections à appliquer aux données brutes soient inférieures à environ 20 %. Ces corrections concernent le flux de neutrons mesuré, l'anisotropie de la source de neutrons, l'auto-absorption dans l'échantillon et l'intensité des rayonnements  $\gamma$  détectés (absorption dans l'échantillon et diffusion multiple). Quand les sections efficaces sont très faibles (noyaux près des couches fermées), les échantillons doivent être volumineux, mais les corrections deviennent très importantes et doivent être calculées avec la plus grande précision. Dans ce but, nous avons étudié les différentes méthodes possibles pour calculer ces corrections dans le cas de la réaction  $^{208}\text{Pb}(n,\gamma_0)$ . L'échantillon de  $^{208}\text{Pb}$  utilisé pour la mesure de la section efficace partielle et du rapport d'asymétrie à différentes énergies de neutron pesait environ 400 g et l'amplitude des corrections est de l'ordre de 100 %, d'où l'importance d'une estimation aussi précise que possible.

Les méthodes analytiques ont l'avantage d'être relativement simples à utiliser et sont surtout très rapides quant au temps de calcul. Il est possible d'estimer avec une bonne précision les corrections géométriques et d'absorption (neutron et gamma) en divisant l'échantillon en cellules élémentaires et en calculant leur contribution à l'intensité totale. Dans le tableau I sont reportés les résultats obtenus avec le code CORTLU (1) pour deux énergies de neutrons et la géométrie indiquée. Les seules données sont les sections efficaces totales pour les neutrons et les rayonnements  $\gamma$  (d'énergie  $E_{\gamma_0}$ ), ainsi que les dimensions de l'échantillon et la distance ( $D_n$ ) à la source de neutrons.

La méthode analytique ne permet pas de calculer l'effet des diffusions multiples ; il peut cependant être grossièrement estimé en utilisant l'approximation de Day (2) obtenue en remplaçant la section efficace totale par la section efficace non élastique.

La technique de Monte-Carlo permet de tenir compte de toutes les réactions que peut subir un neutron avec les noyaux de l'échantillon et qui produisent des rayonnements  $\gamma$  de capture. On suit donc l'histoire du neutron depuis sa création dans la cible, jusqu'à sa capture (radiative) dans l'échantillon. Un grand nombre d'histoires ( $\approx 50\ 000$  à  $150\ 000$ ) sont nécessaires pour obtenir une bonne précision et les calculs peuvent donc être très longs. Dans le tableau I sont également reportées les corrections obtenues avec le programme GAMSCT (3). Les résultats des deux méthodes sont assez proches sauf en ce qui concerne l'effet des diffusions multiples.

Un autre effet très important concerne la dépendance angulaire des corrections, qui affecte directement le rapport d'asymétrie. Cette dépendance des corrections est donnée dans le tableau II pour 3 angles de détection et pour chaque méthode ;  $R = C(55^\circ)/C(125^\circ) = 1,135$  pour la méthode analytique et  $R = 1,265$  pour la méthode de Monte-Carlo.

En conclusion, l'étude détaillée des corrections à appliquer aux mesures de sections efficaces et aux rapports d'asymétrie dans la réaction  $^{208}\text{Pb}(n,\gamma_0)$  nous a montré que seule la technique de Monte-Carlo permettait d'obtenir la meilleure précision possible pour des échantillons volumineux (disques ou cylindres) et qu'il était dangereux d'utiliser l'approximation de Day.

#### REFERENCES

- (1) A. LINDHOLM, *Communication privée*
- (2) R.B. DAY, *Phys. Rev.* 102 (1956) 767
- (3) D.L. SMITH, *ANL/NDM-17 Report Argonne (1975)*

Echantillon de  $^{208}\text{Pb}$        $R = 1,75 \text{ cm}$   
     $H = 3,87 \text{ cm}$   
     $D_n = 8,30 \text{ cm}$

Tableau I

Comparaison entre les corrections obtenues par méthode analytique (A) et méthode de Monte-Carlo (B)

	$E_n = 3,8 \text{ MeV}$		$E_n = 5,9 \text{ MeV}$	
	(A)	(B)	(A)	(B)
$A_\gamma$	1,897	1,911	1,971	1,949
$A_n$	1,334	1,374	1,302	1,318
$A_s$	1,061	1,061	1,164	1,149
$A_{ms}$	0,813*	0,777	0,819*	0,759
$C = \pi Ai$	2,183	2,165	2,446	2,240

$A_\gamma$  : absorption des rayonnements  $\gamma$  dans l'échantillon  
 $A_n$  : auto-absorption des neutrons dans l'échantillon  
 $A_s$  : anisotropie de la source de neutrons  
 $A_{ms}$  : diffusion multiple (\*:approximation de Day)

Tableau II

Dépendance angulaire des corrections à  $E_n = 5,9 \text{ MeV}$

	Méthode A			Méthode B			
	$\theta_\gamma$	55°	90°	125°	55°	90°	125°
$C$		2,707	2,526	2,384	2,595	2,240	2,051

B-II-2- Sections efficaces de capture radiative de neutrons rapides  
(G. GRENIER, S. JOLY, J. VOIGNIER)

*Fast neutron capture cross sections*

*Absolute neutron capture cross sections have been measured for  $^{nat}\text{Cu}$  and for the isotopes  $^{63}\text{Cu}$  and  $^{65}\text{Cu}$  in the 0.5 to 3.0 MeV neutron energy range by using the integrated spectrum technique. Present results are found to be in good agreement with previous available data.*

La section efficace de capture radiative du cuivre naturel et de ses deux isotopes stables  $^{63}\text{Cu}$  et  $^{65}\text{Cu}$  a été mesurée dans le domaine d'énergie 0,5 - 3 MeV.

Les neutrons de 0,5 MeV étaient produits à partir de la réaction  $^7\text{Li}(p,n)$  et ceux de 1-2 et 3 MeV à l'aide de la réaction  $\text{T}(p,n)$  en utilisant le faisceau pulsé de protons délivré par l'accélérateur Van de Graaff 4 MV du Service PNN.

La technique du temps de vol est indispensable pour séparer les rayonnements  $\gamma$  produits par l'échantillon de ceux produits par le bruit de fond ambiant (1).

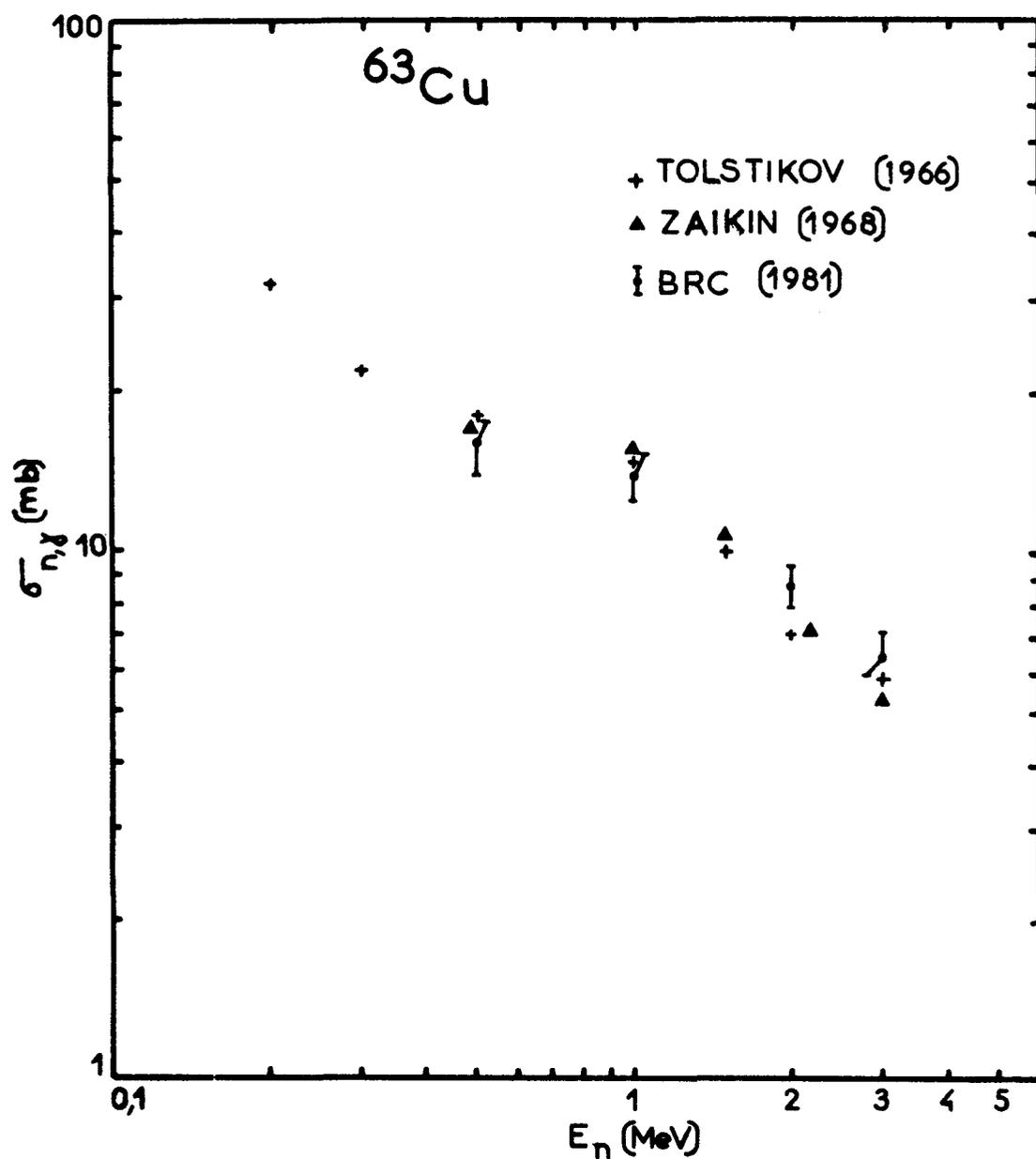
Les échantillons de  $^{63}\text{Cu}$  et de  $^{65}\text{Cu}$  étaient cylindriques (hauteur : 2,50 cm diamètre : 2,01 cm) et leur masse correspondait à une mole. L'enrichissement isotopique était 99,7 % pour  $^{63}\text{Cu}$  et 99,2 % pour  $^{65}\text{Cu}$ . L'échantillon de cuivre naturel était utilisé sous forme de disque (épaisseur : 0,3 cm, diamètre : 6,0 cm).

La section efficace de capture absolue a été déterminée à partir de la mesure du spectre des rayonnements  $\gamma$  de capture émis par l'échantillon. Cette méthode a été décrite par ailleurs (2).

Les sections efficaces de capture que nous avons mesurées sont reportées sur les figures 1 et 2. On observe un bon accord entre nos valeurs expérimentales et les valeurs obtenues par TOLSTIKOV (3), ZAIKIN (4) et GOLDBERG (5).

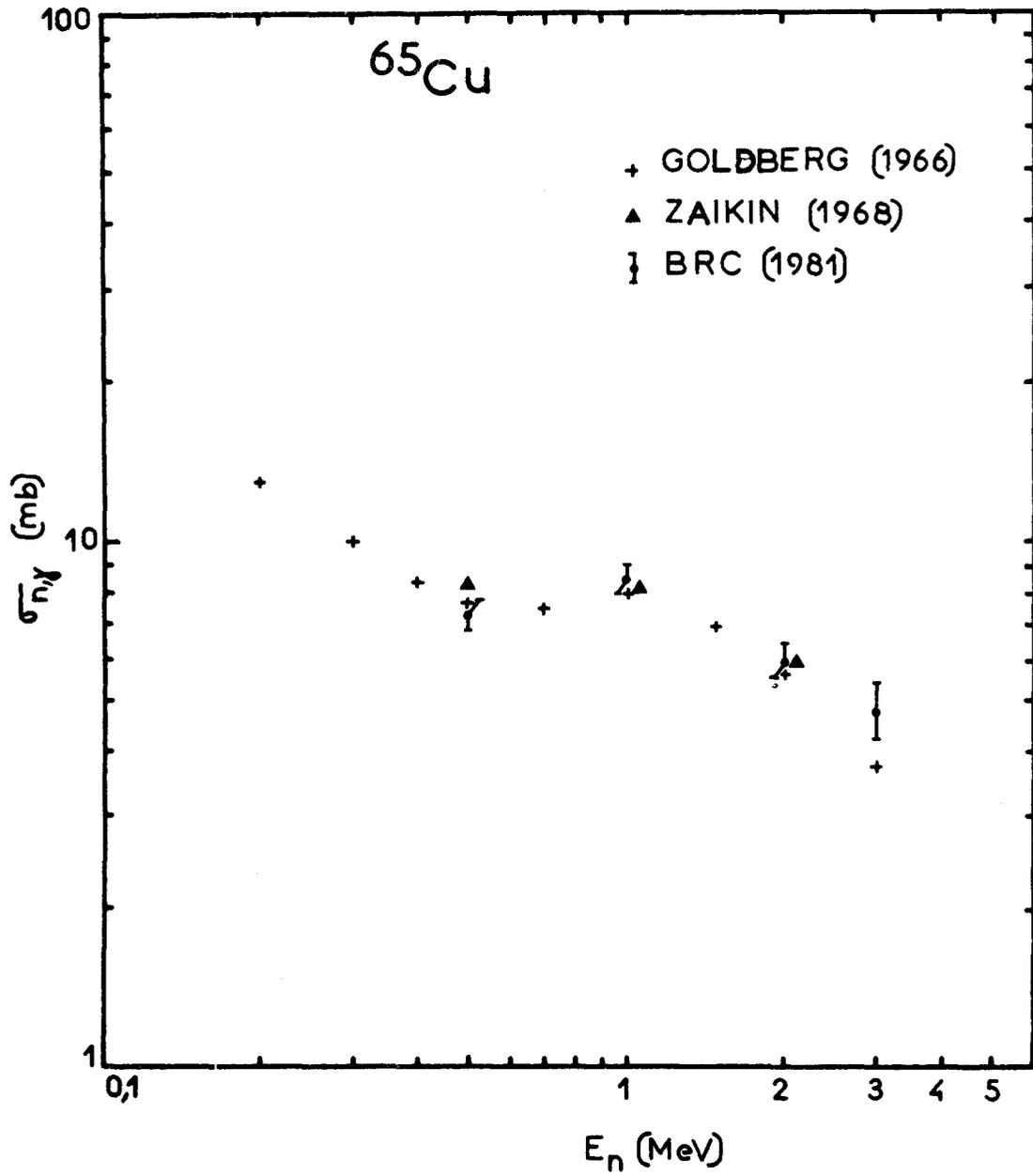
REFERENCES

- (1) J. VOIGNIER, S. JOLY, G. GRENIER *Rapport CEA R 5089 (1981)*
- (2) S. JOLY et al. *Rapport CEA R 4884 (1977)*
- (3) V.A. TOLSTIKOV, V.P. KIROLEVA, B.E. KOLESOV, A.G. DORBENKO *Atomnaya Energiya* 21, 45 (1966)
- (4) ZAIKIN et al. *Atomnaya Energiya* 25, 526 (1968)
- (5) M.D. GOLDBERG et al. *BNL 325 Suppl. 2 Vol II A (1966)*



B-II-2 FIGURE 1

Section efficace de la réaction  $^{63}\text{Cu}(n,\gamma)$ . Comparaison de nos résultats avec les valeurs expérimentales de TOLSTIKOV (3) et de ZAIKIN (4).



B-II-2 FIGURE 2

Section efficace de la réaction  $^{65}\text{Cu}(n,\gamma)$ . Comparaison de nos résultats avec les valeurs expérimentales de TOLSTIKOV (3) et de ZAIKIN (4).

B-II-3- Excitation de la résonance quadrupolaire isovectorielle dans la réaction  $^{208}\text{Pb}(n,\gamma)^+$ . (K. ANIOL\*, D. DRAKE\*\*, I. HALPERN\*, S. JOLY, L. NILSSON\*\*\*, D. STORM\* et S. WENDER\*\*).

*The E2 isovector giant resonance as seen through the  $^{208}\text{Pb}(n,\gamma)$  reaction*

*The forward to backward asymmetry for capture  $\gamma$ -rays from the  $^{208}\text{Pb}(n,\gamma)$  reaction has been measured for neutron energies up to 20 MeV. Data are in good agreement with DSD and PR model predictions including the IVGQ resonance.*

Lors de notre dernier séjour à Los Alamos, nous avons à nouveau mesuré le rapport d'asymétrie pour la transition  $\gamma_0$  de la réaction  $^{208}\text{Pb}(n,\gamma)$  et pour plusieurs énergies de neutron comprises entre 18 et 20 MeV. Nous avons contrôlé de possibles asymétries dues au dispositif expérimental au moyen des réactions  $^{208}\text{Pb}(n,n'\gamma)^*$  (2,6 MeV) et  $^{12}\text{C}(n,n'\gamma)^*$  (15,1 MeV) ; ces transitions ne doivent pas présenter d'asymétrie ainsi qu'il a été observé.

Les résultats, obtenus avec une meilleure précision, confirment les valeurs du rapport d'asymétrie déduites des mesures précédentes (1). La brusque augmentation de ce rapport vers  $E_n \approx 20$  MeV est en bon accord avec les prédictions des modèles DSD et PR (2,3) tenant compte de la résonance quadrupolaire isovectorielle à  $E_x \approx 22,5$  MeV.

+ Travail effectué au Laboratoire National de Los Alamos.

\* Université de Washington - Seattle

\*\* Laboratoire National de Los Alamos

\*\*\* Laboratoire de l'Accélérateur Tandem d'Uppsala.

#### REFERENCES

- (1) K. ANIOL et al. *Note CEA N 1224 (1981) p.99*
- (2) G. LONGO - F. SAPORETTI et R. GUIDOTTI - *Nuovo Cimento* 46 A (1978) 509
- (3) A. LIKAR et R. MARTINČIĆ *Nucl. Phys. A* 350 (1980) 74

B-II-4- Mesures de  $\bar{\nu}_p$  pour  $^{232}\text{Th}$  (J. FREHAUT - A. BERTIN - R. BOIS)

Measurement of  $\bar{\nu}_p$  for  $^{232}\text{Th}$

*The average number of prompt neutrons  $\bar{\nu}_p$  and the average total prompt  $\gamma$ -ray energy  $\bar{E}_\gamma$  have been measured for the fission of  $^{232}\text{Th}$  induced by neutrons in the energy range from 1.5 to 15 MeV. A strong increase of  $\bar{\nu}_p$  is observed just above the second chance fission threshold. This behaviour can be explained from energy balance considerations and is connected with the positive slope observed for the energy dependence of  $\bar{E}_k$  for the Th isotopes.*

Les mesures de  $\bar{\nu}_p$  réalisées précédemment pour la fission induite par neutrons rapides sur les principaux isotopes de U et Pu et sur  $^{237}\text{Np}$  (1,2) ont été complétées par des mesures sur  $^{232}\text{Th}$  dans la gamme d'énergie comprise entre le seuil de fission et 15 MeV. Les mesures au voisinage du seuil de fission ont été présentées dans le compte-rendu précédent (3). Les résultats obtenus pour  $\bar{\nu}_p$  et pour  $\bar{E}_\gamma$  (énergie moyenne totale du rayonnement  $\gamma$  prompt de fission) entre 2 et 15 MeV sont portés sur les figures 1 et 2. Nous avons également porté sur ces figures la section efficace de fission.

Les résultats pour  $\bar{E}_\gamma$  peuvent être interprétés comme une compétition entre l'émission de rayons  $\gamma$  et l'émission de neutrons au cours de la désexcitation des fragments de fission (2). En dessous du seuil de réaction (n,n'f), on peut déduire la relation suivante :

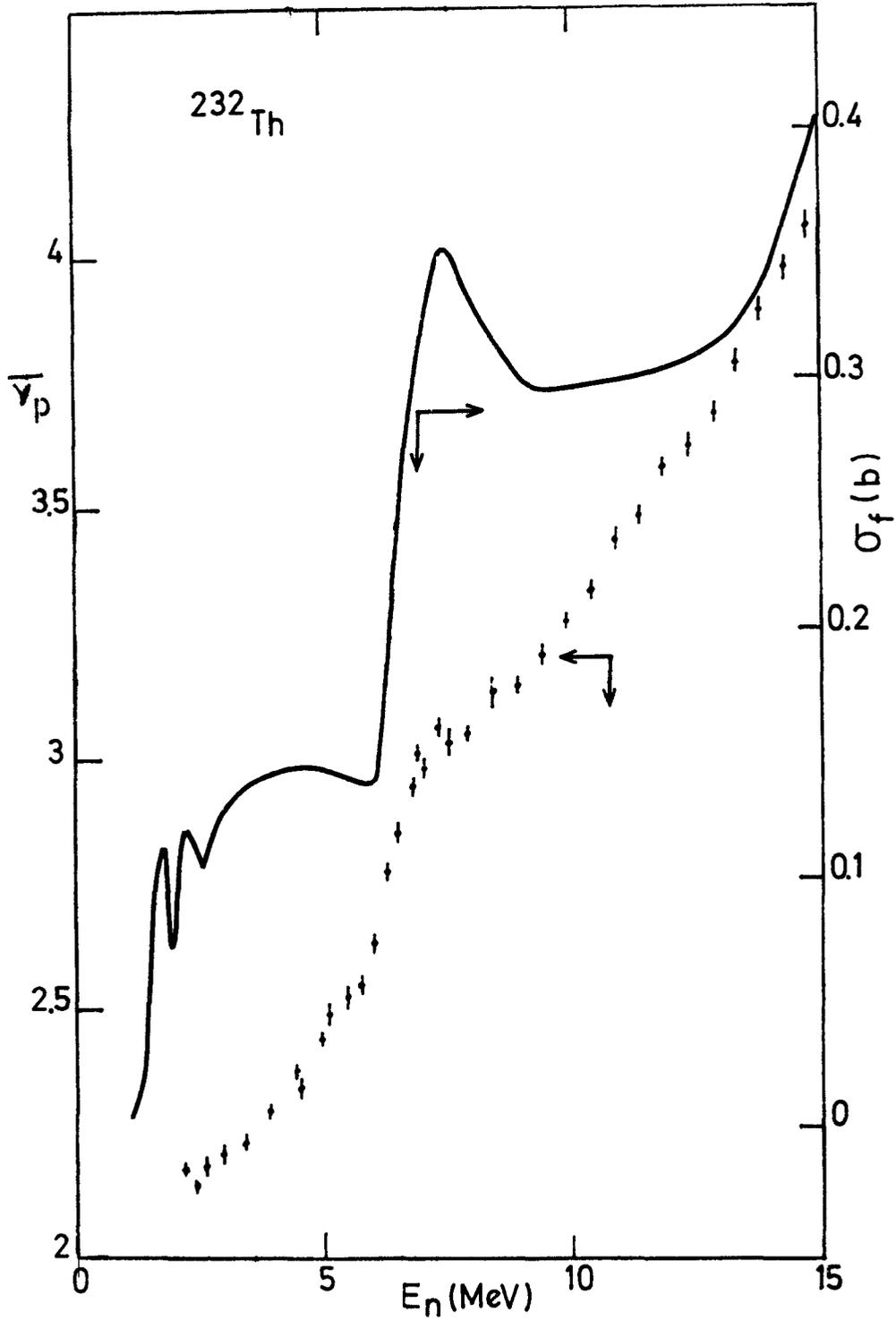
$$\bar{E}_\gamma = 0,65 \bar{\nu}_p + 4,45 \text{ (MeV)}$$

La valeur de 4,45 MeV correspond aux prédictions du modèle statistique, et la relation linéaire qui existe entre  $\bar{\nu}_p$  et  $\bar{E}_\gamma$  résulte d'une augmentation du moment angulaire moyen des fragments de fission avec l'énergie d'excitation. Quand la réaction (n,n'f) se produit une partie de l'énergie d'excitation du noyau composé est emmenée par le neutron qui s'évapore avant la fission, ce qui entraîne une diminution de  $\bar{E}_\gamma$  et explique l'allure de la courbe au voisinage du seuil de réaction (n,n'f). Un processus similaire se produit au voisinage du seuil de réaction (n,2n'f). Contrairement à ce qui a été observé pour les autres noyaux (1,2), une augmentation importante de  $\bar{\nu}_p$  est observée pour  $^{232}\text{Th}$  au voisinage du seuil de réaction (n,n'f). Cela résulte essentiellement de l'augmentation qui a été observée pour  $\bar{E}_k$  (énergie cinétique moyenne totale des fragments de fission) en fonction de l'énergie d'excitation pour les isotopes du Thorium. Dans la réaction (n,n'f), le noyau qui subit la fission a une

énergie d'excitation diminuée d'environ 6 MeV, par rapport à la fission directe, et par conséquent  $\bar{E}_k$  sera inférieur d'environ 2 MeV. C'est cette différence de 2 MeV qui apparaît sous forme d'énergie d'excitation intrinsèque des fragments de fission et conduit donc à une augmentation de  $\bar{\nu}_p$ .

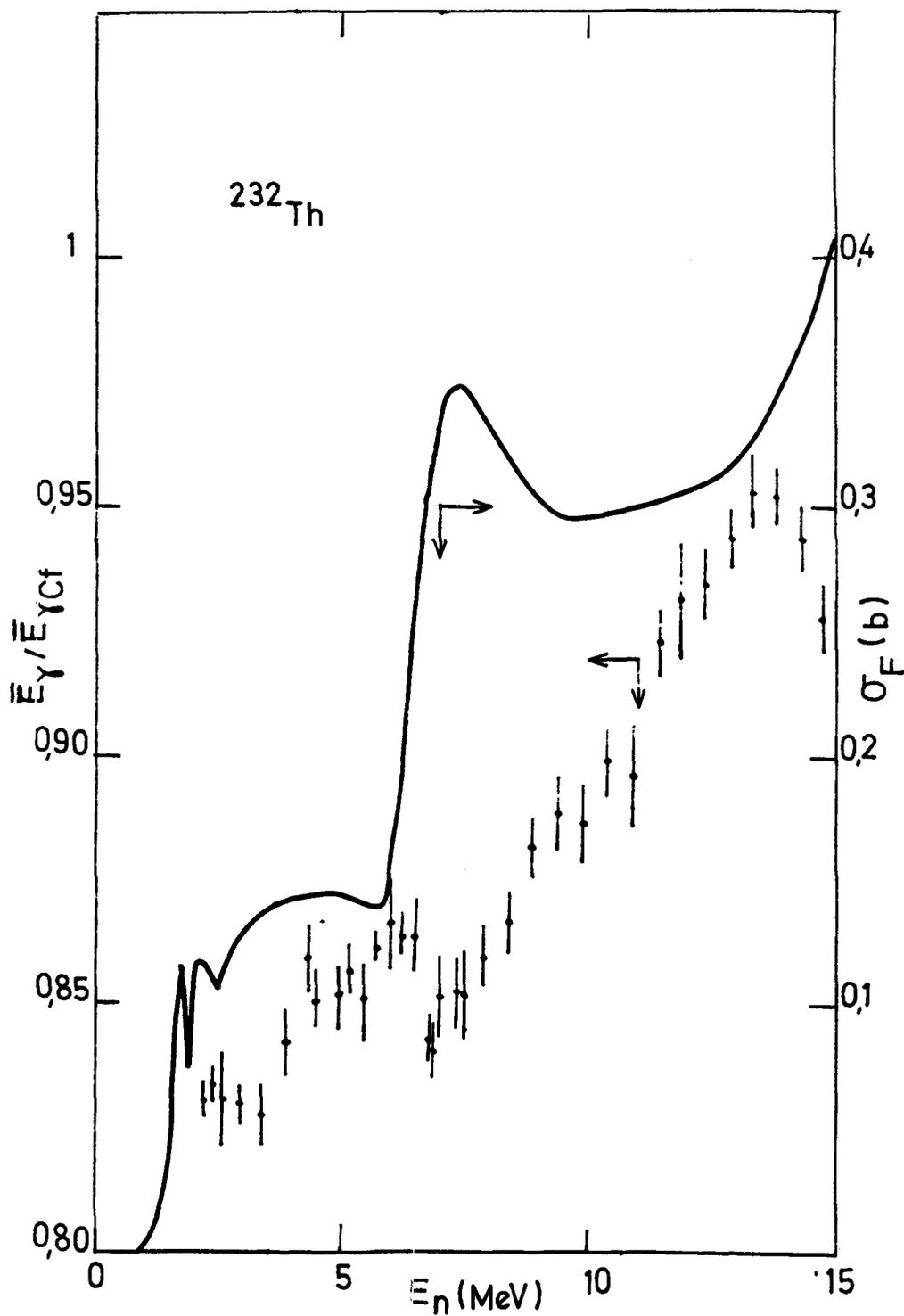
#### REFERENCES

- (1) M. SOLEILHAC - J. FREHAUT - J. GAURIAU - J. Nucl. Energy 33 (1969) 257  
J. FREHAUT - G. MOSINSKI - R. BOIS - M. SOLEILHAC - *Rapport CEA R 4626*  
(1974)
- (2) J. FREHAUT - R. BOIS - A. BERTIN, *Rapport NEANDC (E) 219 "L" (1981)*
- (3) Note CEA N 2214, NEANDC (E) 222 "L" (1981), p. 121



B-II-4 FIGURE 1

Variation de  $\bar{\nu}_p$  et de la section efficace de fission pour  $^{232}\text{Th}$  en fonction de l'énergie des neutrons incidents.



B-II-4 FIGURE 2

Variations de  $\bar{E}_\gamma$  et de la section efficace de fission pour  $^{232}\text{Th}$  en fonction de l'énergie des neutrons incidents. Les valeurs de  $\bar{E}_\gamma$  sont données par rapport à la valeur  $\bar{E}_{\gamma\text{Cf}}$  mesurée pour la fission spontanée du  $^{252}\text{Cf}$ .

B-III-ETUDE DU PROCESSUS DE FISSION

*Study of fission*

B-III-I Etude d'un système de prise de temps pour des mesures de temps de vol de fragments de fission.

(Y. PRANAL - J. TROCHON)

*A new system for fast time pick up*

*In order to perform an experimental arrangement to measure the fission fragment time of flight with a very good time resolution ( $\sim 200$  ps), we are studying a starting time pick up system using two channel plates and having a very large aperture (about  $120^\circ$ ).*

La détermination simultanée de la vitesse des deux fragments de fission permet d'obtenir sur un grand nombre d'évènements la distribution en masse et en énergie avant émission de neutrons. Une résolution en masse proche d'une unité de masse peut être obtenue en utilisant une distance de vol de l'ordre de 50 cm, si la résolution de la mesure du temps de vol n'exède pas 250 ps. De telles résolutions nécessitent une très bonne connaissance de l'instant de départ et d'arrivée du fragment. Dans ce but, nous étudions un système de prise temps à galette de microcanaux ayant un grand angle d'ouverture (de l'ordre de  $120^\circ$ ) pour déterminer l'instant de départ des fragments.

Le principe consiste à détecter les électrons émis par une feuille de polyimide supportant le dépôt fissile lorsqu'il est traversé par un fragment de fission. Ces électrons sont accélérés par un champ électrique et déviés dans un champ magnétique (1). Ils sont ensuite détectés par des galettes microcanaux (2).

La difficulté réside dans l'obtention d'un champ magnétique homogène entre des masses polaires étroites mais d'entrefer important, permettant aux électrons d'avoir des temps de transit isochrones, de fluctuations inférieures à 120 ns.

REFERENCES

- (1) A.M. ZEBELMAN et al. *NIM* 141 (1977) 439
- (2) G. BECK *Rev. Sci. Instrum.* Vol. 47 n° 7 juillet 1976

B-III-2 Amélioration du système de traitement de données de la mesure de l'énergie cinétique des fragments de fission.

(G. SIMON - J.TROCHON)

*Improvements of codes used for the analysis of fission fragment kinetic energy measurements*

*A new set of codes used to analysing the data of the fission fragment kinetic energy measurements have been written and improved. The sensitivity to different parameters has been tested.*

Dans le but d'automatiser au maximum l'analyse des données issues des mesures de l'énergie cinétique des fragments de fission et de réduire le temps nécessaire à ce traitement, un nouveau système de dépouillement a été mis au point et testé sur l'ordinateur MITRA 125.

Par rapport au précédent, ce nouveau système présente l'avantage d'une part de ne pas utiliser de bande magnétique autre que la bande d'acquisition écrite sur MITRA 15, d'autre part de transférer directement, sans risque d'erreurs de transcription, tout résultat intermédiaire d'une étape à l'autre par fichiers disque. En outre, ce système multioptionnel et très structuré a été doté de nombreux contrôles permettant de vérifier la cohérence et la validité des résultats obtenus.

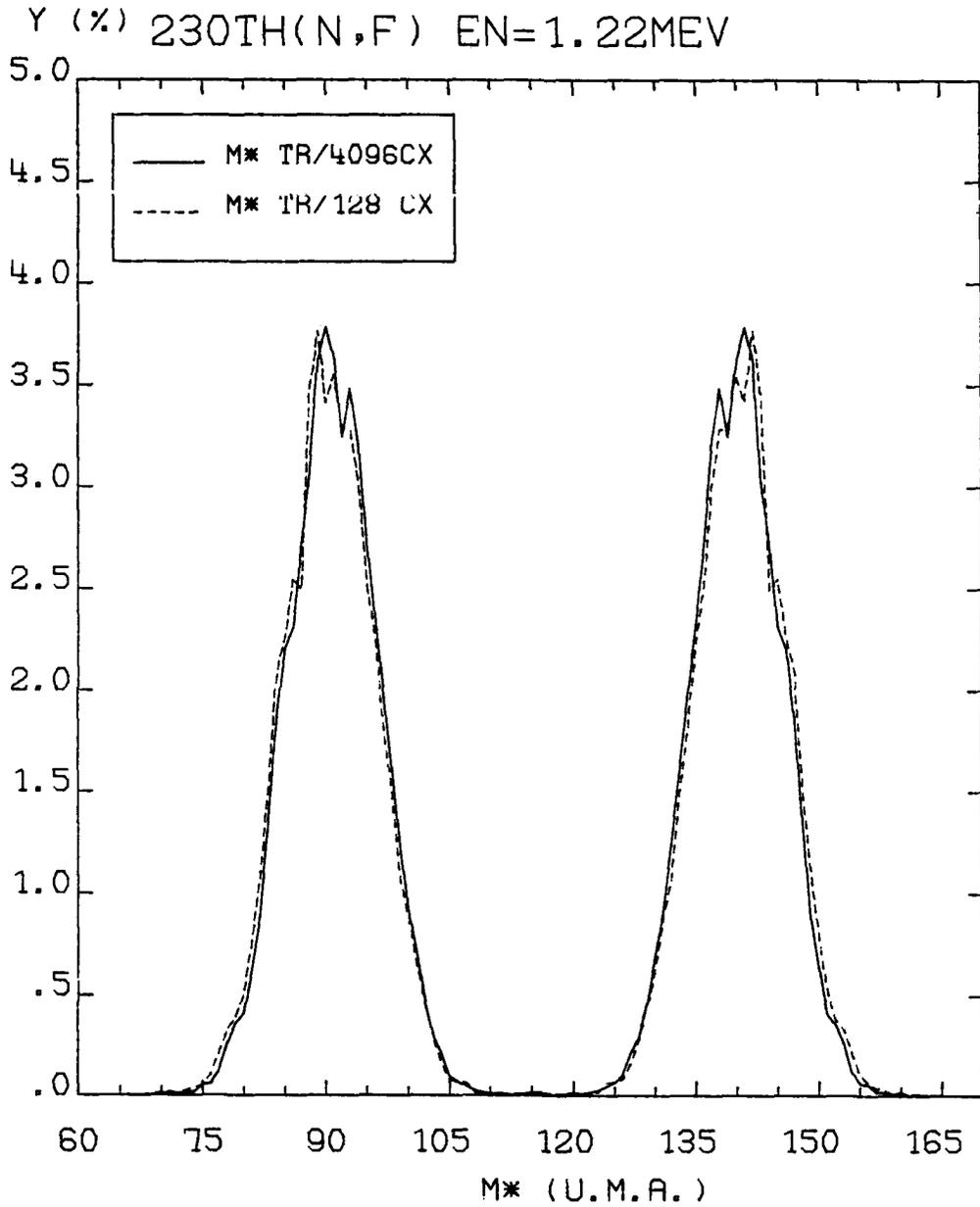
Ces contrôles ont permis de mettre en évidence un effet de pas introduit par le regroupement en 128 canaux des informations codées, lors de l'acquisition, sur 4096 canaux. La souplesse et la conception du nouveau système, qui, dans sa première version, réalisait également un regroupement en 128 canaux, nous a permis de le modifier de façon à réaliser l'ensemble du traitement en utilisant un codage pouvant aller jusqu'à 4096 canaux. Sur les figures 1 et 2 sont comparées pour la fission induite dans  $^{230}\text{Th}$  par des neutrons de 1,22 MeV, les distributions en masses et en énergie cinétique totale obtenues par un traitement en 128 canaux et par un traitement en 4096 canaux.

Par ailleurs, la sensibilité des résultats au nombre moyen de neutrons émis par fragment de masse  $m^*$  (loi  $\bar{\nu}(m^*)$ ) a été testée ; elle est illustrée par la figure 3. Ce test montre avec quelle prudence la loi  $\bar{\nu}(m^*)$ , uniquement connue pour la fission induite par neutrons thermiques dans certains noyaux et pour la fission spontanée de  $^{252}\text{Cf}$ , doit être choisie. Enfin signalons un gain de temps d'un facteur 5 malgré les possibilités accrues de ce nouveau système. Les tracés basons associés au traitement sur 4096 canaux de 20 000 événements fission peuvent maintenant être obtenus, à l'aide de la procédure de visualisation RPMCA (1), moins de

5 heures après la fin de l'acquisition ; c'est à dire, bien souvent, avant même que ne soit terminée l'acquisition des informations relatives à l'énergie suivante. Ce travail réclamait un délai de 24 heures minimum.

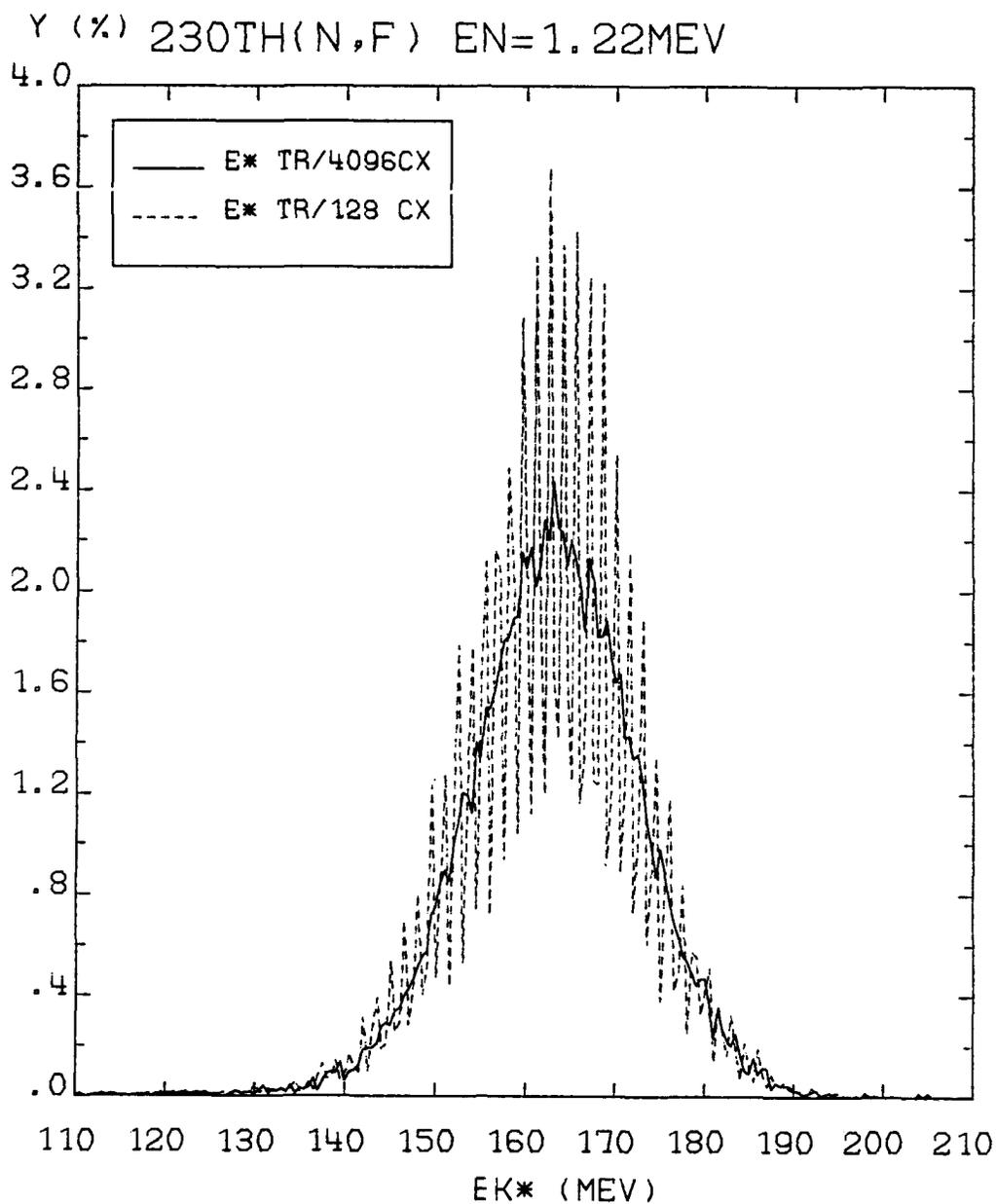
REFERENCE

- (1) R. PERRIER - *Communication privée (1981)*
- R. PERRIER *Note CEA à paraître (1982)*



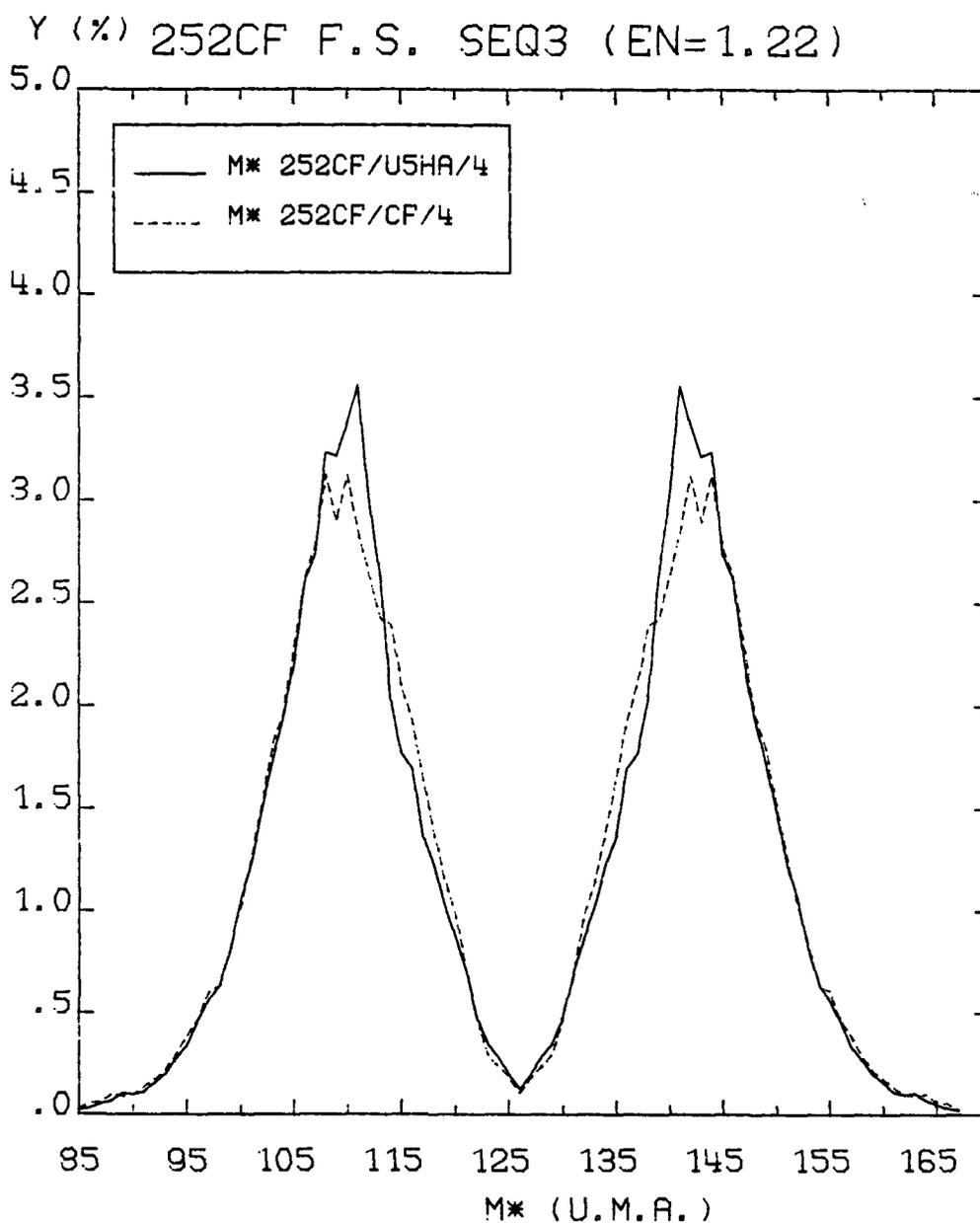
B-III-2 FIGURE 1

Comparaison des distributions en masses des fragments de fission déterminées par un traitement en 128 canaux (-----) et par un traitement en 4096 canaux (—).



B-III-2 FIGURE 2

Comparaison des distributions des énergies cinétiques totales des fragments de fission déterminées par un traitement en 128 canaux (-----) et par un traitement en 4096 canaux (—).



B-III-2 FIGURE 3

Comparaison des distributions en masse des fragments de fission déterminées par un traitement en 4096 canaux en utilisant comme fonction  $\bar{v}(m^*)$  celle de  $^{235}\text{U}_{th}$  (—) et celle de  $^{252}\text{Cf}$  (F.S.) (- - -).

B-III-3 Analyse des distributions angulaires des fragments de fission

(G. SIMON - J. TROCHON)

*A code for experimental fission fragment angular distribution analysis*

*A program to analyse the experimental fission fragment angular distribution has been written in view to determining the ratio of the different K band contributions.*

L'analyse des distributions angulaires des fragments de fission en terme de voies de sortie de fission permet d'accéder à la contribution relative des différents états de transition de même nombre quantique K.

En effet, les distributions expérimentales  $W_{\text{exp}}(\theta, E_n)$  peuvent être développées sur la base des fonctions  $W_K^J(\theta)$  des distributions angulaires des fragments d'un état (K,J) :

$$W_{\text{exp}}(\theta, E_n) = \sum_{K=K_{\text{min}}}^{K_{\text{max}}} \sum_{J=K}^{J_{\text{max}}} B_K^J(E_n) * W_K^J(\theta)$$

où  $B_K^J(E_n)$  représente la contribution à la fission relative à la voie (K,J) :

$$B_K^J(E_n) = \frac{\sigma_{fK}^J(E_n)}{\sigma_f(E_n)}$$

Ces distributions peuvent également être développées sur la base des fonctions  $W_K(\theta, E_n)$ , distributions angulaires associées aux bandes de même nombre quantique K :

$$W_{\text{exp}}(\theta, E_n) = \sum_{K=K_{\text{min}}}^{K_{\text{max}}} A_K(E_n) * W_K(\theta, E_n)$$

Dans cette expression,  $A_K(E_n)$  représente la contribution à la fission des bandes de même nombre quantique K :

$$A_K(E_n) = \frac{\sigma_{fK}(E_n)}{\sigma_f(E_n)}$$

Jusqu'à présent ces contributions relatives étaient obtenues à l'aide d'un code général utilisant le modèle statistique et permettant, à partir des paramètres des barrières de fission, de calculer l'ensemble des sections efficaces et des distributions angulaires des fragments de fission. Ces valeurs calculées, comparées aux résultats expérimentaux, permettaient un réajustement des barrières de fission jusqu'à obtenir un bon accord calculs-expériences.

Afin d'extraire ces informations directement à partir des distributions

angulaires expérimentales intégrées ou non, nous avons mis au point un code de calcul par moindres carrés réalisant la décomposition de celles-ci sur les bases  $W_K^J(\theta)$  ou  $W_K(\theta, E_n)$ . Ce programme opérationnel sur CDC 7600, simple d'utilisation et doté d'un grand nombre d'options, autorise la prise en compte de nombreuses contraintes physiques.

La figure 1 et le tableau 1 présentent les résultats obtenus en utilisant la distribution angulaire mesurée par Ermagambetov (1) pour la fission induite dans  $^{232}\text{Th}$  par des neutrons de 1,6 MeV.

#### REFERENCES

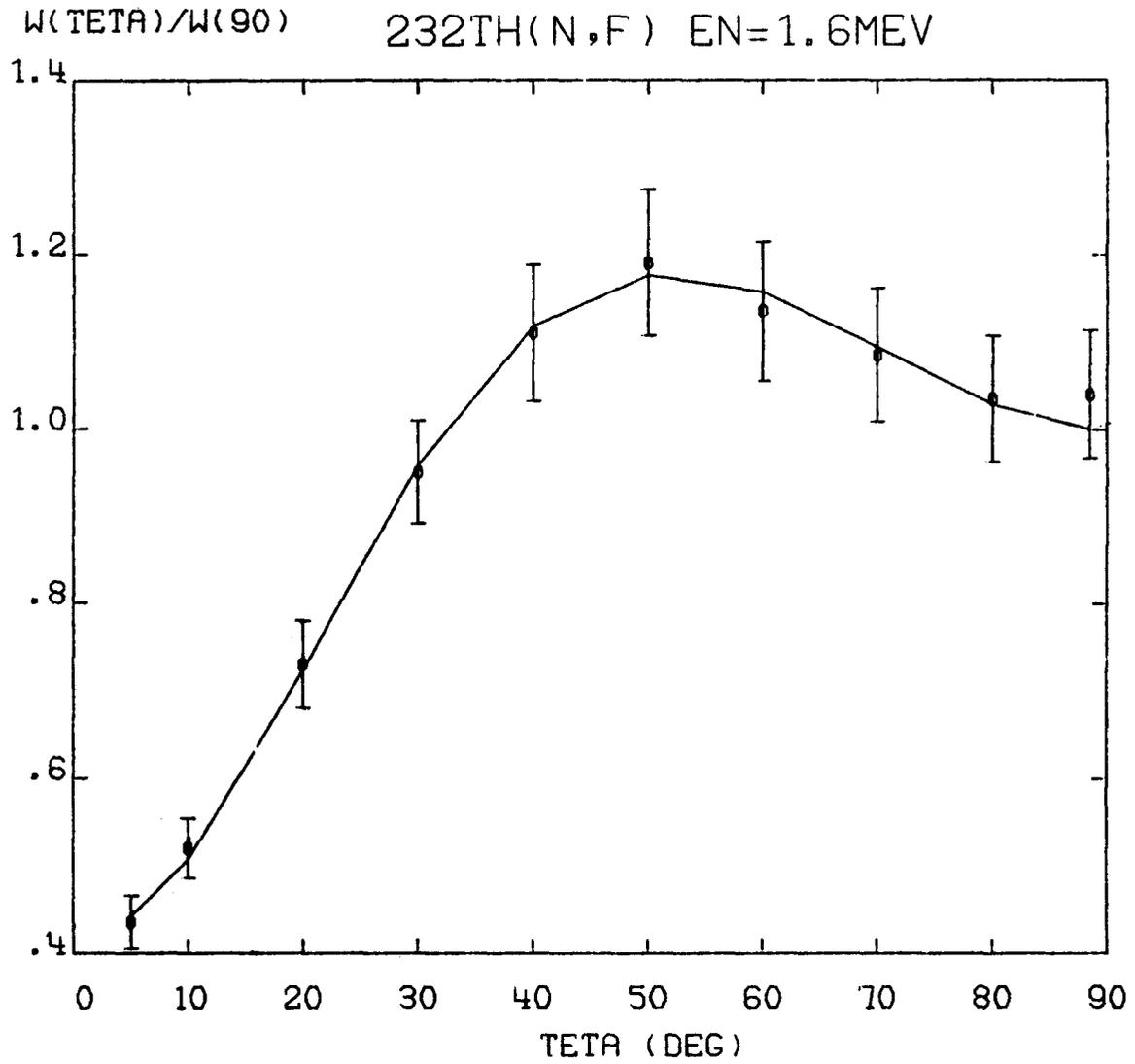
- (1) S.B. ERMAGAMBETOV et G.N. SMIRENKIN *Sov. J. Nucl. Phys.* 11 (1970) 646
- (2) R. VANDENBOSCH / J.R. HUIZENGA *Nuclear fission ; Academic press New York and London 1973*
- (3) H. ABOU YEHIA - J. JARY - J. TROCHON *Rapport NEANDC(E) 204 "L" INDC (FR) 34/L*
- (4) G.F. AUCHAMPAUGH - S. PLATTARD - *Phys. Rev. Vol n° 24 N°2 (1981) 503*

TABLEAU 1

		Contrainte	$B_K = \sum_J B_K^J$				
K	J	$R_K^J$	$B_K^J$	Ce travail	(3)	(4)	
	1/2	0.32	$5.8E-2 \pm 4.E-3$				
	3/2	0.28	$5.08E-2 \pm 3E-3$				
1/2	5/2	0.32	$5.8E-2 \pm 4 E-3$	$18.1E-2 \pm 1.E-2$	$10.E-2$	0	
	7/2	0.03	$5.44E-3 \pm 3E-4$				
	9/2	0.05	$9.06E-3 \pm 6E-4$				
	3/2	0.33	$1.38E-1 \pm 2E-2$				
	5/2	0.33	$1.38E-1 \pm 2E-2$				
3/2	7/2	0.26	$1.09E-1 \pm 1E-2$	$41.9E-2 \pm 5.E-2$	$63.E-2$	$75.E-2$	
	9/2	0.075	$3.14E-2 \pm 4E-3$				
	11/2	0.005	$2.09E-3 \pm 3E-4$				
	5/2	0.48	$1.92E-1 \pm 2E-2$				
5/2	7/2	0.45	$1.80E-1 \pm 2E-2$	$40.0E-2 \pm 5.E-2$	$26.E-2$	$25.E-2$	
	9/2	0.06	$2.40E-2 \pm 3E-3$				
	11/2	0.01	$4.00E-3 \pm 5E-4$				

Tableau 1

Liste des paramètres obtenus en ajustant, par la méthode des moindres carrés, une combinaison de fonctions  $W_K(\theta, E_n)$  sur la distribution angulaire expérimentale d'ERMAGAMBETOV (1). Comparaison aux résultats publiés par ailleurs.



*B-III-3* FIGURE 1

*Comparison de la distribution angulaire des fragments de fission mesurée par  
ERMAGAMBETOV (1) et de la distribution calculée avec les paramètres du tableau 1.*

B-III-4 Mesure de la distribution en masse et de l'énergie cinétique des fragments de la fission de  $^{230}\text{Th}$  induite par neutrons.

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

*Neutron induced fission in  $^{230}\text{Th}$  : fission fragment mass distribution and kinetic energy.*

*The fission fragment mass distribution and kinetic energy for neutron induced fission of  $^{230}\text{Th}$  has been performed in the fission threshold energy region. Preliminary results are shown.*

Dans le cadre de l'étude de la dynamique du processus de fission à basse énergie, nous avons entrepris pour le système fissionnant  $^{230}\text{Th} + n$  une étude similaire à celle précédemment effectuée sur  $^{232}\text{Th} + n$  (1). Dans un premier temps la mesure de l'énergie cinétique totale moyenne et de la distribution en masse a été effectuée dans la gamme d'énergie de neutrons allant de 720 keV à 6,6 MeV. La section efficace de fission dans cette région comprend la résonance  $K = 1/2$  pour  $E_n \approx 730$  keV et la zone d'apparition de la fission de seconde chance (vers  $E_n \approx 5,5$  MeV).

Les fragments de fission étaient détectés par des détecteurs à barrières de surface. Une méthode dérivée de celle de Schmitt a été utilisée pour extraire l'énergie cinétique  $E_k$  et la distribution en masse des fragments à partir des hauteurs d'impulsion enregistrées. Les flux de neutrons étaient obtenus par réaction (p,t) ou (d,d) d'un faisceau de particules du Van de Graaff de 4 MeV de BRC sur une cible gazeuse.

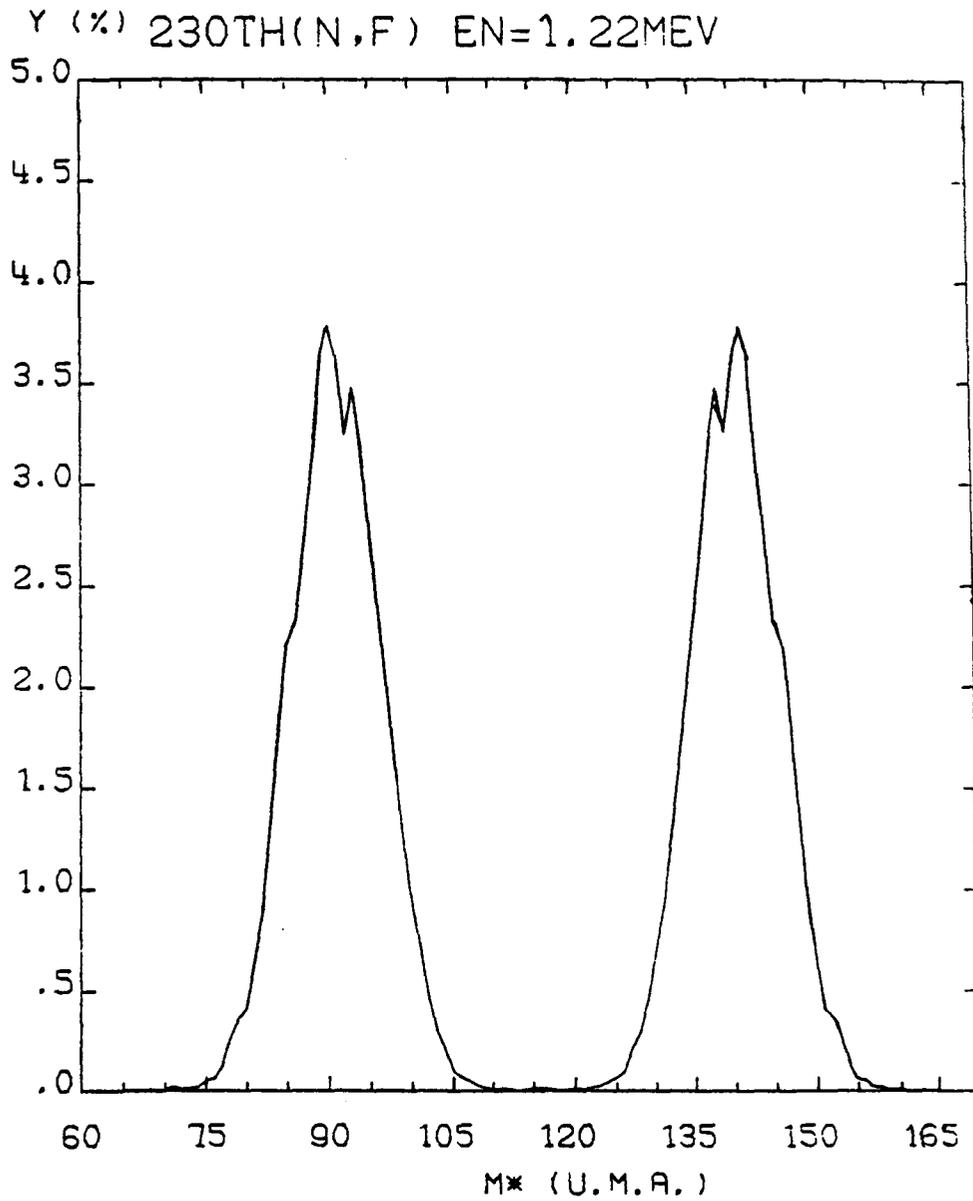
Les premiers résultats, encore préliminaires, révèlent la présence de structures dans la distribution en masse pour les fragmentations 90 - 141 et 93 - 138 à  $E_n = 1,22$  MeV. Ces structures semblent s'estomper lorsque croît l'énergie d'excitation (voir fig. 1 a et b).

Par ailleurs, l'énergie cinétique totale des fragments  $\bar{E}_{KT}^*$  croît lorsque croît l'énergie d'excitation  $E^*$ , comme dans le cas de  $^{232}\text{Th} + n$ . Rappelons que pour les autres systèmes fissionnants, la pente à  $\bar{E}_{KT}^*/dE^*$  est négative.

Une analyse de la distribution angulaire des fragments de fission et de la section efficace de fission en termes de voies de sortie de fission sera ultérieurement effectuée pour rechercher des corrélations entre les grandeurs mesurées et les valeurs du nombre quantique  $K$  des états de transition.

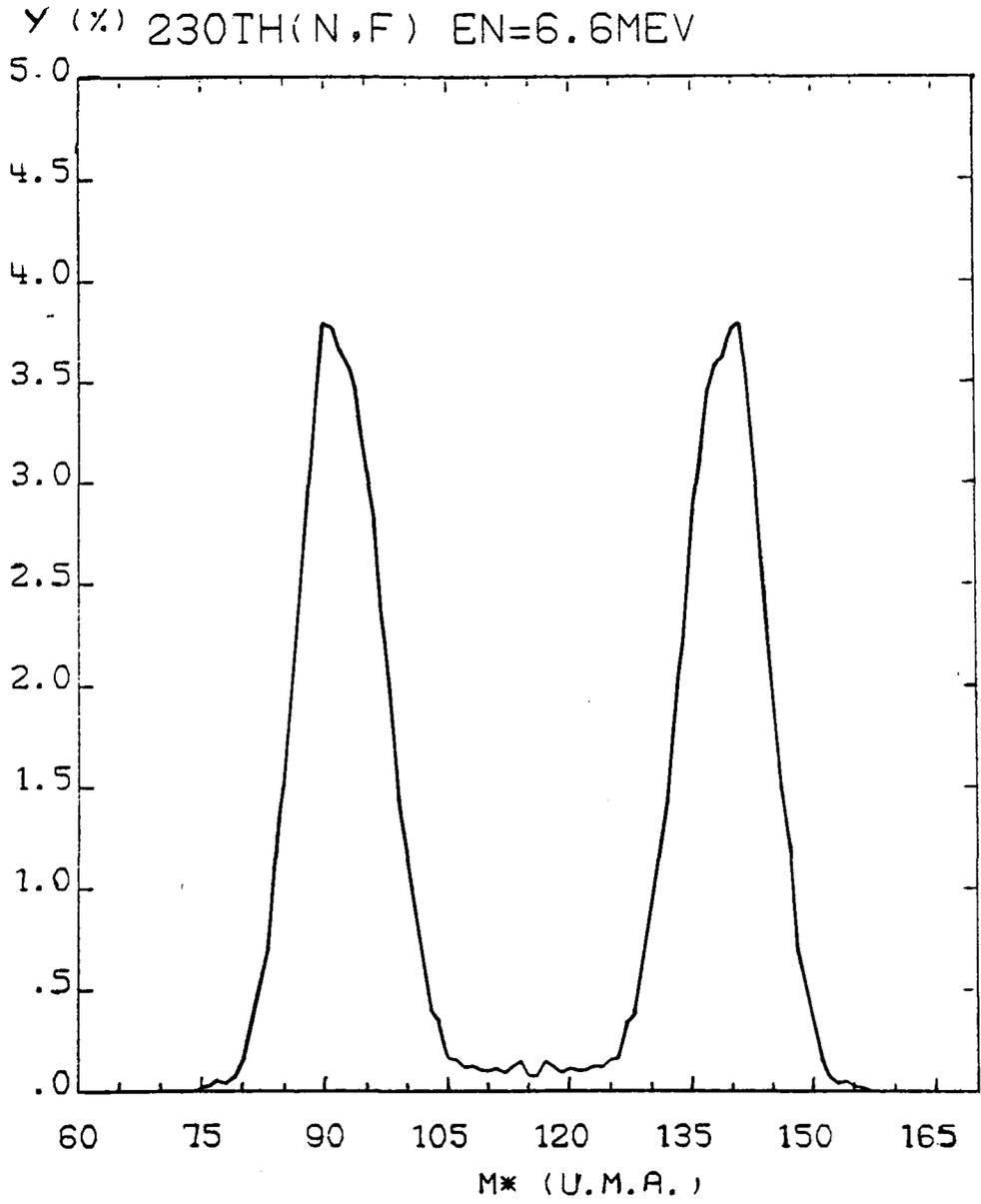
#### REFERENCE

- (1) *Compte-rendu annuel pour l'année 1980 Note CEA N 2214 NEANDC(E) 222 "L" (juillet 1981) p. 121*



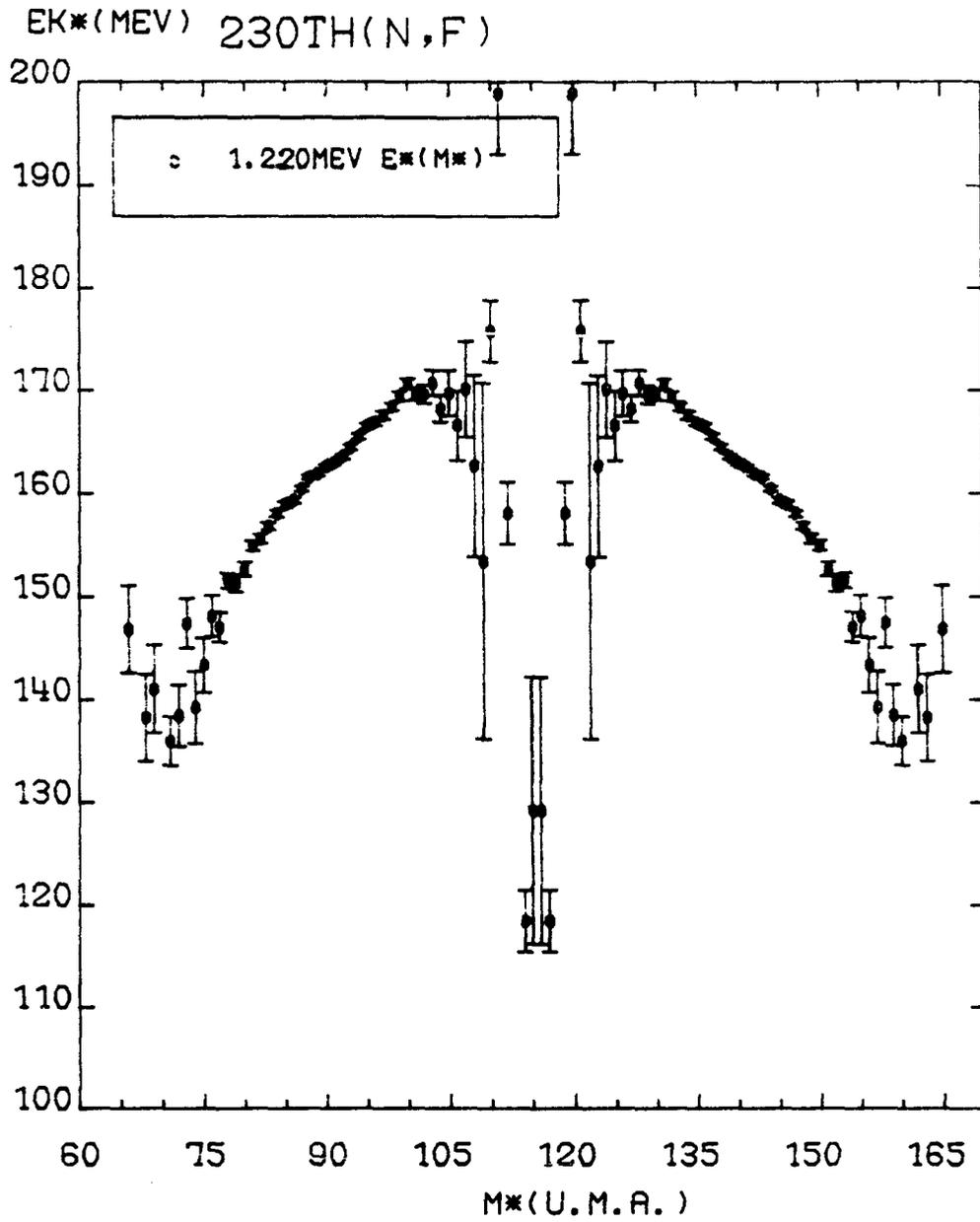
B-III-4 FIGURE 1 a

Distribution en masse des fragments de fission de  $^{230}\text{Th}$  à l'énergie  $E_n = 1,22 \text{ MeV}$ .



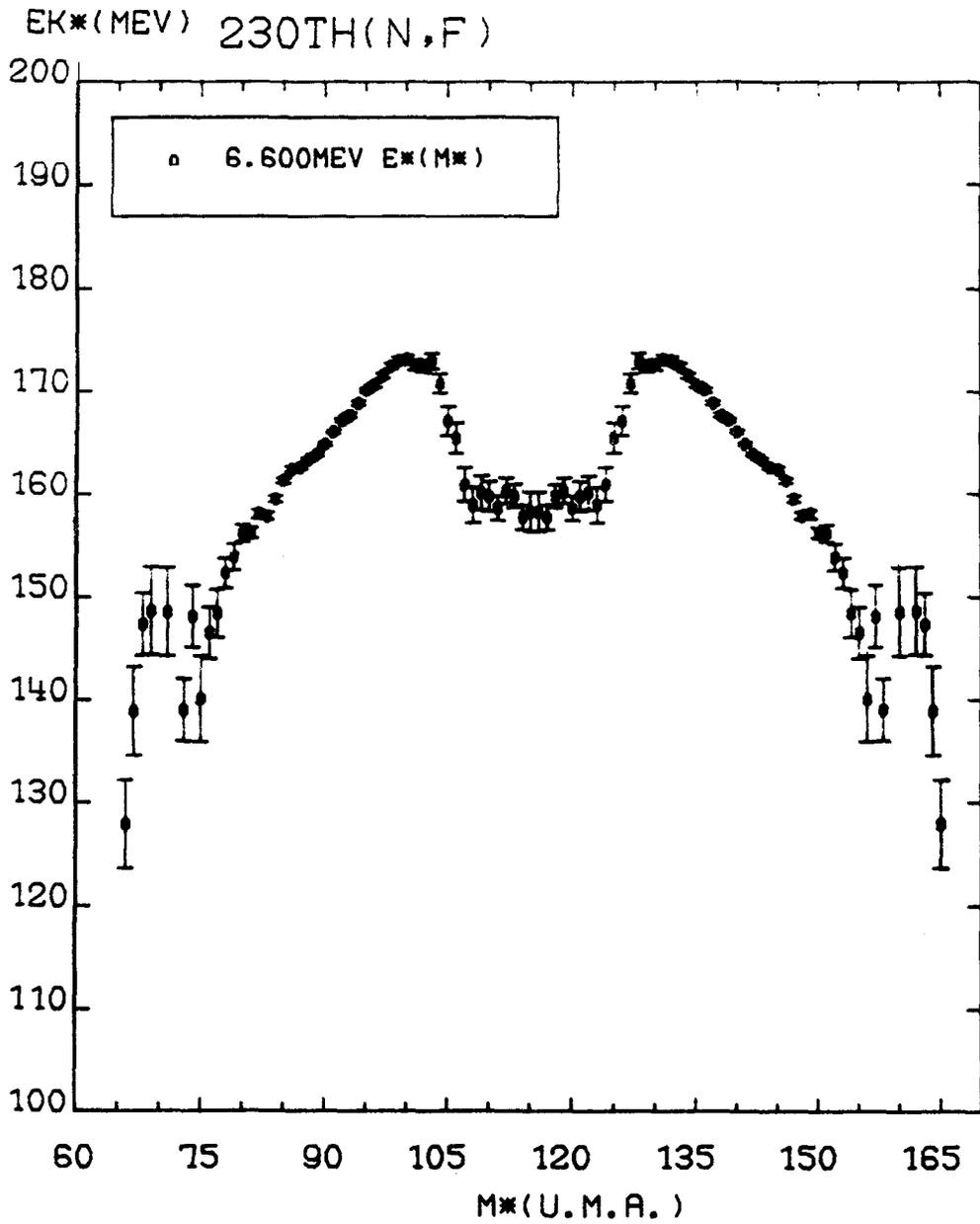
B-III-4 FIGURE 1 b

Distribution en masse des fragments de fission de  $^{230}\text{Th}$  à l'énergie  
 $E_n = 6,6 \text{ MeV}$ .



B-III-4 FIGURE 2 a

Distribution en énergie cinétique des fragments de fission de  $^{230}\text{Th}$ , à l'énergie  $E_n = 1,22$  MeV.



B-III-4 FIGURE 2 b

Distribution en énergie cinétique des fragments de fission de  $^{230}\text{Th}$  à l'énergie  $E_n = 6,6$  MeV.

B-III-5 Mesure de la probabilité de fission dans les réactions  $^{231}\text{Pa}$  et  $^{232}\text{Th}$  (d,pf).

(Y. PATIN - G. HAOUAT - D. PAYA<sup>+</sup> - C. HUMEAU - JP LOCHARD - S. SEGUIN )  
*Fission cross section measurements from the  $^{231}\text{Pa}$  and  $^{232}\text{Th}$  (d,pf) reactions.*

*Using a solid state telescope ( $\Delta E, E$ ) the proton spectra from the  $^{231}\text{Pa}$  and  $^{232}\text{Th}$  (d,pf) reactions have been measured with an energy resolution of  $\sim 70$  keV. The fission cross sections are compared with experimental results for the (n,f) reaction. The data for the  $^{233}\text{Th}$  fissioning nucleus support the previous spin assignments. The results on  $^{231}\text{Pa}$  show a large discrepancy between the (d,pf) and the (n, f) reactions.*

Pour compléter les expériences faites à haute résolution (1) nous avons entrepris de mesurer les sections efficaces de fission induite par particules chargées avec une résolution moyenne de 70 keV. Les expériences à haute résolution ne permettant d'analyser qu'une faible gamme d'énergie d'excitation ( $\sim 1$  MeV), il est nécessaire de bien situer au préalable la zone d'intérêt. De plus, il est indispensable pour ajuster les barrières de fission, d'avoir une mesure de la fonction d'excitation dans une large gamme d'énergie autour du seuil.

Le faisceau de deutérons de 12 MeV était fourni par le tandem V.D.G. du laboratoire. Les protons étaient détectés et identifiés par un télescope ( $\Delta E, E$ ) à diodes, placé à  $110^\circ$  du faisceau incident. L'ouverture angulaire de ce télescope était de  $20^\circ$  ce qui entraînait un élargissement cinématique d'environ 40 keV dans le spectre des protons. La détection des fragments de fission était assurée par un compteur à gaz permettant la localisation en angle (2).

Un premier essai de l'appareillage a permis de mesurer la section efficace de fission de la réaction  $^{232}\text{Th}$  (d,pf). Le spectre obtenu est comparé dans la figure 1 avec les sections efficaces mesurées en (n,f) (3). On voit que malgré la faible statistique (12 heures d'enregistrement), les larges structures à 6,4 et 6,5 MeV ainsi que la forme générale du spectre sont en bon accord. Une analyse préliminaire des distributions angulaires des fragments montre une forte contribution de spin 1/2 pour les régions d'énergie d'excitation de 5,9 à 6,1 MeV et de 6,7 à 6,9 MeV, les autres régions étant dominées par des contributions de spins plus élevés ; ceci est compatible avec une récente analyse de la réaction (n,f) (4).

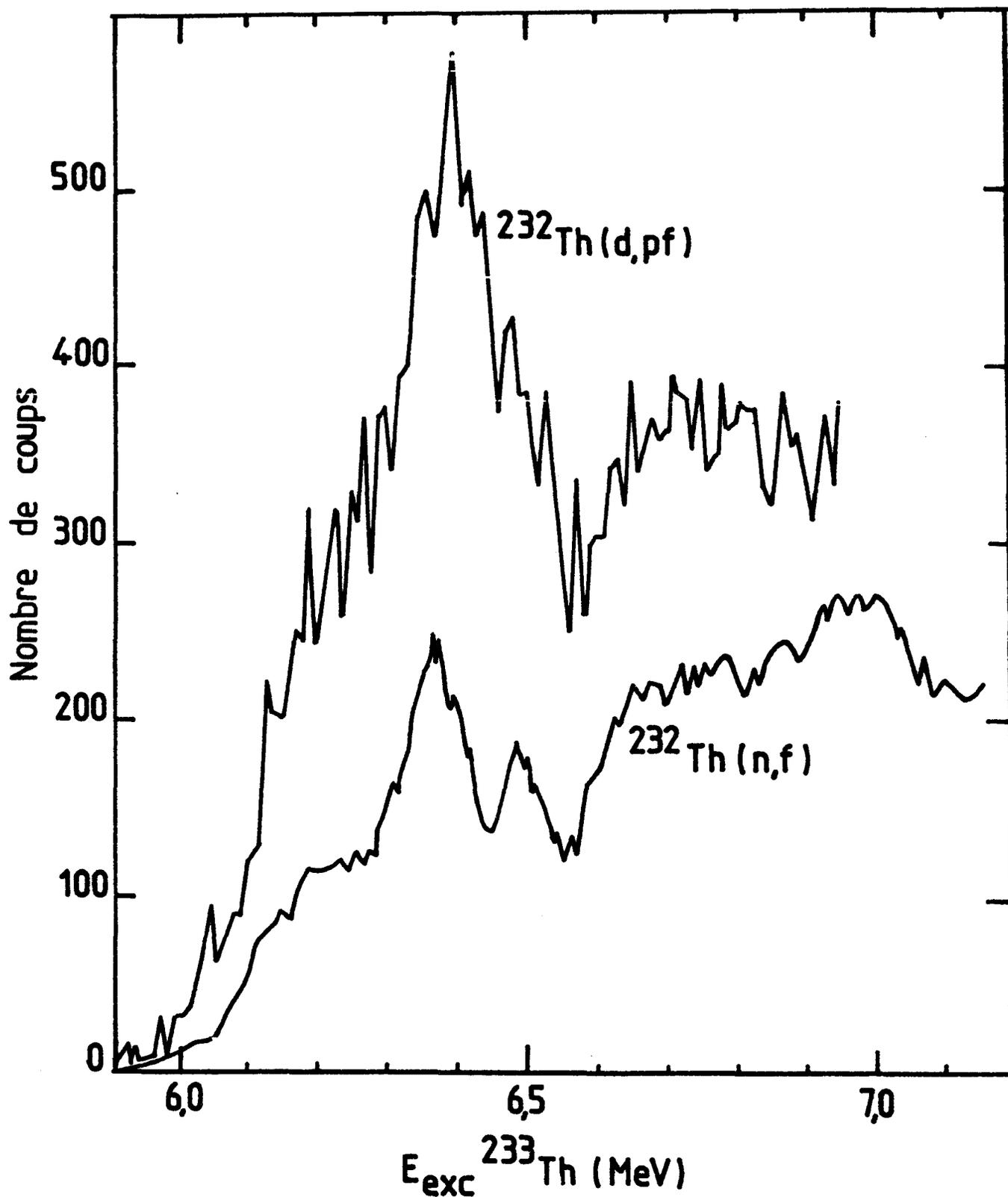
La figure 2 présente le spectre des protons obtenu en coïncidence avec les fragments de fission de  $^{232}\text{Pa}$ . A titre de comparaison nous avons

reporté la section efficace de fission en réaction (n,f) (5). On voit que contrairement au  $^{233}\text{Th}$ , les fonctions d'excitation présentent des structures totalement différentes. Ceci peut s'expliquer si l'on considère que le  $^{232}\text{Pa}$  est un noyau impair-impair dont les excitations sont sensibles au moment angulaire transféré. Les distributions angulaires des fragments de fission qui sont actuellement en cours d'analyse pourront peut-être apporter une réponse plus quantitative.

+ Service DPHN/MF Saclay

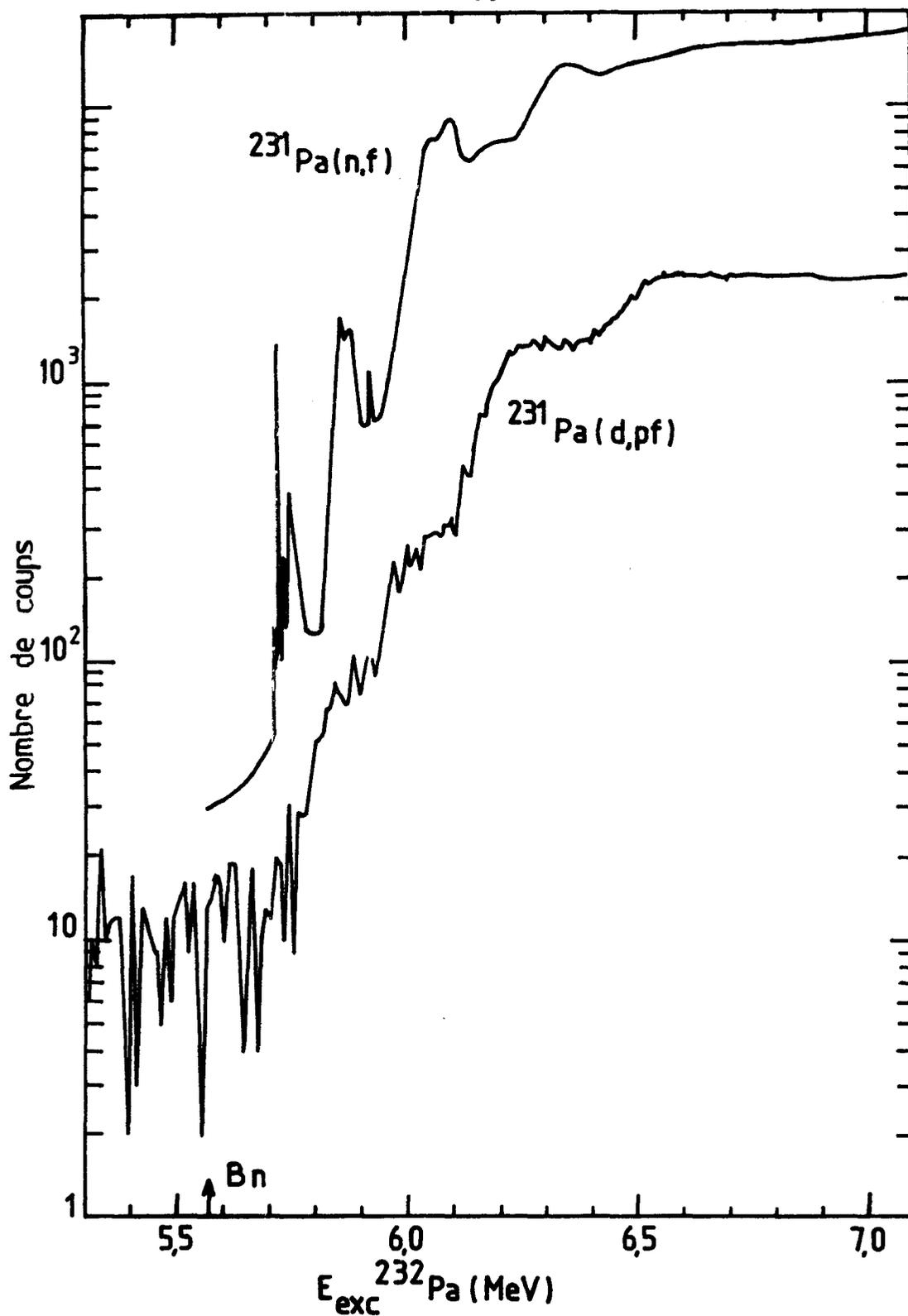
#### REFERENCES

- (1) B. FABBRO - A. GREINER - J. JULIEN - C. MAZUR - Y. PATIN - D. PAYA - M. RIBRAG *Ce compte-rendu Chap. B-III-6*
- (2) J.P LOCHARD - C. HUMEAU - P. BLOCH - Y. PATIN - *Note CEA N 2134 NEANDC (E) 212/L (1980) p. 71*
- (3) J. BLONS - C. MAZUR - D. PAYA - *Phys. Rev. Lett. 35 (1975) 1749*
- (4) H. ABOU YEHIA, Thèse (1980)
- (5) S. PLATTARD - G.F. AUCHAMPAUGH - N.W. HILL - S. DE SAUSSURE - RR PEREZ - et J.A. HARVEY - *Proceedings of the International conference on Nuclear Cross section for Technology NBS Special Publication 594 (1979) 491*



B-III-5 FIGURE 1

Spectre des protons coïncidents avec les fragments de fission de <sup>233</sup>Th. Ce spectre corrigé du bruit de fond dû aux événements fortuits, est comparé à la fonction d'excitation mesurée en réaction (n,f) (3).



B-III-5 FIGURE 2

Même commentaire que la figure 1 pour la fission de  $^{232}\text{Pa}$ . La comparaison est faite avec les résultats publiés dans la réf. (5).

B-III-6 Etude des structures fines dans les résonances de fission de  $^{233}\text{Th}$  à l'aide de la réaction  $^{232}\text{Th} (d, pf)^*$ .

(B. FABBRIO<sup>+</sup> - A. GREINER<sup>+</sup> - J. JULIEN<sup>+</sup> - C. MAZUR<sup>+</sup> - Y. PATIN - D. PAYA<sup>+</sup> - M. RIBRAG<sup>+</sup>)

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

*The proton spectrum of the  $^{232}\text{Th} (d, pf)$  reaction has been measured on the Q3D Saclay magnet analyser. The measured cross section dependence with the fission fragment emission angle supports the previous spin assignments deduced from  $^{232}\text{Th} (n, f)$  measurements.*

Afin de compléter les informations sur les barrières de fission de  $^{233}\text{Th}$  obtenues par la réaction (n,f), nous avons entrepris de mesurer avec une haute résolution ( $\sim 7$  keV), le spectre des protons émis lors de la réaction  $^{232}\text{Th} (d, pf)$ . Les particules chargées, apportant plus de moment angulaire dans le noyau fissionnant, permettent d'exciter des états de spin différents de ceux excités avec les neutrons.

Une première expérience effectuée à l'aide de l'analyseur magnétique split pole de notre laboratoire n'avait pas permis d'obtenir une statistique suffisante en raison de la faible efficacité de détection (1). Cette étude a été poursuivie en collaboration avec des physiciens de Saclay sur le spectromètre magnétique Q3D du DPHN/BE qui permet de meilleures conditions expérimentales.

Le dispositif expérimental est très similaire à celui décrit précédemment (1). Des essais destinés à vérifier le bon fonctionnement de l'appareillage ont permis de construire une première fonction d'excitation pour différents angles d'émission des fragments de fission.

Bien que la statistique soit très faible, vu le peu de temps d'acquisition ( $\sim 1$  journée), les résultats préliminaires font apparaître que les deux résonances à 6,4 et à 6,5 MeV d'énergie d'excitation de  $^{233}\text{Th}$  se trouvent légèrement déplacées selon qu'elles sont associées à des fragments de fission émis à  $0^\circ$  ou à  $90^\circ$  de la direction de recul du noyau fissionnant. Ces premiers résultats ne semblent pas infirmer les attributions de spins déduites des mesures en réaction (n,f) (2).

<sup>+</sup>DPHN/MF CEN Saclay

#### REFERENCES

- (1) P. BLOCH - Y. PATIN - JP LOCHARD - C. HUMEAU - S. SEGUIN - G. DALBERA - G. HAOUAT - *Note CEA N 2214, NEANDC(E) 222/L (1981) p. 136*

(2) J. BLONS - C. MAZUR - et D. PAYA - *Phys. Rev. Lett.* 35 (1975) 1749

\* Ce travail a été effectué en collaboration avec le Service DPHN/MF du CEN de Saclay.

B-III-7 Rendements en masses symétriques de la fission de  $^{231}\text{Th}$  induite par la réaction  $^{230}\text{Th} (d, pf)$ . \*

(A. SICRE\* - G. AUCHAMPAUGH<sup>+</sup> - H.C BRITT<sup>+</sup> - A. GAVRON<sup>+</sup> - Y. PATIN - J. VAN DER PLICHT<sup>+</sup> et J.B. WILHELMY<sup>+</sup>)

*Symmetric fission yields for  $^{231}\text{Th}$  from the  $^{230}\text{Th} (d, pf)$  reaction.*

*Results are presented on the mass and total kinetic energy release for fission of  $^{231}\text{Th}$  excited via the  $^{230}\text{Th} (d, pf)$  reaction. Average characteristics are consistent with previous experiments in this region. The data suggest gross structure in the excitation function for the relative symmetric fission yields.*

Des expériences sur le Radium, l'Actinium et le Thorium ont montré des fonctions d'excitation différentes pour la fission symétrique et asymétrique (1,2).

Une étude récente de la réaction  $^{232}\text{Th} (\alpha, \alpha' f)$  fait apparaître des structures dans le rendement en masses symétriques en fonction de l'énergie d'excitation (3). Une recherche des grosses structures dans la fonction d'excitation pour les fissions symétriques près du seuil devrait être un bon test de l'hypothèse de deux chemins indépendants pour la fission.

Nous rapportons ici les résultats expérimentaux sur le rendement en masses symétriques et asymétriques de la fission de  $^{231}\text{Th}$  induite par la réaction  $^{230}\text{Th} (d, pf)$ .

Le dispositif expérimental était similaire à celui décrit dans la référence (4). Les protons étaient détectés à  $80^\circ$  du faisceau incident de deutérons de 17 MeV, la détection des fragments de fission étant assurée par deux paires de diodes placées à  $0^\circ$  et à  $90^\circ$  de la direction de recul de  $^{231}\text{Th}$ .

La figure 1 montre la valeur moyenne de l'énergie cinétique totale  $\langle \text{TKE} \rangle$  des fragments en fonction de l'énergie d'excitation du noyau fissionnant. On remarque une augmentation de  $\langle \text{TKE} \rangle$  d'environ 1,3 MeV entre le seuil de fission et une énergie d'excitation de 10 MeV ; au delà de cette énergie la pente devient négative.

La figure 2 présente le rendement en masses symétriques (113,118) en fonction de l'énergie d'excitation. Ces résultats sont corrigés des coïncidences fortuites. Ils font apparaître un seuil pour la fission symétrique à  $E_{\text{exc}} \approx 7-8$  MeV alors que le seuil de fission symétrique est à  $E_{\text{exc}} \approx 6,2$  MeV. On peut remarquer que cette différence entre les seuils a été aussi observée qualitativement pour la fission de Ra, Ac et Th (1,2).

Par ailleurs, ces résultats suggèrent, mais ne prouvent pas, l'existence

.../...

de grosses structures dans la fonction d'excitation pour la fission symétrique. De telles structures, si elles existent, tendraient à démontrer que la barrière de fission symétrique a une forme qui s'écarte fortement de la forme parabolique généralement adoptée.

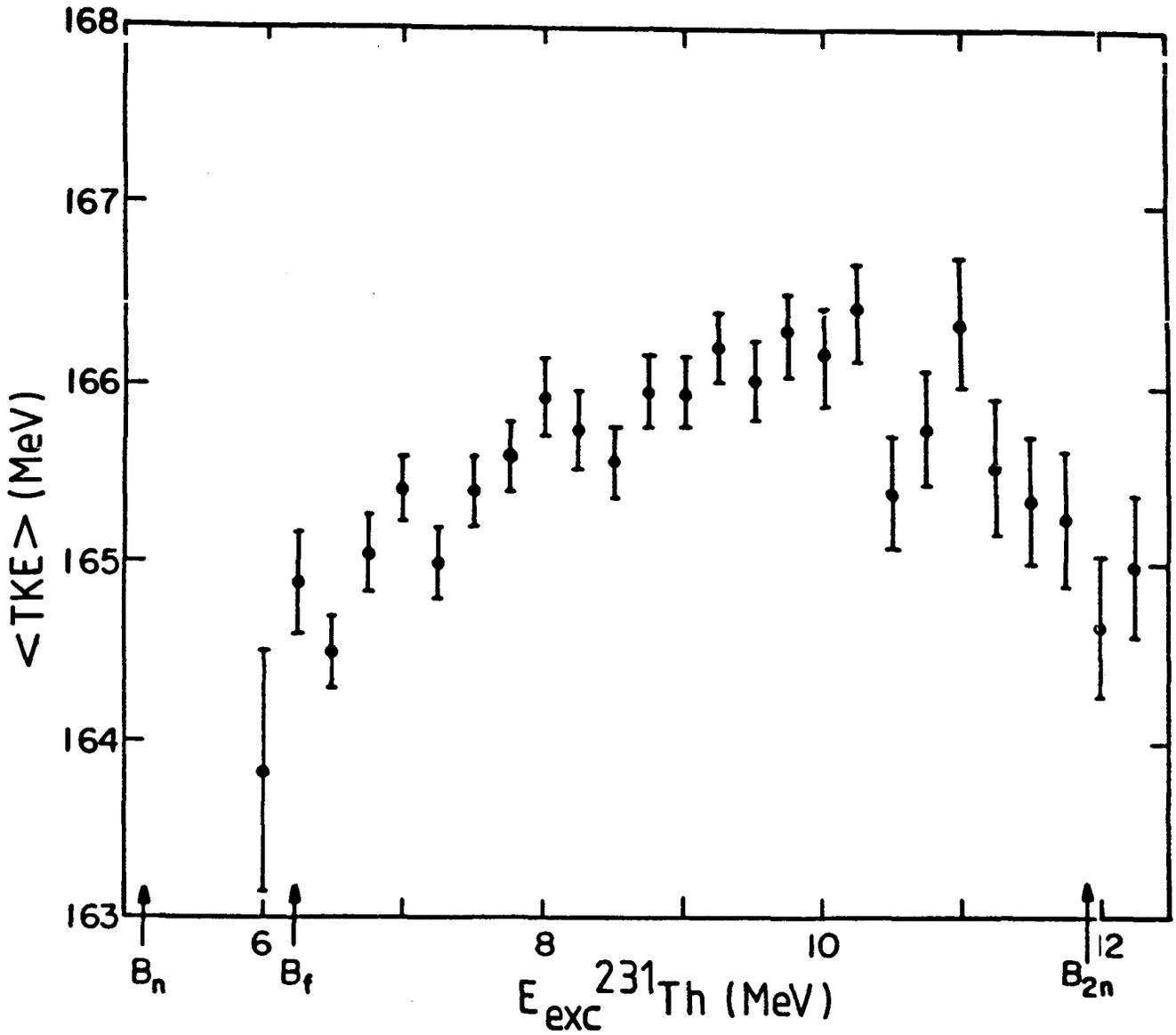
\* CEN Université de Bordeaux

+ LANL Los Alamos (U.S.A.)

\* Ce travail a été effectué en collaboration avec LANL et a été soumis pour publication à Physical Review.

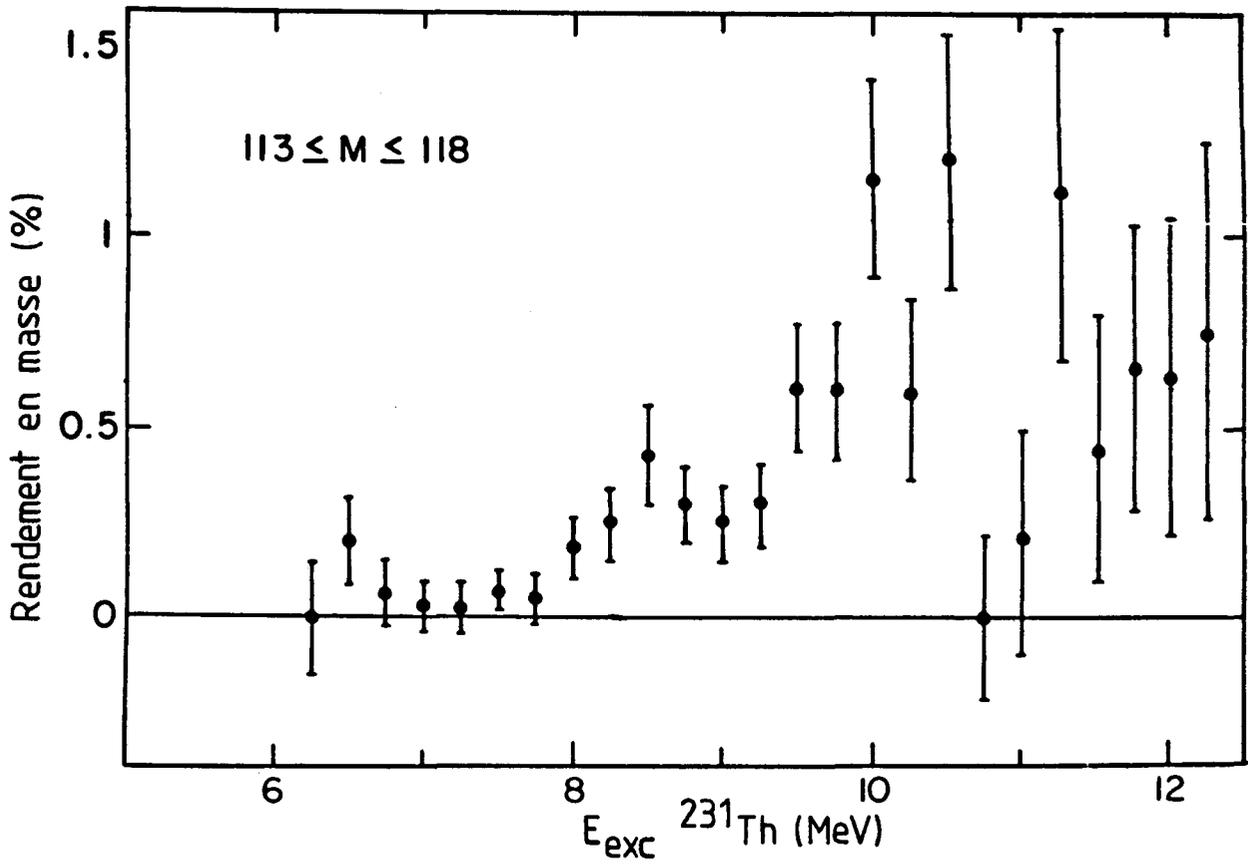
#### REFERENCES

- (1) E. KONECNY - H.J. SPECHT - J. WEBER - *Phys. Lett.* 45 B (1973) 329
- (2) J. WEBER - H.C BRITT - A. GAVRON - E. KONECNY et J.B. WILHELMY *Phys. Rev. C* 13 (1976) 2413
- (3) P. DAVID - J. DEBRUS - H. JANSSEN - D. ROHMANN - J. SCHULZE - J. VAN DER PLICHT - M. HARAKEH et A. VAN DER WOUDE - *ISSN NR 0420 - 0195* (1980) 1129
- (4) J. LACHKAR - J. SIGAUD - Y. PATIN - J. CHARDINE et C. HUMEAU *Rapport CEA R 4715* (1975).



B-III-7 FIGURE 1

Valeur moyenne de l'énergie cinétique totale des fragments en fonction de l'énergie d'excitation de  $^{231}\text{Th}$ .



B-III-7 FIGURE 2

Rendement en masses symétriques (113,118) en fonction de l'énergie d'excitation de  $^{231}\text{Th}$ . Les résultats sont corrigés de la contribution due aux coïncidences fortuites.

B-IV- ETUDE DES REACTIONS ENTRE IONS LOURDS

*Study of heavy ion induced reactions*

B-IV-I- Le dispositif CASIMIR : une chambre associée à un système d'identification et de mesure d'ions de réaction. (JL. UZUREAU - J.L. CHARVET - M. DUMAZERT - G. HAOUAT - S. JOLY - M. MORJEAN - A. PEGHAIRE - Y. PATIN - F. SAINT-LAURENT - L. SINOPOLI).

*The CASIMIR set-up*

*The CASIMIR set-up consists essentially of a new multipurpose reaction chamber associated with large size detectors. This set-up could be used at different heavy ion facilities for various experiments.*

L'étude des mécanismes de réactions nucléaires entre ions lourds aux énergies intermédiaires (10 - 100 MeV/A) que nous nous proposons d'effectuer au cours des prochaines années auprès de plusieurs accélérateurs français passe d'abord par la détermination de nombreux paramètres : énergies cinétiques, distributions angulaires, distributions en charge et en masse, sections efficaces partielles (pour chaque fragment émis), multiplicité de particules légères... Mais la connaissance de ces mécanismes ne pourra être véritablement approfondie qu'en étudiant les corrélations entre certains de ces paramètres. Aussi nous est-il apparu nécessaire de concevoir un appareillage de détection d'ions lourds autonome et mobile répondant à cet objectif avec un maximum d'efficacité en minimisant les temps d'expériences.

C'est dans une telle perspective que nous réalisons actuellement à Bruyères-le-Châtel le projet de chambre associée à un système d'identification et de mesure d'ions de réaction. Ce projet baptisé CASIMIR a déjà été décrit, tout au moins pour l'essentiel, dans le précédent rapport d'activité (1). La présente contribution permet d'une part, de donner quelques précisions supplémentaires et d'autre part, de faire le point sur l'état d'avancement des travaux. Il est à noter que la réalisation effective du projet a conduit au dépôt d'une première proposition d'expériences auprès de SARA à Grenoble (2).

Actuellement, le dispositif expérimental comprend une chambre d'ionisation de grandes dimensions identique à celle développée à Darmstadt par Sann et al. (3) s'accouplant par l'intermédiaire d'une mécanique appropriée à une grande chambre à réactions.

L'amélioration du dispositif permettra l'utilisation ;

- 1°- de deux détecteurs à "plaques parallèles" conventionnels pour la mesure du temps de vol, l'un disposé près de la cible, l'autre devant la fenêtre d'entrée de la chambre d'ionisation. Le premier détecteur pourra être remplacé par une prise de temps zéro (que nous avons déjà réalisée) utilisant des galettes de microcanaux,
- 2°- d'une seconde chambre d'ionisation (ou d'un autre détecteur) placée de l'autre côté de l'axe du faisceau et travaillant en coïncidence,
- 3°- d'un hodoscope à 0° placé à quelques mètres en aval de la cible, déclenchant ou non la première chambre d'ionisation.

a) Chambre à réactions

Quelques modifications mineures ont été apportées au cahier des charges initial. Finalement la virole cylindrique ( $\phi_{\text{int}} = 1,036 \text{ m}$  ;  $H = 0,50 \text{ m}$ ) présente latéralement :

- une ouverture circulaire ( $\Delta\theta = 5^\circ$ ) en aval de la cible pour la sortie faisceau,
- deux ouvertures identiques de  $105^\circ$  et de  $85 \text{ mm}$  de hauteur situées symétriquement par rapport à l'axe du faisceau,
- une ouverture de  $105^\circ$  et de  $190 \text{ mm}$  de hauteur sur la partie restante.

L'usinage de la chambre à réactions est terminé, le montage et les essais sous vide sont prévus en Décembre 1981.

b) Chambre d'ionisation

La construction et la mise au point de la chambre d'ionisation se sont effectuées dans le cadre d'une collaboration avec le service DPhN/ME de Saclay. Les premiers tests réalisés auprès du Tandem de Bruyères-le-Châtel sont en cours d'analyse et font l'objet d'une autre contribution à ce compte-rendu d'activité.

c) Galettes de microcanaux

La chambre d'ionisation ne permet que la détermination de la charge  $Z$  des produits de réaction. La masse de ces produits s'obtient généralement à partir de la mesure de leur temps de vol ce qui nécessite la réalisation d'un système délivrant d'une part un signal "start" et d'autre part un signal "stop". Un détecteur de temps zéro a déjà été construit et testé à Bruyères-le-Châtel en vue de l'équipement expérimental du spectromètre SPEG de GANIL (4). Ce prototype pourra être utilisé avec le dispositif CASIMIR.

d) Détecteur à "plaques parallèles"

Le signal "stop" ne peut être fourni par la chambre d'ionisation puisqu'alors  $\Delta t \geq 1$  ns ce qui limite à 7 la détermination de  $m$  pour des particules d'énergie 30 MeV/A et une base de vol de 1,5 m. Pour y remédier, nous avons entrepris la construction d'un détecteur à "plaques parallèles" conventionnel mais de grandes dimensions (largeur 390 mm, hauteur 140 mm) afin de conserver l'angle solide. Ce détecteur, d'épaisseur totale 70 mm, sera disposé devant la fenêtre d'entrée de la chambre d'ionisation.

e) Hodoscope à 0°

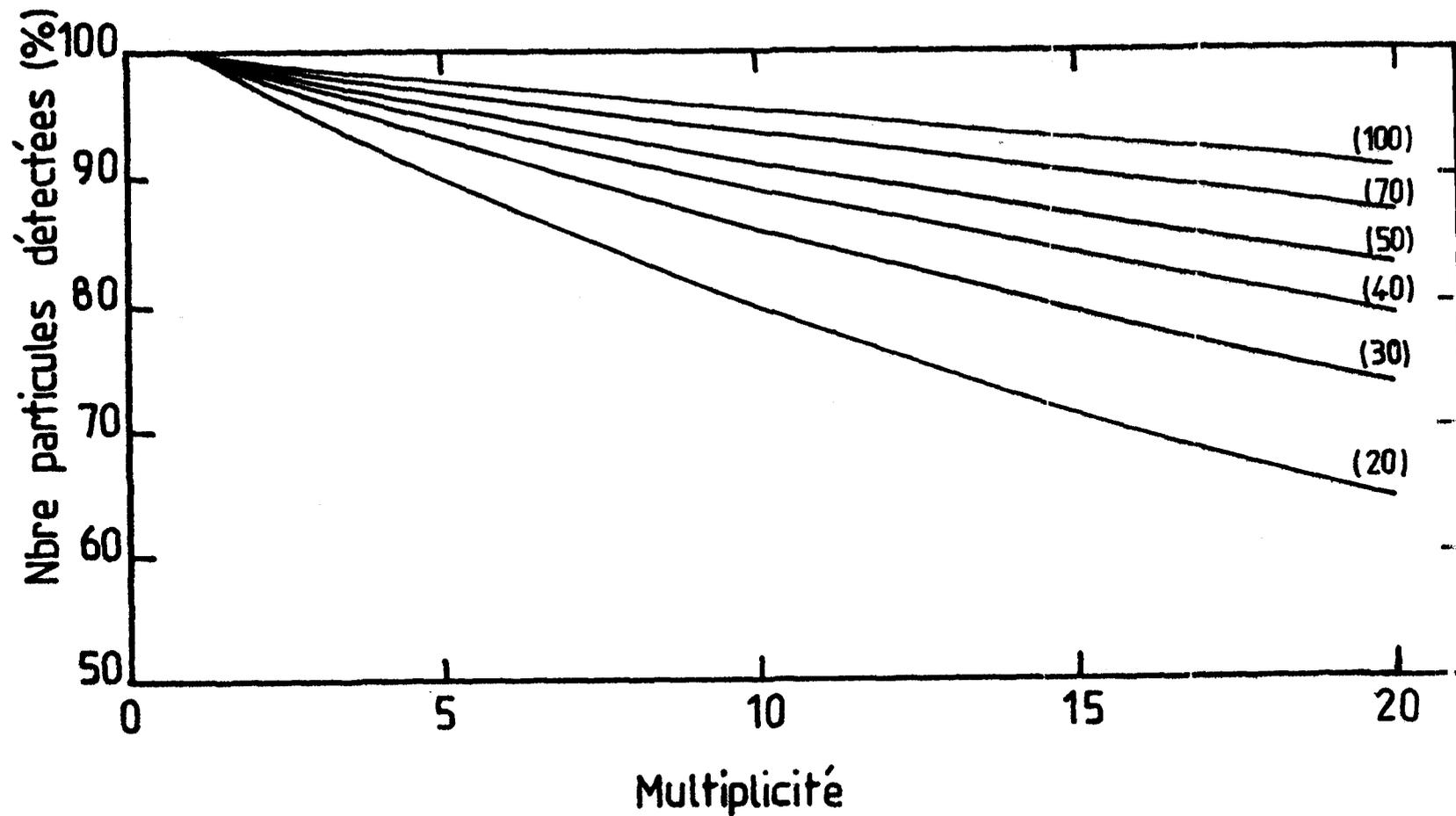
Ce détecteur doit, d'une part, mesurer et identifier les particules et fragments légers ( $Z \leq 6$ ) émis vers l'avant et, d'autre part, accepter la grande multiplicité de particules chargées (de l'ordre de la dizaine dans le cas de particules expulsées à grande vitesse, d'un peu plus dans le cas de la thermalisation).

La chambre à réaction précitée a été conçue pour permettre l'utilisation d'un hodoscope couvrant un grand domaine angulaire dans le plan de réaction et un domaine plus limité (jusqu'à  $\pm 10^\circ$ ) en dehors de ce plan.

Le nombre de 32 détecteurs élémentaires devrait nous permettre de mesurer 85 % des fragments légers pour une multiplicité de 10 (fig. 1). Chaque détecteur sera composé d'un scintillateur plastique NE 102 associé à un photomultiplicateur rapide, l'identification des particules étant assurée par la mesure de leur perte d'énergie  $\Delta E$  dans le scintillateur et par la mesure de leur temps de vol sur une longueur de 1,50 m environ.

REFERENCES

- (1) J.L UZUREAU et al. *Note CEA N 2214 (juillet 1981) P. 163*
- (2) J.L CHARVET et al. *Note P2N/202/81 du 06-03-1981*
- (3) H. SANN et al. *Nucl. Inst. Meth. 124 (1975) 509*  
U. LYNEN et al. *Nucl. Inst. Meth. 162 (1979) 657*  
H. STELZER *Nucl. Phys. A 354 (1981) 433*
- (4) M. MORJEAN et al. *Note CEA N 2214 (juillet 1981) P. 145*  
Y. PRANAL - M. MORJEAN *Note CEA N 2214 (juillet 1981) P. 150*  
M. MORJEAN - Y. PRANAL *Chap. B-IV-3 de ce compte-rendu.*



B-IV-1 FIGURE 1

*Pourcentage de particules détectées en fonction de la multiplicité d'émission et au nombre de détecteurs, ce nombre étant reporté entre parenthèses.*

B-IV-2- Essais d'une chambre d'ionisation de grandes dimensions (JL CHARVET - M. MORJEAN - A. PEGHAIRE<sup>†</sup> - F. SAINT-LAURENT - L. SINOPOLI - JL UZUREAU).

*Tests of a large area ionization chamber*

*A large position sensitive ionization chamber for the detection of heavy ions is tested by using the  $^{18}\text{O} + ^{10}\text{B}$  reaction at  $E_{\text{Lab}} = 48 \text{ MeV}$ .*

Au cours de l'année 1981 et dans le cadre d'une collaboration avec le service DPhN/MF de Saclay nous avons réalisé et testé une chambre d'ionisation, de grandes dimensions, identique à celle développée à Darmstadt par Sann et al. (1). Ce détecteur est en fait constitué de deux chambres d'ionisations, fonctionnant indépendamment l'une de l'autre, séparées par une cathode centrale et qui couvrent les domaines angulaires suivants :  $\Delta\theta = 15^\circ$  dans le plan de réaction et  $\Delta\psi = 3^\circ$  dans un plan perpendiculaire (valeurs calculées par rapport à une cible placée à 1,50 m de la fenêtre d'entrée). Ce détecteur qui fait partie de l'ensemble CASIMIR (2) permet de déterminer la charge Z, l'énergie et la localisation des fragments issus d'une collision nucléaire. La division de l'anode en quatre secteurs (de longueur 60, 60, 200 et 800 mm respectivement) permet, à partir de la mesure des pertes d'énergies ( $\Delta E_1, \Delta E_2, \Delta E_3, \Delta E_4$ ), d'obtenir la charge Z et l'énergie totale des noyaux pénétrant dans la chambre. Une grille, appelée grille  $\theta$ , donne la localisation des fragments en  $\theta$  tandis que la mesure du temps de dérive des électrons donne la localisation en  $\psi$ . Pour tester cette chambre, nous avons utilisé la réaction de fusion entre un faisceau de  $^{18}\text{O}$  à une énergie laboratoire de 48 MeV et une cible de  $^{10}\text{B}$  (noyau composé :  $^{28}_{13}\text{Al}$ ). Parmi d'autres systèmes cette réaction avait l'avantage de posséder une grande ouverture angulaire des résidus d'évaporations ( $\theta_{\text{max}} = 18^\circ$  pour le  $^{24}_{11}\text{Na}$ ). Le gaz utilisé dans le détecteur était du méthane à une pression de 45 torr et la fenêtre d'entrée était constituée d'une feuille de mylar de 1,5  $\mu\text{m}$ .

Le spectre biparamétrique de la fig. 1 montre la perte d'énergie  $\Delta E_3$  des noyaux résiduels en fonction de leur énergie totale E ( $E = \Delta E_1 + \Delta E_2 + \Delta E_3 + \Delta E_4$ ). Nous voyons la très bonne séparation des noyaux en fonction de leur charge : Z = 7,8,9,10 et 11. Notons que le taux de comptage du pic de diffusion élastique de l'oxygène 18 a été au cours de cette expérience divisé par 256, ce qui a provoqué dans les spectres biparamétriques une coupure dans la répartition des noyaux Z = 7. Cet inconvénient sera supprimé lors de prochaines expériences en utilisant des conditions plus

strictes sur cette division. De plus nous remarquons une légère trainée horizontale ( $\Delta E_3 = \text{constante}$ ) s'étalant vers les basses énergies au niveau du pic élastique. Celle-ci est constituée par des ions  $^{18}\text{O}$  diffusés élastiquement, qui ont une trajectoire proche de la cathode, et qui du fait du "stragglng angulaire" dans le gaz sont capturés directement sur la cathode avant d'avoir perdu toute leur énergie résiduelle  $\Delta E_4$  dans le gaz. La figure 2 représente les pics correspondant aux différentes charges Z obtenues en redressant les courbes de Bragg de la fig. 1, à partir du canal 180 en énergie totale, par l'intermédiaire de la relation  $Z = K [(E + \Delta E)^a - E^a]$  (avec  $a = 1,25$ ) et en projetant sur  $\Delta E_3$ . Ceci nous permet de calculer une résolution en Z de 2,4 %.

Les pertes d'énergie mesurées sont en bon accord avec les prévisions théoriques effectuées à partir des formules données par Ziegler et al.

(3). De même les sections efficaces relatives de production des différents éléments sont correctement reproduites par le modèle statistique de désexcitation du noyau composé (code CASCADE (4)).

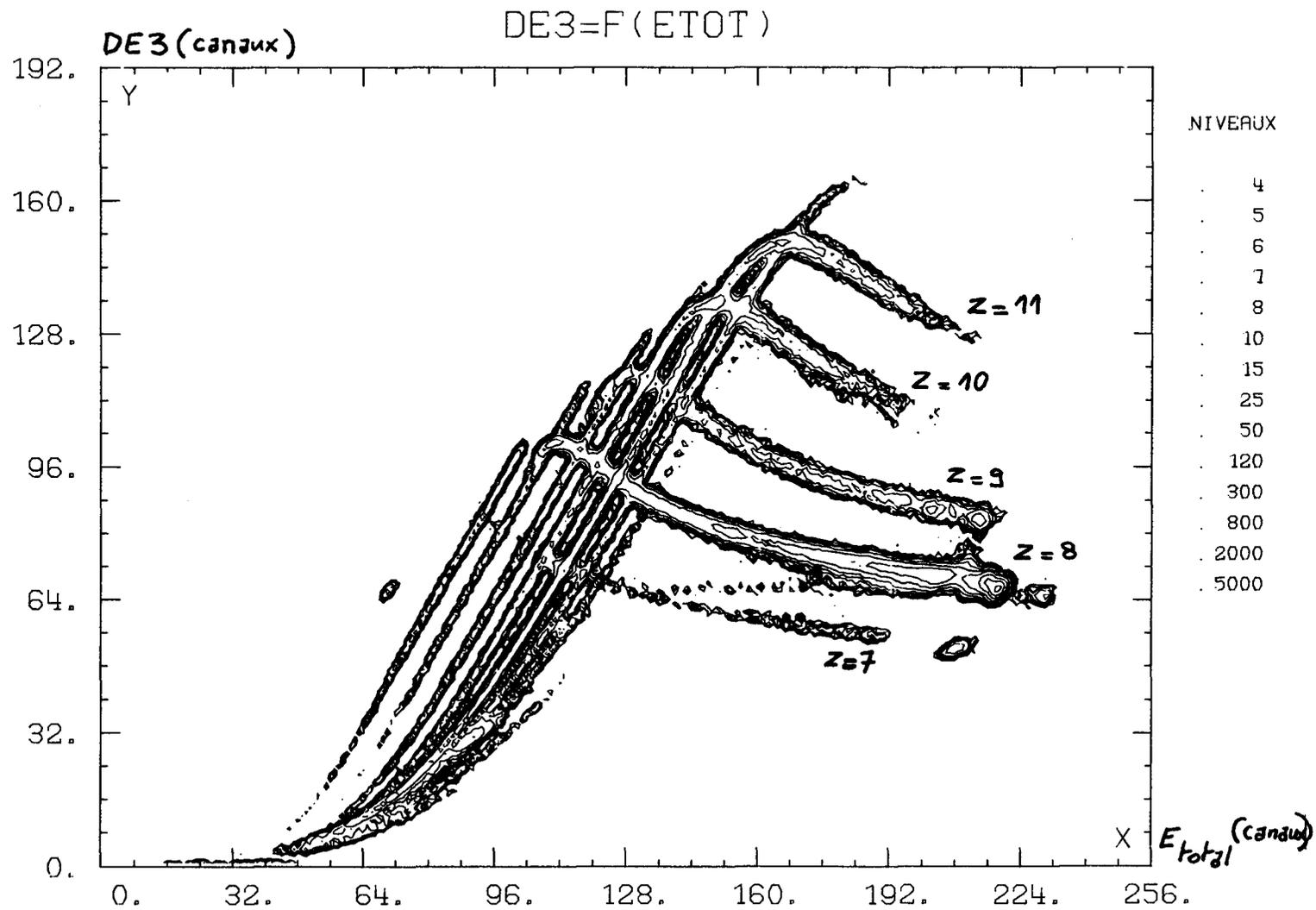
Les résolutions en énergie que nous avons mesurées (largeur à mi-hauteur sur le pic de diffusion élastique de  $^{18}\text{O}$  à 45 MeV) sont de l'ordre de 12 % pour  $\Delta E_1$ , 8 % pour  $\Delta E_2$ , 5 % pour  $\Delta E_3$ , 3 % pour  $\Delta E_4$ , et 2 % pour l'énergie totale. En ce qui concerne les résolutions en  $\theta$  et  $\varphi$  nous obtenons:  $\Delta\theta = 1,5^\circ$  et  $\Delta\varphi = 0,3^\circ$ . Ces résolutions en localisation seront améliorées par l'utilisation de préamplificateurs mieux adaptés. De plus, ce détecteur étant conçu pour travailler avec des ions de grande énergie (quelques dizaines de MeV par nucléon), toutes les résolutions se trouveront nettement améliorées lors d'expériences réalisées auprès d'accélérateurs plus performants (5).

<sup>†</sup> détaché C.N.R.S. (C.S.N.S.M. Orsay)

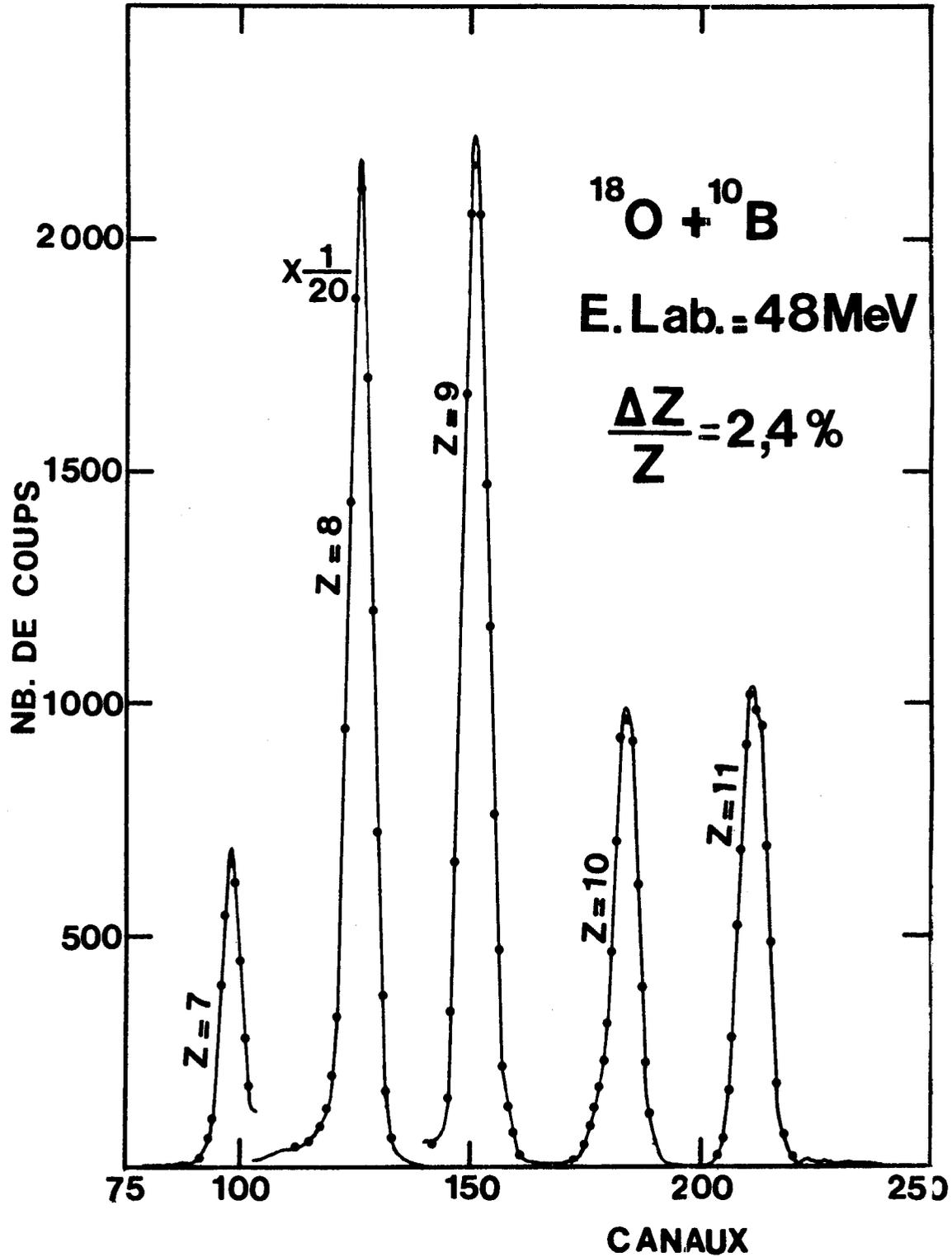
#### REFERENCES

- (1) M. SANN et al. *Nucl. Inst. Meth.* 124 (1975) 509
- (2) JL CHARVET et al. *Chap. B-IV-1 de ce compte-rendu*
- (3) U. LITTMARK et JF ZIEGLER *Handbook of range distributions of energetic ions in all elements (edited by JF ZIEGLER)*
- (4) F. PÜHLHOFER *Nucl. Physics A* 280 (1977) 267
- (5) JL CHARVET et al. *Note P2N/202/81 du 06-03-81*

B-IV-2 FIGURE 1



Spectre biparamétrique (perte d'énergie  $\Delta E_z$ , énergie totale  $E_T$ ) pour le système  $^{18}_0$  et  $^{10}_B$  à une énergie incidente de 48 MeV.



B-IV-2 FIGURE 2

Distribution des charges des fragments émis dans la réaction  $^{18}\text{O} + ^{10}\text{B}$  à 48 MeV.

B-IV-3- Détecteur de temps zéro et de localisation à galettes de microcanaux (M. MORJEAN - Y. PRANAL).

*A position sensitive channel plate time detector*

*A new type of detector for the timing and localization of ionizing particle has been tested.*

Dans le but de mesurer simultanément l'instant et la position des ions à l'entrée du SPEG (1), un prototype fondé sur le principe de la déflexion magnétique des électrons extraits d'une feuille émissive et amplifiés par des galettes de microcanaux de  $\phi$  25 mm.(2,3) a été construit. Une description préliminaire de ce dispositif a été donnée par ailleurs (4). Le prototype devra être agrandi dans sa version définitive pour fonctionner avec des galettes de microcanaux de  $\phi$  70 mm.

a) Description du détecteur.

Une vue schématique du détecteur est donnée sur la figure 1.

Pour la partie destinée à la localisation, la face d'entrée de la première galette de microcanaux a été recouverte d'une couche de  $25 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  de FLi à haut pouvoir émissif d'électrons afin d'améliorer l'efficacité et le rapport signal/bruit.

Parallèlement à la face de sortie des galettes sont disposées 2 grilles orthogonales permettant de déterminer, par division de charges, le centre de gravité des jets d'électrons. La distance entre fils d'une même grille est de 0,8 mm, et l'espace entre les plans de fils est de 1 mm. La résistance entre 2 fils est de  $500 \Omega$  à  $\pm 5 \%$ . Des préamplificateurs de gain 1 permettent d'extraire les informations. Après traitement des signaux, un système d'acquisition utilisant un MITRA 225 opère en ligne et effectue pour chacune des grilles X et Y l'opération

$$\text{Position} = \frac{E_1}{E_1 + E_2}$$

où  $E_1$  et  $E_2$  sont les valeurs du nombre de charges provenant de chaque extrémité d'une grille.

b) Résultats expérimentaux

Dans un premier temps, nous avons travaillé avec un montage simplifié, sans champ magnétique et sans prise de temps, afin de déterminer les paramètres et les résolutions optima du système de localisation. Le montage utilisé est schématisé sur la figure 2. Les fragments de fission d'une source de  $^{252}\text{Cf}$  étaient directement détectés par les galettes de microcanaux, ce qui permettait de nous affranchir des problèmes d'optique électronique.

Dans ces conditions, nous avons mesuré une résolution en localisation de l'ordre de 0,2 mm sur l'axe Y et de 0,4 mm sur l'axe X, cette différence pouvant être attribuée à des effets capacitifs entre les fils de la grille X. La linéarité du système sur les 2 axes était meilleure que 5 %.

Nous avons ensuite testé le système complet de détection, avec le champ magnétique et la partie temps, à l'aide d'ions de  $^{16}\text{O}$  de 48 MeV. La résolution en temps demeure dans ces conditions de 150 picosecondes.

Un spectre de localisation bidimensionnel obtenu dans ces conditions est présenté sur la figure 3. Les différents trous du cache sont bien séparés sur l'axe X, par contre la séparation est inexistante sur l'axe Y. Une explication de cette dissymétrie pourrait se trouver dans la vitesse initiale des électrons arrachés à la feuille émissive. Celle-ci est de l'ordre d'une dizaine d'eV (5). La composante de cette vitesse parallèle au champ magnétique (soit suivant l'axe Y) se conserve jusqu'à l'arrivée sur les galettes de microcanaux, pouvant provoquer une ouverture trop grande du jet d'électrons.

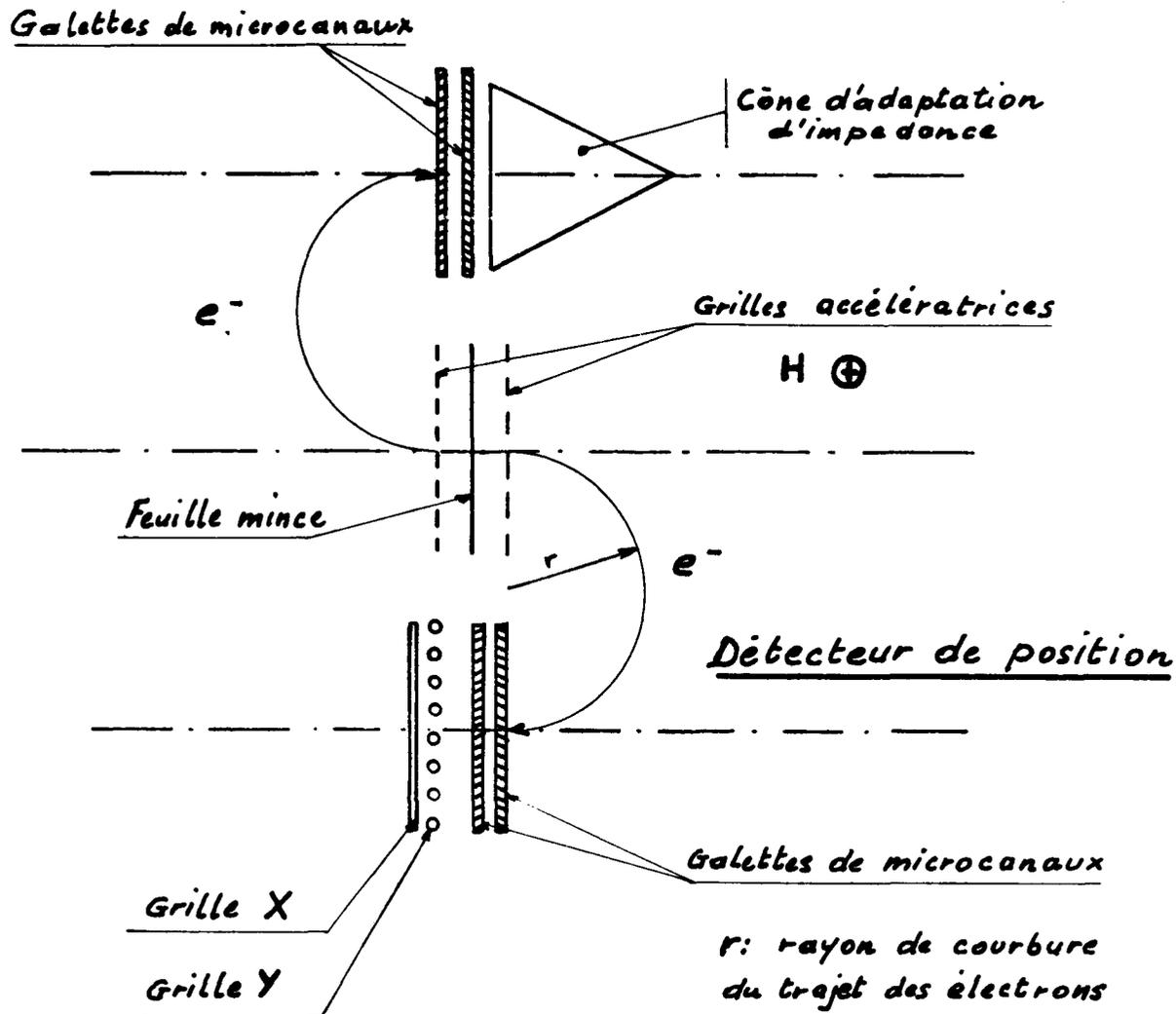
Une projection du spectre bidimensionnel suivant l'axe X est présentée sur la figure 4.

La résolution des trous se détériore progressivement vers les faibles positions, le rapport signal sur bruit devenant moins bon. Les ions d' $^{16}\text{O}$  arrachent en effet peu d'électrons à la feuille émissive. La résolution mesurée dans ces conditions varie de 0,5 mm à 0,8 mm, la linéarité du système étant meilleure que 10 %.

#### REFERENCES

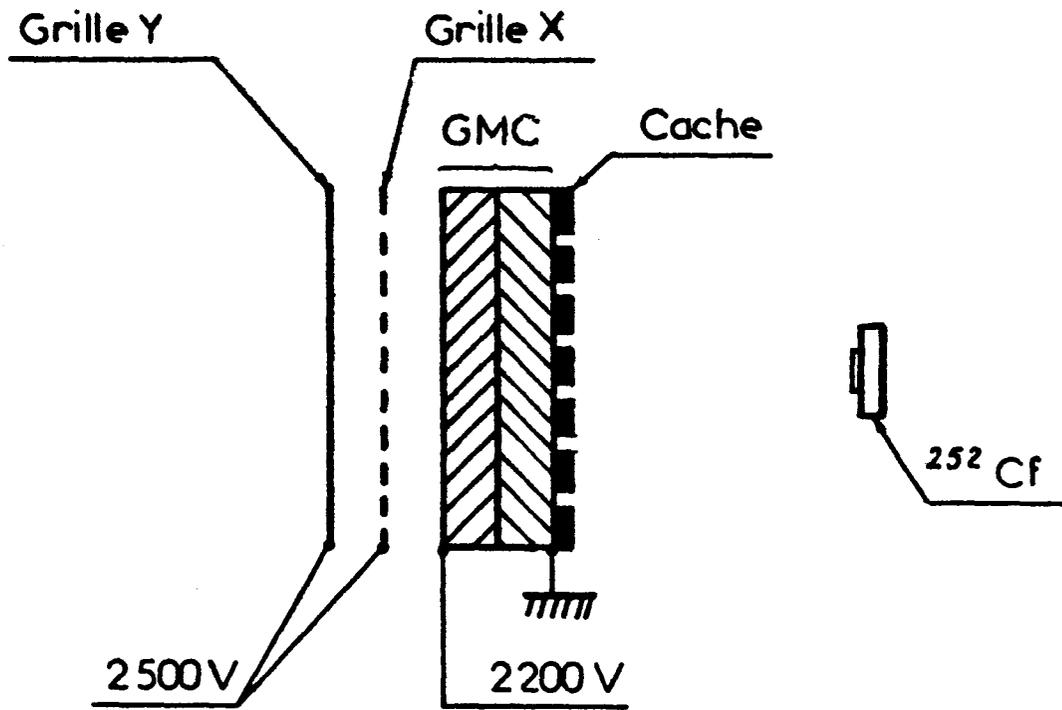
- (1) *Note CEA N 2214, NEANDC (E) 222 "L" (juillet 1981) chap. B-IV-2*
- (2) A.M. ZEBELMAN et al. *NIM 141 (1977) 439*
- (3) J. GIRARD et M. BOLORE *NIM 140 (1977) 279*
- (4) Y. PRANAL - M. MORJEAN *Compte-rendu d'activité 1980, Note CEA N 2214 (juillet 1981)*
- (5) E.J. STERNGLOSS *Phys. Rev. 108 n°1 (1957) 1*

### Détecteur de temps zéro



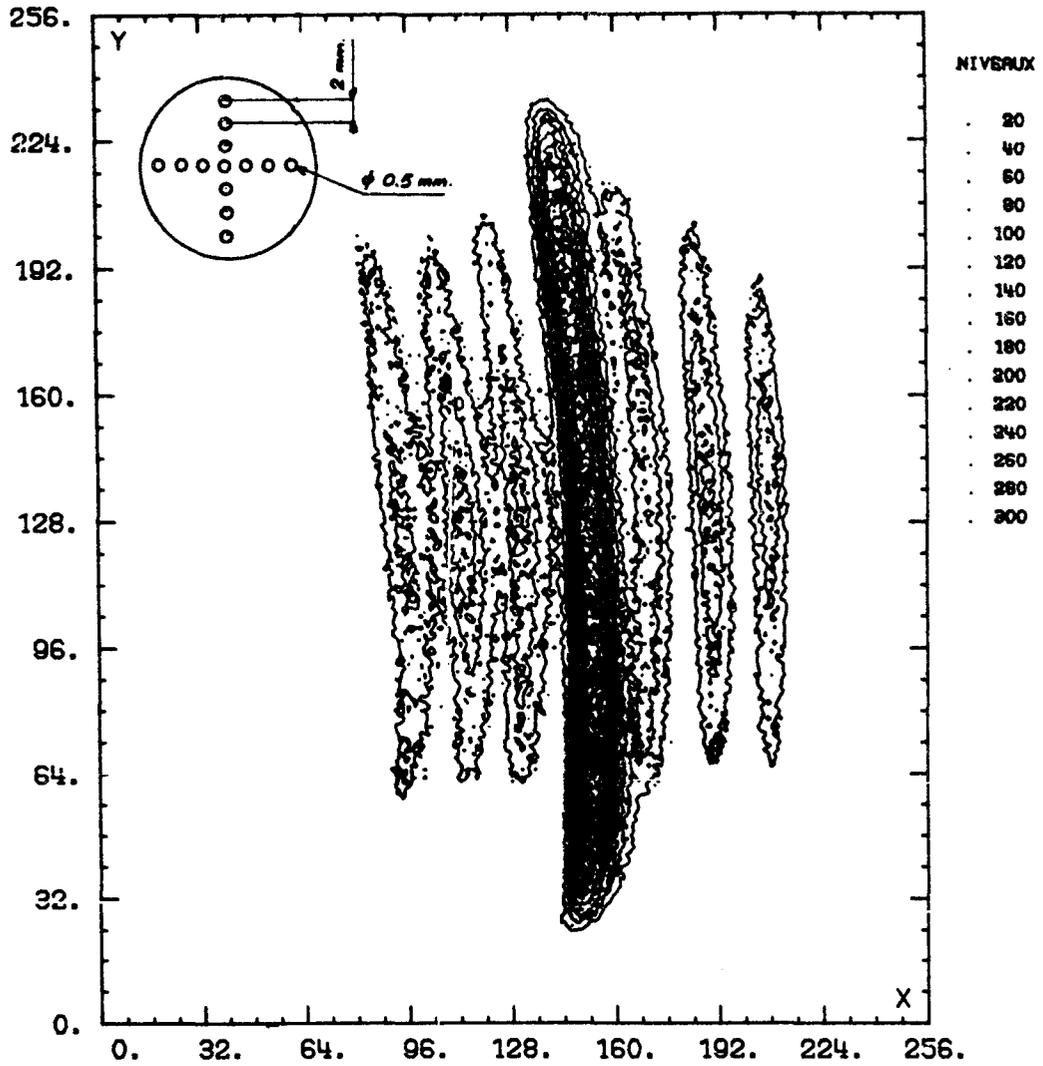
B-IV-3 FIGURE 1

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



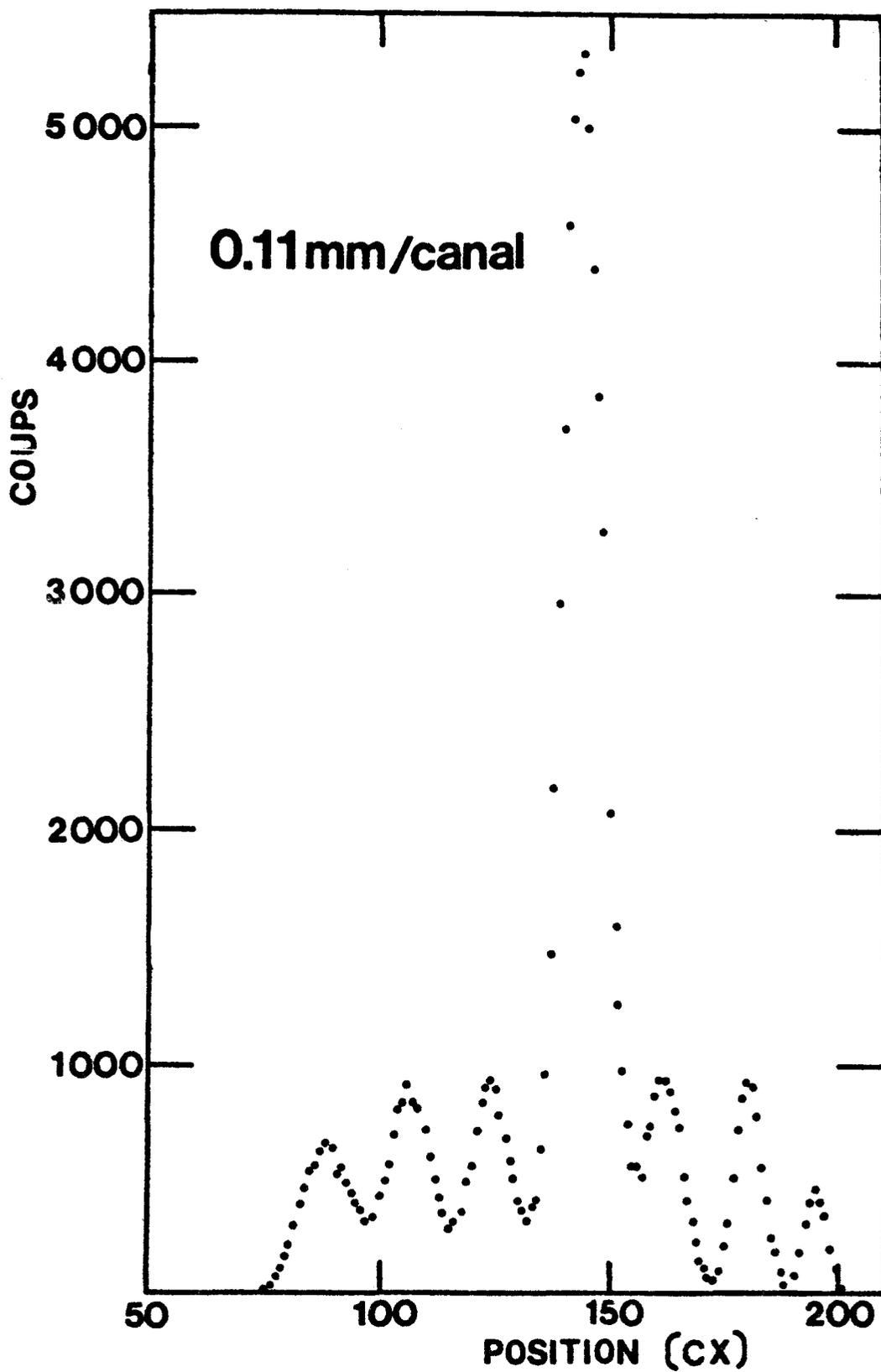
B-IV-3 FIGURE 2

Montage utilisé pour déterminer la résolution en localisation "intrinsèque" au détecteur.



B-IV-3 FIGURE 3

*Spectre bidimensionnel de localisation X - Y. La forme du cache utilisé est représentée dans le coin supérieur gauche.*



B-IV-3 FIGURE 4

*Projection suivant l'axe X de la figure 2*

B-IV-4- Detection de radioisotopes naturels avec le Tandem Van de Graaff  
(G.M. RAISBECK\* - F. YIOU\* - A. PEGHAIRE\*\* - J. GUILLOT - JL UZUREAU)

*Natural radioisotopes detection with the tandem Van de Graaff*

*Using the tandem Van de Graaff as a mass spectrometer, an investigation has been made of the stability of negative potassium hydride ions. Using a sputter ion source with conditions optimized for  $\text{CaH}_3^-$  emission the abundance ratios  $\text{KH}^-/\text{K}^- \sim 10^{-3}$ ,  $\text{KH}_2^-/\text{K}^- \leq 10^{-5}$  and  $\text{KH}_3^-/\text{K}^- \leq 10^{-8}$  have been determined. The results are promising for the eventual detection of natural  $^{41}\text{Ca}$  by this technique.*

Nous avons continué cette année notre étude des possibilités du tandem de Bruyères-le-Châtel comme spectromètre de masse ultra-sensible en nous concentrant plus spécialement sur l'étude de l'isotope cosmogénique  $^{41}\text{Ca}$ . Cet isotope cosmogénique de période 100.000 ans est en effet particulièrement intéressant pour la datation archéologique entre 100.000 et un million d'années (1,2).

Le premier obstacle à franchir pour que cette détection soit possible est la séparation de  $^{41}\text{Ca}$  de  $^{41}\text{K}$ , l'isobare stable ( $> 10^{14}$  fois) plus abondant. Une méthode possible qui a été décrite dans (2) est d'accélérer un ion moléculaire de calcium qui n'a pas d'équivalent stable en potassium. Dans un tandem, les faisceaux de calcium sont produits en envoyant du gaz  $\text{NH}_3$  sur un cône de calcium métal, formant ainsi des ions moléculaires  $\text{CaH}^-$  et  $\text{CaH}_3^-$ . Le but des expériences réalisées cette année était donc d'étudier de façon quantitative la production d'ions moléculaires  $\text{KH}^-$  et  $\text{KH}_3^-$  dans des conditions analogues à la production d'ions moléculaires de calcium. Nous avons pu ainsi montrer que  $\text{KH}^-$  existe dans un rapport  $\text{KH}^-/\text{K}^- \sim 10^{-3}$  tandis que des valeurs limites ont été déterminées pour  $\text{KH}_2^-$  et  $\text{KH}_3^-$  :  $\text{KH}_2^-/\text{K}^- \leq 10^{-5}$  et  $\text{KH}_3^-/\text{K}^- \leq 10^{-8}$ . A partir de ces expériences nous estimons qu'il doit être possible de mesurer un rapport  $^{41}\text{Ca}/^{40}\text{Ca} \sim 10^{-18}$ . Ceci est prometteur pour la détection de  $^{41}\text{Ca}$  naturel dont le rapport est estimé à  $^{41}\text{Ca}/^{40}\text{Ca} \approx 10^{-15}$ .

Ce travail a été présenté à la conférence d'ARGONNE (3).

\*C.S.N.S.M. Orsay (France)

\*\*Détaché du C.N.R.S. (C.S.N.S.M. Orsay)

#### REFERENCES

- (1) G.M. RAISBECK and F. YIOU *Nature*, 277, 42 (1979)
- (2) G.M. RAISBECK and F. YIOU *Proceedings of 20th Int. Symposium for Archaeometry Paris 1980 Revue d'Archéométrie N°4 p. 121*
- (3) G.M. RAISBECK et al. *Symposium "On Accelerator Mass Spectrometry", ARGONNE (U.S.A.) 11-13 mai 1981 CEA CONF. 5978*

B-IV-5- Recherche de  $^{36}\text{Cl}$  et de  $^{14}\text{C}$  dans des échantillons naturels

(I. BRISSAUD<sup>+</sup> - J. KALIFA<sup>+</sup> - H. LAURENT<sup>+</sup> - A. PEGHAIRE<sup>++</sup> - S. PLATTARD -  
A. SABIR<sup>+</sup> - L. SINOPOLI - JL UZUREAU)

*Search for  $^{36}\text{Cl}$  and  $^{14}\text{C}$  in natural samples*

*Search of radioisotopes in natural samples by tandem accelerator is pursued at Bruyères-le-Châtel laboratory. First results were obtained and published for  $^{36}\text{Cl}$ .*

La mesure des concentrations de  $^{36}\text{Cl}$  dans des échantillons artificiels et naturels s'est poursuivie au tandem de Bruyères-le-Châtel. Les résultats ont été présentés oralement et publiés (1-3).

Parallèlement à ces recherches, un premier essai de mesure de l'abondance de  $^{14}\text{C}$  dans du charbon de bois contemporain a été fait. Pour poursuivre ce travail, il s'avère indispensable d'apporter des améliorations à tout l'appareillage expérimental.

<sup>+</sup>Institut de Physique Nucléaire ORSAY (FRANCE)

<sup>++</sup>Détaché du C.N.R.S. (C.S.N.S.M. ORSAY)

#### REFERENCES

- (1) I. BRISSAUD et al. " $^{36}\text{Cl}$  detection with cyclotron or tandem", *Conf. on Nuclear Structure and Particle Physics OXFORD 6-8 avril 1981*
- (2) I. BRISSAUD et al. "Search for the  $^{36}\text{Cl}$  isotope in natural samples by cyclotron or tandem accelerators" *Symposium "On Accelerator Mass Spectrometry", ARGONNE (U.S.A.) 11-13 mai 1981.*
- (3) I. BRISSAUD et al. "Recherche de  $^{36}\text{Cl}$  dans des échantillons naturels à l'aide d'un tandem" *Colloque de la Société Française de Physique, CLERMONT-FERRAND 29 juin-3 juillet 1981.*

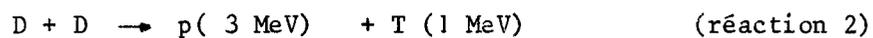
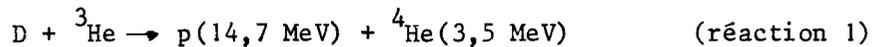
B-IV-6- Ralentissement d'ions lourds dans un mélange D-<sup>3</sup>He.

(F. COÇU - JL. UZUREAU - J. LACHKAR).

*Slowing down of heavy ions in a cold D-<sup>3</sup>He mixture*

*First experimental results on the slowing-down of heavy ions (<sup>16</sup>O, <sup>63</sup>Cu, <sup>109</sup>Ag) at energies of ~ 1 MeV/A in a mixture of D-<sup>3</sup>He show that the higher is the projectile mass the greater is the fusion reaction rate.*

Nous présentons, dans ce texte, les premiers résultats expérimentaux relatifs à l'étude du ralentissement d'ions lourds (<sup>16</sup>O, <sup>63</sup>Cu et <sup>109</sup>Ag) dans un mélange gazeux de deutérium et d'hélium. Au cours du ralentissement les ions incidents provoquent la mise en vitesse de deutérons et d'héliions. Ceux-ci peuvent à leur tour donner lieu aux réactions nucléaires ou réactions de fusion suivantes :



les chiffres entre parenthèses indiquant l'énergie moyenne de chacun des produits de la réaction considérée pour une énergie nulle de la particule incidente. Par contre, l'interaction de deux noyaux de He ou celle d'un noyau de <sup>4</sup>He avec un deutéron peuvent être négligées.

Nous avons mesuré, dans une géométrie donnée, le taux de production des protons et des neutrons et étudié la variation de leur taux avec la masse de l'ion incident, l'énergie incidente et la proportion des mélanges (D, <sup>3</sup>He) et (D, <sup>4</sup>He).

Le corps principal de la cible était de forme cylindrique ; sa longueur utile était de 24 cm et son diamètre de 10 cm. Dans toutes les expériences le faisceau d'ion incident était totalement arrêté dans celle-ci. La fenêtre d'entrée de la cible se composait d'une ouverture, recouverte par une feuille de nickel de 5 mm de diamètre et de 0,5 μm d'épaisseur qui permettait de contenir le gaz de remplissage. L'autre extrémité était obturée par un couvercle sur lequel était monté un détecteur de protons dont l'axe de détection faisait un angle de 12 degrés avec la direction du faisceau incident. Le détecteur se composait d'un scintillateur plastique NE 102 (de diamètre et d'épaisseur 1 cm) couplé optiquement à un photomultiplicateur XP 1040. Une feuille d'aluminium, d'épaisseur 15 μ, placée devant la face d'entrée du scintillateur permettait l'arrêt des particules, autres que les protons, émises au cours des réactions (T, <sup>3</sup>He, D et électrons). L'angle solide moyen de détection était de  $3,4 \cdot 10^{-4}$  sr.

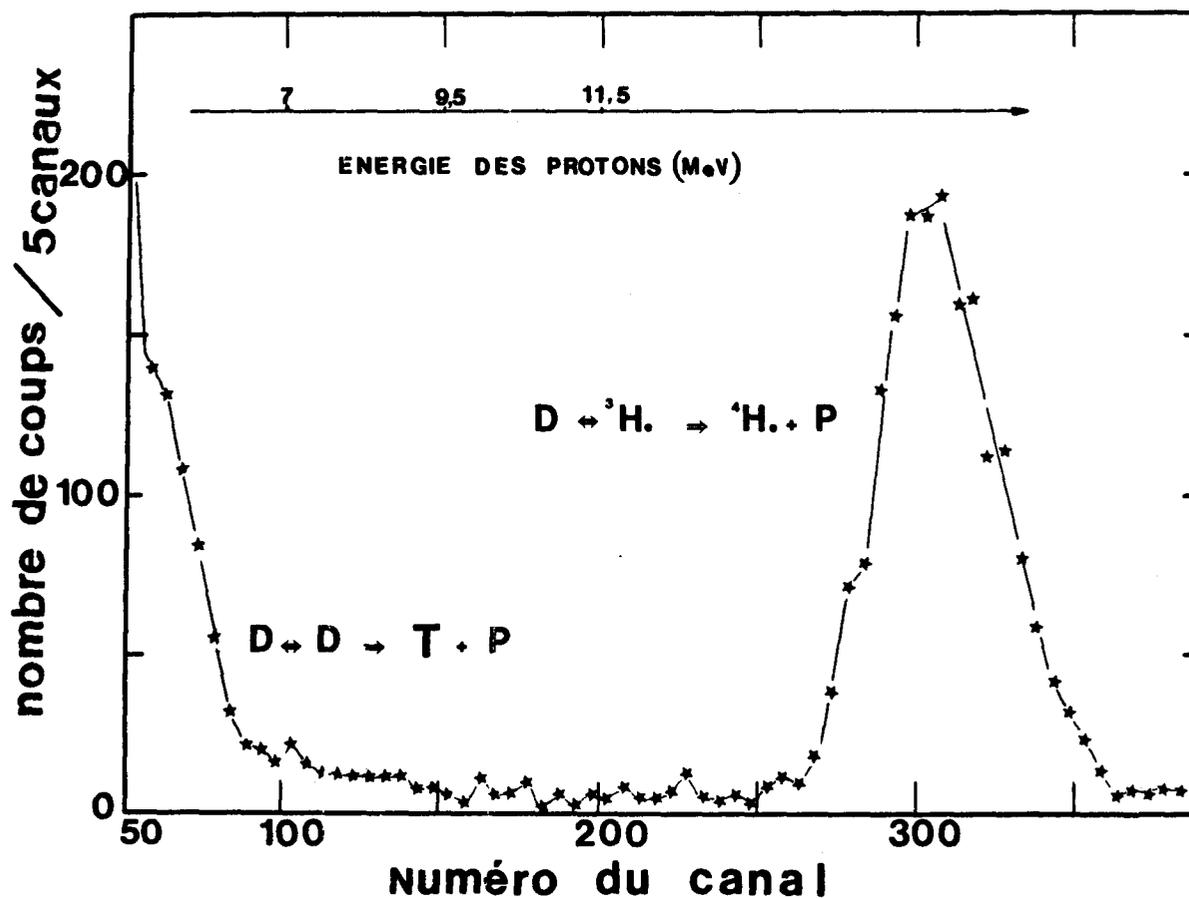
Les neutrons produits étaient détectés par l'intermédiaire d'un scintillateur liquide NE 213 (de diamètre et d'épaisseur 4,5 cm) couplé à un photomultiplicateur 56 AVP. L'ensemble était disposé suivant l'axe du faisceau à 50 cm environ du centre de la cible. L'angle solide moyen de détection est de  $6 \cdot 10^{-3}$  sr.

- a) Dans une première étape nous avons étudié l'interaction d'un faisceau de  $^{63}\text{Cu}$  d'énergie incidente égale à 46,5 MeV avec un mélange de D à la pression partielle de  $0,5 \cdot 10^5$  pascal et de  $^3\text{He}$  à la même pression partielle. Les spectres de protons obtenus sont présentés, à titre d'exemple, dans la fig. 1. Deux groupes de protons ont été observés : l'un, de forme gaussienne et bien isolé, correspond à des protons d'énergie centrée autour de 14,7 MeV provenant de la réaction 1. L'autre groupe est associé à la réaction 2. Il se caractérise par un épaulement dont le maximum est situé autour de 3,1 MeV.
- b) Pour une même pression totale du mélange D- $^3\text{He}$  ( $1 \cdot 10^5$  pascal) nous avons fait varier la pression partielle du deutérium. Nous avons observé que, à la précision des mesures, les taux des réactions 2 et 3 variaient linéairement avec la pression partielle du deutérium.
- c) Afin d'examiner le rôle joué par l'énergie des ions incidents nous avons bombardé par des ions de cuivre de 16, 28,5 et 46,5 MeV un mélange (D, $^3\text{He}$ ). Nous avons observé une augmentation des taux des réactions 1 et 2 avec l'énergie.
- d) Le pouvoir d'arrêt nucléaire, calculable à partir de la théorie de Lindhard, Scharff et Schiott (1), est d'autant plus grand que la masse du projectile est plus élevée. Le taux des réactions de fusion devrait donc suivre la même évolution. Pour s'en assurer nous avons bombardé le mélange (D, $^3\text{He}$ ) avec des ions d'argent d'une énergie incidente voisine de celle des ions de cuivre utilisés précédemment (46,5 MeV). Le nombre de protons de 14,7 MeV a été triplé lorsqu'un faisceau d'ions  $\text{Ag}^{9+}$  a été substitué à un faisceau d'ions  $\text{Cu}^{9+}$  de même intensité. L'expérience a été répétée avec des ions  $^{16}\text{O}$ . Aux énergies incidentes inférieures à 20 MeV, le nombre de protons de 14,7 MeV était 70 fois plus faible que celui produit à partir d'un faisceau de cuivre de 46,5 MeV de même intensité.
- Ce travail a fait l'objet des communications (2,3).

#### REFERENCES

- (1) J. LINDHARD - M. SCHARFF et H.E. SCHIOTT *Mat. Fys. Medd.* 33 n°14 (1973)

- (2) F. COÇU - JL UZUREAU - J. LACHKAR - "On the production of in-flight protons and neutrons created by knock-on processes from slowing-down of heavy ions in a cold D-<sup>3</sup>He mixture", 4<sup>th</sup> International Topical conference on High-Power Electron and Ion Beam Research and Technology, PALAISEAU (FRANCE) 29 juin-3 juillet 1981
- (3) F. COÇU - JL UZUREAU - J. LACHKAR "Ralentissement d'ions lourds dans un mélange fusible D-He<sup>3</sup>", Note CEA N 2252 (1982)



B-IV-6 FIGURE 1

Spectre des protons émis après l'interaction d'un faisceau de  ${}^{63}\text{Cu}$  ( $E_i = 46,5 \text{ MeV}$ ) avec un mélange  $0,5 \cdot 10^5$  pascal de D +  $0,5 \cdot 10^5$  pascal de  ${}^3\text{He}$ .

B-IV-7- Etude de la réaction de fusion  $^{13}\text{C} + ^{13}\text{C}$

(J.L. CHARVET - R. DAYRAS\* - J.M. FIENI - S. JOLY - J.L. UZUREAU -

*Fusion cross section measurements for the  $^{13}\text{C} + ^{13}\text{C}$  reaction*

*Absolute  $\gamma$ -ray yields from characteristic low-lying levels in nuclei produced in the  $^{13}\text{C} + ^{13}\text{C}$  reaction have been measured from  $E_{c.m.} = 4.0$  to 15.8 MeV using an intrinsic germanium detector. Statistical model calculations of the decay modes of the compound nucleus have been used to deduce absolute cross sections for the production of the observed residual nuclei and to determine the fusion cross section. Consistency checks on the adopted procedure lead to an estimated absolute uncertainty of  $\pm 15\%$  on the deduced cross sections. Over the energy range covered, no evidence has been found for either broad or narrow structures in the cross sections for individual channels. Comparisons are made with optical model calculations of the reaction cross section and with different expressions of the fusion cross section.*

L'étude des transitions gamma provenant des premiers niveaux excités des noyaux produits dans la réaction  $^{13}\text{C} + ^{13}\text{C}$  et l'utilisation du modèle statistique ont permis de déterminer les sections efficaces absolues de formation des noyaux résiduels ainsi que la section efficace de fusion de cette réaction dans un domaine d'énergies variant de 4,0 à 15,8 MeV dans le centre de masse. Différents tests ont conduit à une estimation de l'incertitude absolue sur les sections efficaces obtenues de 15 %. Sur l'ensemble du domaine d'énergies couvert aucune structure large ou étroite n'est apparue dans les sections efficaces propres à chaque voie individuelle. La comparaison des résultats avec des calculs utilisant le modèle optique ainsi que différents modèles de fusion montre un accord très satisfaisant.

Ce travail fait l'objet de la publication (1).

REFERENCE

- (1) J.L. CHARVET et al. à paraître dans *Nucl. Phys.*

\*Adresse actuelle : DPh-N/BE, SACLAY

B-IV-8- Calculs de fragmentation du projectile

(F. SAINT-LAURENT - JL CHARVET - M. MORJEAN - A. PEGHAIRE - JL UZUREAU)

*Projectile fragmentation calculations*

*<sup>18</sup>O break-up calculations have been performed at 141 MeV and compared with experimental results recently published (5). An explanation of the disagreement for nuclei far from the projectile is advanced.*

Le mécanisme de fragmentation du projectile a été introduit pour rendre compte des premiers résultats obtenus avec des faisceaux d'ions lourds relativistes ( $E/A \gtrsim 1$  GeV/u) (1). La signature expérimentale d'une fragmentation du projectile est donnée par :

- l'observation de noyaux de masse proche du projectile,
- la vitesse moyenne de ces noyaux proche de la vitesse incidente,
- la forme des spectres indépendante de la masse de la cible,
- la distribution angulaire fortement piquée vers l'avant.

A ces énergies relativistes, le temps d'interaction est largement inférieur au temps de réarrangement des nucléons dans le noyau (lié au mouvement de Fermi). Les noyaux peuvent alors être considérés comme un ensemble de nucléons indépendants en mouvement et la collision décrite en introduisant la notion de nucléons "participants" et "spectateurs". Les noyaux résidus de fragmentation sont alors formés par les nucléons spectateurs du projectile. Les spectres en énergie de ces noyaux sont reliés à la distribution de Fermi des vitesses dans le noyau qui a été gelée lors de la collision.

Des calculs de fragmentation du projectile dans le champ nucléaire d'un noyau cible ont été effectués à l'aide du modèle simple développé par Greiner (1). Ce modèle explique la forme des spectres des résidus par le mouvement interne des nucléons du projectile excité. Il suppose une distribution gaussienne des impulsions des nucléons dans le noyau :

$$d^3\sigma/dp^3 \propto e^{-(\vec{p}-\vec{p}_0)^2/2\sigma^2} \text{ avec les largeurs } \sigma^2 \text{ données par (2) :}$$

$$\sigma^2 = \sigma_0^2 m_f (m_p - m_f) / (m_p - 1)$$

avec  $\sigma_0$  = constante, traitée comme paramètre ajustable.

$m_f$  = masse du fragment détecté

$m_p$  = masse incidente

Cette distribution résulte d'une fragmentation statistique rapide du

projectile et la largeur  $\sigma_0$  peut être reliée au moment de Fermi  $P_f$  du projectile par  $\sigma_0 = P_f/\sqrt{5}$ .

Ce modèle a été appliqué avec succès à la fragmentation de  $^{16}\text{O}$  à 20 MeV/u et 2,1 GeV/u (3,1) et pour les divers résidus une même valeur de  $\sigma_0$  proche de celle prédite par le mouvement de Fermi (103 MeV/c) a été trouvée.

De même, une valeur moyenne de  $\sigma_0 = 94 \text{ MeV/c}$  a été nécessaire pour reproduire les spectres de résidus de fragmentation de  $^{40}\text{Ar}$  à 213 MeV/u (4).

Récemment des résultats expérimentaux portant sur la fragmentation de  $^{18}\text{O}$  à 141 MeV ont été publiés (5). Les calculs de fragmentation que nous avons effectués sur ces résultats ne permettent pas de reproduire les largeurs expérimentales des spectres avec une même valeur du paramètre  $\sigma_0$ . Il est nécessaire de faire varier  $\sigma_0$  de 50 MeV/c pour  $Z = 3$  à 94 MeV/c pour  $Z = 7$ . Ceci avait déjà été remarqué pour la fragmentation de  $^{16}\text{O}$  à 140 MeV (3). Une contribution importante des réactions de transfert vers le continuum peut expliquer le désaccord pour les noyaux voisins du projectile. Toutefois cela n'explique pas les petites valeurs de  $\sigma_0$  obtenues pour les  $Z$  éloignés de celui du projectile. Ces largeurs peuvent être expliquées si la fragmentation du projectile n'est pas soudaine comme le suppose le modèle exposé ici ; les deux noyaux en cours de fragmentation auraient alors le temps d'échanger des nucléons, donc de l'impulsion, ce qui conduirait à réduire les fluctuations sur l'impulsion, donc les largeurs des spectres en énergie.

La transition entre réactions de transfert vers le continuum et fragmentation rapide du projectile semble se situer entre 10 et 25 MeV/A. Dans cette région d'énergie, seuls des projectiles légers ( $^{16}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{20}\text{Ne}$ ) ont été étudiés. La forte composante  $\alpha$  de ces noyaux crée certainement une distorsion des effets attendus. Une étude avec des ions plus lourds éviterait cette difficulté et permettrait de mieux cerner la transition entre les réactions quasi-élastiques et la fragmentation statistique.

#### REFERENCES

- (1) D.E GREINER et al. *Phys. Rev. Lett.* 35 (1975) p. 152
- (2) A.S GOLDHABER *Phys. Lett.* 53 B (1974) p. 306
- (3) C.K GELBKE et al. *Phys. Rep.* 42 (1978) p. 311
- (4) Y.P. VIYOGI et al. *Phys. Rev. Lett.* 42 (1979) p.33
- (5) S.L TABOR et al. *Phys. Rev. C* 24 (1981) p. 960

B-IV-9- Distributions corrélées des charges et des masses provenant des réactions  $^{56}\text{Fe}$  sur  $^{58}\text{Ni}$ ,  $^{64}\text{Ni}$  et  $^{122}\text{Sn}$ .

(H.C BRITT<sup>+</sup> - B.M. ERKKILA<sup>+</sup> - A. GAVRON<sup>+</sup> - Y. PATIN - R.H. STOKES<sup>+</sup> -  
M.P. WEBB<sup>+</sup> - P.R. CHRISTENSEN<sup>x</sup> - OLE HANSEN<sup>x</sup> - S. PONTOPPIDAN<sup>x</sup> -  
F. VIDEBAEK<sup>x</sup> - R.L. FERGUSON<sup>++</sup> - F. PLASIL<sup>++</sup> - G.R. YOUNG<sup>++</sup> - J. RANDRUP<sup>xx</sup>)

*Correlated charge and mass distributions from reaction of  $^{56}\text{Fe}$  with  $^{58}\text{Ni}$ ,  $^{64}\text{Ni}$  and  $^{122}\text{Sn}$ .*

*First and second moments of the fragment distributions in the N, Z plane have been measured for the reactions of  $^{56}\text{Fe}$  with  $^{58}\text{Ni}$  and  $^{122}\text{Sn}$  at 315 MeV and 461 MeV and with  $^{64}\text{Ni}$  at 464 MeV bombarding energy. Results are compared as a function of energy loss to predictions of theoretical transport calculations which include effects of the desexcitation of the excited fragments by particle evaporation. Comparisons involve no adjusted parameters and the theoretical and experimental results are in excellent agreement. Such an agreement between theory and experiment suggests statistical single nucleon exchange as the dominant mechanism in energy damping.*

Les moments du 1er et 2è ordre des distributions en N et Z des fragments ont été mesurés pour les réactions de  $^{56}\text{Fe}$  sur  $^{58}\text{Ni}$  et  $^{122}\text{Sn}$  à 315 et 461 MeV et sur  $^{64}\text{Ni}$  à 460 MeV.

Les masses des fragments étaient déterminées par temps de vol sur une distance de 1,6 m. Un détecteur à gaz suivi d'un détecteur semiconducteur étaient utilisés pour la mesure de  $\Delta E$  et E (1). Les résolutions obtenues dans l'expérience étaient  $\Delta Z/Z \sim 1/50$  et  $\Delta A/A \sim 1/85$ .

La résolution en énergie, entre 5 et 7 MeV, provenait principalement de l'élargissement dû au faisceau de  $^{56}\text{Fe}$  délivré par le super Hilac de Berkeley.

Les mesures E,  $\Delta E$  et temps de vol ont été converties, événement par événement, en énergie cinétique E, en charge Z et en masse A. L'énergie cinétique totale perdue dans la réaction a été alors calculée en supposant une cinématique à deux corps.

Dans la figure 1, nous présentons un exemple de résultats obtenus pour la réaction  $^{56}\text{Fe}$  sur  $^{58}\text{Ni}$ . Les moments des distributions en A et N-Z sont comparés, en fonction de la perte d'énergie, aux prédictions d'un calcul de transport qui inclut les effets de désexcitation des fragments par évaporation de particules.

Le bon accord entre théorie et expérience a été obtenu sans aucun ajustement de paramètres. Cet accord suggère que le mécanisme dominant dans la dissipation d'énergie est l'échange statistique de nucléons individuels (2).

<sup>+</sup> L.A.N.L. Los Alamos (U.S.A.)

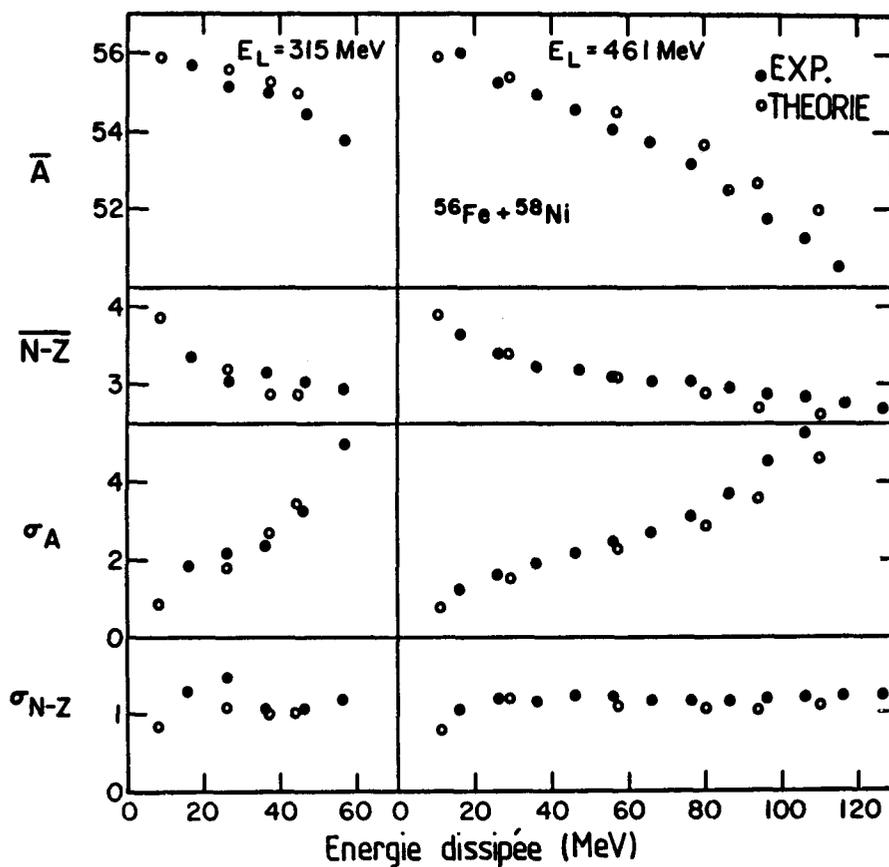
<sup>x</sup> Niels Bohr Institute Copenhague (Danemark)

<sup>++</sup> O.R.N.L. Oak Ridge (U.S.A.)

<sup>xx</sup> L.B.L. Berkeley (U.S.A.)

#### REFERENCES

- (1) P.R. CHRISTENSEN et Al. *Nucl. Phys. A* 349 (1980) 217
- (2) F. PLASIL et Al. *Asilomar meeting of the A.P.S.* (oct. 1981)



B-IV-9 FIGURE 1

Comparaison des moments du premier et second ordre expérimentaux et théoriques des distributions en  $A$  et  $N-Z$  en fonction de la perte d'énergie dans la réaction  $^{56}\text{Fe}$  sur  $^{58}\text{Ni}$  à 315 et 461 MeV.

B-IV-10-Etude du système  $^{24}\text{Mg} + ^{197}\text{Au}$  à 271 MeV

(V. BERNARD<sup>+</sup> - JL CHARVET - F. GUILBAULT<sup>++</sup> - C. LEBRUN<sup>++</sup> - S. LERAY<sup>+</sup> - C. MAZUR<sup>+</sup> - M. MORJEAN - C. NGC<sup>+</sup> - M. RIBRAG<sup>+</sup> - E. TOMASI<sup>+</sup> - JL UZUREAU)

*Study of the  $^{24}\text{Mg} + ^{197}\text{Au}$  system at 271 MeV*

*The 271 MeV  $^{24}\text{Mg} + ^{197}\text{Au}$  system has been investigated at the ALICE Orsay accelerator with a new experimental set up using a large ionization chamber. The data reduction is in progress.*

A l'aide d'une chambre à ionisation couvrant un angle solide de 50 msr, de profondeur 1,10 m, analogue à celle développée à Darmstadt (1), nous avons entrepris l'étude du système  $^{24}\text{Mg} + ^{197}\text{Au}$  à 271 MeV d'énergie incidente. L'expérience a été effectuée à Orsay auprès de l'accélérateur ALICE.

La distribution angulaire des produits de réaction a été mesurée entre 7° et 63° lab pour trois positionnements de la chambre. Afin d'augmenter la dynamique en énergie du dispositif expérimental, les mesures ont été effectuées avec deux gaz différents ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CF}_4$ ) pour une pression de 150 torr. Dans ces conditions, nous avons pu observer :

- a) vers l'avant, une forte production de fragments de charge voisine de celle du projectile provenant de collisions périphériques (quasi-élastiques, inélastiques profondes...),
- b) en position arrière, des produits de fission dont la séparation en charge ne semble pas totalement exclue.

Les résultats obtenus sont en cours de dépouillement.

<sup>+</sup> Service DPhN/MF Saclay

<sup>++</sup> Institut de Physique, Nantes

#### REFERENCE

- (1) H. STELZER, *Nucl. Phys. A* 354 (1981) 433

PARTIE C :

THEORIE

ET

EVALUATION

C-I- EVALUATION DE DONNEES NUCLEAIRES

*Evaluation of nuclear data*

C-I-1 Evaluation complète des données nucléaires des isotopes du Tungstène\*  
(C.A. PHILIS - E.D. ARTHUR\*\* - P.G. YOUNG\*\*)

*Complete evaluation of neutron induced cross sections on Tungsten isotopes*

*The completed evaluations of neutron induced cross sections on 182, 183, 184, 186 Tungsten isotopes have been put under ENDF format.*

En 1980 (1) des calculs faits à l'aide de modèles nucléaires avaient conduit à des jeux de données évaluées pour les isotopes 182, 183, 184 et 186 du Tungstène dans la gamme d'énergie 0,001 - 20 MeV. Ces résultats ont été associés aux données ENDF/B IV de la région des résonances et jusqu'à une énergie de raccordement d'environ 0,001 MeV. Ces données ont ensuite été mises en format ENDF séparément pour chaque isotope. De nombreuses vérifications ont été faites et quelques modifications apportées. On dispose donc maintenant de données évaluées récentes pouvant être utilisées dans les codes de transport de neutrons. Un fichier unique contenant les données évaluées du Tungstène naturel est en cours de création.

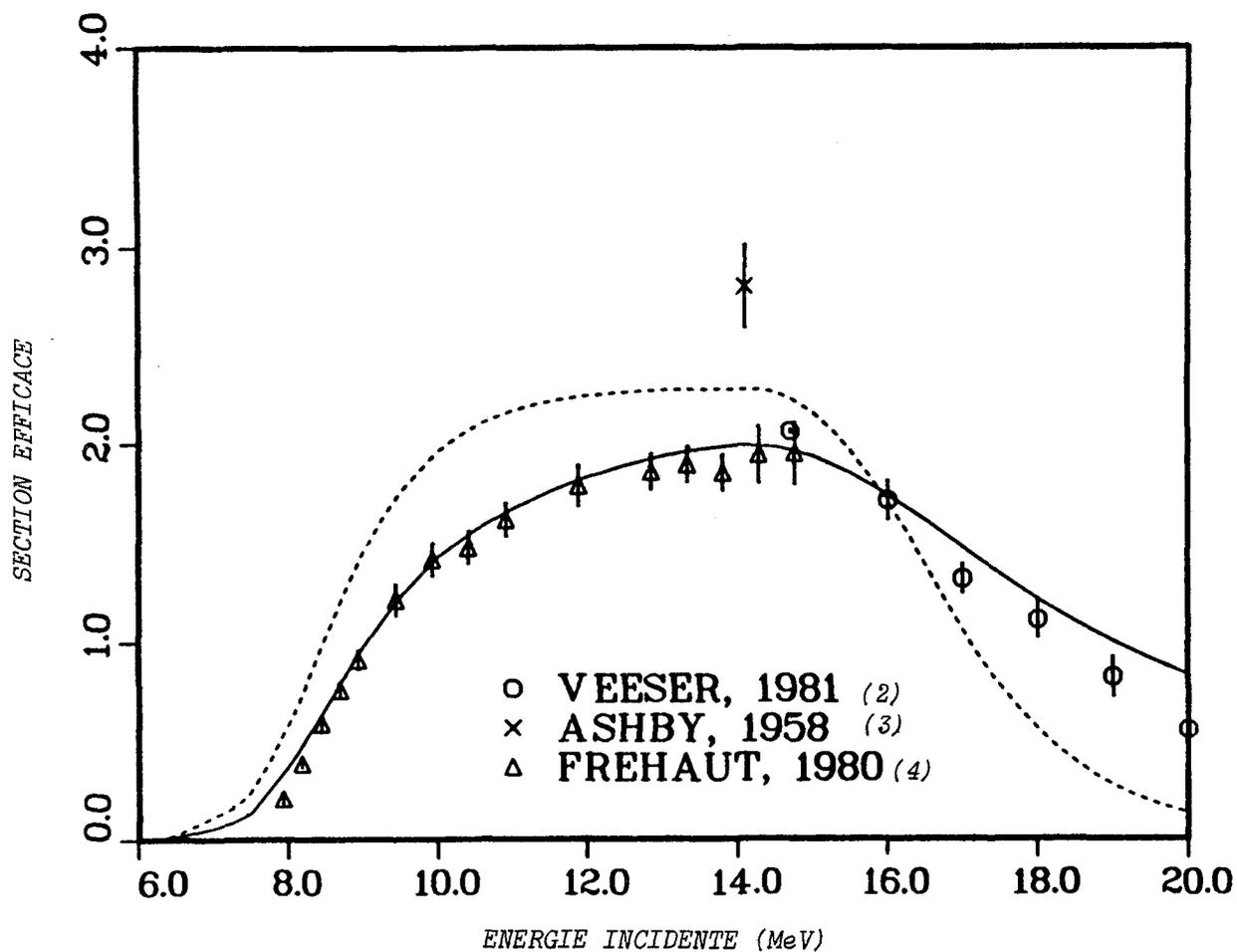
A titre d'exemple, la figure 1 montre une comparaison des résultats expérimentaux obtenus pour la section efficace  $(n,2n)$  avec, en tirets, ENDF/B IV et, en trait plein, les nouvelles données évaluées.

\*Travail effectué essentiellement à LANL

\*\*Los Alamos National Laboratory

REFERENCES

- (1) Compte-rendu d'activité du Service P2N pour 1980 *Note CEA-N-2214 (juillet 1981) p. 196*
- (2) VEESER 1981 *Communication privée*
- (3) ASHBY dans BENVENISTE J. 1958 *Genève Vol. 15 p. 3 Int. Conf. on the peaceful uses of Atomic Energy*
- (4) J. FREHAUT *Brookhaven 1980 (12 au 14 mai) p. 399 Symposium on neutron cross sections from 10 to 50 MeV.*



C-I-1- FIGURE 1

Section efficace (n, 2n) de W naturel : Comparaison entre ENDF/B IV (---), la nouvelle évaluation (—) et les résultats expérimentaux.

C-I-2- Evaluation complète des données nucléaires de  $^{209}\text{Bi}$

(O. BERSILLON - B. CAPUT - N. VERGES - C.A. PHILIS)

*Complete cross section evaluation for  $^{209}\text{Bi}$  from  $10^{-5}$  eV to 20 MeV.*

*An evaluation of neutron cross sections for  $^{209}\text{Bi}$  from  $10^{-5}$  eV to 20 MeV which was started in 1981 is now completed and put under ENDF format. Angular distributions, neutron spectra, and gamma production are given in the file as well as cross-sections for the following processes : total interaction, elastic scattering, inelastic scattering from continuum and 29 discrete levels, capture, (n-2n), (n-3n), (n-p), (n-np), (n- $\alpha$ ), (n-n' $\alpha$ ).*

L'évaluation des sections efficaces neutroniques de  $^{209}\text{Bi}$ , dans la gamme d'énergie  $10^{-5}$  eV - 20 MeV, entreprise en 1980 (1), a été complétée et mise intégralement sous format ENDF.

Dans la région des résonances ( $10^{-5}$  eV - 265 keV), et sur la base de l'évaluation des paramètres de résonances faite en 1980, le calcul des sections efficaces totale, élastique et de capture a été fait avec la version Reich-Moore du formalisme de la matrice R. Ce formalisme n'étant plus accepté dans ENDF, les sections efficaces ont donc été tabulées dans le fichier final.

A très basse énergie ( $10^{-5}$  eV -  $10^{-1}$  eV) les effets cristallins ont été pris en compte comme l'illustre la figure 1.

Au-delà de 265 keV, les sections efficaces inélastiques sont données pour le continuum et 29 niveaux discrets (Ex. < 3,396 MeV), avec, pour 7 d'entre eux, une contribution d'interaction directe calculée à l'aide du formalisme DWBA. Les sections efficaces totale, élastique, de capture, (n,2n), (n,3n), (n, $\alpha$ ), (n,n' $\alpha$ ), (n,p), (n,n'p) ont également été évaluées en tenant compte d'une composante de prééquilibre au-delà de 9 MeV.

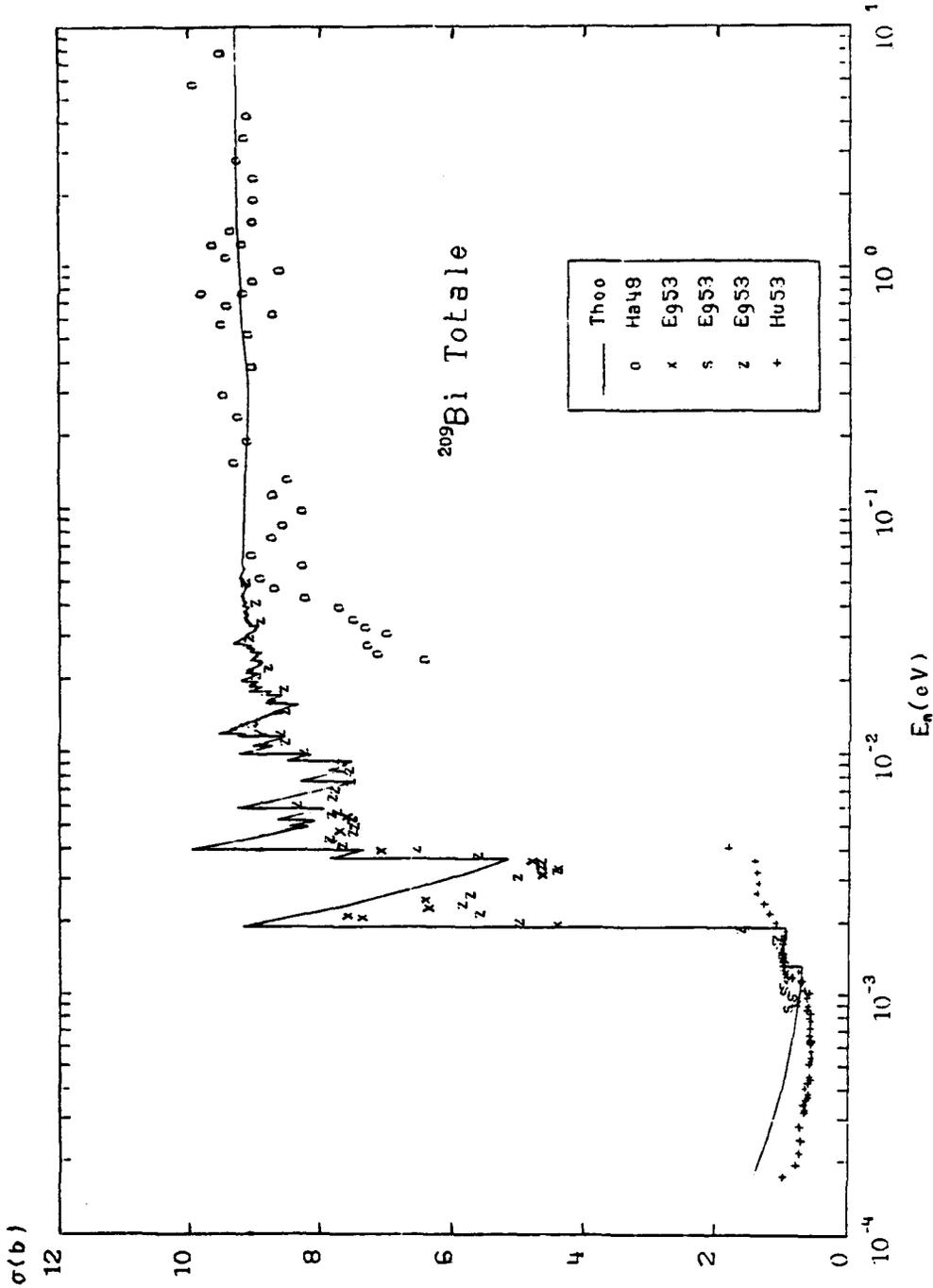
Enfin les distributions angulaires, les spectres de renvoi en énergie et les productions de photons ont été calculés. Un exemple de l'accord obtenu est donné sur les figures 2 et 3.

REFERENCES

- (1) *Compte-Rendu d'Activité du Service P2N pour 1980, Note CEA-N-2214 (juillet 1981) p.202*
- (2) W.W HAVENS jr. et al. *Phys. Rev.* 73 (1948) 963
- (3) P. EGELSTAFF, AERE - N/R - 1147 (1953)
- (4) D.J. HUGUES et al. *Phys. Rev.* 92 (1953) 1206

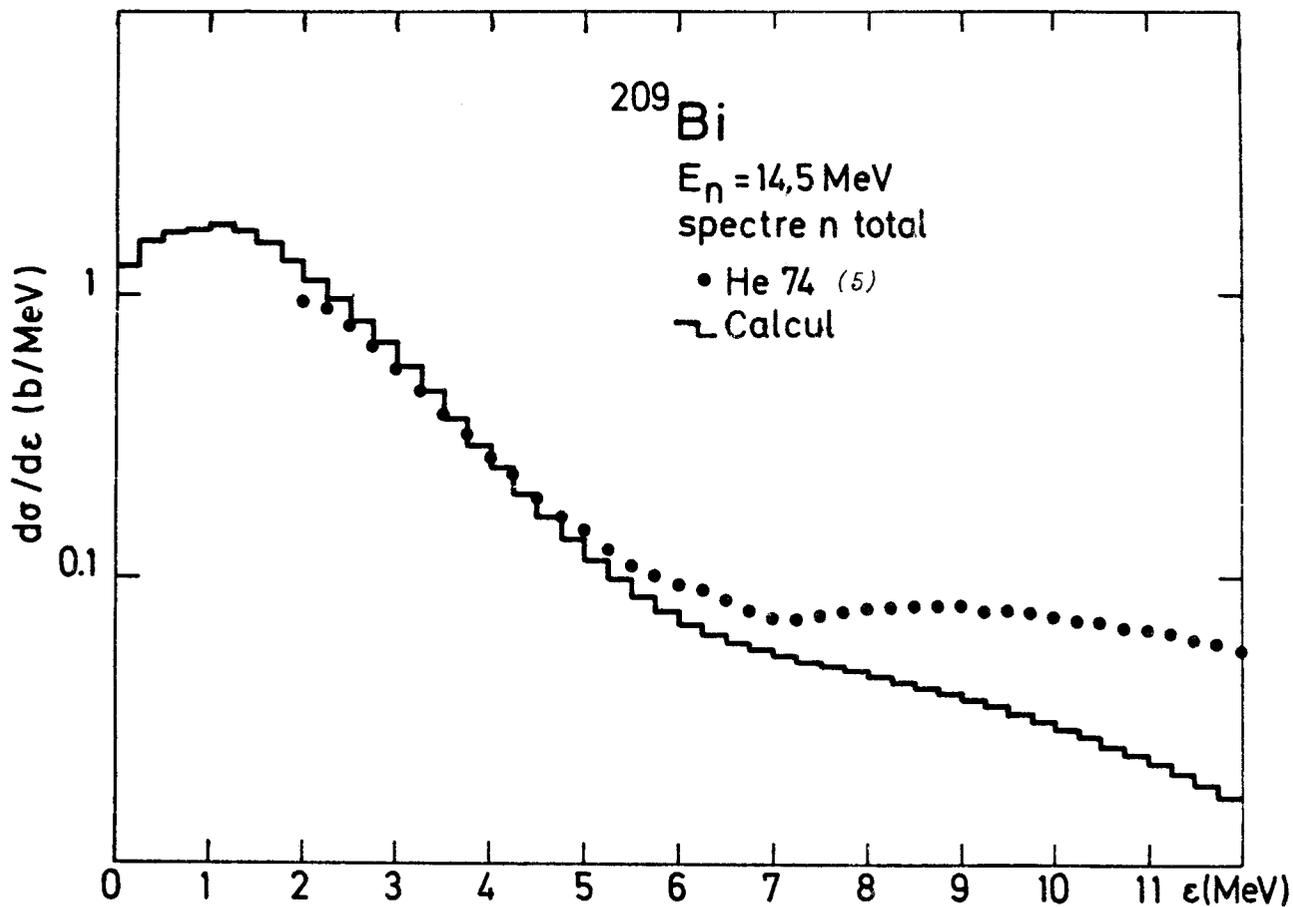
(5) D. HERMSDORF et al., ZfK 277 (1974).

(6) V. BEZOTOSNYI, Soviet Atomic Energy 49 (1980) p. 690.



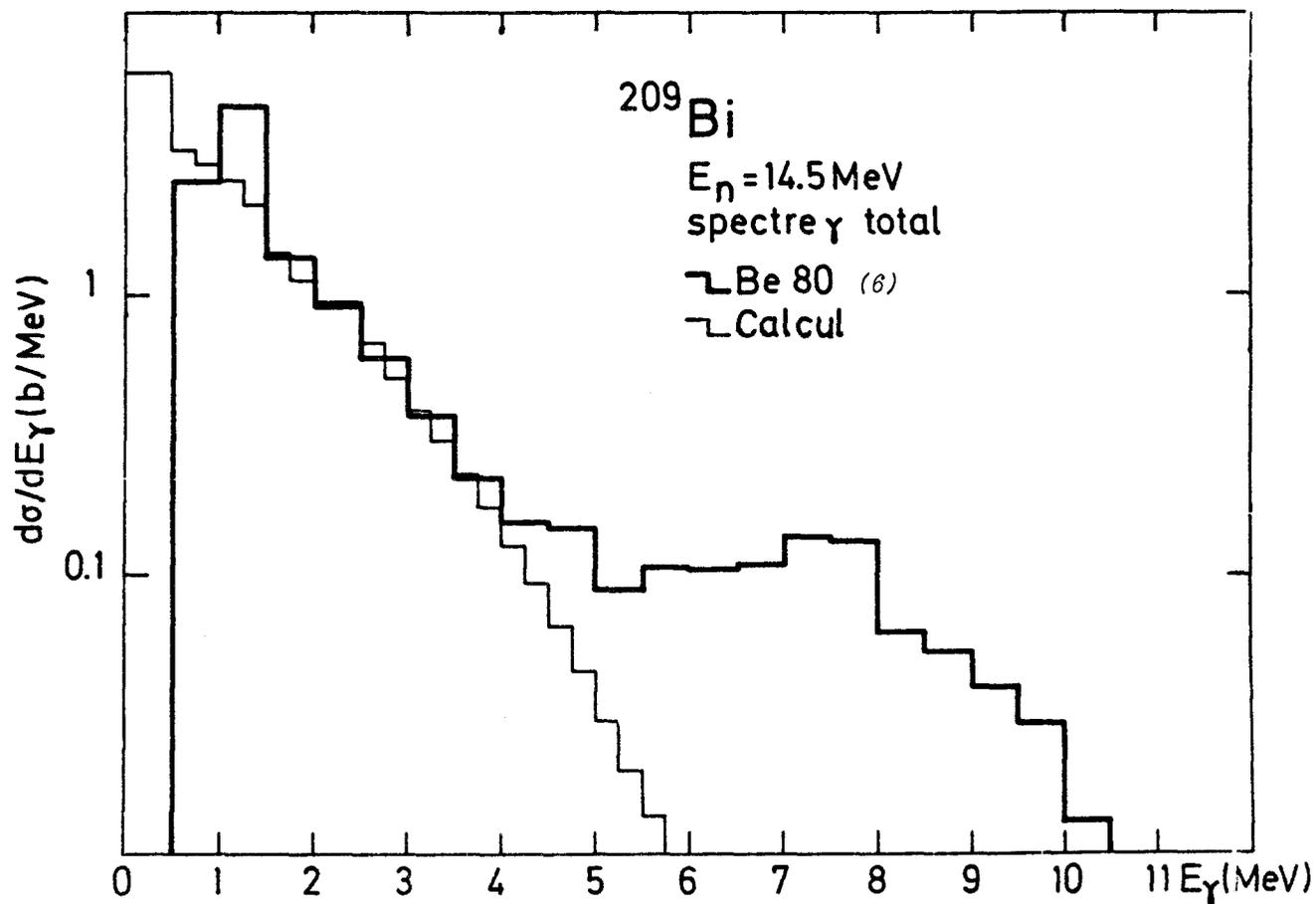
C-I-2 FIGURE 1

Section efficace totale de  $^{209}\text{Bi}$  à basse énergie calculée en tenant compte des effets cristallins et comparée à divers résultats expérimentaux : Ha 48 (2), EG 53 (3) et HU 53 (4).



C-I-2 FIGURE 2

*Spectre d'émission de neutrons à  $E_n = 14,5 \text{ MeV}$  :  
Comparaison expérience-calcul.*



C-I-2 FIGURE 3

*Spectre d'émission de photons à  $E_n = 14,5 \text{ MeV}$  :  
Comparaison expérience-calcul.*

C-I-3- Evaluation Complète des sections efficaces neutroniques de  $^{169}\text{Tm}$   
(C.A. PHILIS - M. COLLIN - N. VERGES - P. NAGEL<sup>©</sup> - P.G. YOUNG<sup>\*</sup>)

*Complete cross section evaluation for  $^{169}\text{Tm}$  from  $10^{-5}$  eV to 20 MeV*

*New evaluation of neutron induced cross sections on  $^{169}\text{Tm}$  has been started for the full energy range  $10^{-5}$  eV to 20 MeV. A first set of optical model parameters has been obtained giving a good agreement with experimental data for total cross section from 2.5 to 15 MeV.*

Dans le but de réaliser une évaluation complète des sections efficaces neutroniques de  $^{169}\text{Tm}$ , nous avons d'abord déterminé un jeu de paramètres du modèle optique. Pour cela, les données expérimentales existantes ont été analysées avec un modèle optique à potentiel déformé. Les principaux résultats expérimentaux disponibles pour  $^{169}\text{Tm}$  sont la section efficace totale entre 2,5 et 15 MeV, la fonction force d'onde  $s$  et le rayon de diffusion potentielle. Afin de mieux déterminer le jeu de paramètres, nous y avons ajouté les données de  $^{165}\text{Ho}$ , noyau voisin pour lequel un plus grand nombre de mesures ont été faites. Le jeu préliminaire de paramètres qui a été obtenu est indiqué table 1, et la section efficace totale calculée (ECIS 79 (1)) comparée figure 1 avec les données expérimentales. Les pénétrabilités neutrons ont ensuite servi au calcul des sections efficaces inélastiques à l'aide de modèles statistiques Hauser-Feshbach. Une comparaison calculs-expériences est indiquée figure 2.

© Collaborateur Temporaire Etranger

\* Los Alamos National Laboratory

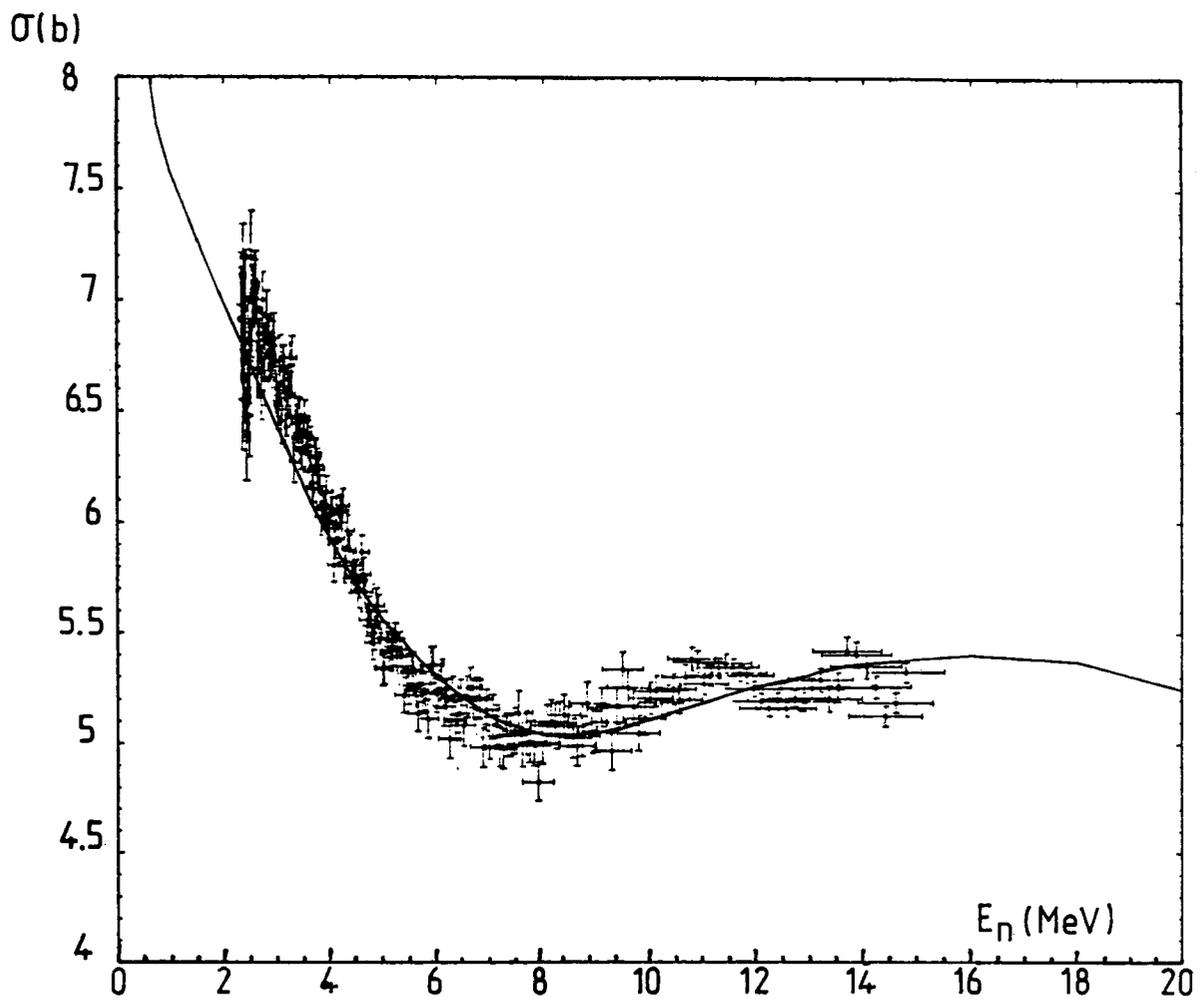
#### REFERENCES

- (1) ECIS 79 : J. RAYNAL, Communication privée
- (2) FOSTER D.G. *Phys. Rev. C3* (1971) 576

Table I

Paramètres du modèle optique pour  $^{169}\text{Tm} + n$ 

Termes →	Réel en volume	Imaginaire en volume $E \geq 0$ MeV	Imaginaire en surface $E \leq 6$ MeV	Imaginaire en surface $E \geq 6$ MeV	Spin-Orbite
$V(E)$ (MeV)	$46,87 - 0,25 E$	$-1,8 + 0,2E$	$3,6 + 0,6E$	$7,2 - 0,03 (E-6,0)$	6,0
$r_0$ (fm)	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
$a$ (fm)	0,63	0,63	0,48	0,48	0,63
$\frac{b_2}{b_4}$	0,31 -0,01	0,31 -0,01	0,31 -0,01	0,31 -0,01	0 0



C-I-3 FIGURE 2

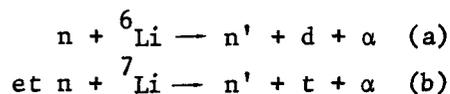
Section efficace totale de  $^{169}\text{Tm}$  : comparaison des résultats expérimentaux (Réf. 2) et des calculs (—).

C-I-4- Calcul des spectres en énergie des particules émises au cours des réactions  $n + {}^6\text{Li}$  et  $n + {}^7\text{Li}$

(G.M. HALE<sup>+</sup> - C.A. PHILIS)

*Energy spectra of particles emitted in the  $n + {}^6\text{Li}$  and  $n + {}^7\text{Li}$  reactions*

Un jeu préliminaire de spectres en énergies des particules émises au cours des réactions

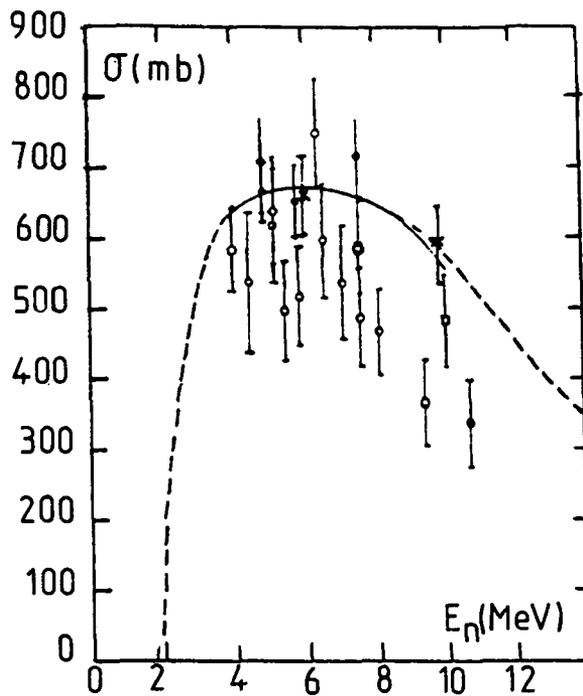


a été calculé pour des énergies incidentes de 2 à 14 MeV pour la réaction (a) et de 3 à 15 MeV pour la réaction (b). On a supposé que ce spectre n'était pas déformé par les interactions nucléaires d'état final et ne dépendait que du facteur cinématique. Les spectres en énergie en mb/MeV ont été obtenus en normalisant ces distributions sur les sections efficaces des réactions comme il est indiqué figure 1. Quelques résultats des spectres obtenus sont indiqués figure 2.

<sup>+</sup> Collaborateur temporaire étranger (LANL)

#### REFERENCE

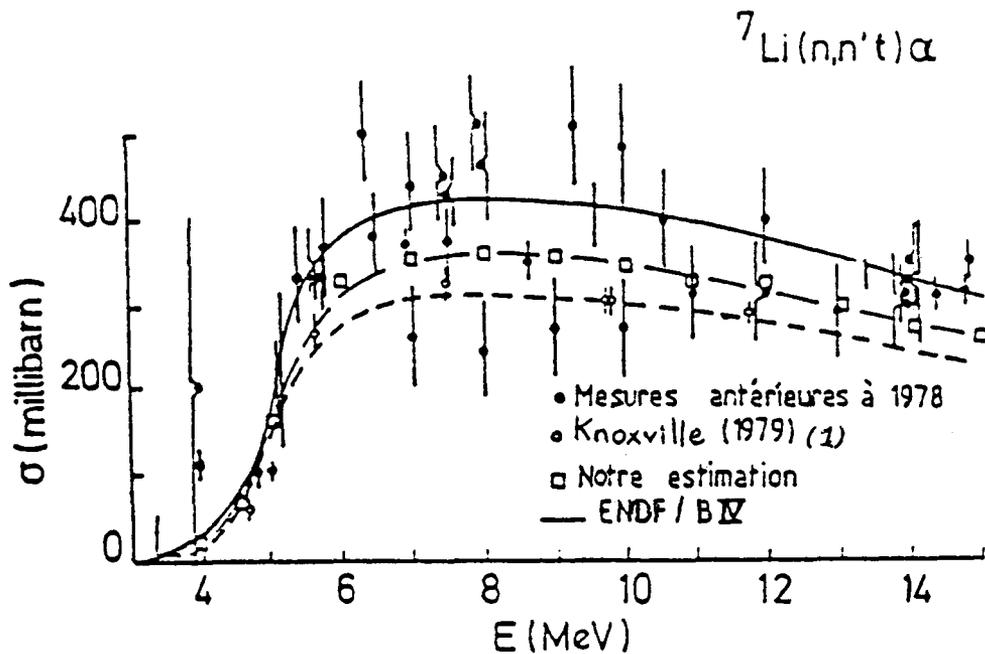
- (1) M.T. SWINHOE, *Proceedings de "International Conference on Nuclear Cross sections for Technology"*, KNOXVILLE (USA), 22-26 oct. 1979, p. 246.



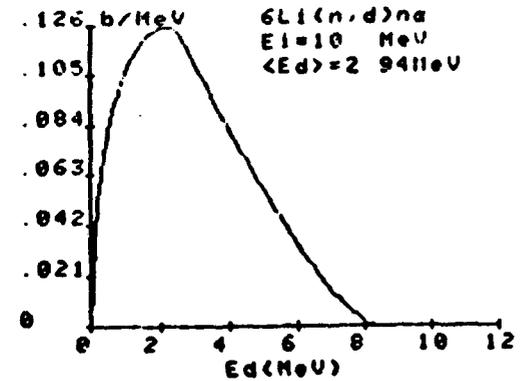
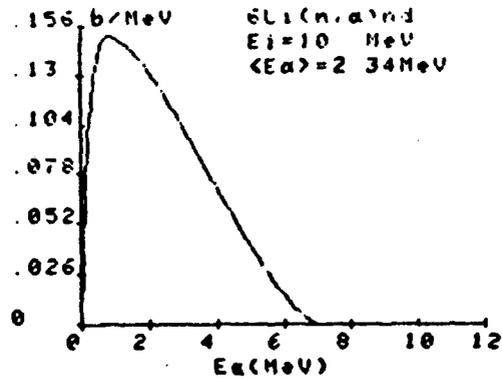
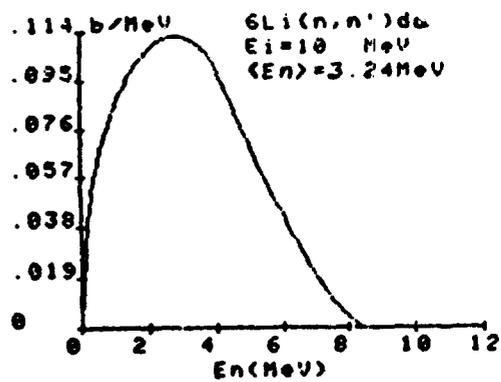
a) Section efficace de la réaction :  ${}^6\text{Li}(n,dn){}^4\text{He}$

- ◻ Nucl. Phys. 47, 385 (1963)
- Phys. Rev. 126, 1150 (1962)
- ◻ Nucl. Phys. A91, 273 (1967)
- LA-3765 (1967)
- × LA-8342 (1980)

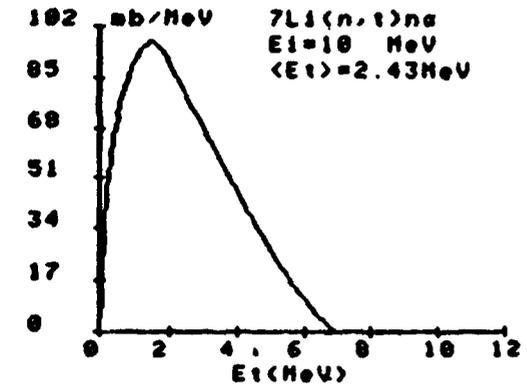
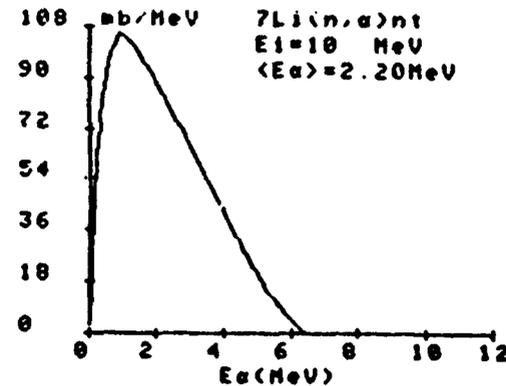
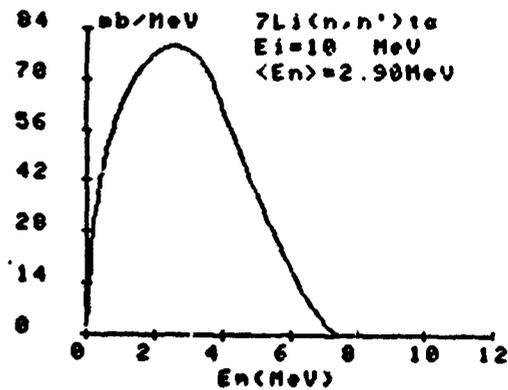
--- Données recommandées



b) Section efficace de la réaction  ${}^7\text{Li}(n,n't)\alpha$



Reaction  $n + {}^6\text{Li} \rightarrow n + d + \alpha$  : Spectres en énergie des neutrons,  $\alpha$ , deuteron calculés (voir texte) pour une énergie incidente de 10 MeV



Reaction  $n + {}^7\text{Li} \rightarrow n + t + \alpha$  : Spectres en énergie des neutrons,  $\alpha$ , tritons, calculés (voir texte) pour une énergie incidente de 10 MeV

C-I-4 FIGURE 2

C-II- TRAITEMENT DES DONNEES

*Data processing*

C-II-1- Compilation de données spectroscopiques nucléaires

(N. VERGES - O. BERSILLON - C.A. PHILIS)

*Compilation of nuclear structure data*

*The nuclear structure data file used in our model calculations has been updated.*

Le fichier de données spectroscopiques nucléaires utilisé avec les codes de modèles nucléaires a été enrichi en 1981.

Les énergies, spins, parités, périodes, rapports de branchement des niveaux excités des isotopes du Thulium ( $A = 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171$ ) ont été compilés et évalués puis mis en format. Les données spectroscopiques de  $^{240}\text{Pu}$  et  $^{242}\text{Pu}$  ont été vérifiées et corrigées.

Une mise à jour de l'ensemble du fichier "structure" a été entreprise.

C-II-2- SYNOPSIS : outil interactif d'évaluation de données nucléaires  
(M. COLLIN - D. COTTEN - O. BERSILLON - R. PERRIER - C.A. PHILIS)

*Synopsis : an interactive system for nuclear data evaluation  
As planned in the previous report (1) many aspects of the  
SYNOPSIS system have been developed extending widely the pre-  
ceding possibilities.*

Les extensions prévues dans le rapport (1) ont été réalisées.

L'acquisition d'un disque de 300 Mégaoctets, remplaçant le 50 Mo d'origine nous a permis :

- de charger les nouvelles librairies KEDAK et JENDL,
- de créer notre propre librairie contenant les évaluations en cours ou non distribuées,
- d'étendre le système "MINI" contenant les données expérimentales ou des résultats de calculs à une évaluation. Chaque évaluateur dispose d'un fichier lui permettant de stocker 600 lots de données (section efficace = f (E) par exemple), de les comparer entre eux et avec les données ENDF.

Le programme de conversion est désormais capable de traiter toutes les options des descriptions ENDF B IV et B V des distributions angulaires et spectres de neutrons secondaires.

Les programmes d'édition comportent :

- l'édition d'une ou plusieurs sections d'un ou plusieurs matériaux,
- l'édition de la description complète d'un ou plusieurs matériaux,
- la traduction en version IV des nouvelles données distribuées en ENDF BV. Cette solution permet l'utilisation immédiate des données sans modification du programme utilisateur.

Une version "portable" de SYNOPSIS est en cours de test. Elle pourra être utilisée sur les "machines à octets" (donc excluant CDC) de 16 et 32 bits. Nous avons vérifié que les fichiers de données (MEGA, MINI et INDEX) établis sur MITRA 125 sont lus sans problème sur IBM 370.

Ceci permettra de distribuer ces données directement sous leur forme binaire, évitant de passer par le programme de stockage depuis les bandes originales (15 heures de CPU/Mitra 125 pour charger ENDF B IV + BV + ENDF). Un certain nombre de procédures (spécifiques à notre configuration ordinateur mais éventuellement adaptables) ont été développées pour faciliter la recherche et le tracé des données.

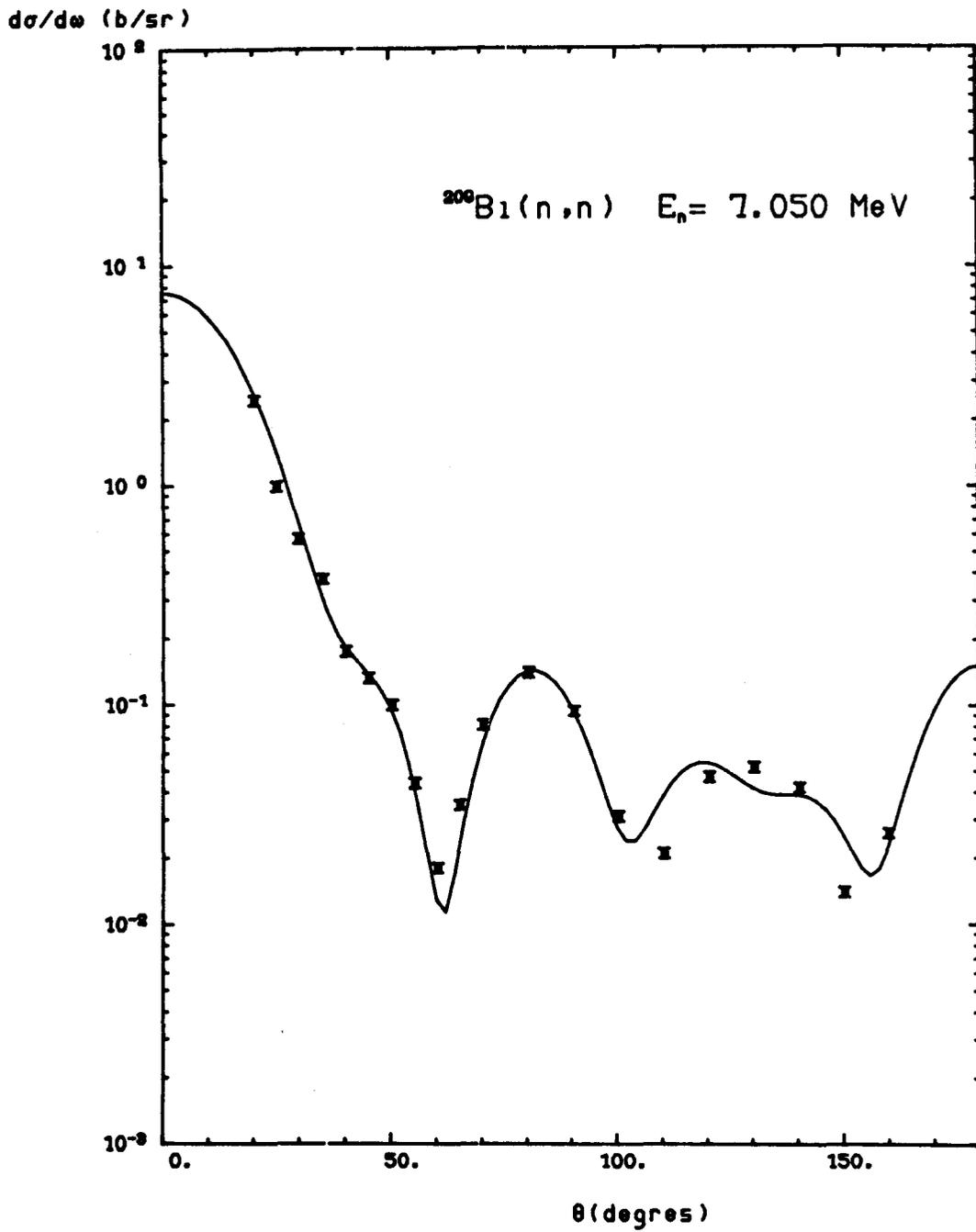
La figure 1 du chapitre C-I-2 et la figure 1 de celui-ci illustrent les types de représentations disponibles (sections efficaces - distributions angulaires - spectres).

La seconde partie faisant suite au rapport (2) concernant l'utilisation

pratique de SYNOPSIS sera publiée dès que la "version portable" sera opérationnelle.

REFERENCES

- (1) M. COLLIN - D. COTTEN - C. PHILIS *Synopsis : an interactive nuclear data evaluation file interface and maintenance system, dans NEANDC (E) 211 "L", INDC (FR) 41/L (mars 1981)*
- (2) M. COLLIN - A. SCHETT - C. PHILIS *Synopsis : an interactive nuclear data evaluation file interface and maintenance system : Part I Basic Concept NEANDC (E) 207 "L", INDC (FR) 37/L (1980)*



C-II-2 FIGURE 1

Section efficace différentielle de diffusion élastique  $n + ^{209}\text{Bi}$  à 7,05 MeV (sortie SYNOPSIS)

C-II-3- Système de couplage de codes de modèles nucléaires utilisés en évaluation

(P. NAGEL - C.A. PHILIS - R. PERRIER)

*An evaluation and calculation processing system with nuclear model codes  
Description is given of a data processing system used to  
produce "evaluated" data files from calculations generated  
by various nuclear model codes.*

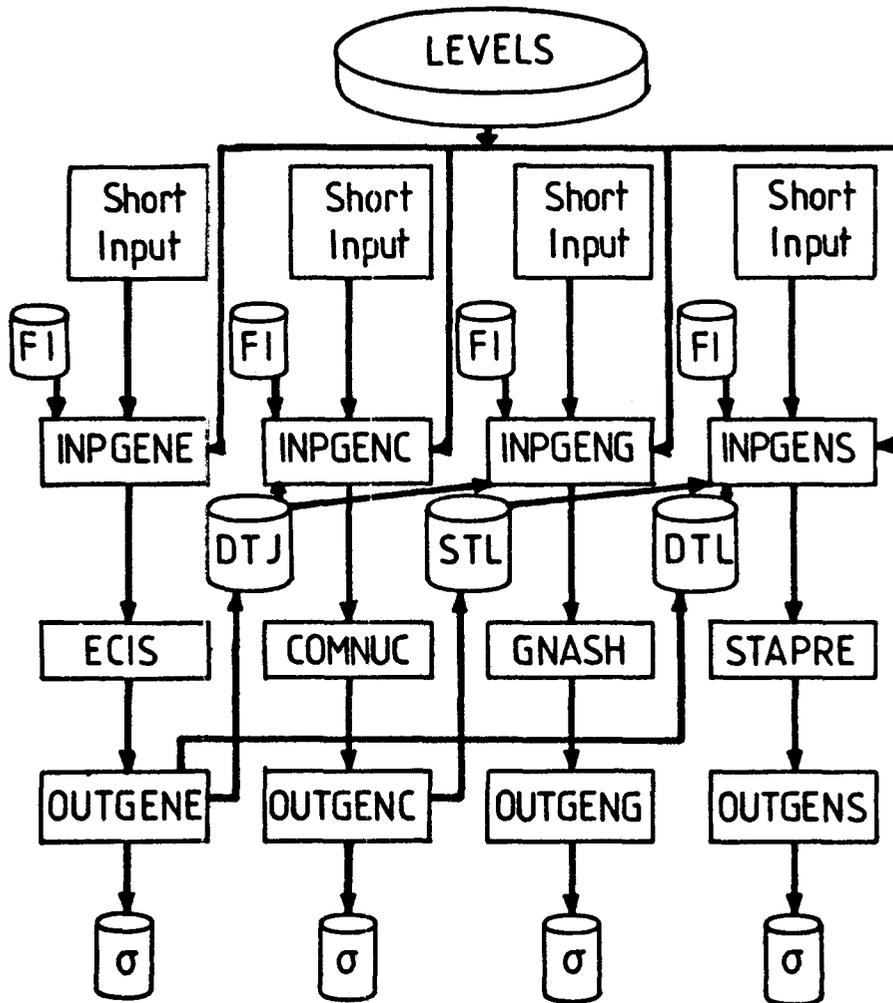
Dans le cadre de l'évaluation des sections efficaces, on utilise couramment différents codes de modèles nucléaires. On a étudié un système qui évite les redondances d'entrées des données pour les différents codes, couple les codes si nécessaire, et fournit dans un format standard les sections efficaces calculées.

Les codes qui sont pris en compte dans ce système sont : ECIS (1), COMNUC (2), GNASH (3), STAPRE (4). Les caractéristiques principales du système dont le diagramme de fonctionnement est visible figure 1 sont les suivantes :

- chaque code est précédé par une routine "INPGEN" qui génère les entrées du code à partir de fichiers communs,
- chaque code est suivi par une routine "OUT GEN " qui extrait les sections efficaces des fichiers de sortie dans un format commun,
- tous les codes ont un fichier de niveaux unique (format standard BRC),
- les pénétrabilités générées par ECIS ou COMNUC sont directement utilisables par les autres codes,
- les entrées des codes ont été simplifiées et sont en format libre;  
"short input" spécifie les réactions à calculer et la grille en énergie;  
"Fixed input" contient les paramètres nécessaires qui sont rarement modifiés.

REFERENCES

- (1) ECIS 78 : J. RAYNAL (SACLAY), *communication privée.*
- (2) C.L. DUNFORD, "A unified model for analysis of compound nucleus reactions", *Atomics International report AI-AEC-12931 (juillet 1970).*
- (3) 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).*
- (4) M. UHL and B. STROHMAIER "STAPRE : a computer code for particle induced activation cross sections and related quantities" IRK 76/01 + addendum  
*april 81*



DTJ : deformed  $T_j$ 's  
DTL : deformed  $T_l$ 's  
STL : spherical  $T_l$ 's

FI. : Fixed Input  
 $\sigma$  : BRC cross sections

C-II-3 FIGURE 1

*Diagramme de fonctionnement du système ECPS*

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

C-III-1- NRLY : Code de modèle statistique pour le calcul des sections efficaces neutroniques des noyaux fissionables (J. JARY)

*NRLY : a statistical model code for calculating neutron cross sections of fissionable nuclei.*

*A version of the statistical model code NRLY is made available which calculates the fast neutron cross sections of fissionable nuclei within an energy range from about 10 keV to 2 or 3 MeV.*

Le code NRLY a été rendu disponible dans sa version qui permet de calculer les sections efficaces des noyaux fissionables pour des neutrons d'énergie comprise entre environ 10 keV et 3 MeV. Les sections efficaces sont calculées pour les mécanismes suivants : capture radiative, diffusions élastique et inélastique composées, fission et distribution angulaire des fragments de fission. Le formalisme utilisé est celui développé dans la référence (1) :

- Dans les voies neutron les coefficients de transmission issus d'un calcul en modèle optique sont introduits comme données ainsi que les niveaux discrets et les paramètres de densité de niveaux du continuum pour les noyaux composé et cible,
- Dans les voies radiatives, la largeur moyenne d'émission  $\gamma$ , déduite du formalisme à 1 particule ou d'un formalisme de résonance dipolaire, est normalisée à sa valeur expérimentale dans la zone des résonances isolées.
- Dans les voies fission, des barrières à 2 bosses sont représentées par 3 paraboles jointes. Chaque ensemble de paramètres correspondants est associé à une bande rotationnelle complète. L'atténuation du flux dans le second puits de ces barrières est simulée par un potentiel imaginaire dont l'intensité varie avec l'énergie. Un exemple d'utilisation de ce code avec ajustements sur une section efficace de fission avec résonances intermédiaires est donné en réf. (2). Une notice d'utilisation et le listing du code sont donnés en référence (3).

REFERENCES

- (1) J. JARY - Ch. LAGRANGE - P. THOMET *Rapport NEANDC (E) 174*"L", INDC (FR) 9 L (1977)
- (2) H.ABOU YEHIA - J. JARY - J. TROCHON *Rapport NEANDC (E) 204*"L", INDC FR 341 L (1979)
- (3) J. JARY, *Note interne PNN 711/81 (Sept 81).*

C-III-2- RDF : code de calcul des réactions (d,pf), (d,pn) et (d,p $\gamma$ ) avec modèle statistique (J. JARY)

*RDF : code for calculating (d,pf), (d,pn) and (d,p $\gamma$ ) reactions using the statistical model.*

*A brief description is given of the code RDF which is made available for calculating charged particles induced reactions such as (d,pf), (d,pn), (d,p $\gamma$ ) with consideration of the statistical decay in the exit channel.*

Le code RDF, qui est une version modifiée d'un programme écrit pour des neutrons en voie d'entrée, traite des réactions (d,pf), (d,pn) et (d,p $\gamma$ ), mais il reste très adaptable à des réactions ayant d'autres voies d'entrée telles que (t,p) ou (He<sup>3</sup>,d). Ce programme calcule la décroissance par émission de rayons  $\gamma$ , de neutrons et par fission du noyau résiduel issu de la réaction (d,p). Dans une première étape, il est donc nécessaire de calculer la population des différents états d'énergie, spin et parité (E,J, $\pi$ ) de ce noyau. Cette population s'obtient soit par un calcul préliminaire du type DWBA dont les résultats seront des données d'entrée du code RDF, soit d'une manière approchée en utilisant le code RDF lui-même à partir d'une distribution moyenne des moments angulaires transférés et des densités de niveaux du noyau résiduel fissionnant (1) en fonction de l'énergie d'excitation de ce dernier.

Une fois connue la population relative des différents états (E,J, $\pi$ ) du noyau fissionnant, la décroissance de ce dernier est traitée par le formalisme déjà décrit pour les réactions (n,f) (2).

L'utilisation du code RDF est décrite dans la note (3).

#### REFERENCES

- (1) H.C. BRITT et al., *Phys. Rev.* 175 (1968) 1525, et communication privée
- (2) J. JARY - CH. LAGRANGE - P. THOMET - *Rapport NEANDC (E) 174<sup>A</sup>L*, INDC(FR)9/L (1977)
- (3) J. JARY - *Note interne PNN 145/81* (fév. 1981)

C-III-3- Application du modèle optique en voies couplées pour le calcul de sections efficaces neutroniques pour  $^{233}\text{U}$ . (CH. LAGRANGE)

*Application of the coupled channel optical model to the calculation of  $^{233}\text{U}$  neutron cross sections.*

*Coupled channel calculations of  $^{233}\text{U}$  neutron cross sections were undertaken using the coupling basis  $(5/2^+, 7/2^+, 9/2^+)$  and  $(5/2^+, 7/2^+, 9/2^+, 11/2^+)$ . The choice of the smaller coupling basis was found to be convenient for evaluation purposes.*

Des calculs en voies couplées de sections efficaces d'interaction neutron- $^{233}\text{U}$  ont été effectués. Nous avons étudié l'influence du choix de la base de couplage, à savoir  $(5/2^+, 7/2^+, 9/2^+)$  ou  $(5/2^+, 7/2^+, 9/2^+, 11/2^+)$ , sur la paramétrisation et les résultats du calcul.

Les paramétrisations correspondant aux divers choix de la base de couplage ont été déterminées par un ajustement sur les données expérimentales de fonctions densités (1), section efficace totale (2), et de diffusion élastique et inélastique à 1,5 MeV (3). Les résultats concernant les fonctions densités sont présentés en Table I. et ceux concernant les sections efficaces totales sur la fig. 1.

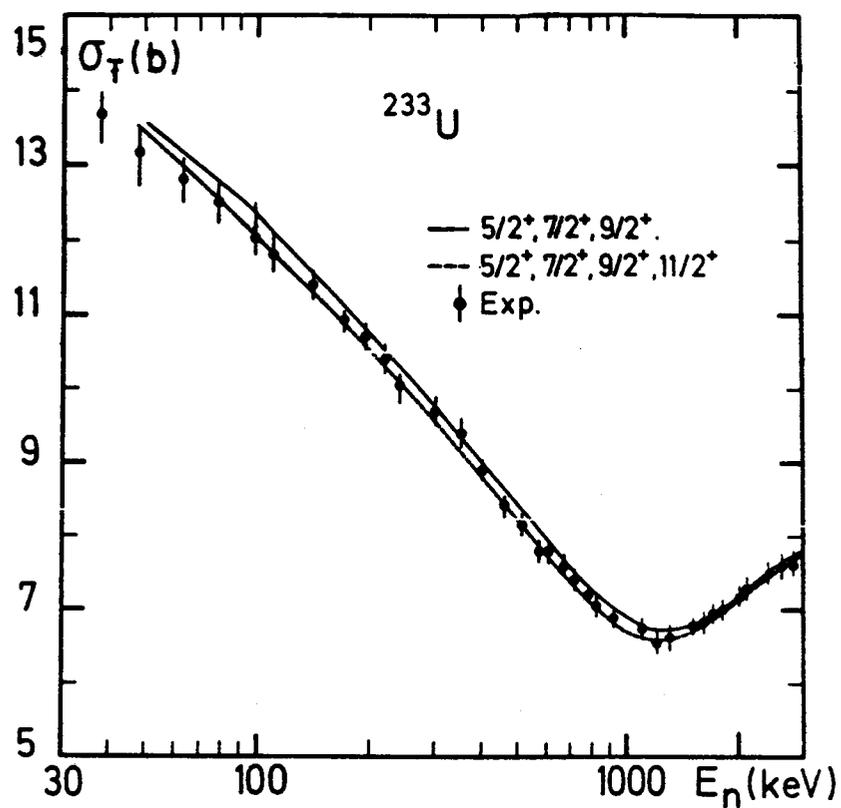
Les résultats obtenus en utilisant la base de couplage la plus grande sont en très bon accord avec les résultats expérimentaux. Ceux obtenus avec la base de couplage réduite sont moins proches des données mais peuvent cependant être considérés comme satisfaisants. En conséquence, le choix de la base de couplage  $(5/2^+, 7/2^+, 9/2^+)$  nous paraît donc approprié pour la prédiction des données.

#### REFERENCES

- (1) Y. KIKUCHI - *Communication privée* (1981)
- (2) POENITZ W.P. et al. *Nucl. Sc. Eng.*, Vol 78 p. 333 (1981)
- (3) HAOUAT G. *communication privée* (1981)

TABLE I - Fonctions densités ( $S_0, S_1$ ) et rayon de diffusion ( $R'$ ) pour  $^{233}\text{U}$

	$S_0 \times 10^4$	$S_1 \times 10^4$	$R'$ (fm)
Kikuchi Réf. (1)	$0,923 \pm 0,18$	$1,76 \pm 0,35$	9,93
Base $5/2^+, 7/2^+, 9/2^+$	1,10	2,10	9,44
Base $5/2^+, 7/2^+, 9/2^+, 11/2^+$	0,98	1,76	9,42



C-III-3 FIGURE 1

Sections efficaces neutroniques totales pour  $^{233}\text{U}$  en fonction de l'énergie. Comparaison expérience (2) et théorie.

C-III-4 Analyse par modèle optique microscopique de la diffusion élastique et inélastique de nucléons par  $^{208}\text{Pb}$  (JC BRIENT et CH. LAGRANGE)

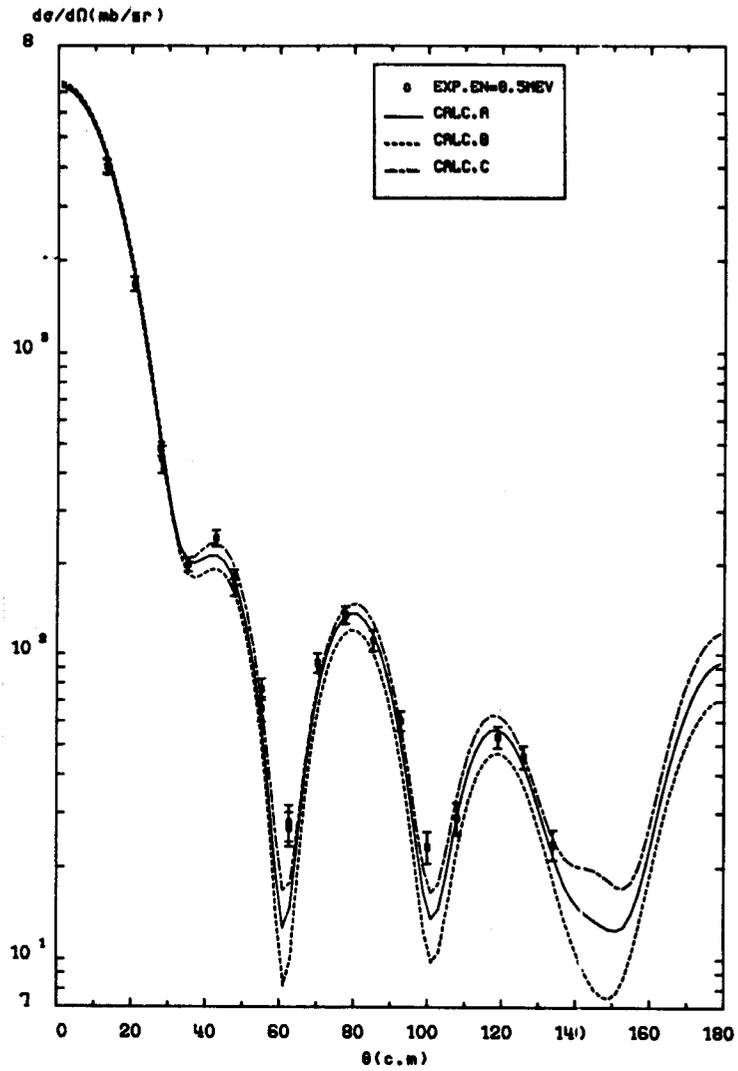
*Microscopic optical model analyses of elastic and inelastic nucleon scattering from  $^{208}\text{Pb}$ .*

*The microscopic model (1) was parametrized in the energy range 7-61 MeV so as to obtain a good agreement with nucleon elastic scattering data. The strength of the complex effective interaction has been deduced and then inelastic scattering cross sections could be determined using the nucleon transition densities calculated by J. Dechargé (2).*

L'ajustement sur les données expérimentales de diffusion élastique de nucléons par  $^{208}\text{Pb}$  nous a permis de paramétriser le modèle optique microscopique (1) dans le domaine d'énergie 7 MeV-61 MeV. De cet ajustement nous avons déduit une force effective complexe décrivant l'interaction nucleon-noyau. Le calcul des sections efficaces de diffusion inélastique a été ensuite entrepris en utilisant les densités de transitions calculées par J. Dechargé (2). Les calculs de diffusion élastique et inélastique de neutrons d'énergie incidente égale à 8,5 MeV sont présentés figures 1 et 2. Le calcul "C" correspond à un ajustement par modèle optique simple. Les autres calculs correspondent aux résultats obtenus par modèle optique en voies couplées, en utilisant soit les paramètres du calcul "C" (courbes B), soit des paramètres et densités de transition légèrement réajustés (courbes A). Les valeurs expérimentales sont extraites de la référence (3).

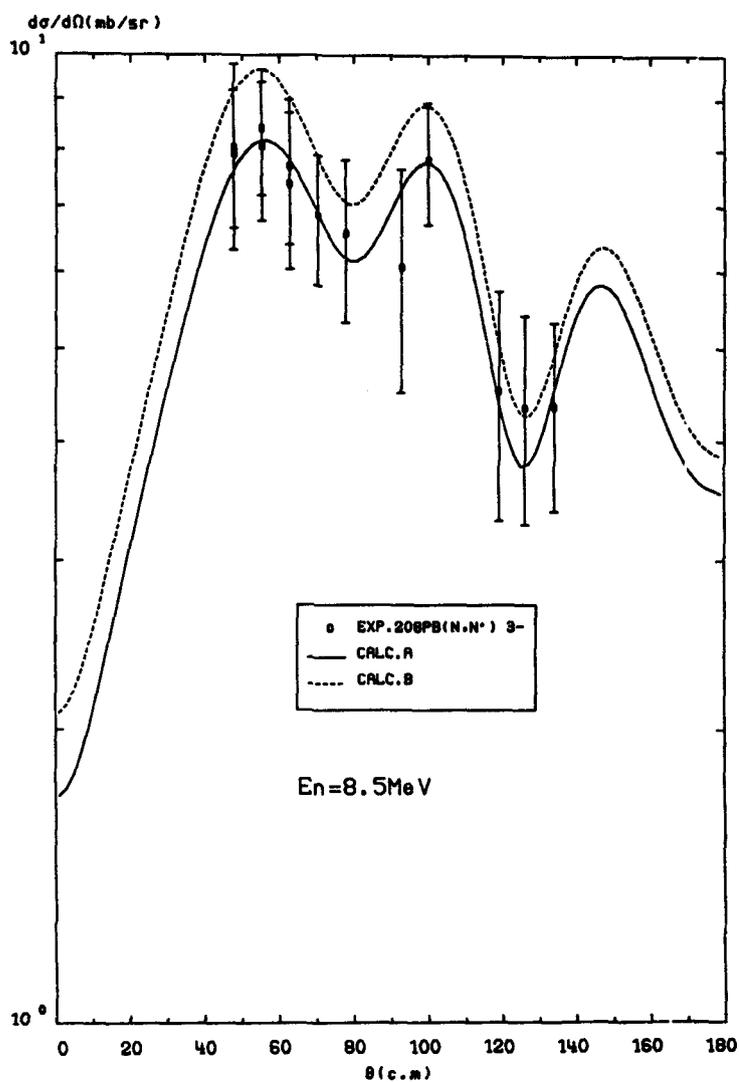
#### REFERENCES

- (1) JP JEUKENNE - A. LEJEUNE et C. MAHAUX *Phys. Review C* 16, 80 (1977)  
A. LEJEUNE - *Phys. Rev. C* 21, 1107 (1980)
- (2) J. DECHARGE *Communication privée*
- (3) W.E. KINNEY et F.G. PEREY *Rapport ORNL 4909* (1974)



C-III-4 FIGURE 1

Section efficace de diffusion élastique de neutrons  
de 8,5 MeV sur  $^{208}\text{Pb}$ . Distribution angulaire.



C-III-4 FIGURE 2

*Section efficace de diffusion inélastique de neutrons de 8,5 MeV sur  $^{208}\text{Pb}$ . Distribution angulaire pour le premier niveau excité  $3^-$ .*

C-III-5- Analyse des diffusions élastiques et inélastiques de neutrons d'énergie comprise entre 8 et 17 MeV sur les noyaux vibrationnels  $^{40}\text{Ca}$ ,  $^{54,56}\text{Fe}$ ,  $^{58,60}\text{Ni}$ ,  $^{63,65}\text{Cu}$ ,  $^{116,120}\text{Sn}$ , et  $^{208}\text{Pb}$ . \* (JP DELAROCHE)

*Analysis of neutron elastic and inelastic scattering from vibrational nuclei at incident energies between 8 and 17 MeV.*

*Many elastic and inelastic scattering data, including cross sections and analysing powers at energies between 8 and 17 MeV have been analysed in the framework of the coupled channels formalism. The data at TUNL were obtained for the following vibrational nuclei :  $^{40}\text{Ca}$ ,  $^{54,56}\text{Fe}$ ,  $^{58,60}\text{Ni}$ ,  $^{63,65}\text{Cu}$ ,  $^{116,120}\text{Sn}$ , and  $^{208}\text{Pb}$ . Coherent potential parametrizations have been obtained as well as deformation parameters  $\beta_{nn'}$ . The  $\beta_{nn'}$ 's compare to  $\beta_{pp'}$ 's for the same nuclei in a manner suggested by Madsen, Brown and Anderson. A non-zero value of spin-orbit deformation parameter is necessary to provide a good representation of the measured neutron scattering analysing powers.*

Une partie des activités de recherche en physique nucléaire à TUNL est consacrée depuis quelques années à la diffusion élastique et inélastique de neutrons polarisés, pour des énergies incidentes supérieures à 8 MeV. En plus des pouvoirs d'analyse "neutron", des sections efficaces de diffusion dans la même gamme d'énergie sont aussi mesurées.

Toutes ces données ont été combinées dans une suite d'analyses utilisant le modèle optique en voies couplées, analyses où ont également été considérées comme contraintes supplémentaires des sections efficaces totales ainsi que des fonctions densité. Les noyaux ainsi étudiés sont les suivants :

$^{40}\text{Ca}$ ,  $^{54,56}\text{Fe}$ ,  $^{58,60}\text{Ni}$ ,  $^{63,65}\text{Cu}$ ,  $^{116,120}\text{Sn}$  et  $^{208}\text{Pb}$ .

On peut brièvement résumer nos résultats de la façon suivante :

- 1- une paramétrisation cohérente sur une grande gamme d'énergie a été obtenue pour chacun de ces noyaux,
- 2- des paramètres de déformation  $\beta_{nn'}$  ont été obtenus et comparés aux déformations  $\beta_{pp'}$  extraites de la diffusion inélastique de protons sur les mêmes noyaux. Tous ces paramètres ont des valeurs compatibles avec les prédictions du modèle de Madsen, Brown et Anderson (1),
- 3- les pouvoirs d'analyse "neutron" sont compatibles avec des valeurs non nulles du paramètre de déformation du potentiel spin-orbite,

\* Travail effectué en collaboration avec le "Triangle Universities Nuclear Laboratory" (TUNL), NC (USA).

4- l'effet rétroactif du couplage aux résonances géantes isoscalaires sur les prédictions pour les états collectifs de basse énergie n'est pas négligeable et améliore dans certains cas la comparaison entre prédictions et mesures,

5- l'utilisation des paramètres (1) pour l'analyse des sections efficaces totales  $\sigma_t$  mesurées récemment à ORELA jusqu'à 80 MeV s'est révélée satisfaisante, renforçant ainsi la fiabilité des paramétrisations proposées.

Une partie de ces résultats a été présentée aux congrès de l'APS tenus à Baltimore et à Asilomar en 1981 (2). Une partie de ces travaux doit être très prochainement proposée à publication (3).

#### REFERENCES

- (1) V.A. MADSEN et al. *Phys. Review C* 12 (1975) 1205,  
(2) S. EL KADI et al. *Bull. Am. Phys. Soc.* 26 (1981) 550,  
P.P. GUSS et al. *Bull. Am. Phys. Soc.* 26 (1981) 623,  
C.E. FLOYD et al. *Bull. Am. Phys. Soc.* 26 (1981) 1138,  
JP. DELAROCHE et al. *Bull. Am. Phys. Soc.* 26 (1981) 1139,  
P.P. GUSS et al. *Bull. Am. Phys. Soc.* 26 (1981) 1139.  
(3) JP DELAROCHE et al. à soumettre à Nuclear Physics,  
P. GUSS et al. à soumettre à Physics Letters.

C-III-6- Analyse des diffusions élastiques et inélastiques de protons polarisés de 16 MeV sur  $^{76,78,80,82}\text{Se}$ .\* (JP DELAROCHE)

*Analysis of elastic and inelastic scattering of 16 MeV polarised protons from  $^{76,78,80,82}\text{Se}$ .*

*Elastic and inelastic scattering measurements for  $^{76,78,80,82}\text{Se}$  performed at 16 MeV using the polarised proton beam available at TUNL have been analysed using the coupled channel formalism. An overall good description of these data has been obtained.*

Des sections efficaces et des pouvoirs d'analyse pour la diffusion élastique et inélastique de protons polarisés ont été mesurés à TUNL à une énergie incidente de 16 MeV. Ces résultats obtenus pour plusieurs niveaux de chaque isotope ont été analysés à l'aide du modèle optique en voies couplées. Cette étude a permis de confirmer l'importance des couplages à tous les modes collectifs de basse-énergie en vue d'une dérivation fiable du potentiel de Lane. De plus cette étude a montré que des modèles collectifs simples ne permettent pas de rendre compte de façon tout à fait satisfaisante d'une partie des structures observées dans les distributions angulaires mesurées. Cette observation va dans le sens de ce que l'on connaît déjà sur la structure de ces noyaux : ce sont des noyaux mous dont le détail des propriétés dynamiques est encore mal compris. Une analyse préliminaire de ces données a été présentée (1) au congrès de l'APS à Baltimore (1981).

#### REFERENCE

- (1) R.L. WARNER et al. *Bull. Am. Phys. Soc.* 26 (1981) 635.

\*Travail effectué en collaboration avec le "Triangle Universities Nuclear Laboratory" (TUNL), NC (USA).

C-III-7- Interaction directe de neutrons rapides sur les têtes de bande de vibration  $\beta$  et  $\gamma$  des isotopes du Tungstène. (JP. DELAROCHE)

*Direct interaction of fast neutron scattered from the  $\beta$  and  $\gamma$  band head levels of the Tungsten isotopes.*

*As an extension of a previous report on fast neutron scattering from the first and second excited states of  $^{182,184,186}\text{W}$ , we have investigated the question of the importance of direct interaction of neutrons with  $\beta$  and  $\gamma$  band levels of these nuclei. For that purpose we have performed new coupled channel calculations using extended coupling bases and collective wave functions from the Rotation-Vibration model, and from Kumar and Baranger. It turns out that the predicted direct interaction cross sections for the  $2\gamma^+$  and  $0^+_{\beta}$  states are not negligible.*

Dans une publication récente (1) nous avons montré que la diffusion inélastique de neutrons rapides sur les deux premiers états excités de  $^{182,184,186}\text{W}$  s'interprétait bien à l'aide du modèle statistique et du modèle optique en voies couplées quand les fonctions d'onde du modèle rotationnel symétrique sont utilisées. Depuis lors nous nous sommes aussi intéressés à la question de savoir si les neutrons rapides pouvaient exciter par interaction directe les niveaux excités appartenant aux bandes de vibration  $\beta$  et  $\gamma$  de ces noyaux. Cette étude a été menée à l'aide du modèle Rotation-Vibration (2), et d'un modèle collectif réaliste (3). Les calculs en voies couplées basés sur ces modèles et incluant des bases de couplage élargies prédisent des sections efficaces d'interaction directe non négligeables pour les têtes de bande  $2\gamma^+$  et  $0^+_{\beta}$ , pour lesquelles des données de diffusion existent à des énergies incidentes comprises entre 2,7 MeV et 4 MeV (4). Cette étude fera l'objet d'une publication prochaine.

REFERENCES

- (1) JP. DELAROCHE et al. *Phys. Rev. C* 23 (1981) 136
- (2) A. FAESSLER et al. *Nucl. Phys.* 70 (1965) 33
- (3) K. KUMAR et M. BARANGER *Nucl. Phys. A* 122 (1968) 273
- (4) P.A. GUENTHER et A.B. SMITH *Bull. Am. Phys. Soc.* 23 (1978) 944

C-IV- DESCRIPTION DES NOYAUX DANS LE CADRE DES THEORIES SELF-CONSISTENTES  
DESCRIPTION OF NUCLEI WITHIN THE SELF-CONSISTENT THEORIES

C-IV-1- Description microscopique des résonances géantes dans les noyaux  $^{40}\text{Ca}$ ,  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{90}\text{Zr}$  et  $^{208}\text{Pb}$

(J. DECHARGE et D. GOGNY)

*Microscopic description of the giant resonances in  $^{40}\text{Ca}$ ,  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{90}\text{Zr}$  and  $^{208}\text{Pb}$ .*

*The microscopic description of giant resonances in the four nuclei  $^{40}\text{Ca}$ ,  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{90}\text{Zr}$  and  $^{208}\text{Pb}$  has been undertaken using a full self consistent RPA method. These calculations confirm the existence of the known giant resonances and predict some new ones which can appear at a transfer momentum different from zero.*

L'intérêt suscité actuellement par les résonances géantes (RG) dans de nombreux laboratoires, nous a conduit à poursuivre l'étude entreprise il y a un an concernant la description microscopique des RG dans le  $^{208}\text{Pb}$  et à l'étendre aux noyaux "Hartree Fock"  $^{40}\text{Ca}$ ,  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{90}\text{Zr}$ . Rappelons que cette étude basée sur la méthode R.P.A., est faite de manière totalement self-consistante à partir de l'interaction effective D1.

Dans le  $^{208}\text{Pb}$  pour lequel on dispose de nombreux résultats expérimentaux, les calculs RPA reproduisent bien les caractéristiques des RG les plus connues (monopolaire et quadrupolaire  $T = 0$ , dipolaire  $T = 1$ ). Ils confirment entre 20 et 30 MeV d'énergie d'excitation l'existence de nouveaux modes de vibration ("squeezing mode", HEOR, GQR  $T = 1$ ). Ils permettent également de connaître l'importance relative des différents modes intervenant à une énergie d'excitation donnée, importance souvent difficile à évaluer expérimentalement. Ainsi l'introduction de nos densités de transition associées à ces nouveaux modes dans des programmes de diffusion inélastique ( $pp'$ ) (1) donnent un bon accord avec les sections efficaces expérimentales. Parallèlement une analyse complète des résultats de diffusion inélastique ( $pp'$ ) et ( $\alpha\alpha'$ ) a été effectuée à l'Université de Hambourg (2). Cette analyse utilise l'interaction effective de H. Von Geramb et nos densités de transition. Les premiers résultats semblent prometteurs.

Les calculs RPA prévoient aux énergies d'excitation encore plus élevées, une intensité qui reste importante pour de nombreux modes de vibration, mais l'amortissement, vraisemblablement très élevé de tels modes, n'a

pas encore été évalué. De récentes expériences en diffusion ( $\alpha\alpha'$ ) à Saclay (3) viennent de confirmer l'existence de modes de vibration à ces très hautes énergies d'excitation.

Les résultats obtenus sur le  $^{90}\text{Zr}$  montrent un comportement des caractéristiques des RG assez similaire à celui du Pb. Dans le  $^{40}\text{Ca}$ , apparaît une plus grande fragmentation des RG. Ce phénomène vient du faible espacement en énergie entre les groupes de configurations particule-trou ( $1p - 1t$ ) laissé pour l'établissement d'un mode collectif. Le  $^{48}\text{Ca}$  pour lequel on dispose de très peu de résultats expérimentaux, présente un comportement particulier pour l'excitation des modes quadrupolaire et octupolaire.

En outre, l'intérêt de ces calculs RPA est de mettre en évidence le rôle essentiel du moment de transfert  $q$ . L'intensité d'un mode de vibration est habituellement estimé en pourcentage de la règle de somme "EWSR", elle-même calculée la plupart du temps dans l'approximation  $q \rightarrow 0$ . Or certains modes comme le "squeezing mode", résonnent à un moment de transfert non nul et disparaissent complètement à  $q = 0$ . Il est donc primordial de définir une règle de somme EWSR fonction du moment de transfert. Signalons enfin l'intérêt porté actuellement aux résonances magnétiques tant du point de vue théorique qu'expérimental.

Les nombreux résultats de ces calculs seront rassemblés dans une prochaine publication. Nous envisageons de poursuivre cette étude essentiellement dans deux directions : d'une part, étendre la méthode RPA aux quasi-particules pour pouvoir traiter les noyaux "Hartree Fock Bogoliubov", d'autre part évaluer les largeurs des RG. Ce dernier point demande de puissants ordinateurs car il faut prendre en compte l'espace considérable des configurations  $2p - 2t$ .

#### REFERENCES

- (1) N. MARTY - C. DJALALI - M. MORLET and A. WILLIS, *Orsay*, à paraître dans *Nucl. Phys.*
- (2) H.V. VON GERAMB - *Institut für experimentalphysik, Universität Hamburg* - A publier
- (3) H. FARAGGI et al. *Saclay 81* - A publier

C-IV-2- Distributions de densités de nucléons par la méthode Hartree-Fock-Bogoliubov pour les noyaux sphériques

(J. DECHARGE)

*Nucleon densities distributions in spherical nuclei from the Hartree-Fock-Bogoliubov method*

*H.F.B. neutron, proton and charge density distributions of spherical nuclei from  $^{16}\text{O}$  up to the lead region, are presented. For some nuclei the effect of the long range correlations in the ground state have been taken into account by the RPA method.*

Dans le domaine des réactions nucléaires, il est intéressant pour pouvoir comparer théorie et expérience, de disposer de distributions de densité de nucléons calculées sur des bases microscopiques. Pour répondre à de nombreuses demandes de divers laboratoires, nous avons rassemblé et publié (1) les densités de neutrons et de protons calculées par la méthode Hartree-Fock-Bogoliubov, pour les noyaux sphériques allant de l'oxygène au plomb. Pour quelques noyaux ces densités ont de plus été corrigées, par la méthode RPA, des effets des corrélations à longue portée de l'interaction nucléaire.

Certaines de ces densités ont déjà été comparées aux résultats expérimentaux obtenus en diffusion élastique d'électrons (2) ou de protons (3)(4). De même, les rayons carré moyens tirés de ces densités ont pu être comparés aux rayons expérimentaux : rayons de charge (2), de matière (5) ou rayons neutron (3) qui en découlent.

L'accord est généralement très satisfaisant.

Les corrections RPA améliorent encore cet accord. Le cas de la différence des rayons de charge  $^{40}\text{Ca}$  et  $^{48}\text{Ca}$ , est à ce point de vue significatif puisque nous retrouvons la valeur expérimentale.

REFERENCES

- (1) J. DECHARGE, "Distribution de densités de nucléons calculées par la méthode de HFB pour les noyaux sphériques", Note CEA, à paraître,
- (2) B. FROIS et al. *Nucl. Phys. A* 358 (1981) 383 C et références citées,
- (3) A. CHAUMEAUX - V. LAYLY and R. SCHAEFFER - *Annals de physics Vol 116* 247 (1978),
- (4) G.W. HOFFMANN - *University of Texas, Austin - A publier,*
- (5) A.M. BERNSTEIN- C.N. PAPANICOLAS - W.Q. SUMMER and J.S BLAIR, *University of Illinois - Massachusetts Institute of Technology, à publier.*

C-IV-3- Effets dynamiques sur la densité de transition  $2^+$  du  $^{58}\text{Ni}$

(M. GIROD - B. FROIS\* - B. GRAMMATICOS\*\*)

*Dynamical effects on the  $2^+$  transition densities of  $^{58}\text{Ni}$*

*Results of very high momentum transfer inelastic electron scattering data from the first excited  $2^+$  state of  $^{58}\text{Ni}$  have been interpreted in a fully self consistent theoretical framework. We show that a fair agreement between theoretical and experimental results can be obtained in a dynamical model from solving the Bohr-Hamiltonian and also in a simplified approach of the nuclear dynamics such as the Davydov-Filippov model. A possible explanation of this apparent paradox is given.*

L'étude de la densité de transition  $2^+$  du  $^{58}\text{Ni}$  a été poursuivie dans le cadre des modèles de Bohr-Mottelson et de Davydov-Filippov (1) (2). La mesure expérimentale de cette densité de transition a été faite par diffusion inélastique d'électrons à l'ALS de Saclay. Cette mesure à très haut transfert révèle des détails de la structure nucléaire avec une grande précision au centre du noyau.

Du point de vue théorique, pour décrire le  $^{58}\text{Ni}$  nous avons tout d'abord déterminé les états intrinsèques du noyau par la méthode Hartree-Fock-Bogoliubov (HFB) sous contraintes. Les degrés de liberté pris en compte sont les déformations axiales  $\beta$  et triaxiales  $\gamma$ . Ces degrés de liberté sont très importants pour la dynamique du  $^{58}\text{Ni}$ , car les calculs de la surface d'énergie potentielle ont montré que ce noyau était très mou vis à vis des déformations axiales et triaxiales.

La figure 1 montre le résultat des calculs de la densité de charge  $0^+$  et de la densité de transition  $2^+$  comparés à l'expérience. Pour la densité de transition  $2^+$ , deux courbes sont présentées. La courbe labellée BM résulte d'un calcul effectué avec les fonctions d'ondes dynamiques obtenues par résolution du Hamiltonien de Bohr. Ce résultat ne reproduit pas l'expérience. Son amplitude à la surface indique que la déformation dynamique calculée est trop grande :  $\langle \beta \rangle = 0,234$  au lieu de  $0,192$  déduit du  $B(E2)$  expérimental. La courbe labellée "BM scaling" est le résultat du même calcul mais effectué avec une fonction d'onde dynamique corrigée d'un facteur d'échelle tel que sa déformation moyenne soit  $\langle \beta \rangle = 0,192$ . Ce léger ajustement est suffisant pour obtenir un très bon accord avec l'expérience.

La figure 2 montre les densités calculées dans le cadre du modèle de Davydov-Filippov. A l'inverse du précédent, ce modèle suppose que le noyau

est un rotor triaxial rigide. Nous avons fixé les déformations  $\beta, \gamma$  de ce rotor aux valeurs moyennes obtenues dans le modèle de Bohr-Mottelson :  $\langle \beta \rangle = 0,192$  ,  $\langle \gamma \rangle = 30^\circ$  . L'accord avec l'expérience est tout à fait remarquable pour les 2 états  $0^+$  et  $2^+$  .

Comment expliquer que deux modèles, l'un décrivant les noyaux comme mous, l'autre les supposant rigides, conduisent à des résultats également en accord avec l'expérience ? Une explication possible serait l'effet de la métrique à 5 dimensions  $\beta^4 \cdot \sin 3\gamma \cdot d\beta d\gamma$  du Hamiltonien de Bohr-Mottelson, qui, dans le cas d'un noyau mou autour d'une forme sphérique, joue un rôle dominant dans la détermination des déformations moyennes  $\langle \beta \rangle$ ,  $\langle \gamma \rangle$  . Dans ce cas en effet, cette métrique conduit à des déformations  $\gamma$  centrées autour de  $30^\circ$  (effet du facteur  $\sin 3\gamma$ ) et à des déformations  $\beta$  systématiquement non nulles (effet du facteur  $\beta^4$ ) .

Cela peut expliquer pourquoi la même situation a été observée sur d'autres noyaux où il n'est pas possible de distinguer les modèles supposant une déformation rigide de ceux supposant le noyau mou (3) .

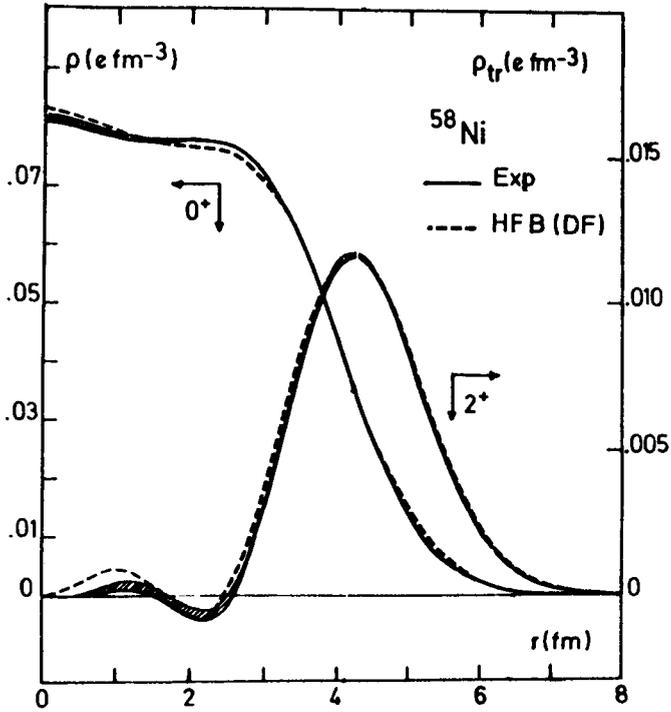
Cette étude fait l'objet d'une publication en cours (4) .

#### REFERENCES

- (1) B. FROIS - J.B BELLICART - M. GIROD - B. GRAMMATICOS - J. HEISENBERG - M. HUET - Ph. LECONTE - X.H. PHAN - I. SICK - S.TURCK-CHIEZE, "Triaxial deformations effects in the  $2^+$  transition charge density of  $^{58}\text{Ni}$ ", Symp. sur les perspectives de la phys. electro et photo nucléaire", 29-9 au 3-10-1980, Saclay.
- (2) M. GIROD - B. GRAMMATICOS - "Interpretation microscopique de la densité de transition du  $^{58}\text{Ni}$  et du  $^{152}\text{Sm}$ ", 6è session d'études Biennale de physique nucléaire, Aussois, 2-6/2/81
- (3) T. YAMAZAKI, Nucl. Phys. 49, 1 (1963)
- (4) M. GIROD - B. GRAMMATICOS - B. FROIS, "The effects of triaxial deformation in the structure of the  $2^+_{11}$  transition charge density in  $^{58}\text{Ni}$ ", soumis à Phys. Rev. Letters.

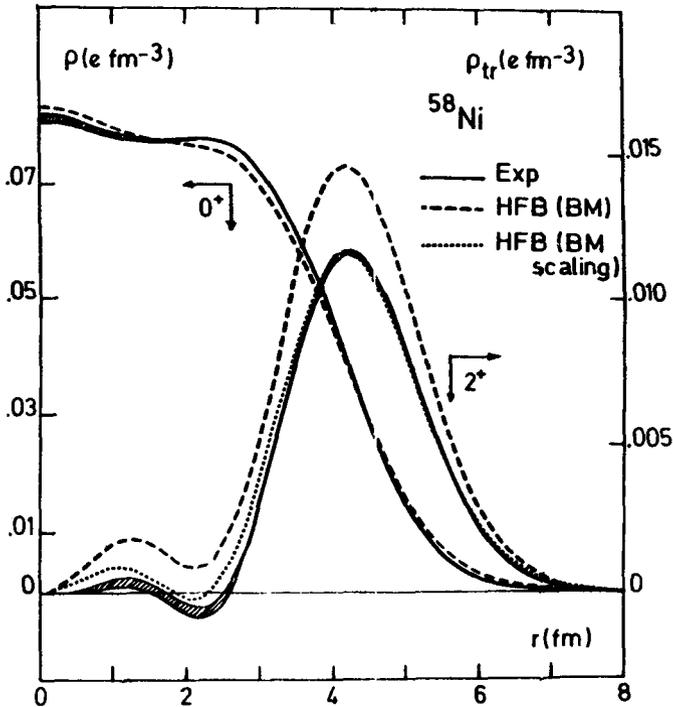
\*DPH-N/HE CEN Saclay

\*\*Service de Physique théorique, CRN Strasbourg



C-IV-3 FIGURE 1

Densité de charge  $\rho$  de l'état fondamental de  $^{58}\text{Ni}$  et densité de transition  $\rho_{tr}$  de charge pour le 1er état  $2^+$ , en fonction du rayon. Comparaisons expérience-calculs (modèle Bohr-Mottelson, voir texte).



C-IV-3 FIGURE 2

Idem figure 1 : comparaison expérience-calcul  
(modèle Davydov-Filippov, voir texte).

C-IV-4- Calcul microscopique du potentiel collectif des isotopes pairs  $A = 182$  à  $190$  du Mercure et de l'isotope impair  $^{185}\text{Hg}$

(M. GIROD - P.G. REINHARD\*)

*A microscopic calculation of collective potential in  $^{182}\text{Hg} - ^{190}\text{Hg}$  isotopes*

*In a HFB calculation with quadrupole deformation constraint and use of the D1 force we evaluate the collective potential energy for the surface quadrupole motion and the according cranking masses for the even-even mercury isotopes  $^{182}\text{Hg}$ ,  $^{184}\text{Hg}$ ,  $^{186}\text{Hg}$ ,  $^{188}\text{Hg}$ ,  $^{190}\text{Hg}$ . We obtain extremely smooth potential energy surfaces, where the energy of the prolate minimum decreases towards the energy of the oblate minimum with decreasing neutron number, showing an oblate-prolate transition near  $^{184}\text{Hg}$ . An additional blocked HFB calculation for the odd nucleus  $^{185}\text{Hg}$  provides an explanation for the occurrence of the odd-even staggering.*

Les isotopes du Mercure déficients en neutron ont fait l'objet de nombreuses études expérimentales et théoriques. Le fait expérimental marquant de cette série d'isotopes est la brusque augmentation du rayon nucléaire du Mercure 185 par rapport à ses voisins  $^{184}\text{Hg}$  et  $^{186}\text{Hg}$ . Il semble d'après les différents calculs effectués qu'une transition de forme "oblate-prolate" intervienne dans cette région au voisinage du Mercure 184. La localisation exacte de la transition est un test très fin pour la théorie et en particulier les effets d'appariement peuvent fortement influencer le résultat.

C'est pourquoi nous avons entrepris le calcul des surfaces d'énergie potentielle par la méthode Hartree-Fock-Bogoliubov avec l'interaction D1 qui permet d'évaluer les effets d'appariement de façon totalement microscopique.

La figure 1 montre les surfaces d'énergie en fonction de la déformation quadrupolaire  $\beta \sim \langle r^2 Y_{20} \rangle$ . Ces surfaces sont très molles et les différences d'énergie "oblate-prolate" très faibles. Si les isotopes pairs de  $^{190}\text{Hg}$  à  $^{184}\text{Hg}$  semblent avoir un état fondamental oblate vers  $\beta = -0,16$  il est clair qu'une très faible perturbation serait suffisante pour provoquer une transition vers une forme prolate à  $\beta \approx 0,25$ . C'est probablement ce qui se passe pour le Mercure 185, où le dernier neutron non apparié peut suffire à stabiliser le noyau dans le puits prolate. L'augmentation brusque du rayon pour le Mercure 185 est alors simplement due au fait que

ce noyau a une déformation nettement plus grande que ses voisins ( $|\beta| \sim 0,25$  au lieu de  $0,16$ ). La figure 2 montre le détail du calcul de la surface d'énergie potentielle du Mercure 185. Pour ce noyau impair nous devons rechercher dans quel état se trouve le dernier neutron non apparié et faire cette recherche à chaque déformation. Nous obtenons ainsi une série de courbes de déformation pour les différents états "bloqués". Pour la clarté de la figure, nous avons séparé les états de parité paire (fig 2-b) de ceux de parité impaire (fig.2-a).

Les résultats statiques ainsi obtenus donnent de précieux renseignements pour une compréhension qualitative du phénomène physique. Toutefois pour des surfaces d'énergie potentielle aussi molles, seul un calcul dynamique peut donner une réponse quantitative précise. Ce calcul a été fait dans le cadre de la méthode de la coordonnée génératrice en résolvant l'équation de Hill et Wheeler à l'approximation du recouvrement gaussien. Ceci nécessite le calcul des énergies de point zéro et des masses collectives. Celles-ci ont été calculées à l'approximation du "Cranking". La fonction d'onde collective  $|\Psi\rangle$  ainsi obtenue permet entre autres, de calculer le rayon moyen du noyau

$$\langle r^2 \rangle_{\text{coll.}} = \langle \psi | r^2 | \psi \rangle$$

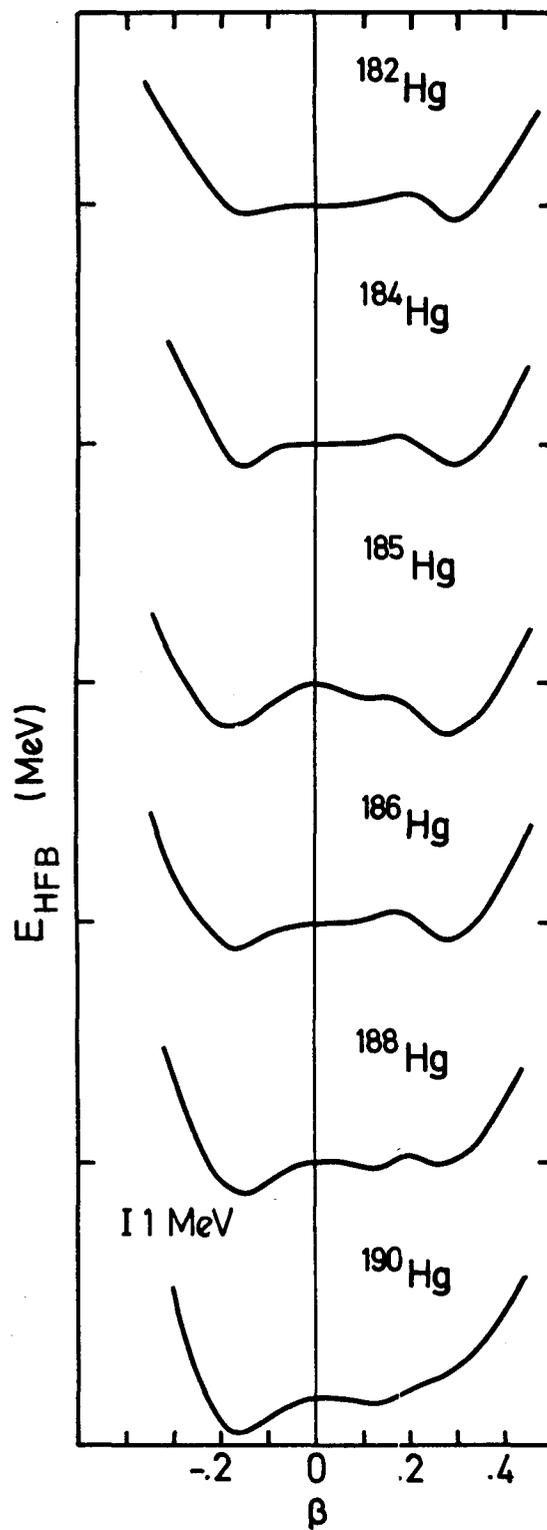
Les résultats obtenus sur les différences de rayon de deux noyaux pairs voisins reproduisent les résultats expérimentaux à  $\pm 1.10^{-3}$  fm.

Les résultats définitifs de ces calculs dynamiques, en particulier sur le Mercure 185, seront donnés dans une prochaine publication (1)

#### REFERENCE

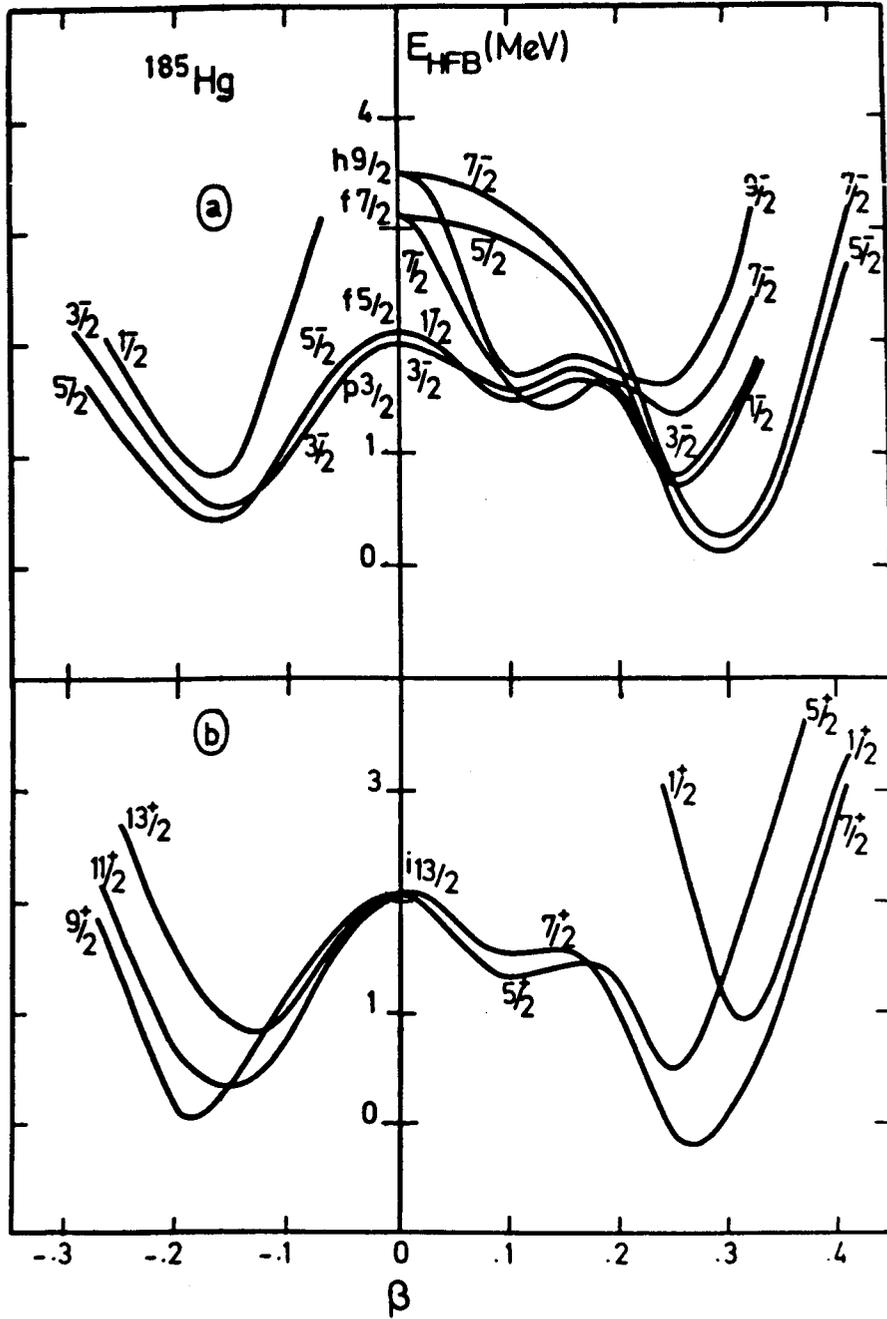
- (1) M. GIROD - P.G. REINHARD - *"a microscopic calculation of collective potential and mass in Hg isotopes"*, à publier

\*Inst. für Kernphysik, Universität Mainz, Germany



C-IV-4 FIGURE 1

Surface d'énergie potentielle HFB en fonction de la déformation  $\beta$  des isotopes légers du Mercure.



C-IV-4 FIGURE 2

Surface d'énergie potentielle en fonction de la déformation  $\beta$  du Mercure 185 pour différents états bloqués du dernier neutron.

C-IV-5- Calculs microscopiques des propriétés de déformation dans la région des Actinides.

(M. GIROD - D. GOGNY)

*Microscopic calculation of deformation properties in the Actinide region*

*Results from Hartree-Fock-Bogoliubov calculations performed with the D1 density dependent force have been obtained for fifteen even nuclei going from  $^{230}\text{Th}$  to  $^{258}\text{Fm}$ .*

*Binding energies, charge radii, pairing energies, multipole moments  $q_2, q_4, q_6$ , are given and compared with experimental data.*

Nous avons poursuivi la description, commencée en référence (1), des noyaux déformés par la méthode Hartree-Fock-Bogoliubov (HFB) dans la région des Actinides. Il s'agit ici de calculs statiques décrivant les propriétés d'état fondamental des noyaux considérés, c'est à dire : les énergies de liaison, les déformations multipolaires, les rayons moyens, les propriétés d'appariement, etc. La force à deux corps utilisée dans ces calculs est la force D1 dépendante de la densité.

Les solutions HFB sont développées sur la base de l'oscillateur harmonique conservant la symétrie axiale et la symétrie droite-gauche. La base a été tronquée suivant la prescription :

$$(2n_{\perp} + m + 1) \hbar\omega_{\perp} + (n_z + 1/2) \hbar\omega_z \leq (N + 2) \hbar\omega_0$$

$$\text{où } \hbar\omega_0^3 = \hbar\omega_{\perp}^2 \cdot \hbar\omega_z$$

Pour les 15 actinides présentés ici (cf aussi références (2)) nous avons pris  $N = 12$ .

Les deux paramètres  $\hbar\omega_{\perp}$  et  $\hbar\omega_z$  ont été obtenus par minimisation de l'énergie HFB.

Les moments multipolaires  $q_{\lambda}$  sont définis par la relation

$$q_{\lambda} = \int \rho(\vec{r}) r^{\lambda} Y_{\lambda 0} d\vec{r}$$

où  $\rho(\vec{r})$  est la densité de charge ou de masse.

Ces moments  $q_{\lambda}$  peuvent être connectés aux paramètres  $\beta_{\lambda}$  donnés dans la littérature. Cependant ces dernières quantités supposent une paramétrisation de la forme du noyau et nous préférons comparer directement les moments multipolaires HFB aux déformations intrinsèques déduites des  $B(E_{\lambda})$

ou aux moments correspondants du potentiel optique déformé. Les résultats des calculs sont donnés dans les tables I et II. Les énergies de liaison pour toute la série des actinides étudiés sont bien reproduites par le calcul, les différences d'énergie ne dépassant pas 3 MeV.

La figure 1 montre les moments multipolaires HFB comparés à deux séries de résultats expérimentaux. La première série (réf. (3)) résulte d'une expérience de diffusion ( $\alpha'$ ), les  $q_\lambda$  étant extraits des  $B(E\lambda)$ . Ce sont les seuls résultats expérimentaux disponibles au delà de l'Uranium 238. Les  $q_2$  ainsi obtenus sont systématiquement plus grands que les  $q_2$  calculés. D'autre part les  $q_4$  semblent s'annuler vers  $A = 244 - 248$ , alors que les calculs HFB prédisent un changement de signe de  $q_4$  vers  $A = 260 - 262$ . Les résultats de la 2<sup>e</sup> série (référence (4)), plus récents, sont en très bon accord avec les résultats théoriques pour les moments  $q_2$ ,  $q_4$ , et aussi  $q_6$ . De nouvelles expériences sur les noyaux au-delà de  $^{238}\text{U}$  semblent nécessaires pour confirmer ou non les différences constatées entre théorie et expérience.

#### REFERENCES

- (1) M. GIROD - D. GOGNY - dans "progress Report of recent works on Actinide Nuclear data at Bruyères-le-Châtel", rapport NEANDC(E) 211 "L", INDC (FR) 41/L (mars 1981)
- (2) M. GIROD - D. GOGNY - dans "Status of Activities on Actinide Nuclear data at Bruyères-le-Châtel", Note PNN - 809/81 (4<sup>th</sup> CRP on Actinide Evaluation, Vienna, 12-13 oct 1981), et rapport NEANDC-INDC en cours.
- (3) C.E. BEMIS Jr. et al., *Phys. Rev. C* 8 (1973) 1466
- (4) R.M. RONNINGEN et al., *Phys. Rev. Lett.* 47 (1981) 635

Nucleus	$B_{HFB}$ (MeV)	$B_{exp}$ [a] (MeV)	E pairing (MeV)		Gap (MeV)		$I_x$ ( $\hbar^2$ /MeV)
			p	n	p	n	
$^{230}\text{Th}$	1753.5	1755.152	8.3	9.3	1.2	1.1	36
$^{232}\text{Th}$	1764.9	1766.709	8.8	8.8	1.2	1.0	38
$^{234}\text{U}$	1777.3	1778.592	8.4	8.3	1.1	1.0	42
$^{236}\text{U}$	1788.7	1790.435	8.8	8.6	1.1	1.0	42
$^{238}\text{U}$	1799.3	1801.713	9.6	8.4	1.2	.90	40
$^{236}\text{Pu}$	1787.8	1788.423	7.9	8.2	1.1	1.0	44
$^{238}\text{Pu}$	1800.2	1801.294	7.9	8.0	1.2	1.0	46
$^{240}\text{Pu}$	1811.8	1813.475	8.5	8.2	1.2	.90	43
$^{242}\text{Pu}$	1822.9	1825.026	9.5	7.7	1.2	.90	42
$^{244}\text{Pu}$	1833.4	1836.081	10.7	6.0	1.2	1.1	45
$^{244}\text{Cm}$	1834.1	1835.869	9.2	7.5	1.1	.90	43
$^{246}\text{Cm}$	1845.7	1847.846	9.7	6.8	1.1	1.1	45
$^{248}\text{Cm}$	1856.1	1859.215	10.7	8.3	1.2	.90	39
$^{252}\text{Cf}$	1878.3	1881.294	11.1	10.0	1.2	1.0	36
$^{258}\text{Fm}$	1910.9	-	11.3	10.5	1.2	1.0	34

[a] Atomic Data and Nuclear Data Tables 19 (1977) 177.

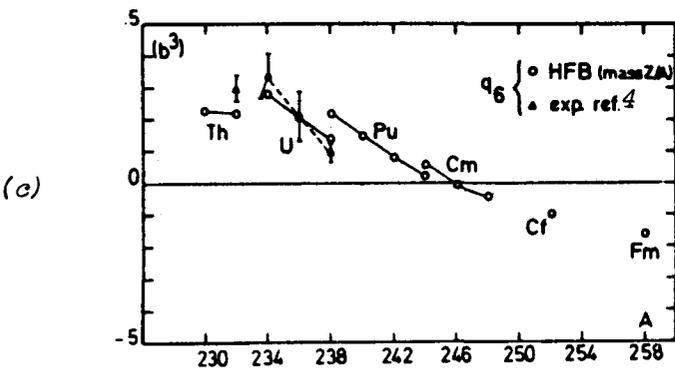
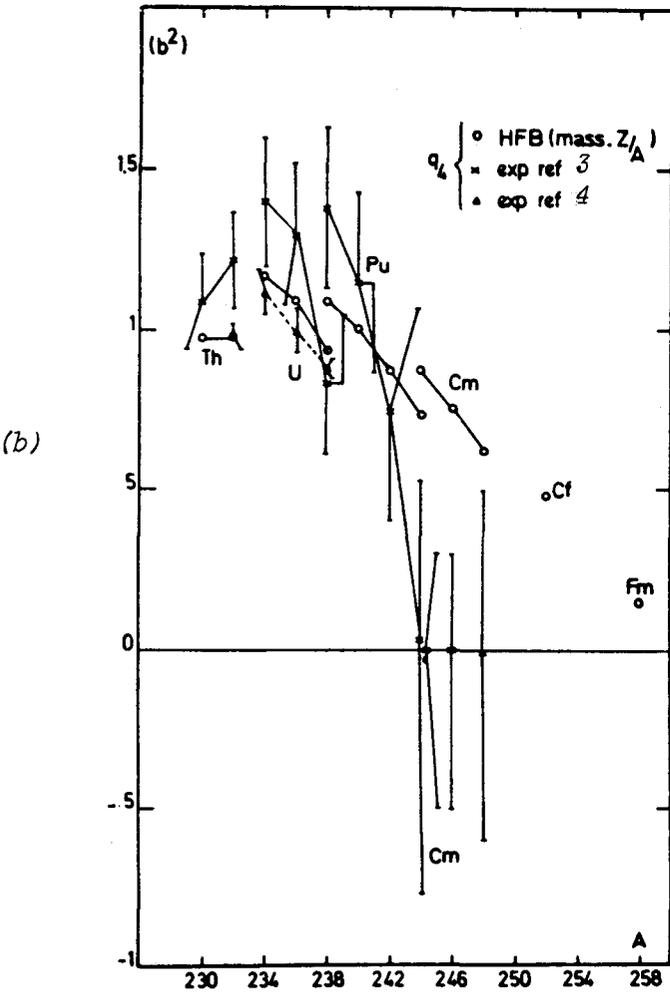
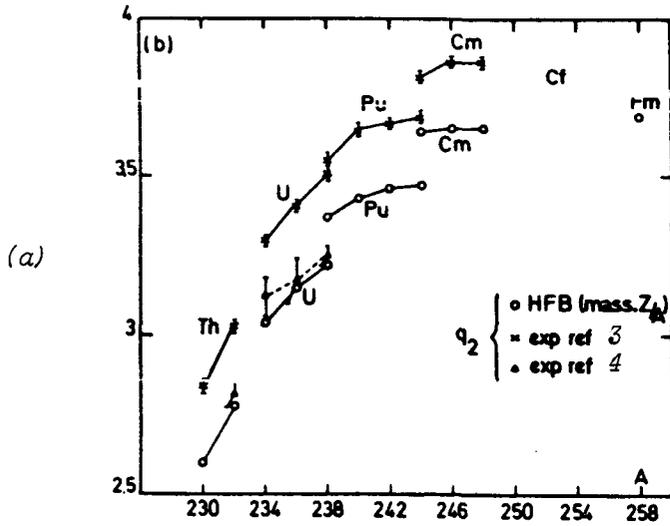
TABLE I

*Energie de liaison HFB ( $B_{HFB}$ ), expérimentale ( $B_{exp}$ ), énergies de paires et gap protons et neutrons (p,n), et moments d'inertie ( $I_x$ ) calculés à l'approximation du Cranking.*

Nucleus	$q_2^C$ (b)	$q_2^M \times \frac{Z}{A}$	$q_4^C$ (b <sup>2</sup> )	$q_4^M \times \frac{Z}{A}$	$q_6^C$ (b <sup>3</sup> )	$q_6^M \times \frac{Z}{A}$	$r_{ch}$ (fm)
<sup>230</sup> Th	2.57	2.60	.94	.97	.23	.23	5.714
<sup>232</sup> Th	2.74	2.78	.96	.97	.22	.22	5.730
<sup>234</sup> U	3.05	3.04	1.17	1.17	.30	.28	5.764
<sup>236</sup> U	3.16	3.15	1.10	1.09	.23	.21	5.777
<sup>238</sup> U	3.21	3.22	.94	.93	.16	.14	5.792
<sup>236</sup> Pu	3.31	3.26	1.19	1.18	.28	.26	5.796
<sup>238</sup> Pu	3.42	3.37	1.11	1.09	.24	.22	5.810
<sup>240</sup> Pu	3.47	3.43	1.02	1.00	.18	.15	5.823
<sup>242</sup> Pu	3.48	3.46	.89	.87	.11	.08	5.833
<sup>244</sup> Pu	3.49	3.47	.77	.73	.05	.02	5.843
<sup>244</sup> Cm	3.70	3.64	.90	.87	.09	.06	5.862
<sup>246</sup> Cm	3.70	3.65	.80	.75	.007	-.004	5.872
<sup>248</sup> Cm	3.67	3.65	.67	.62	-.003	-.04	5.882
<sup>252</sup> Cf	3.85	3.78	.54	.48	-.07	-.10	5.918
<sup>258</sup> Fm	3.75	3.69	.20	.15	-.14	-.16	5.960

TABLE II

Moments  $q_2$ ,  $q_4$ ,  $q_6$  et rayons de charge obtenus par calcul HFB de l'état fondamental.



C-IV-5 FIGURE 1

Moments expérimentaux et calculés  
 a) moments quadrupolaires,  
 b) hexadécapolaires,  
 c) hexacontatétrapolaires.

C-IV-6- Description microscopique de la fission. Le mécanisme de la scission  
(JF BERGER - M. GIROD - D. GOGNY)

*Microscopic description of fission. The scission mechanism.*

*A completely microscopic approach based on the Hartree-Fock-Bogoliubov procedure with various constraining fields has been used to extract the characteristic features of the collective dynamics of the fission process at low energy, in the case of the  $^{240}\text{Pu}$  nucleus. This study shed light in particular on the mechanism of scission.*

Comparée aux approches phénoménologiques généralement adoptées pour décrire la fission des noyaux, la méthode de Hartree-Fock-Bogoliubov avec champs extérieurs possède l'avantage essentiel de fournir un cadre unique qui permet de décrire sur un même plan et à partir de la seule interaction nucléon-nucléon, à la fois les aspects collectifs du phénomène (effets de goutte) et ceux provenant de la structure interne du système (effets de couche, appariement). Elle donne, en particulier, le moyen d'introduire les variables collectives associées au mouvement de grande amplitude qui conduit le noyau à la scission. Le caractère microscopique et "self-consistent" de la méthode assure, par ailleurs, que le couplage entre degrés de liberté collectifs et degrés de liberté internes est correctement pris en compte. Grâce à cela, ce type d'approche est capable de dégager les mécanismes fondamentaux, encore mal compris, qui gouvernent la fission nucléaire à basse-énergie.

C'est dans cette optique que se situent les travaux que nous avons réalisés récemment. Comme nous allons le voir, ils mettent particulièrement bien en lumière les caractéristiques principales de la dynamique collective dans la voie de fission. Cette étude a notamment permis de donner une interprétation à un processus jusqu'ici mal connu : la scission du noyau.

Les surfaces d'énergie potentielle représentées sur les fig. 1 et 2 regroupent l'essentiel des résultats obtenus. Elles concernent la fission du noyau  $^{240}\text{Pu}$ . Nous n'entrerons pas ici dans les détails de l'analyse de ces surfaces. Celle-ci a été donnée récemment (cf références (1,2,3)). Nous mentionnerons simplement les conclusions principales auxquelles elles ont permis d'arriver.

La surface d'énergie potentielle de la fig. 1 donne l'énergie de déformation du noyau en fonction de son élongation totale  $Q_{20}$  et de son asymétrie droite-gauche  $Q_{30}$ . Les points  $P_1$  et  $P_2$  sont deux minima locaux qui indiquent les déformations de l'état fondamental et de l'état isomérique

du  $^{240}\text{Pu}$ . Ces déformations sont en excellent accord avec les données expérimentales. Moyennant certaines hypothèses, notamment l'hypothèse adiabatique, l'évolution du noyau au cours de la fission peut être visualisée sur cette surface sous forme de chemins qui partent du point  $P_1$ . Ainsi, la trajectoire la plus probable passe, au début du processus, par les points  $P_1$ ,  $M_1$  et  $P_2$  puis par les points  $M_2$  et  $M_3$ . L'asymétrie droite-gauche du noyau est d'abord nulle puis augmente progressivement de  $P_2$  à  $M_3$ . Par ailleurs la forme du noyau est triaxiale en  $M_1$ . Au delà de  $M_3$  plusieurs chemins d'énergies potentielles voisines sont possibles, ainsi que le montre la fig. 1. Ils annoncent différentes fragmentations en masse du système. Les valeurs de l'asymétrie droite-gauche obtenues pour ces chemins se sont révélées en très bon accord avec la distribution en masse expérimentale des fragments de fission du  $^{240}\text{Pu}$ .

Aux déformations  $Q_{20}$  supérieures à 240 barns, nos calculs ont montré que la surface d'énergie potentielle se scindait en deux surfaces distinctes. Ces deux surfaces ont été notées  $N_1$  et  $N_2$  sur la fig. 1. Elles décrivent les configurations du noyau respectivement non fragmentées et complètement fragmentées. Un tel phénomène indiquait que la scission du noyau ne pouvait être décrite sur la surface de la figure 1. En fait l'analyse des résultats a montré que la transition entre les formes non fragmentées et les configurations constituées de deux noyaux distincts pouvait être décrite en introduisant une variable collective supplémentaire : le moment hexadécapolaire  $Q_{40}$  du système.

La figure 2 représente l'énergie de déformation du noyau  $^{240}\text{Pu}$  dans la région de la scission en fonction de  $Q_{20}$  et du nouveau paramètre  $Q_{40}$ . L'asymétrie droite-gauche  $Q_{30}$  a été laissée libre sur cette surface. Les vallées  $V_1$  et  $V_2$  correspondent respectivement aux formes du noyau avant et après la scission. Les deux vallées sont séparées par une barrière qui disparaît lorsque  $Q_{20}$  est supérieur à 370 barns. La scission du noyau a lieu le long d'une ligne qui suit approximativement le sommet de cette barrière. La structure de cette surface, notamment l'existence d'une barrière entre  $V_1$  et  $V_2$ , a permis de donner pour le mécanisme de la scission l'interprétation suivante :

- dans la majorité des cas, la scission du noyau s'effectue là où la barrière devient négligeable ( $Q_{20} \approx 370$  b.). Les fragments de fission ont alors une énergie d'excitation de nature collective relativement élevée (20 à 25 MeV).
- dans des cas beaucoup plus rares, la scission s'effectue par effet tunnel

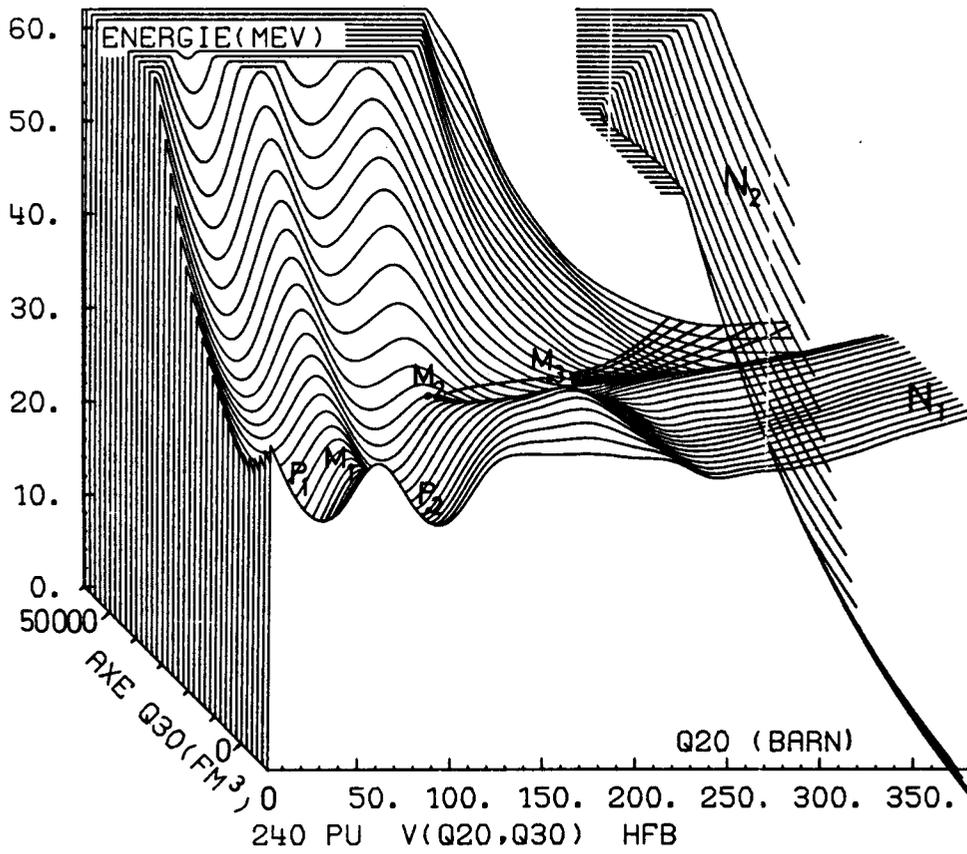
sous la barrière. Les fragments de fission peuvent alors avoir une énergie d'excitation très faible. De telles scissions conduiraient donc à des évènements du type de ceux observés dans la "fission froide" des noyaux d'uranium.

Une évaluation approximative de l'énergie cinétique des fragments de fission  $E_K$  produits par ces deux types de scission montre que l'interprétation donnée est plausible : le premier type de scission conduit à une valeur  $E_K = 178$  MeV, très proche de l'énergie cinétique expérimentale la plus probables dans le cas du  $^{240}\text{Pu}$  ; le second type de scission fournit des valeurs de  $E_K$  qui peuvent aller jusqu'à 210 MeV. Cette dernière valeur est sensiblement égale à l'énergie cinétique maximum des fragments de fission du  $^{240}\text{Pu}$ .

Les surfaces des figures 1 et 2 montrent également que la variation d'énergie potentielle entre le point selle et la scission est faible (3-4 MeV) contrairement à ce qui était généralement admis. Ce résultat est important car il justifie l'emploi de l'approximation adiabatique dans la description de l'évolution du noyau jusqu'à la scission.

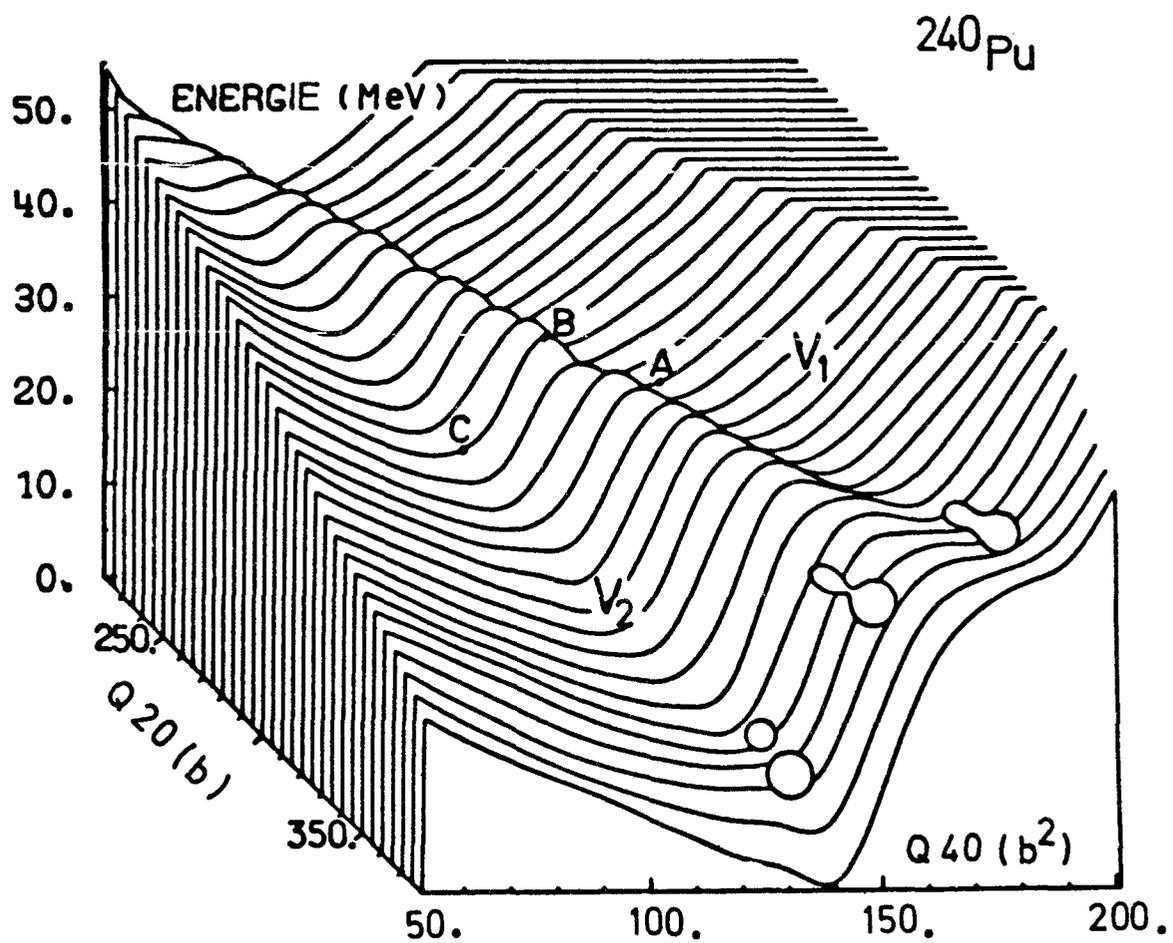
#### REFERENCES

- (1) J.F. BERGER - M. GIROD - D. GOGNY - "Microscopic description of nuclear fission" *J. de Physique Lettres*, 42 (1981) L 509-L 511 et C.R. Acad. Sc. Paris t. 293 (26 OCT 1981) série II, 485
- (2) J.F. BERGER - M. GIROD - D. GOGNY - "Self consistent microscopic description of fission : the scission mechanism", communication présentée au "Symposium on nuclear fission and related collective phenomena and properties of heavy nuclei", Bad Honnef, 26-29/10/81
- (3) A. MICHAUDON - "Some aspects of nuclear fission", Note CEA N 2232, NEANDC (E) 224, INDC (FR) 51/L (déc. 1981)



C-IV-6 FIGURE 1

Surface d'énergie potentielle HFB du <sup>240</sup>Pu en fonction des moments quadrupolaire  $Q_{20}$  et octupolaire  $Q_{30}$ .



C-IV-6 FIGURE 2

Surface d'énergie potentielle HFB du  $^{240}\text{Pu}$  en fonction des moments hexadécapolaire  $Q_{40}$  et quadrupolaire  $Q_{20}$  dans la région de la scission.

PARTIE D :

METHODES MATHÉMATIQUES

ET

ASTROPHYSIQUE

D-I- ETUDES SUR LES METHODES D'INTEGRALES FONCTIONNELLES

(B. DUCOMET)

*Studies on functional integral methods*

Nous avons examiné dans la littérature récente (cf. 1,2,3) les différentes constructions de l'intégrale fonctionnelle comme représentation de  $e^{i\text{tH}}$ , où H est un opérateur autoadjoint sur un Hilbert (Hamiltonien), sur un espace de trajectoires continues. On distingue les cas : temps réel (FEYNMAN) et imaginaire (WIENER). Des calculs explicites sont possibles dans des cas simples, propagateur, puits et barrière de potentiel en mécanique quantique non relativiste, opérateur statistique et fonction de partition en mécanique statistique.

Les ambiguïtés mathématiques liées à l'inexistence d'une intégrale de Feynman "canonique" nous ont convaincus de l'intérêt de la mesure de Wiener comme modèle de mesure "euclidienne" pour l'extension à la théorie des champs.

Nous avons en vue des applications à la physique nucléaire utilisant une étude plus précise des intégrales fonctionnelles anticommutatives pour les fermions (d'après les travaux récents de J.P. BLAIZOT - H. ORLAND - et P. KREE - cf. 4,5,6,7).

REFERENCES

- (1) S. ALBEVERIO et al. Ed. Feynman Path Integrals. *Proceedings. Marseille 1978. Springer Verlag 1979 (Lect. Notes in Ph. 106)*
- (2) B. SIMON - *Functional integration and quantum physics - Acad. Press 1979*
- (3) ANTOINE - TIRAPEGUI - Ed. *Functional integration, theory and applications, Plenum 1980*
- (4) P. KREE - *Anticommutative integration and Fermi fields, in "Quantum fields, Algebras, processes". L. STREIT Ed., Springer Verlag 1980*
- (5) P. KREE in (3)
- (6) J.P. BLAIZOT - H. ORLAND - *Path integrals for the nuclear many body problems. Preprint Illinois Univ., 1980*
- (7) H. ORLAND - in : *"Méthodes mathématiques en physique nucléaire". Collège de France 1980. B. GIRAUD - P. QUENTIN Ed.*

D-II-MODELE D'EMISSION X DES AMAS DE GALAXIES

(J.P. CHIEZE)

*A model for the X-ray emission of clusters of galaxies*

*We present a detailed model for the X-ray emission of intra cluster gas. N-body ( $N = 1\ 000$ ) simulations and a hydrodynamical scheme are simultaneously used to derive the gas response in the varying cluster potential.*

*Results are successfully compared to IPC counts of the Einstein X-Observatory.*

L'émission X (quelques KeV) des amas de galaxies est attribuée au rayonnement Bremsstrahlung du gaz qu'ils contiennent. L'abondance élevée (la moitié de l'abondance solaire) du fer dans ce gaz indique qu'il a été éjecté par les galaxies membres de l'amas au cours de leur évolution. L'émissivité du gaz conduit à lui attribuer une température voisine de  $10^8$  K. Les modèles polytropiques indiquent que le temps de refroidissement du gaz dans les régions extérieures d'un amas est supérieur à l'âge de l'amas, alors qu'il est bien plus court dans les régions centrales. En d'autres termes, un flux hydrodynamique stationnaire, régulé par les pertes radiatives s'installe à l'intérieur du rayon de coeur de l'amas ( $r_c \sim 250$  kpc), alimenté par un flux instationnaire qui intéresse les régions externes.

Nous avons développé un modèle complet de l'évolution d'un amas de galaxies, dont voici les principaux éléments :

- traitement du gaz par un code d'hydrodynamique à deux fluides (électrons + protons), incluant les effets de la conduction et du rayonnement.
- la région interne, qui correspond à un régime d'accrétion radiative stationnaire est traitée analytiquement de façon rigoureuse ; on obtient ainsi des conditions aux limites internes pour l'écoulement instationnaire externe.
- enfin, la première source d'énergie disponible pour le gaz est constituée par le mouvement des galaxies dans l'amas. Il est donc nécessaire de connaître avec une précision suffisante leur évolution dynamique. Cela a été rendu possible par la mise en oeuvre d'un modèle direct N-corps gravitationnel, qui, pour des conditions

initiales arbitraires, permet de suivre le mouvement des galaxies individuelles. En pratique, les résultats sont obtenus pour  $N = 1\ 000$  galaxies, nombre représentatif de la population moyenne des amas de galaxies. L'énergie totale de la configuration est conservée à mieux que  $10^{-4}$  de sa valeur initiale, au bout d'un temps de Hubble (environ  $15\ 10^9$  ans).

Le modèle que l'on vient de décrire très sommairement a permis d'interpréter avec succès les données recueillies par le satellite Einstein - HEAO-2, concernant plusieurs amas, dont Abell 576. Ce travail est l'objet d'une collaboration avec l'Institut d'Astrophysique de Paris (B. Lazareff) et le Département d'Astronomie de l'Université de Berkeley (J. White).

D-III- MODELE DE GALAXIES A SURSAUTS DE FORMATION D'ETOILES

(J.P. CHIEZE)

*Bursts and coherent oscillations of star formation in galaxies.*

*The behaviour of current numerical simulations of star formation in galaxies can be sketched and analysed with a simple analytical model.*

Dans un article récent P.E Seiden, L.S. Schulman et J.V. Feitzinger (1), rapportent la mise en évidence d'oscillations cohérentes du taux de formation d'étoiles apparaissant dans le cadre d'un modèle numérique de formation stockastique de formation d'étoiles.

A l'aide d'un modèle analytique simple, nous proposons une interprétation de ce phénomène en se ramenant à l'étude du comportement dynamique des solutions d'une équation phénoménologique non linéaire. Il devient alors possible d'unifier la description des trois régimes observés de formation d'étoiles, à savoir le régime stationnaire, le régime oscillant et le régime sporadique.

REFERENCE

- (1) P.E. SEIDEN, L.S. SCHULMAN et J.V. FEITZINGER 1982, *Ap. J.* 253, 91

PARTIE E :

BIBLIOGRAPHIE

PUBLICATIONS

(Documents émis ou publiés dans le Service P2N au cours de l'année 1981)

- Metallicity and dynamical parameters for spheroidal and elliptical galaxies.  
L. VIGROUX, J.P. CHIEZE, B. LAZAREFF.  
*Astronomy and Astrophysics Vol. 98 p. 119-124 (1981).*
- Self similar evolution of evaporative supernova remnants.  
J.P. CHIEZE, B. LAZAREFF.  
*Astronomy and astrophysics Vol. 95 p. 194-198 (1981).*
- Some spectroscopic properties of fine structures observed near the  $^{231}\text{Pa}(n,f)$  fission threshold.  
S. PLATTARD, G.F. AUCHAMPAUGH, N.W. HILL, G. de SAUSSURE, J.A. HARVEY, R.B. PEREZ.  
*Physical Review Letters Vol. 46 n° 10 p. 633-636*
- Pulse-Height Weighting technique applied to NaI spectra for fast neutron cross section measurements.  
S. JOLY  
*Nuclear Science Engineering Vol. 79 n° 3 p. 315-320 (1981).*
- Phenomenological and microscopic optical model analyses of low energy nucleons interaction with  $^{93}\text{Nb}$ .  
Ch. LAGRANGE, A. LEJEUNE.  
*(doit paraître dans la revue Physical Review C).*
- K-components for the  $\sim 1.4$  MeV  $\sim 1.6$  MeV and  $\sim 1.7$  MeV structures in the fission of  $^{232}\text{Th} + n$ .  
G.F. AUCHAMPAUGH, S. PLATTARD  
*Physical Review Vol. 24 n° 2 p. 503-518 (1981).*
- Progress report of recent works on actinide nuclear data at Bruyères-le-Châtel.  
*Rapport NEANDC(E) 211 "L" - INDC(FR) 41/L (1981).*

- A fully microscopic calculation of the collective ground state correlations in the FE-NI-ZN isotopes.  
M. GIROD, P.G. REINHARD.  
*A paraître dans la revue "Nuclear Physics"*
  
- Fusion cross section measurements for the  $^{13}\text{C} + ^{13}\text{C}$  reaction  
J.L. CHARVET, R. DAYRAS, J.M. FIENI, S. JOLY, J.L. UZUREAU.  
*Nuclear Physics A376 (1982) 292.*
  
- A new evaluation of neutron data for the tungstene isotopes between 0.1 and 20 MeV.  
E.D. ARTHUR, P.G. YOUNG, C.A. PHILIS.  
*Rapport LOS ALAMOS (à paraître).*
  
- Description microscopique de la fission nucléaire.  
J.F. BERGER, M. GIROD, D. GOGNY.  
*Journal de Physique Lettres Vol. 42 n° 23 p.L509 (1981)*  
*et Compte-rendu de l'Académie des Sciences T 293 série II du 26.10.1981.*
  
- Fast neutron capture activities at Bruyères-le-Châtel  
S. JOLY  
*RAPPORT NEANDC(E) 225"L" - INDC(FR) 52/L (1981).*
  
- Symmetric fission yields for  $^{231}\text{Th}$  from the  $^{230}\text{Th}(d,pf)$  reaction.  
A. SICRE, G. AUCHAMPAUGH, H.C. BRITT, A. GAVRON, Y. PATIN, J. VAN der PLICHT  
J.B. WILHELMY.  
*Soumis à la revue Physical Review C.*
  
- Neutron scattering cross sections for  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  and  $^{242}\text{Pu}$  between 0.6 and 3.4 MeV.  
G. HAOUAT, J. LACHKAR, Ch. LAGRANGE, J. JARY, J. SIGAUD, Y. PATIN  
*A Paraître dans la revue Nuclear Science and Engineering.*
  
- The E2 isovector giant resonance as seen through the capture of fast neutrons.  
D.M. DRAKE, S. JOLY, L. NILSSON, S.A. WENDER, K. ANIOL, I. HALPERN,  
D. STARM.  
*Physical Review Letters Vol. 47 n° 22 p. 1581 (1981).*

- Etude de la dissipation d'énergie dans la fission de  $^{234}\text{U}$  à l'aide de la réaction  $^{233}\text{U}(\text{d},\text{pf})$ .  
Y. PATIN, F. COÇU, J. LACHKAR, J. SIGAUD, G. HAOUAT, S. CIERJACKS.  
*A paraître dans la revue Nuclear Physics.*
  
- Rapport des activités de recherche dans le domaine des données nucléaires en France pour l'année 1980.  
P. FIGEAC.  
*Rapport NEANDC(E) 153 "U".*
  
- Spin-orbit deformations deduced from analyzing powers for inelastic neutron scattering from  $^{54}\text{Fe}$ ,  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{58}\text{Ni}$ ,  $^{60}\text{Ni}$ ,  $^{120}\text{Sn}$  and  $^{208}\text{Pb}$ .  
P.P. GUSS, C.E. FLOYD, K. MURPHY, C.R. HOWELL, R.S. PEDRONI, G.M. HONORE, H.G. PFUTZNER, G. TUNGATE, R.C. BYRD, R.L. WALTER, J.P. DELAROCHE.  
*Soumis à la revue Physics Letters.*
  
- Study of the  $^{208}\text{Pb}(\text{n},\gamma_0)^{209}\text{Pb}$  reaction between 0.8 and 7.7 MeV.  
S. JOLY, G. GRENIER, D.M. DRAKE, I. BERGQVIST, D.K. McDANIELS, A. LINDHOLM, L. NILSSON, N. OLSSON, A. WAHEED, R. ZORRO, I. RIGAUD.  
*doit paraître dans la revue Nuclear Physics.*

COMMUNICATIONS

Meeting of the American Physical Society - NEW YORK (USA) du 26 au 29.1.1981

- Observation of ( $^{14}\text{C}, ^{14}\text{O}$ ) double charge exchange at 51 and 65 MeV.

NELSON STEIN, J.C. PENG, D.M. DRAKE, J.D. MOSES, J.W. SUNIER, S. JOLY

*Paru dans le B.A.P.S. Vol. 26 (Janvier 1981) p. 26.*

6° Session d'Etudes Biennale de Physique Nucléaire - AUSSOIS du 2 au 6.2.1981

- Etude de la réaction de fusion  $^{13}\text{C} + ^{13}\text{C}$

J.L. CHARVET, R. DAYRAS, J.M. FIENI, J.L. UZUREAU.

*Lycen 8102 p. S5.1 à S5.5*

*CEA-CONF 5664.*

- Description microscopique des densités de transition. Application au nickel et au samarium.

M. GIROD, B. GRAMMATICOS.

*Lycen 8102 p. S11.1 à S.11.8*

*CEA-CONF 5663.*

Particle accelerator conference, accelerator engineering and technology

WASHINGTON D.C. (USA) du 11 au 13 Mars 1981.

- Performance evaluation of a heavy ions RF linac.

R. DEI-CAS, H. LEBOUTET, J. POTTIER.

*I.E.E.E. Transactions on Nuclear Science Vol. NS 28 n° 3, Juin 1981*

*p. 3520 à 3522.*

*CEA-CONF 5688.*

Nuclear structure and particle physics - OXFORD (U.S.A.) du 6 au 8.04.1981

- Nuclear deformation of  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{28}\text{Si}$  and  $^{32}\text{S}$  from fast neutron scattering

G. HAOUAT, R. de SWINIARSKI, A. VIRDIS, F. DIETRICH, Ch. LAGRANGE.

*Contribution orale.*

Meeting of the American Physical Society - BALTIMORE (USA) du 20 au 23.04.1981

- Proton elastic and inelastic scattering in the selenium isotopes.

R.L. WARNER, R.E. ANDERSON, B.L. BURKS, T.B. CLEGG, J.P. DELAROCHE,

E.J. LUDWIG, W.J. THOMPSON, J.F. WILKERSON.

*Paru dans le B.A.P.S. vol. 26 (Avril 1981) p. 635.*

BALTIMORE (USA) - Suite -

- Neutron elastic and inelastic scattering from Fe and Cu isotopes.  
S. EL-KADI, A. BEYERLE, F.O. PURSER, C.R. GOULD, J.P. DELAROCHE, R.L. WALTER,  
L.W. SEAGONDOLLAR.  
*Paru dans le B.A.P.S. Vol.26(Avril 1981)p. 550.*

- Neutron scattering analyzing powers and cross sections for nickel.  
P.P. GUSS, C.E. FLOYD, G. TUNGATE, R. PEDRONI, R.C. BYRD, J.P. DELAROCHE,  
R.L. WALTER.  
*Paru dans le B.A.P.S. vol. 26(Avril 1981)p. 623.*

Journées d'Etudes de spectrométrie nucléaire - I N2 P3 - Institut de Physique  
Nucléaire de LYON du 11 au 13.05.1981.

- Déformations nucléaires étudiées à l'aide des neutrons rapides  
G. HAOUAT.  
*Contribution orale.*
- Calculs par modèle optique (phénoménologique et microscopique) de l'interaction  
nucléon-noyau (domaine d'énergie 10 keV-40 MeV).  
Ch. LAGRANGE.  
*Contribution orale.*

Colloque organisé par le CNRS, Laboratoire d'Astronomie Spatiale  
MARSEILLE les 10 - 11 et 12 Juin 1981.

- Influence des supernovae et des nuages Hi sur les propriétés du milieu inters-  
tellaire.  
J.P. CHIEZE.  
*Paraîtra dans le proceeding de la Conférence.*

Symposium "On accelerator mass spectrometry" - ARGONNE (USA) du 11 au 13.5.1981

- Search for the  $^{36}\text{Cl}$  isotope in natural samples by cyclotron or tandem accele-  
rators.  
I. BRISSAUD, J. GUILLOT, J. KALIFA, H. LAURENT, J.C. ROYNETTE, C. ZAIDINS,  
A. PEGHAIRE, S. PLATTARD, J. UZUREAU.  
*CEA-CONF 5894, paraîtra dans le proceeding de la Conférence.*
- Instability of  $\text{KH}_3^-$  and potential implications for detection of  $^{41}\text{Ca}$  with a  
tandem electrostatic accelerator.  
G.M. RAISBECK, F. YIOU, A. PEGHAIRE, J. GUILLOT, J. UZUREAU.  
*CEA-CONF. 5978, paraîtra dans le proceeding de la Conférence.*

Colloque de Physique Nucléaire organisé par la Société Française de Physique  
"Interfaces entre la physique nucléaire et les autres domaines."

CLERMONT-FERRAND du 24 Juin au 3.07.1981.

- Recherche de  $^{36}\text{Cl}$  dans des échantillons naturels à l'aide d'un tandem.  
I. BRISSAUD, J. GUILLOT, J. KALIFA, H. LAURENT, J.C. ROYNETTE, C. ZAIDINS,  
A. PEGHAIRE, S. PLATTARD, J. UZUREAU.  
*Contribution orale.*

4<sup>th</sup> International Topical Conference on high-power electron and ion-beam  
Research and Technology. PALAISEAU du 29 au 3 Juillet 1981

- Slowing down of heavy ions in a ionized metal target. Relevance to the heavy ion inertial fusion and experimental study proposal. (R. DEI-CAS)  
*CEA-CONF 5897, et Proceeding HIGH POWER BEAMS 81 vol.1 p. 457 à 463.*
- Multi-megajoule heating of large tokamaks with high energy heavy ion beams.  
R. DEI-CAS.  
*CEA-CONF 5896 et Proceeding HIGH POWER BEAMS 81 Vol.II p. 567 à 574.*
- On the production of in flight protons and neutrons created by knock-on processes from slowing down of heavy ions in a cold  $\text{D-}^3\text{He}$  mixture.  
F. COÇU, J.L. UZUREAU, J. LACHKAR.  
*Contribution orale.*

- Neutron Interlaboratory Seminar - HARWELL (Grande Bretagne) du 1 au 3.7.1981  
Fast neutron elastic and inelastic scattering data from actinide nuclei.  
G. HAOUAT, J. LACHKAR, Ch. LAGRANGE, J. JARY, J. SIGAUD, Y. PATIN.  
*Contribution orale.*

17<sup>o</sup> Conférence Internationale sur le rayonnement cosmique - SACLAY du 13 au  
25 Juillet 1981.

- Origin of galactic cosmic rays from Ne isotopic composition.  
J. AUDOUZE, M. CASSE, J.P. CHIEZE, G. MALINIE, J. PAUL  
*Paraîtra dans le proceeding de la Conférence.*

10<sup>th</sup> European Conference on Physics and Chemistry of Complex Nuclear Reactions.  
LILLEHAMMER (Norvège) du 30.08 au 4.09.1981.

- Study of energy dissipation in  $^{234}\text{U}$  fission from the  $^{233}\text{U}(\text{d},\text{pf})$  reaction.  
Y. PATIN, F. COÇU, S. CIERJACKS, J. LACHKAR, J. SIGAUD, G. HAOUAT.  
*Contribution orale.*

LILLEHAMMER (Norvège) - suite -

- Dynamical effects in the neutron induced fission of  $^{232}\text{Th}$ .  
J. TROCHON, H. ABOU YEHIA, J. BOLDEMAN, J. FREHAUT, G. SIMON.  
*contribution orale.*

Fourth International Symposium on Neutron Capture Gamma-ray Spectroscopy and Related Topics. GRENOBLE du 7 au 11 Septembre 1981

- Study of the  $^{208}\text{Pb}(n,\gamma_0)$  reaction between 0.8 and 5.9 MeV  
S. JOLY, G. GRENIER, D.M. DRAKE, F. RIGAUD.  
*CEA-CONF 5989, et paraîtra dans le proceeding de la Conférence.*
- Photon strength functions for  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{94}\text{Nb}$ ,  $^{160}\text{Tb}$  and  $^{182}\text{Ta}$   
S. JOLY.  
*Paraîtra dans le proceeding de la Conf.*
- Neutron Capture cross sections of scandium, zirconium, terbium and rhenium between 0.5 and 2.5 MeV.  
J. VOIGNIER, S. JOLY, G. GRENIER.  
*CEA-CONF 5990, et paraîtra dans le proceeding de la Conférence.*

Conférence Internationale : "microanalysis using charged particles accelerators."  
NAMUR (Belgique) du 8 au 10.09.1981.

- La microsonde nucléaire française (poster).  
Ch. ENGELMAN, J. BARDY

Meeting of the American Physical Society - ASILOMAR (USA) du 28 Octobre 1981.

- Neutron scattering from  $^{116,120}\text{Sn}$ .  
P.P. GUSS, G. TUNGATE, C.E. FLOYD, R. PEDRONI, K. MURPHY, R.C. BIRD, R.L. WALTER  
T.B. CLEGG, J.P. DELAROCHE.  
*Paru dans le B.A.P.S. Vol. 26 (Octobre 1981) p. 1139.*
- Coupled channels analyses of neutron scattering from  $^{54,56}\text{Fe}$  and  $^{63,65}\text{Cu}$ .  
C.E. FLOYD, P.P. GUSS, R.L. WALTER, J.P. DELAROCHE.  
*Paru dans le B.A.P.S. Vol. 26 (Octobre 1981) p. 1138.*
- Comparison of deformation parameters for (n,n') and (p,p') inelastic scattering for  $^{54,56}\text{Fe}$ ,  $^{58,60}\text{Ni}$  and  $^{116,120}\text{Sn}$ . J.P. DELAROCHE, P.P. GUSS, S. EL-KADI  
C.E. FLOYD, R.L. WALTER.  
*Paru dans le B.A.P.S. Vol. 26 (Octobre 1981) p. 1138.*

1981 Winter Meeting American Nuclear Society - SAN FRANCISCO (U.S.A.)  
du 29 Novembre au 4 Décembre 1981.

- New tungsten isotopes evaluations for neutron energies between 0.1 and 20 MeV.

E.D. ARTHUR, P.G. YOUNG, A.B. SMITH, C. PHILIS.

International Symposium on Nuclear Fission and Related Collective Phenomena  
and Properties of heavy nuclei - BAD HONNEF (RFA) du 26 au 29 Octobre 1981

- Study of energy dissipation in  $^{234}\text{U}$  fission from the  $^{233}\text{U}(d,pf)$  reaction.

Y. PATIN, F. COÇU, S. CIERJACKS, J. LACHKAR, J. SIGAUD, G. HAOUAT.

- Self consistent microscopic description of fission : the scission mechanism.

J.F. BERGER, M. GIROD, D. GOGNY.

- High resolution energy measurement in d,pf reactions.

B. FABBRO, J. BLONS, A. GRENIER, J. JULIEN, C. MAZUR, Y. PATIN, D. PAYA,  
M. RIBRAG.

Specialist's Meeting on "Fast Neutron Scattering on Actinide nuclei".

PARIS du 23 au 25 Novembre 1981.

- Cross sections data on fast neutron elastic and inelastic scattering from actinide nuclei (Invited Paper)

G. HAOUAT.

*Paraîtra dans le proceeding de la Conférence.*

- Applications of the coupled-channel optical model for the prediction of fast neutron scattering cross sections with special emphasis on odd actinides (Invited paper)

Ch. LAGRANGE.

*Paraîtra dans le proceeding de la Conférence.*

NOTES C.E.A.

- SCAT 2 : Un programme de modèle optique sphérique  
O. BERSILLON  
*CEA-N-2227 - INDC(FR) 49/L - NEANDC(E) 220 "L" -*
  
- Compte rendu d'activité du Service P2N pour l'année 1980  
*CEA-N-2214 - INDC(FR) 50/L - NEANDC(E) 222 "L"*
  
- EVGRP : Un code de traitement des données de production photonique contenues dans des fichiers de format ENDF/B. - G. SIMON, R. PERRIER -  
*CEA-N-2258 - INDC(FR) 53/L - NEANDC(E) "226 "L".*
  
- Ralentissement d'ions lourds dans un mélange fusible D-<sup>3</sup>He  
F. COÇU, J.L. UZUREAU, J. LACHKAR.  
*CEA-N-2252.*
  
- Distributions de densités de nucléons calculées par la méthode Hartree-Fock Bogolyubov pour les noyaux sphériques.  
J. DECHARGE.  
*CEA-N-2260.*

RAPPORTS C.E.A.

- Ralentissement des ions lourds dans une cible ionisée. Application au confinement inertiel par ions lourds et proposition d'une étude expérimentale du ralentissement.

R. DEI-CAS

*CEA-R-5119.*

- Etude expérimentale de la diffusion de neutrons rapides sur les noyaux  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{28}\text{Si}$  et  $^{32}\text{S}$ .

A. VIRDIS

*CEA-R-5144.*

DIVERS

- Compte rendu de la réunion de travail du 19.12.1980  
R. DEI-CAS, M. CANCE, A. DANDINE, J. BARDY, J.P. LAGET, Y. de PENQUER  
*Note technique n° P2N/14/81 du 9.01.1981.*
  
- Mitra 125 ou 225  
Y. de PENQUER  
*Note technique n° P2N 141/81 du 16.02.1981*
  
- Calcul des réactions (d,pf), (d,pn) et (d,p $\gamma$ ) par modèle statistique -  
description succincte du code RDF.  
J. JARY.  
*Note technique n° P2N/145/81 du 19.02.1981.*
  
- Compte rendu de la réunion P2N-SIR du 26.03.1981  
R DEI-CAS  
*Note technique n° 298/81 du 7.04.1981.*
  
- Détecteur à galettes à microcanaux pour le SPEG.  
M. MORJEAN, Y. PRANAL, J.L. UZUREAU.  
*Note technique n° P2N 336/81 du 17.04.1981.*
  
- Mesure de la dispersion en énergie d'un faisceau délivré par le tandem.  
G. HAOUAT, C. HUMEAU, S. SEGUIN, Y. PATIN,  
*Note technique n° P2N 348/81 du 28.04.1981.*
  
- Utilisation de disques souples sur MITRA 15  
D. MASSERON  
*Note technique n° P2N 431/81 du 1.6.1981.*
  
- Regroupeur HF, compte rendu de la réunion du 26 Juin 1981 (Compte rendu  
n° 6)  
R. DEI-CAS.  
*Note Technique n° P2N 556/81 du 20.07.1981.*
  
- Compte rendu de la réunion du 23 Juin 1981 CEM-P2N sur l'extension dans  
le hall neutrons.  
R. DEI-CAS  
*Note technique n° P2N 557/81 du 20.07.1981.*

- Application des techniques d'activation à la détermination de l'usure des matériaux ferreux.  
O. BERSILLON, B. CAPUT, M. COLLIN, C. PHILIS.  
*Rapport DO 81.065.*
  
- Compte rendu de la réunion de travail du 6.02.1981 (n° 3) (mesures sur le tandem pour le buncher H.F).  
R. DEI-CAS, A. DANDINE, J.P. LAGET, Y. de PENQUER, J. BARDY.  
*Note technique n° P2N 159/81 du 24.02.1981.*
  
- Convention de recherche n° 792 460026 - rapport de synthèse -  
G. GRENIER.  
*N° P2N/391/81 du 15/05/1981.*
  
- Projet de commande, contrôle et d'information au regroupeur H.F  
R. DEI-CAS  
*Note technique n° P2N 723/81 du 14.09.1981.*
  
- Note de travail : Comparaison de l'expérience préliminaire de datation effectuée à B.III et des expériences de Rochester. Modifications à apporter à B.III. - R. DEI-CAS -  
*N° P2N 697/81 du 10.09.1981 (Note technique).*
  
- Regroupeur HF Compte rendu de la réunion P2N-SIR du 18.09.1981 n° 8.  
R. DEI-CAS  
*Note technique n° P2N 743/81 du 23.09.1981.*
  
- Compte rendu de la réunion du 8 Octobre 1981 - CEM-P2N -  
R. DEI-CAS  
*Note technique n° P2N 832/81 du 16.10.1981.*
  
- NRLY : Code de modèle statistique pour le calcul des sections efficaces neutroniques des noyaux fissionables.  
J. JARY  
*Note technique n° P2N 771/81 du 30.09.1981.*
  
- Compte rendu de la réunion du 20.10.1981 avec AECNI/SACLAY - MET/M/B.III - P2N/B.III - J. BARDY -  
*N° P2N 875/81 du 30.10.1981.*

- Regroupeur HF Compte rendu de la réunion P2N/SIR du 23/10/1981 n° 10.

R. DEI-CAS

*Note technique n° P2N 869/81 du 29/10/1981.*

- Avant projet d'implantation du laser à CO<sub>2</sub> (M3) à P2N.

R. DEI-CAS, J. BARDY, P. FARTHOUAT.

*Note technique n° P2N 900/81 du 10.11.1981.*

*Manuscrit reçu le 8 avril 1982*

PARTIE F :  
SEMINAIRES

LISTE DES SEMINAIRES DONNES AU SERVICE P2N EN 1981

(en principe le lundi de chaque semaine)

Lundi 12 Janvier 1981 :

"Etude de la réaction de fusion  $^{13}\text{C} + ^{13}\text{C}$ "

(J.L. CHARVET - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Château)

Lundi 19 Janvier 1981 :

"Réactions induites par des ions de  $^{12}\text{C}$  de 86 MeV par nucléon"

(J. MOUGEY - Institut Laue-Langevin - Grenoble)

Lundi 26 Janvier 1981 :

"Photons on  $^4\text{He}$ , neutrons on  $^3\text{H}$ , and charge symmetry"

(B.L. BERMAN - DPh-N/MF - Saclay et Lawrence Livermore Laboratory)

Vendredi 30 Janvier 1981 :

"Mécanique quantique et triplet de Gelfand"

"Espaces super Hilbertiens et application aux problèmes de diffusion"

(M. J.P. ANTOINE - Université Catholique de Louvain)

Lundi 2 Février 1981 :

"Etude de l'équilibre en masse et en charge dans les réactions  $^{56}\text{Fe} + ^{58,64}\text{Ni}$ "

(Y. PATIN - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Château)

Lundi 16 Février 1981 :

"Traitement dynamique des réactions dissipatives entre ions lourds"

(B. REMAUD - Institut de Physique de Nantes)

Lundi 23 Février 1981 :

"Transport des neutrons dans l'air"

(A. DUCAUZE - Centre d'Etudes de Limeil)

Lundi 2 Mars 1981 :

"Dépôt d'énergie dans la matière par faisceaux d'ions légers"

(N. CAMARCAT - Centre d'Etudes de Valduc)

(B. DUBORGEL - Centre d'Etudes de Limeil)

Lundi 9 Mars 1981 :

"Mesure des pouvoirs d'arrêt d'ions lourds dans les solides"

(R. BIMBOT - Institut de Physique Nucléaire - Orsay)

Lundi 16 Mars 1981 :

"Fluorescence induite par laser dans les molécules diatomiques"

(J. VERGES - Laboratoire Aimé Cotton - Orsay)

Lundi 23 Mars 1981 :

"Calculs de surface d'énergie potentielle pour les réactions moléculaires"

(C. MOSER - Centre Européen de Calcul Atomique et Moléculaire - Orsay)

Lundi 30 Mars 1981 :

"Dissociation électromagnétique d'ions lourds relativistes"

(B.L. BERMAN - DPh-N/MF Saclay et Lawrence Livermore Laboratory)

Lundi 6 Avril 1981 :

"Neutron activation measurements at the Argonne National Laboratory"

(D.L. SMITH - Central Bureau for Nuclear Measurements - GEEL Belgique)

Lundi 27 Avril 1981 :

"Les effets pair-impair et la fragmentation froide dans la réaction  $^{233}\text{U} (n,f)$ "

(F. GONNENWEIN - Institut Max von Laue Paul Langevin - Grenoble)

Lundi 4 Mai 1981 :

"Description self-consistante de la dynamique des noyaux mous"

(M. GIROD - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel - Service de Physique Neutronique et Nucléaire)

Mardi 19 Mai 1981 :

"Recents développements dans la physique des collisions atomiques"  
(J.F. CHEMIN - Centre d'Etudes Nucléaires de Bordeaux-Gradignan)

Mercredi 25 Mai 1981 :

"Recent developments on neutron scattering techniques"  
(R.W. FINLAY - OHIO University - ATHENS (USA))

Lundi 15 Juin 1981 :

"Tales of the micro-macrocosm"  
(B.J. ALLEN - AAEC Lucas Heights-Australie et BCMN - Geel - Belgique)

Vendredi 19 Juin 1981 :

"Fusion complète et autres collisions dissipatives dans la réaction  $^{32}\text{S} + ^{76}\text{Ge}$   
entre 4,9 et 7,0 MeV/A"  
(G. GUILLAUME - Centre de Recherches Nucléaires - Strasbourg)

Lundi 22 Juin 1981 :

"Description microscopique des résonances géantes dans les noyaux  $^{40,48}\text{Ca}$ ,  
 $^{90}\text{Zr}$  et  $^{208}\text{Pb}$ "  
(J. DECHARGE - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Château)

Lundi 29 Juin 1981 :

"Nouveaux détecteurs en astronomie"  
(L. VIGROUX - DPh/EP - Saclay)

Jedi 16 Juillet 1981 :

"Les isotopes de l'uranium dans le modèle des bosons en interaction"  
(A. VENTURA - CNEN BOULOGNE)

Jedi 20 Août 1981 :

"Optical-model analysis of  $n + ^{40}\text{Ca}$  analyzing power and differential cross-section data between 10 and 14 MeV"  
(W. TORNOW - Universität de Tübingen (RFA))

Mercredi 16 Septembre 1981 :

"Présentation de quelques points du programme de recherches actuel à Livermore"

(*Carl POPPE - Lawrence Livermore Laboratory - USA*)

Vendredi 4 Septembre 1981 :

"Recent studies of (n, charged particule) Reactions at LLNL"

(*R.C. HAIGHT - Lawrence Livermore National Laboratory - USA*)

Lundi 28 Septembre 1981 :

"Influence des effets de structure dans la compréhension des réactions entre ions lourds de masse moyenne"

(*Jean RICHERT - Centre de Recherches Nucléaires de Strasbourg*)

Lundi 5 Octobre 1981 :

"Imperfections in solids with emphasis on radiation damage"

(*R.E. KELLY - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel et Université du Mississippi USA*)

Lundi 12 Octobre 1981 :

"Transient radiation damage in optical fibers"

(*R.E. KELLY - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel et Université du Mississippi USA*)

Vendredi 30 Octobre 1981 :

"Charge exchange reaction study of G-T resonances and electron capture rates in nucleo-synthesis"

(*E. FLYNN - Hahn-Meitner-Institut - BERLIN et Los Alamos National Laboratory*)

Lundi 2 Novembre 1981 :

"Fast and slow fission"

(*H.C. BRITT - Los Alamos National Laboratory*)

Vendredi 6 Novembre 1981 :

"Status report on nucleon scattering and radiative capture on  $^{208}\text{Pb}$ "

(*F.S. DIETRICH - Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel et Lawrence Livermore National Laboratory*)

Lundi 9 Novembre 1981 :

"Slowing-down of heavy ions ( $18 \leq Z_1 \leq 82$ ) in matter"  
(H. GEISSEL - G.S.I. Darmstadt)

Mardi 10 Novembre 1981 :

"Neutron and proton multipole matrix elements in low-lying  $2^+$  transitions"  
(V.R. BROWN - Institut für Kernphysik - JÜLICH et  
Lawrence Livermore National Laboratory)

Vendredi 13 Novembre 1981 :

"Exciton model approach to multi-nucleon emission from fusion induced by heavy ion collisions"  
(S. YOSHIDA - DPh-N - SACLAY et Sendai Laboratory)

Mardi 17 Novembre 1981 :

"Modèles de bosons pour les états de basse énergie"  
(P. SCHUCK - Institut Lave-Langevin - GRENOBLE)

Jeudi 19 Novembre 1981 :

"Revised dose estimates at Hiroshima and Nagasaki"  
(W. LOEWE - Lawrence Livermore National Laboratory)

Vendredi 29 Novembre 1981 :

"Production de lacunes K et L par échange de charge dans les collisions atomiques"  
(S. ANDRIAMONJE - Centre d'Etudes Nucléaires de Bordeaux-Gradignan)

Lundi 14 Décembre 1981 :

"Configuration mixing in the Interacting Boson Model"  
(Ph. DUVAL - University of Arizona - TUCSON (USA))

12 0 1

*Edité par*  
*le Service de Documentation*  
*Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay*  
*91191 GIF-sur-YVETTE Cédex (France)*