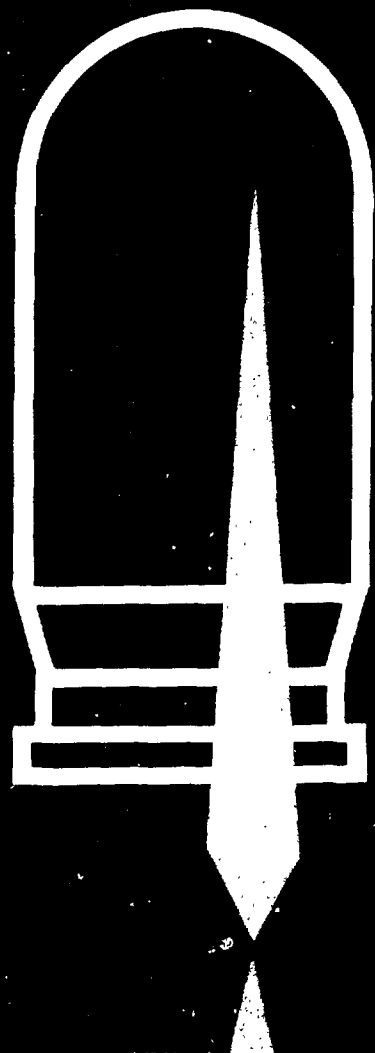

UNIVERSITÉ LAVAL

RAPPORT ANNUEL
LABORATOIRE DE L'ACCÉLÉRATEUR
VAN DE GRAAFF

1980



**LABORATOIRE
DE
L'ACCÉLÉRATEUR
VAN DE GRAAFF**

DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE

RAPPORT ANNUEL
LABORATOIRE DE L'ACCÉLÉRATEUR
VAN DE GRAAFF

1980

RAPPORT ANNUEL
LABORATOIRE DE L'ACCÉLÉRATEUR
VAN DE GRAAFF
1980

DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE GÉNIE
UNIVERSITÉ LAVAL
QUÉBEC, P.Q.
CANADA, G1K 1P4

DÉCEMBRE 1980

Sur le fleuve d'Héraclite ...

"At vero et tempus cognoscimus cum
definimus motum, prius et posterius
determinantes: et tunc dicimus fieri
tempus, quando prioris et posterioris in
motu sensu percipimus".

Physicorum Aristotelis Expositio.

L. IV, CXI, 408(100)

"Mais vraiment nous connaissons le
temps en définissant le mouvement,
en déterminant ce qui est avant et après:
et alors nous disons que le temps est
passé quand nous percevons ce qui
est avant et après dans le sens du
mouvement".

Exposé de la physique d'Aristote

L. IV, CXI, 408(100)

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
Liste des membres	iii
Sommaire.	vii
 <u>CHAPITRE I : LES SERVICES</u>	 1
A - L'opération de l'accélérateur Van de Graaff.	3
B - Service des ordinateurs.	13
 <u>CHAPITRE II : RECHERCHES EN COURS ET AUTRES ACTIVITÉS</u>	 17
Réactions nucléaires avec les ions lourds.	19
Réactions nucléaires et phénomènes de polarisation	23
Spectroscopie nucléaire.	76
Physique atomique.	82
Etudes biologiques	88
Résonances isobariques analogues (RIA)	92
Techniques nucléaires.	93
Application des techniques nucléaires.	95
 <u>CHAPITRE III : SÉMINAIRES.</u>	 103
Séminaires donnés au laboratoire depuis novembre 1979.	105
 <u>CHAPITRE IV : LISTE DES PUBLICATIONS.</u>	 107
Liste des publications dans des journaux avec jury d'examen. . .	109
Publications en préparation.	111
 <u>CHAPITRE V : COMMUNICATIONS.</u>	 115
Communications et publications dans les comptes rendus des con- grès avec jury d'examen	117
Communications et publications dans les comptes rendus des congrès	119

PERSONNEL

LABORATOIRE DE L'ACCÉLÉRATEUR VAN DE GRAAFF

Personnel universitaire

Prof. Bibiana CUJEC
Prof. Robert DROUIN
Dr. Emile J. KNYSTAUTAS
Dr. René ROY
Prof. Rodolfo J. SLOBODRIAN, directeur
Prof. Claude ST-PIERRE
Dr. Istvan M. SZOGHY¹⁾

Chercheurs visiteurs

Prof. A. CHATTERJEE (2 mois)
Prof. P. DOLESCHALL (1 mois)
Dr. M. DRUETTA (2 mois)
Dr. B. FROIS (2 semaines)
Dr. C. RANGACHARYULU (2 mois)

Chercheurs seniors pour 2 semaines (du 4 au 16 août 1980)

-Prof. David FENSOM (Mount Allison University, Canada)
-Dr. Claude CALDWELL (University of Brandon, Canada)
-Prof. Martin CANNY (University of Melbourne, Australie)
-Dr. John DALE (Edinburgh, Ecosse)
-Dr. Jeef MOORBY (Londres, Angleterre)
-Prof. Robert THOMPSON (Mount Allison University, Canada).

Ingénieur administrateur

Réjean LABRIE, Ing.

Assistant de recherche

Robert LARUE, Ing.

Boursier post-doctorat

Dr. B.K. DASMAHAPATRA

¹⁾ en congé sabbatique depuis le 27/09/80.

Etudiants diplômés (3^e cycle)

Claude JACQUES
 Fouad LAHLOU (depuis le 01/05/80)
 Jean-Pierre MOREAU (boursier du CRSNG)
 René PIGEON (temps partiel)
 Luc POTVIN
 Claude RIOUX (boursier du MEQ)

Etudiants diplômés (2^e cycle)

Ali ALLOUCHE (arrivé le 08/09/80)
 Pierre BRICAULT
 Fouad LAHLOU (jusqu'au 30/04/80)
 Yves LECLERC
 Christian MOREAU
 Denys POULIOT (arrivé le 01/09/80)

Etudiants d'été

Richard BURLAND
 Jean-Pierre DROLET
 Jacques GIROUX
 Michèle JOMPHE
 Jacques PICHER
 Jean POULIOT
 Claude PRUNEAU
 Daniel THIBAUT

Techniciens

Richard BERTRAND, T.P., surintendant d'électronique
 Roland LAPOINTE, surintendant de l'accélérateur
 Jacques DESCAGNE
 Pierre EVERELL
 François MERCIER
 Laurent POULIOT

Opérateurs

Denis BRETON

Réjean ROY

Secrétaire

Mme Diane VOISINE

SOMMAIRE

SOMMAIRE

Ce rapport couvre la période entre le 1^{er} novembre 1979 et le 1^{er} novembre 1980. Une liste de sujets de recherche en cours et de projets est présentée à la suite de ce sommaire.

Nous avons connu une année fructueuse du point de vue scientifique dans les domaines de la physique nucléaire (pure et appliquée), la physique atomique et la radiobiologie. L'activité est bien reflétée par dix sept publications de nos chercheurs et deux des chercheurs en radiobiologie des équipes visiteurs, dans des journaux avec arbitrage, pour un grand total de dix neuf, et par neuf communications et publications dans les comptes rendus de conférences avec jury d'examen. Vingt publications sont en préparation. Il y a trente quatre projets de recherche en cours des chercheurs de Laval et douze des chercheurs usagers externes. Le tout configure une preuve concluante du dévouement des chercheurs qui se servent du Van de Graaff pour leur travaux.

Ce rapport contient la description d'une trentaine de sujets de recherche poursuivis activement au cours de l'année, avec un enthousiasme qui a permis d'exploiter au maximum les maigres ressources disponibles depuis plusieurs années. Nous sommes justement fiers du rendement du laboratoire devant un pouvoir d'achat de nos ressources toujours décroissant (voir Fig. 2). En grande partie ce rendement est dû au dévouement de l'ingénieur et du personnel de soutien de l'accélérateur, qui maintiennent l'équipement en état optimum de fonctionnement en dépit de son âge avancé. Mais nous voulons aussi signaler qu'il s'impose d'améliorer la situation budgétaire du laboratoire à brève échéance, en nous rappelant que l'objectif de notre agence fédérale, le CRSNG, est de "Promouvoir et faciliter le développement et le maintien de la recherche ainsi que l'apport d'une main-d'oeuvre hautement qualifiée dans le domaine des sciences naturelles et de génie".

Dans le cadre de la spectroscopie nucléaire et des études sur les résonances isobariques analogues (RIA) on a abordé une recherche systématique sur les résonances $d_{5/2}$ des isotopes du Ga et on a déjà des résultats préliminaires sur l'état analogue $5/2^+$ du ^{65}Ga . La résonance $^{56}\text{Fe}(p,\gamma)$ et $(p,p'\gamma)$ à $E_p = 3721$ keV a été étudiée par le moyen des fonctions d'excitation aux angles 0° et 90° permettant d'identifier les fragments $g_{9/2}$. Dans le cas du ^{59}Cu les fragments $g_{9/2}$ sont dispersés sur un domaine de 710 keV indiquant un mélange multipolaire M1/E2 important. Une étude a été commencée sur le niveau à 11.08 MeV de ^{17}O afin d'obtenir de l'information sur une composante isotensorielle possible de la transition électromagnétique à l'état à 0.87 MeV.

Les études sur les interactions nucléaires entre les ions lourds ont continué avec les réactions $^9\text{Be}+^{10}\text{B}$, $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$, $^{12}\text{C}+^{13}\text{C}$, $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$, donnant lieu à plusieurs voies à l'état final. Ces études permettent de clarifier les mécanismes de réaction et d'établir des modèles valables. Par ailleurs, les sections efficaces mesurées sont d'intérêt pour l'astrophysique et la nucléosynthèse.

Les expériences de polarisation et de pouvoir d'analyse ont continué le long de l'année pour permettre des vérifications. Nos résultats concernant le théorème de polarisation-asymétrie (ou pouvoir d'analyse) sont fermes et ils ont causé des commotions à plusieurs conférences internationales (à Santa Fe sur la polarisation, à Oregon sur les systèmes à petit nombre de corps, à Berkeley - conférence générale de physique nucléaire et à Lausanne, sur la polarisation aux hautes énergies). Notre interprétation est maintenant qu'il y a une violation de l'invariance par rapport au renversement du temps. Ce résultat fondamental aura des répercussions profondes.

Le domaine des réactions à petit nombre de corps a continué d'être étudié très activement. Citons les réactions $\alpha+d \rightarrow \alpha+p+n$ et $d+p \rightarrow p+p+n$, où on a obtenu une évidence des effets attribuables aux forces à trois corps. La radiation de freinage nucléaire dans le système p-d près du seuil de cassure du deuton a été expliquée en grande partie par un nouveau calcul incluant des nouveaux déphasages et corrections coulombiennes. L'étude du système $\alpha+d \rightarrow \alpha+d+\gamma$ est en cours.

Les réactions de transfert de nucléons étudiés se sont concentrées sur le type ($^3\text{He}, ^4\text{He}$) sur le ^{13}C , ^{29}Si , ^{53}Cr et $^{17,18}\text{O}$, ayant pour but principal d'obtenir des distributions angulaires aussi complètes que possible, afin de déterminer avec certitude la validité du mécanisme direct, supposé par plusieurs auteurs à partir de distributions angulaires mesurées vers l'avant. En aucun cas on a trouvé un bon accord avec un calcul de Born aux ondes distordues. Nos résultats indiquent clairement qu'il s'agit du petit sommet visible d'un "iceberg".

Les études spectroscopiques en physique atomique à l'aide de la méthode du faisceau-lame ont continué avec beaucoup de succès. Le développement de nouvelles techniques a permis d'accélérer les ions métalliques de l'Al et du Ni et de nombreuses nouvelles raies ont été identifiées pour les atomes hautement ionisés. L'hydrogène triatomique est en étude aussi et à l'aide du Kevatron un courant de l'ordre de 2 pA semble attribuable à cette molécule instable.

Les études radiobiologiques effectuées par l'équipe internationale dirigée par le Dr. Fensom ont continué sur la translocation du ^{11}C dans les plantes. Cette année on a aussi produit et utilisé l' ^{13}N pour la première fois. Cet élément est important pour le métabolisme de la luzerne et l'utilité de cette technique est maintenant démontrée. Le groupe de chercheurs de cette équipe est très satisfait du soutien technique et scientifique apporté par le laboratoire.

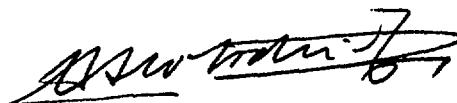
La physique nucléaire appliquée a porté fruit dans plusieurs domaines: la géochronologie par excitation coulombienne du plomb radiogénique; l'analyse de standards NBS de laiton par fluorescence X et la détermination de la teneur en soufre des produits de pétrole et des vins.

Du côté technique l'accélérateur a fourni seize faisceaux différents et plusieurs faisceaux métalliques sont en voie d'être développés. La cible à pompage différentiel, sans fenêtre, est déjà en opération et il est possible de maintenir une pression de 20 Torr dans la chambre. Nous montrons dans le rapport les premiers spectres obtenus avec ce montage. L'expansion de l'installation de polarimétrie est déjà très avancée et elle sera en opération avant la fin de la présente année fiscale. Le

nouveau système d'acquisition de données est en opération et s'est avéré être très souple, permettant d'élaborer les résultats des expériences même pendant l'acquisition. L'adaptation du Kevatron pour le développement de sources d'ions est complétée et l'installation est déjà en service. Le programme de développement d'une source d'ions d' ^3He polarisés a continué activement. Nous avons trouvé maintenant un schéma de production original basé sur l'état 2^3S_1 de 1^3He^0 , lequel devrait fournir un faisceau intense d'ions d' ^3He polarisés. La réussite de cette méthode semble assurée. Nous avons soumis une demande d'octroi au CRSNG pour financer la construction de cette source et les modifications nécessaires au terminal de l'accélérateur pour la loger.

Les statistiques d'opération de l'accélérateur sont éloquentes et montrent une fiabilité excellente et une proportion élevée de temps utilisé pour les expériences. L'équipe technique du laboratoire est par sa compétence certainement à la hauteur de l'équipe de chercheurs scientifiques. En somme il y a une cohésion et une collaboration de première qualité, laquelle explique la réussite générale de l'opération, jugée telle, non seulement par nos chercheurs mais aussi par l'équipe internationale du professeur Fensom.

Nous remercions le comité de physique nucléaire du CRSNG pour sa compréhension et son appui, que nous espérons pouvoir mériter, même accru, à l'avenir pour continuer cette recherche efficacement. Nous remercions aussi le Ministère de l'Education du Québec pour son appui soutenu au laboratoire à travers de son programme FCAC, complément de plus en plus important des ressources. Finalement nous remercions l'Université Laval et la Faculté des sciences et de génie pour un appui et un encouragement croissant envers les projets nouveaux du laboratoire, en particulier le projet de source d'ions d' ^3He polarisés, à travers son budget spécial de recherche.



R.J. SLOBODRIAN

LISTE DES PROJETS DE RECHERCHE

A) physique nucléaire expérimentale

- Réexamen des sections efficaces totales pour les systèmes $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$, $^{12}\text{C}+^{13}\text{C}$ et $^{13}\text{C}+^{13}\text{C}$. (B. Cujec, B. Dasmahapatra et F. Lahlou).
- Mesure de la section efficace totale pour $^9\text{Be}+^{13}\text{C}$. (B. Cujec, B. Dasmahapatra et F. Lahlou).
- Etude de la réaction $^9\text{Be}+^{10}\text{B} \rightarrow \alpha+n+^{14}\text{N}$. (B. Cujec, B. Dasmahapatra et F. Lahlou).
- Etude des collisions $^9\text{Be}+^9\text{Be}$. (B. Cujec, B. Dasmahapatra et F. Lahlou).
- La diffusion $\vec{p}$ -noyau dans la région des résonances dipolaires géantes. (R. Roy, R.J. Slobodrian, C.R. Lamontagne (Laval) et le groupe du Dr. H.E. Conzett (Lawrence Berkeley Laboratory)).
- Etude du mécanisme de réaction nucléaire: Les réactions $(^3\text{He},d)$ et $(^3\text{He},\alpha)$. (R. Roy, L. Potvin, R.J. Slobodrian, R. Larue, D. Pouliot, C. Rioux et P. Bricault).
- Réactions à trois corps près du seuil de cassure du deuton et les forces à trois corps. (R.J. Slobodrian, S.S. Dasgupta, F. Lahlou, C. Rioux, R. Roy et P. Doleschall (Budapest)).
 - a) $^1\text{H}+^2\text{H} \rightarrow p+p+^1n$ et $^2\text{H}+^1\text{H} \rightarrow p+p+^1n$
 - b) $^4\text{He}+^2\text{H} \rightarrow ^1\text{H}+^4\text{He}+^1n$
- Le théorème de polarisation-asymétrie: Violation de l'invariance par rapport au renversement du temps dans l'interaction des particules nucléaires. (R.J. Slobodrian, C. Rioux, R. Roy et le groupe H.E. Conzett (University of California, Berkeley)).
- Interaction proton-deuton près du seuil de cassure du deuton. (R.J. Slobodrian, F. Lahlou, P. Bricault, C. Rioux, S.S. Dasgupta et R. Roy).
- Effets coulombiens et de seuil dans la radiation de freinage p-d. Méthodes théoriques et expérimentales améliorées. (R.J. Slobodrian).
- La radiation de freinage nucléaire dans l'interaction $^4\text{He}-^2\text{H}$. (R.J. Slobodrian, P. Bricault, C. Rioux, R. Larue et R. Roy).
- Les deutons d'haute énergie dans la réaction $^3\text{He}+^3\text{He}$. (R.J. Slobodrian).
- Etude de l'état analogue $5/2^+$ dans ^{65}Ga . (C. St-Pierre, C. Rangacharyulu et C. Pruneau).

- Etude du niveau 11.08 MeV de ^{170}O . (C. St-Pierre, C. Rangacharyulu, A. Chatterjee et C. Pruneau).
- Résonance isobarique analogue $g_{9/2}$ suivant la réaction $^{70}\text{Ge}(p,\gamma)^{71}\text{As}$. (C. St-Pierre, A. Chatterjee et un étudiant).
- Mélange spin-isospin dans le ^{14}N . (C. St-Pierre, C. Rangacharyulu, A. Chatterjee et C. Pruneau).
- Etude des résonances $E0$. (C. St-Pierre, A. Chatterjee et un étudiant).
- Résonance $^{56}\text{Fe}(p,\gamma)$ et $(p,p'\gamma)$ à $E_p = 3721 \text{ keV}$. (I.M. Szöghy et C. Rangacharyulu).
- Distinction expérimentale entre mécanisme par réaction directe et par noyaux composés. (I.M. Szöghy, I. Hunyadi et un étudiant gradué).
- Probabilité de capture électronique K par le noyau ^{61}Cu . (I.M. Szöghy et J. Sziklay).
- Effets de seuil. (I.M. Szöghy, B. Heusch, J. Sziklay et ... étudiant gradué).
- Etude de l'état isobarique analogue $J^\pi = 6^-, T=1$ dans ^{24}Mg . (I.M. Szöghy, C. Rangacharyulu et J. Sziklay).

B) physique atomique

- Spectroscopie atomique des ions lourds jusqu'à 21 MeV. (E.J. Knystautas, C. Jacques, R. Drouin et M. Druetta).
- Expériences avec faisceaux métalliques. (E.J. Knystautas et C. Jacques).
- Etude de la structure fine et hyperfine. (E.J. Knystautas, J.P. Moreau et Ali Allouche).

C) recherches appliquées

- Géochronologie par excitation coulombienne du plomb radiogénique. (I.M. Szöghy, L. Kish et Y. Leclerc).
- Analyse de Standards NBS de laiton par fluorescence-X. (I.M. Szöghy).
- Projet Mont-Laurier, province géologique de Grenville. (I.M. Szöghy, L. Kish et M. Crevier).
- Distinction expérimentale entre mécanisme par réaction directe et par noyaux composés. (I.M. Szöghy, I. Hunyadi et un étudiant gradué).

D) développement des installations

- Programme d'expansion de l'installation de polarimétrie. (R. Roy, R.J. Slobodrian, C. Rioux, P. Bricault, D. Pouliot, R. Larue et J.M. Nelson (Birmingham)).
- Extension du domaine d'utilisation de l'installation de polarimétrie. (R. Roy, D. Pouliot, R.J. Slobodrian, C. Rioux, P. Bricault, R. Larue et L. Potvin).
- Installation de polarimétrie et polarisation dans les réactions ($^3\text{He}, p$). (R.J. Slobodrian, R. Roy, C. Rioux, P. Bricault, D. Pouliot, R. Larue et J.M. Nelson (Birmingham)).
- Source d' ^3He polarisé pour un Van de Graaff CN basée sur une nouvelle idée. (R.J. Slobodrian, C. Moreau, P. Bricault et C. Rioux).
- Construction d'un spectromètre anti-Compton. (C. St-Pierre, C. Rangacharyulu, D. Laurendeau et C. Pruneau).

E) recherche radiobiologique

Groupe international dirigé par le professeur Fensom: Douze projets liés à la translocation du ^{11}C et de ^{13}N .

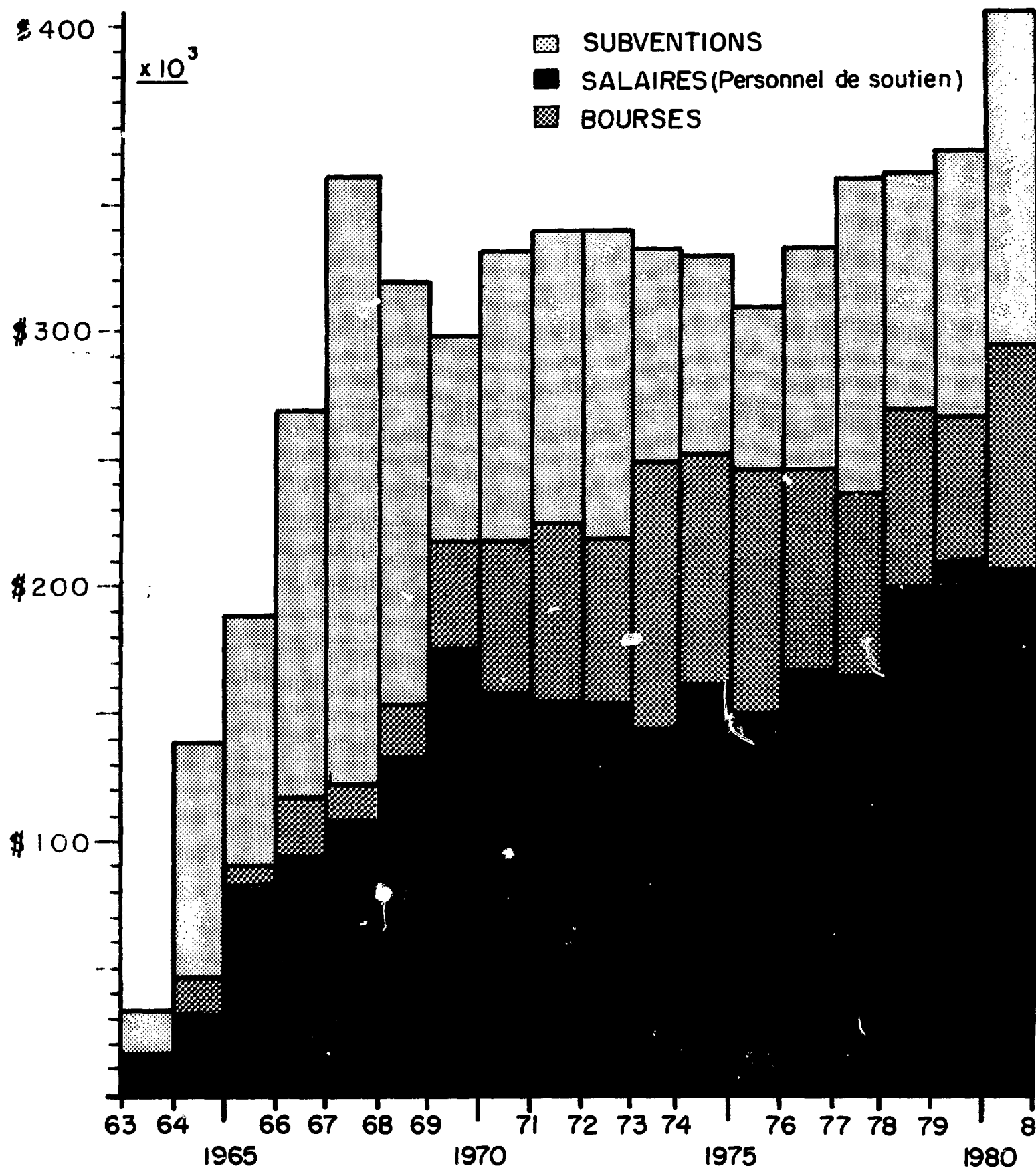
SUBVENTIONS DU CRSNG ACCORDÉES AU LABORATOIRE DE
L'ACCÉLÉRATEUR VAN DE GRAAFF

Figure 1

SUBVENTIONS DU CRNG ACCORDÉES AU LABORATOIRE DE L'ACCÉLÉRATEUR VAN DE GRAAFF

NORMALISÉES EN \$ 1970

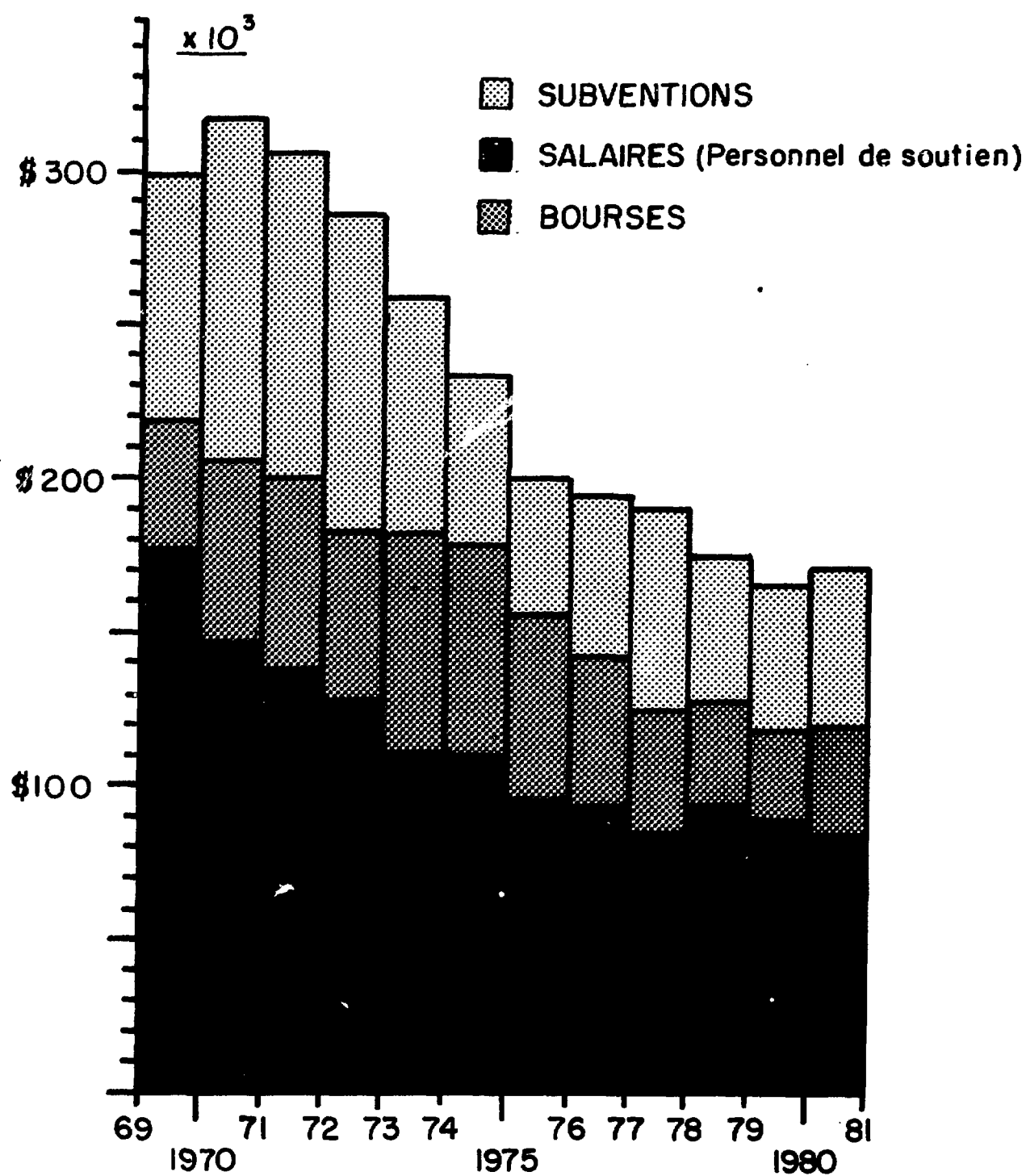


Figure 2

PUBLICATIONS DES CHERCHEURS DU LABORATOIRE DE L'ACCELERATEUR VAN DE GRAAFF

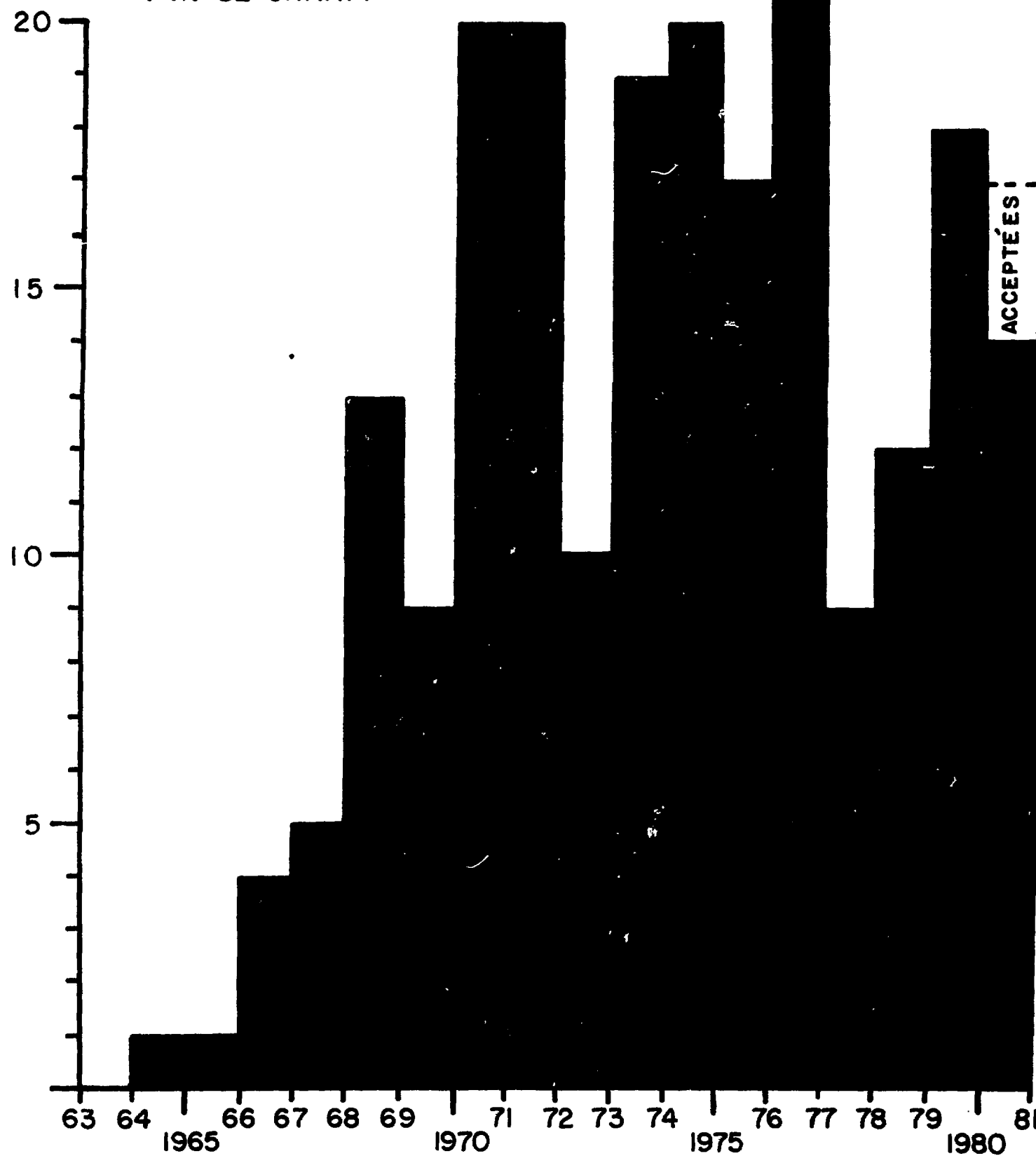


Figure 3

CHAPITRE I

LES SERVICES

A) L'OPÉRATION DE L'ACCÉLÉRATEUR VAN DE GRAAFF

Novembre 1979 - Octobre 1980

Ingénieur-Administrateur: Réjean LABRIE

1. Statistiques d'opération

L'accélérateur de 7.5 MV continu de fournir un rendement élevé avec très peu d'ouvertures non cédulées. Le nouveau tube d'accélération, installé en avril 1979, s'avère excellent autant du point de vue stabilité en tension qu'en temps de conditionnement. Mise en opération au même moment que le tube, la courroie, qui avait toujours eu un fonctionnement normal et sans problème, s'est soudainement rompue le 31 octobre 1980 après seulement 8,810 heures de service. Il nous apparaît que ce bris soit relié à un défaut dans la fabrication plutôt qu'à un mauvais fonctionnement de l'accélérateur. La dernière courroie de même type, installée ici, a duré plus de 29,000 heures. Nous prévoyons donc un temps d'arrêt de trois semaines afin d'installer une nouvelle courroie et de procéder, à la même occasion, à un entretien général de la machine puis à son conditionnement.

Au cours des derniers douze mois (1/11/79 au 31/10/80) quinze ouvertures de l'accélérateur furent effectuées. La figure 4 nous présente leur répartition au cours de cette période. De ce nombre seulement une a été occasionnée par un bris imprévisible. La production d'une gamme variée d'ions ainsi que celle de faisceaux d'ions métalliques ($^9\text{Be}^+$, $^{27}\text{Al}^+$ et $^{58}\text{Ni}^+$) nous contraignent à de fréquentes ouvertures de sorte que treize d'entre elles l'ont été, principalement pour des changements de source, de canal de sortie ou de gaz d'accélération. Enfin, un essai de production d'un faisceau de lithium est responsable pour une dernière ouverture.

Le tableau 1 nous présente la liste des faisceaux produits au cours de la période couverte par le présent rapport ainsi que leur répartition parmi les différents utilisateurs. La souplesse de fonctionnement de cet accélérateur est très bien illustrée dans ce tableau où l'on remarque que plus de 42% du temps de faisceau est consacré à la production d'ions lourds. Signalons aussi que 55.7% des faisceaux était doublement ionisés et que l'on a utilisé des ions métalliques pour 10.5% du temps de production.

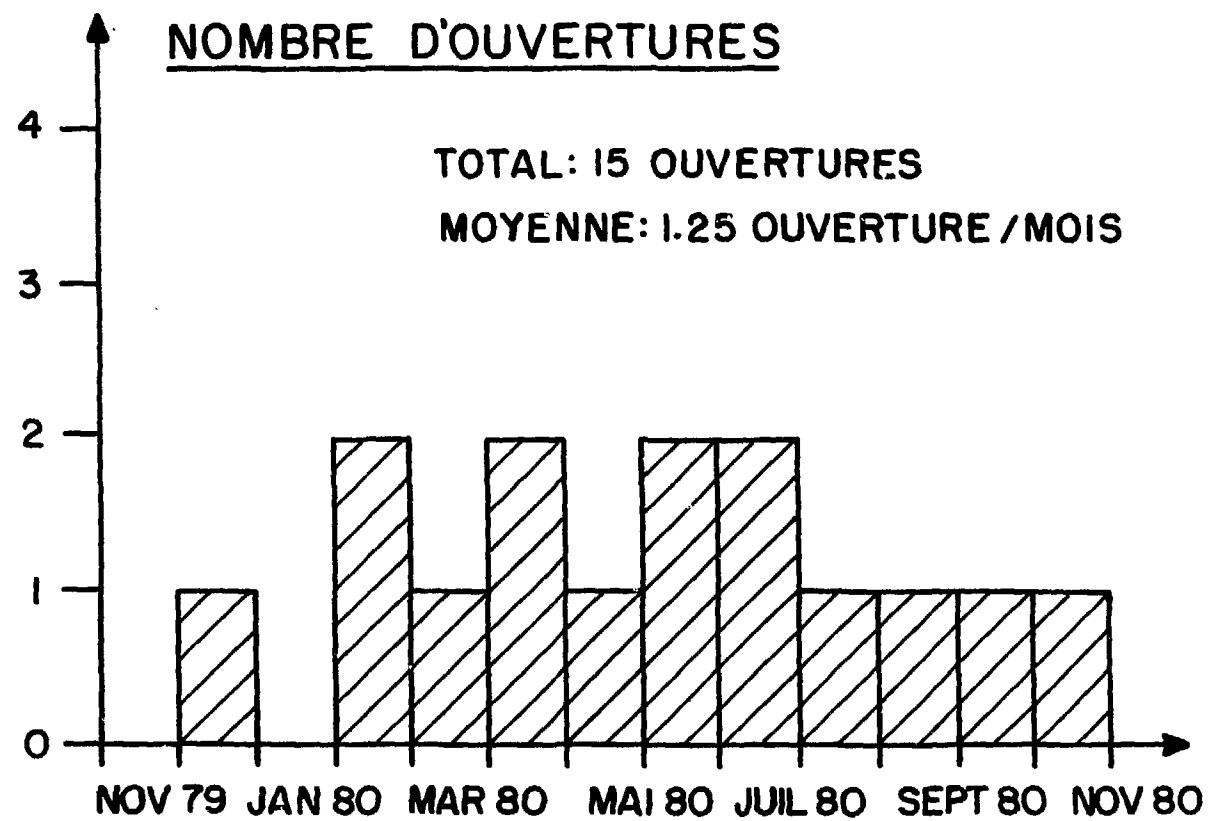


Figure 4 . Nombres d'ouvertures de l'accélérateur de 7.5 MV pour la période du 1^{er} novembre 1979 au 31 octobre 1980.

RÉPARTITION DES HEURES DE FAISCEAU POUR LA PÉRIODE DU

1^{er} novembre 1979 au 31 octobre 1980

ION	PHYS. NUCL.	PHYS. ATOM.	Autres	TOTAL
p	581.5	2	248	831.5 (14.3%)
d	4	27		31 (0.5%)
H ₃ ⁺		24		24 (0.4%)
³ He ²⁺	1379.5			1379.5 (23.7%)
⁴ He ⁺	375			375 (6.4%)
⁴ He ²⁺	653.5			653.5 (11.2%)
⁹ Be ⁺	161.5			161.5 (2.8%)
¹² C ⁺	79			79 (1.4%)
¹² C ²⁺	174			174 (3.0%)
¹³ C ⁺	198.5	91		289.5 (5.0%)
¹³ C ²⁺	492			492 (8.5%)
²⁰ Ne ⁺		140		140 (2.4%)
²⁰ Ne ²⁺		529		529 (9.1%)
²⁷ Al ⁺		347		347 (6.0%)
⁵⁸ Ni ⁺		96		96 (1.7%)
¹³² Xe ²⁺		14		14 (0.2%)
ESSAI LIHTUM	84			84 (1.4%)
ESSAIS DIVERS	26	93		119 (2.0%)
TOTAL	4208.5 (72.3%)	1363 (23.4%)	248 (4.3%)	5819.5 (100%)

TABLEAU 1

La répartition des heures de travail et des heures totales est indiquée aux tableaux 2 et 3 .

Tel que démontrée par ces tableaux, l'accélérateur a été en fonctionnement pendant 5819.5 heures, représentant 95.6% du temps de travail; ce qui a permis aux expérimentateurs de bénéficier de 977 heures de faisceaux de plus cette année que l'an dernier. Le temps nécessaire à la réparation et à l'entretien de la machine ne représente qu'une tranche minime de 0.9%.

Ces quelques statistiques témoignent de l'excellent rendement de notre accélérateur et forment un bilan très positif en faveur de l'exploitation de ce type de machine.

2. Programme de perfectionnement

2.1 L'accélérateur de 7.5 MV

i) Production d'un faisceau de $^9\text{Be}^+$

Au début de janvier 1980, nous avons procédé aux premiers essais de production d'un faisceau de béryllium par la méthode de pulvérisation cathodique du canal de sortie d'une source radio-fréquence. Des gaz de monoxyde de carbone (CO), de néon (Ne) et d'argon (Ar) ont été successivement utilisés comme gaz vecteurs. Les résultats obtenus ont été satisfaisants. Le tableau suivant résume les courants maximum observés sur cage de Faraday, à la sortie de l'aimant d'analyse, et à une tension de 5.5 MV. Depuis, plus de 160 heures de faisceau ont été utilisées dans le cadre du programme de physique nucléaire

Gaz vecteur	courant maximum observé de $^9\text{Be}^+$ (nA)
CO	50
Ne	60
Ar	125

UTILISATION DE L'ACCÉLÉRATEUR VAN DE GRAAFF

Statistiques pour la période
du 1^{er} Novembre 1979 au 31 Octobre 1980

A) Répartition des heures de travail pour la période indiquée

Physique nucléaire	:	4208.5 hres	(69.1%)
Physique atomique	:	1363 hres	(22.4%)
Autres utilisateurs	:	248 hres	(4.1%)
Ouverture (source et/ou gaz d'accélération)	:	216.5 hres	(3.5%)
Réparation et entretien	:	56 hres	(0.9%)
Total	:	6092 hres	(100%)

TABEAU 2

B) Répartition suivant les heures totales de la période ci-haut mentionnée

<u>PROGRAMME EXPÉRIMENTAL</u>			
Physique nucléaire	:	4208.5 hres (72.3%)	(47.9%)
Physique atomique	:	1363 hres (23.4%)	(15.5%)
Autres utilisateurs	:	248 hres (4.3%)	(2.8%)
		5819.5 hres (100%)	(66.25%)
<u>PÉRIODES D'ARRÊT</u>			
Ouverture (source et/ou gaz d'accélération)	:	216.5 hres (7.3%)	(2.5%)
Arrêts normaux (congé fins de semaine)	:	2692 hres (90.8%)	(30.7%)
Réparation et Entretien	:	56 hres (1.9%)	(0.6%)
		2964.5 hres (100%)	(33.75%)
GRAND TOTAL		8784 hres (100%)	(100%)

TABLEAU 3

ii) Production d'un faisceau de lithium

Dans ce cas nous avons opté pour une technique différente de celle utilisée pour le béryllium.

On a déposé dans la source radio-fréquence de l'accélérateur de 7.5 MV des pastilles de métal de lithium. Nous avons l'espérance que la puissance R.F. absorbée par ces particules métalliques puisse être suffisante, tout d'abord, à évaporer le métal, puis, à l'ioniser. Afin d'initier l'ionisation de la source, divers gaz vecteurs furent utilisés; ce qui nous permettait de plus d'avoir un certain contrôle sur sa pression d'opération. Au cours de cette première tentative, aucun résultat probant ne fut obtenu. Toutefois, nous comptons procéder bientôt à d'autres essais avec l'accélérateur de 150 KV.

iii) Système à pompage différentiel pour cible gazeuse sans fenêtre

L'installation dans la salle de recherche, sur la ligne à faisceau 15° Sud, des premiers éléments du système à pompage différentiel s'est effectuée en décembre 1979. Dans les mois qui suivirent, nous avons complété le montage des diverses unités de pompage et, en mai, nous procédions aux premiers essais avec faisceau. Avec un faisceau de particules α d'une énergie de 11 MeV la transmission du système s'avère légèrement supérieure à 90%. A plus haute énergie, soit 14 MeV, et avec des ions $^3\text{He}^{2+}$ nous avons observé un facteur de transmission de 98%.

Par la suite, nos travaux ont été interrompus par le renvoi d'une pompe ROOTS au manufacturier pour réparation sous garantie et furent retardés davantage par la perte de celle-ci lors de l'expédition de retour. Vers la mi-août, nous avons modifié le montage original pour y adapter une station de recherche déjà construite.

Nous avons augmenté de 4.67 mm à 7.94 mm le diamètre de la restriction du premier étage (i.e. la première restriction rencontrée par le faisceau). Cette modification assure une meilleure transmission du faisceau tout en conservant une conductance "raisonnable" qui se chiffre par une perte de gaz de 6×10^{-6} Torr-ℓ/sec en opération nominale (20 TORR dans la chambre). Le troisième module de restriction a été déplacé à l'intérieur de la station de recherche.

L'évacuation initiale se fait maintenant par une pompe mécanique D16A de 400 l/sec de construction standard, tandis que la pompe hermétique D16A-HE3, originalement utilisée pour cet usage, sert à compresser le gaz vers une ligne de filtration et de purification. Un filtre à l'huile ainsi qu'un condenseur refroidit à la température de l'azote liquide y est utilisé. On a aussi prévu un réservoir de transit permettant de conserver le gaz utilisé lorsqu'il est nécessaire d'ouvrir la chambre de recherche. Un système de récupération des gaz sera élaboré sous peu.

iv) Système de télémétrie

Les six fibres optiques multibrins originales (CROFON #1610 de Dupont) ont été remplacées en février par six fibres plastiques monofilaments (CROFON #1056 de Dupont) mieux adaptées au passage à l'extérieur de l'accélérateur. Un deuxième groupement de six fibres fut mis en place à la fin de juin. Sept de ces fibres sont actuellement en service; six servent à acheminer diverses informations en provenance du terminal et une est utilisée comme canal de commande. A la même date, un circuit de lecture de vide au niveau du terminal couplé à un module de transmission par fibre optique, tous deux conçus et construits sur place, ont été installés au terminal de l'accélérateur. Pour cette réalisation nous avons opté pour une jauge à cathode froide qui nous permet de couvrir une plage de 10^{-7} à 10^{-3} TORR répartie sur trois échelles.

Un relais électronique avec commande par fibre optique a été développé et réalisé au cours des mois de février et mars dernier. Il permet la mise sous tensions d'organes du terminal par un simple signal lumineux transmis par fibre optique. En juin, un premier prototype utilisé en conjonction avec le circuit de télémessure du vide est rendu opérationnel au terminal de la machine.

v) Lignes à faisceau

Des vannes d'isolation pneumatiques furent intégrées aux lignes à faisceau 15°S et 30°S . Elles peuvent être télécommandées manuellement ou activées par des circuits de protection développés ici en laboratoire.

vi) Production de radioisotopes

La construction d'une nouvelle chambre à réaction avec fenêtre de havar a permis la production en continu des radioisotopes de ^{11}C et de ^{13}N pour des études de radiobiologie. Une technique améliorée de collection de ces radioisotopes a contribué à diminuer le temps de préparation tout en étant plus simple et plus sécuritaire.

2.2 L'accélérateur de 150 KV (KEVATRON)

Le système de production d'ions de l'accélérateur Kevatron a été complètement modifié. Nous avons remplacé la source Hill-Nelson par un injecteur identique à celui de l'accélérateur de 7.5 MV. Pour cela nous avons construit en atelier une lentille de focalisation de type Einzel ainsi qu'un présélecteur magnétique. Plusieurs blocs d'alimentation furent récupérés de l'ancien montage ou obtenus sur place de sorte que l'investissement nécessaire à cette transformation a été réduit au minimum. En plus du programme de recherche des atomistes, l'accélérateur de 150 KV modifié servira de banc d'essai pour la production de nouveaux ions ainsi que pour le développement de la source polarisée d' ^3He .

2.3 Le banc d'essai

Le banc d'essai a été utilisé au cours des deux dernières années pour des expériences préliminaires en vue du développement de la source d' ^3He polarisée. Au cours de la présente année fiscale, nous avons modifié complètement le système de pompage qui comprend maintenant deux pompes à diffusion d'huile de 700 ℓ/sec de marque T-M ainsi qu'une pompe du même type de 170 ℓ/sec de la cie Balzer. Des pièges refroidis à l'azote liquide sont utilisés. Avec injection de gaz nous pouvons ainsi maintenir un vide de l'ordre de $1 \text{ à } 3 \times 10^{-6}$ TORR ce qui représente un gain supérieur à un ordre de grandeur par rapport à la version précédente.

Dans le cadre de notre programme de développement d'une source d'ions "intégrée" d' ^3He polarisés nous avons conçu et réalisé une bobine axiale pouvant produire un champ magnétique de 0.3T (3000 gauss). Les essais sous tension se sont avérés concluants et les résultats conformes aux calculs. Sous peu la bobine sera incorporée au montage du banc d'essai.

3. Développement projeté

Nous accordons une priorité majeure au projet de construction d'une source d' $^3\text{He}^{++}$ polarisée à être installée au terminal de l'accélérateur de 7.5 MV. Tout récemment nous avons transmis au CRSNG une demande de subvention d'installation spéciale pour la réalisation de ce projet. Nous prévoyons un programme de développement s'échelonnant sur une période de trois ans et d'un coût total de \$365,480.

Au cours des prochains mois, nous poursuivrons l'expansion du système de télémétrie par la mise en chantier de la phase 2 de ce programme de développement. Dans un premier temps nous nous sommes fixés de développer et de construire un certain nombre de modules pouvant nous renseigner sur divers paramètres liés au fonctionnement des principaux organes du terminal. Le deuxième volet consistera à la réalisation d'éléments de contrôle qui permettront la télécommande par fibre optique de ces paramètres.

Le système actuel de radioprotection comprend quatre détecteurs regroupés en paire gamma-neutron et disposés aux endroits stratégiques. Le système a été construit sur place au tout début du laboratoire (1962) avec la technologie de l'époque. Les mesures de sécurité s'étant renforcées au cours des dernières années nous avons été forcés de porter une attention plus poussée au système. Il nous est apparu peu fiable et requérait de fréquentes calibrations. Nous proposons son remplacement par des systèmes commerciaux qui présentent les avantages de fiabilité et de facilité de calibration. Le remplacement se ferait par étape et serait échelonné sur deux années fiscales. Pour la première année fiscale nous ferons l'acquisition de deux moniteurs gamma avec leur coffret de lecture et une source de calibration. Dans un deuxième temps nous compléterons le changement par l'achat de deux détecteurs neutron.

Nous prévoyons aussi la complétion du système de récupération des gaz pour la cible gazeuse sans fenêtre et la construction d'une ligne à faisceau avec vide poussée (10^{-8} TORR) pour les études de spectroscopie faisceau-lame. Enfin, l'amélioration des systèmes à vide de l'accélérateur de 150 KV (Kevatron) ainsi que l'automation des systèmes de protection s'inscrivent à l'horaire.

B - SERVICE DES ORDINATEURS

Période du 1^{er} novembre 1979 au 31 octobre 1980

Ingénieur: Robert LARUE

1. UTILISATION

Les ordinateurs servant pour l'acquisition des données ont été utilisés en moyenne 76 heures par semaine. Sur ce, 95% du temps a été consacré à l'acquisition et l'analyse des données, et 5% pour la maintenance et la mise au point des programmes.

L'ordinateur PDP15-1 qui sert exclusivement pour la programmation et l'analyse des données, a servi en moyenne 63 heures par semaine. Le temps d'utilisation a été partagé de la façon suivante: 79% du temps pour l'analyse, 15% pour la programmation et la mise au point de nouveaux programmes, et 6% pour l'entretien et les tests préventifs.

2. MATÉRIEL

Nous avons fait l'acquisition de mémoires additionnelles pour les 2 ordinateurs PDP15, et d'un disque supplémentaire pour la PDP15-1

1 DEC MK15-A 8K	pour la PDP15-1
1 DEC MM15-A 4K	pour la PDP15-2
et 1 RS08/RS09 DECDISK	pour la PDP15-1.

Pendant la période de maintenance du mois de mars 1980, la PDP15-2 et sa mémoire additionnelle ont été installées à la place de l'ordinateur PDP9; ce dernier était utilisé pour l'acquisition des données depuis 1968 et ne comportait que 8K mots de mémoire.

Durant la même période, le disque et la mémoire de 8K ont été installés sur la PDP15-1. Le disque a une capacité d'enregistrement de 262K mots de 18 bits. La première moitié du disque permet d'augmenter l'espace de travail de l'utilisateur; la seconde moitié est réservée pour emmagasiner les programmes d'analyse les plus couramment utilisés.

Les ordinateurs du laboratoire sont utilisés de la façon suivante:

PDP15-1

Sert pour l'analyse et la programmation,
total de 24K mots de mémoire,
2 disques de 262K mots de mémoire.

PDP15-2

Sert pour l'acquisition et l'analyse des données,
total de 28K mots de mémoire.

L'interface pour le crayon électronique et les commutateurs de contrôle a été construite et mise en place pour la PDP15-2. Tous les commutateurs de contrôle ont été remplacés sur les 2 PDP15 par des commutateurs à ressort. Les ordinateurs ont maintenant chacun 41 commutateurs de contrôle, ce qui les rend compatibles du point de vue de la programmation.

L'interface de contrôle entre l'ordinateur PDP15-2 et le nouveau système de 8 convertisseurs analogiques-numériques (ADC) a été mise en place et a commencé à servir pour l'acquisition des données dès le début d'avril 1980.

3. LOGICIEL

PDP15-1

Les modifications nécessaires ont été apportées du point de vue de la programmation pour la PDP15-1, pour tenir compte de la mémoire additionnelle et du disque supplémentaire.

Des commandes spéciales ont été incorporées dans le programme 2SPECT pour reconstituer des spectres à partir des listes produites par le programme ADC8 et pour analyser ces mêmes spectres.

Quelques nouvelles sousroutines utilitaires pour la plupart d'intérêt particulier se sont ajoutées à la librairie .LIBR5 pour faciliter la programmation et l'analyse des données.

PDP15-2

Avec le remplacement de la PDP9 par la PDP15-2 et la venue du système des huit convertisseurs analogiques-numériques "MODEL 8070A A/D CONVERTER" de la compagnie CANBERRA, nous avons conçu et mis au point le programme ADC8.

Le programme ADC8 sert à contrôler le système des huit convertisseurs analogiques-numériques; il permet de mettre en marche, d'arrêter et de lire en ligne simultanément les 8 ADC et les 16 échelles binaires du laboratoire.

Chaque convertisseur peut être utilisé dans un des quatre groupes de coïncidence ou peut être utilisé en mode simple; dans ce dernier cas, le convertisseur agit comme un analyseur à multicanaux. Les données peuvent être accumulées simultanément dans les deux modes de comptage. On peut se servir de l'échelle 0 pour arrêter l'accumulation des données, en sélectionnant un nombre de coups limite à atteindre avec les commutateurs du panneau de contrôle des échelles.

L'utilisateur a à sa disposition 15K mots de mémoire pour conserver les spectres qu'il veut pouvoir observer et analyser durant l'expérience. Il peut définir jusqu'à 20 régions différentes avec possibilité d'imposer 10 fenêtres au maximum pour chaque région dans le cas des spectres en coïncidence. Le spectre peut être compressé si on définit des limites pour la région en mémoire plus petites que les limites données pour les ADC.

Tous les événements produits au cours de l'expérience peuvent être enregistrés sur ruban magnétique MAGTAPE sous forme de listes. On peut par la suite relire ces listes et reconstruire les spectres suivant les spécifications désirées.

CHAPITRE II

RECHERCHES EN COURS ET AUTRES ACTIVITÉS

RÉACTIONS NUCLÉAIRES AVEC LES IONS LOURDS

1) Réaction $^{16}\text{O}+^{16}\text{O} \rightarrow ^8\text{Be}+^{24}\text{Mg}$

B. CUJEC, A.J. Ferguson, O. Hüsser, D. Horn et R.E. Warner (Chalk River Nuclear Laboratories).

Les sections efficaces pour la réaction $^{16}\text{O}+^{16}\text{O} \rightarrow ^8\text{Be}_{\text{g.s.}}+^{24}\text{Mg}$, avec $^8\text{Be}_{\text{g.s.}} \rightarrow 2\alpha$, ont été mesurées à l'énergie incidente de 53 MeV en détectant en coïncidence par un télescope $\Delta E-E$ les noyaux lourds (Mg) et par un autre les particules légères (α 's).

Les sections efficaces obtenues sont faibles: $\sim 40 \mu\text{b/sr}$ pour $^{24}\text{Mg}(\text{g.s.} + 1.37 \text{ MeV})$ à $\theta_{\text{c.m.}} \approx 90^\circ$. Un article, intitulé "Cross Sections for the $^{16}\text{O}(^{16}\text{O}, ^8\text{Be}_{\text{g.s.}})$ Reaction and Mechanisms of α -Rearrangement Reactions" a été rédigé et soumis pour publication.

2) Etude comparative des réactions $^{16}\text{O}(^{16}\text{O}, ^{12}\text{C})^{20}\text{Ne}$, $^{16}\text{O}(^{16}\text{O}, ^8\text{Be})^{24}\text{Mg}$ et $^{16}\text{O}(^{16}\text{O}, \alpha)^{28}\text{Si}$

B. CUJEC.

Les travaux comportant sur ces réactions, caractérisées par les noyaux du type $4n$ dans la voie initiale et finale ont été étudiés en but d'examiner le mécanisme de ces réactions. On a pu conclure, à partir des distributions angulaires et sections efficaces, que les trois réactions sont produites par des ondes de surface ("grazing collisions"). Les sections efficaces pour $^{16}\text{O}(^{16}\text{O}, ^8\text{Be})^{24}\text{Mg}$ et $^{16}\text{O}(^{16}\text{O}, \alpha)^{28}\text{Si}$, où il s'agit d'un transfert de deux et trois particules α respectivement, sont de même ordre de grandeur et ~ 25 fois plus faibles que celles de la réaction $^{16}\text{O}(^{16}\text{O}, ^{12}\text{C})^{20}\text{Ne}$, où il s'agit d'un transfert d'une particule α .

Cette étude était présentée sous titre: "On the α -Rearrangement Reactions in the $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ Collisions" à la Conférence Internationale (International Conference on the Resonance Behaviour of Heavy Ion Systems) en Grèce en juin 1980.

3) Sections efficaces totales* pour $^{12}\text{C}+^{13}\text{C}$

B. CUJEC, B.K. Dasmahapatra et F. Lahlou.

Comme le comportement des sections efficaces totales en-dessous de la barrière coulombienne, mesurées¹⁾ par le détecteur Ge-Li, était trouvé anormal par rapport aux autres systèmes de masse voisine, nous avons remesuré la section efficace totale aux énergies incidentes $3 \leq E_{\text{c.m.}} \leq 6.7$ MeV par notre méthode du rayonnement γ avec les détecteurs NaI dans la géométrie de $\sim 4\pi$. Nos sections efficaces sont en accord avec les précédentes pour $E_{\text{c.m.}} > 3.5$ MeV, tandis qu'elles sont plus grandes pour $E_{\text{c.m.}} < 3.5$ MeV. Les sections efficaces surpassent de $\sim 50\%$ la prédiction du modèle optique standard (potentiel de Michaud). La dépendance en énergie est lisse, sauf pour un minimum entre $E_{\text{c.m.}} = 3.4$ et 4.1 MeV

* Dans le contexte suivant "section efficace totale" signifie "total reaction cross section".

1) R.A. Dayras, R.G. Stokstad, Z.E. Switkowski, R.M. Wieland. Nucl. Phys. A265 (1976) 153.

4) Sections efficaces totales pour $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$

B. CUJEC, B.K. Dasmahapatra et F. Lahlou.

Comme remarqué par R. Vandenbosch¹⁾ il y a un désaccord considérable entre les sections efficaces obtenues ($3.2 \leq E_{\text{c.m.}} \leq 8.8$ MeV) par Patterson *et al.*²⁾ à partir des particules légères (α, p, n) et celles obtenues ($7.4 \leq E_{\text{c.m.}} \leq 31$ MeV) par Sperr *et al.*³⁾ à partir des noyaux résiduels. Dans l'intervalle ($7.4 \leq E_{\text{c.m.}} \leq 8.8$ MeV) où les deux mesures se recouvrent, les sections efficaces de Patterson *et al.* sont de $\sim 80\%$ plus grandes que celle de Sperr *et al.*

Afin de clarifier ce désaccord nous avons remesuré la section efficace totale de $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ dans l'intervalle $4.2 \leq E_{\text{c.m.}} \leq 7$ MeV par notre méthode du rayonnement γ avec les détecteurs NaI. Nos sections efficaces sont sensiblement plus basses que celles de Patterson *et al.* et s'approchent à celles de Sperr *et al.* Elles sont aussi en accord avec les premières mesures

¹⁾ R. Vandenbosch, Phys. Lett. 87B (1979) 183.

²⁾ J.R. Patterson, H. Winkler and C.A. Zaidins, Astrophys. J 157 (1969) 367.

³⁾ P. Sperr *et al.*, Phys. Rev. Lett. 37 (1976) 321.

effectuées à Chalk River⁴⁾.

Une publication sur ce travail et celui de $^{12}\text{C}+^{13}\text{C}$ est en préparation.

⁴⁾ E. Almquist, J.A. Kuehner, D. McPherson and E.W. Vogt, Phys. Rev. 136 (1964) B84.

5) La réaction $^9\text{Be}+^{10}\text{B} \rightarrow ^{14}\text{N}^*+\alpha+n$
B. CUJEC et B.K. Dasmahapatra.

Comme les mesures précédentes¹⁾ de la section efficace totale pour $^9\text{Be}+^{10}\text{B}$ ont indiqué une section efficace relativement élevée pour la voie $^{14}\text{N}^*+\alpha+n$, on s'est proposé de regarder s'il y a, dans cette voie, une contribution importante de la réaction $^{10}\text{B}(^9\text{Be},^5\text{He})^{14}\text{N}^*$ avec le transfert d'un α et désintégration $^5\text{He} \rightarrow \alpha+n$. Comme le transfert α peuplait, dans ^{14}N , seulement les niveaux de $T=0$, tandis que l'émission séquentielle à partir du noyau composé peuplait tous les niveaux ($T=0$ et $T=1$), on s'est proposé de déceler les deux mécanismes en étudiant le rayonnement γ , issu de $^{14}\text{N}^*$, par un détecteur Ge-Li. Les mesures ont été faites avec le faisceau de ^9Be aux énergies incidentes de 5.0, 6.0 et 6.5 MeV. Les transitions $^{14}\text{N} - 2.31 \text{ MeV}(J=0^+, T=1) \rightarrow ^{14}\text{N} - \text{g.s.}(J=1^+, T=0)$ et $^{14}\text{N} - 3.95 \text{ MeV}(J=1^+, T=0) \rightarrow ^{14}\text{N} - 2.31 \text{ MeV}$ avec $E_\gamma = 2.31 \text{ MeV}$ et $E_\gamma = 1.64 \text{ MeV}$ sont très prononcées. L'intensité relative de ces deux rayonnements γ favorise la supposition que les niveaux de $T=1$ ne sont pas peuplés sensiblement. Nous cherchons à effectuer les calculs Häusser - Feshbach par le code CASCADE pour différentes voies finales afin d'obtenir une comparaison des sections efficaces entre différentes voies finales, et vérifier, avec cela, davantage la présence du mécanisme $^{10}\text{B}(^9\text{Be},^5\text{He})^{14}\text{N}^*$

¹⁾ M.L. Chatterjee, H.C. Cheung and B. Cujec, Nucl. Phys. A323 (1979) 461.

6) Etude des collisions $^9\text{Be}+^9\text{Be}$
B. CUJEC, F. Lahlou et B.K. Dasmahapatra.

Comme aucune étude n'existe encore pour le système $^9\text{Be}+^9\text{Be}$, nous nous proposons de l'étudier en détail.

On a réussi à faire des cibles selfsupportantes de ^9Be d'épaisseur $\sim 30 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. Les mesures préliminaires de la section efficace totale ont été faites en détectant le rayonnement γ par les détecteurs NaI. L'analyse de ces spectres est en cours.

RÉACTIONS NUCLÉAIRES ET PHÉNOMÈNES DE POLARISATION

7) Déviations par rapport à l'espace des phases et forces dans la réaction $d+p \rightarrow p+p+n$ très près du seuil

R.J. SLOBODRIAN, S.S. Dasgupta, C. Rioux, F. Lahlou et R. Roy.

Des expériences préalables à notre laboratoire ont consisté de la mesure des spectres de corrélation de la réaction $p+d \rightarrow p+p+n$ aux angles 30^0 , -30^0 jusqu'à 310 keV à l'état final, et les spectres ne montrent pas une contribution importante de la force à deux corps. Néanmoins ces spectres semblent indiquer la présence d'une corrélation liée à forces à trois corps. La cinématique de ces expériences est telle que seulement une partie du lieu cinématique dans le plan E_{p_1}, E_{p_2} , (où E indique les énergies) est accessible aux détecteurs, qu'on appelle "branche supérieure". Nous avons décidé d'investiguer la réaction $d+p \rightarrow p+p+n$ (faisceau de deutons sur cible d'hydrogène) dans le but de nous approcher du seuil de la réaction autant que possible, afin d'obtenir les spectres de corrélation pour des énergies très basses à l'état final, mais avec la possibilité de détecter les particules sur le lieu cinématique complet. Nos mesures ont été faites entre 7.120 et 7.405 MeV Lab, au centre de la cible, laquelle consistait de deutérium à une pureté de 99.99% et une pression de 80 torr.

La fig. 5 montre un exemple des spectres bidimensionnels obtenus dans les expériences présentes. La résolution temps des coïncidences réelles était près de la nanoseconde, après correction par temps de vol. Nous montrons le spectre brut, après soustraction des événements fortuits seulement la région cinématique permise reste peuplée. La figure 6 montre la fonction d'excitation de la section efficace de corrélation intégrée sur le lieu cinématique permis par la géométrie finie des collimateurs définissant la région de la cible vue par les détecteurs. Les sections efficaces absolues ont été obtenues par comparaison aux sections efficaces $p-d$ élastique, en utilisant les valeurs déterminées par Kocher et Clegg¹⁾. La ligne en trait plein montre la dépendance de l'énergie d'une section efficace correspondant à l'espace de phase de corrélation: intégrale de la fonction $\rho_2(E_1^k, E_2^k)$

¹⁾ D.C. Kocher et T.B. Clegg. Nucl. Phys. A132, 455 (1969).

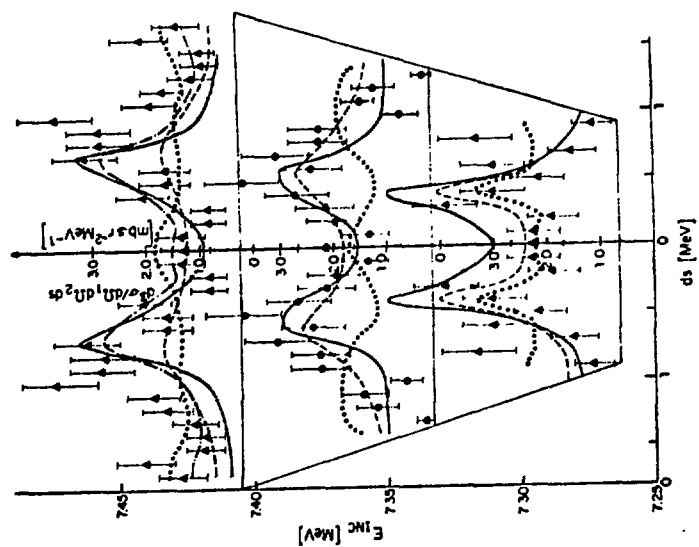


FIG. 5

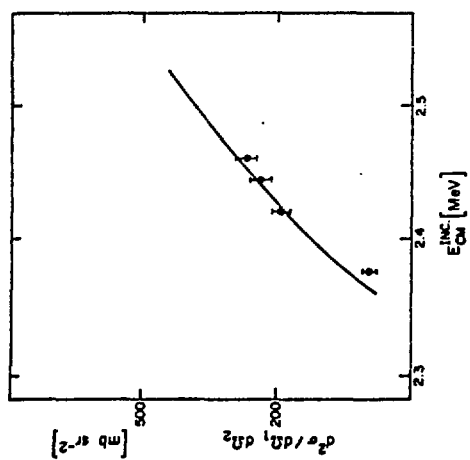


FIG. 6

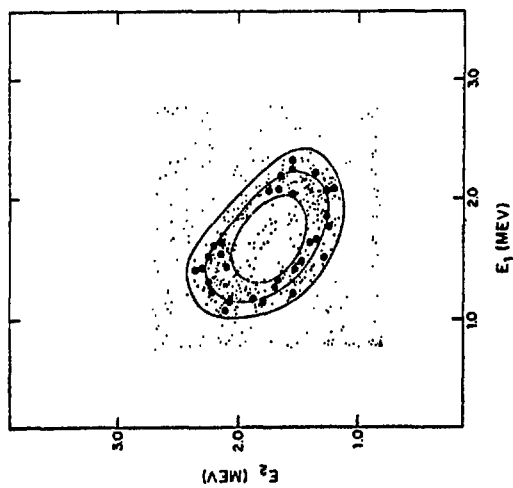


FIG. 7

(notation de G. Ohlsen²⁾). Evidemment l'accord est très bon. Néanmoins, cet accord n'existe pas dans les spectres de corrélation proprement dits. La fig. 7 montre les projections sur l'arc cinématique moyen à des pas de 100 keV. Les lignes à trait discontinu montrent l'espace de phases de corrélation $\rho_2(E_1^L, E_2^L)$ et à 7.405 MeV il y a une différence importante. Les courbes en trait plein correspondent à des calculs d'interaction à l'état final p-p et n-p, lesquels reproduisent qualitativement les spectres de corrélation, mais il y a aussi des différences marquées. En particulier, pour les partitions symétriques $E_{np_1} \simeq E_{np_2}$, où p_1 et p_2 sont les protons, on voit clairement aussi bien à la figure 5 qu'à la figure 7 un maximum relatif, par contre les calculs avec des forces à deux corps donnent des minima. Il devient qu'ici, tel qu'on l'a constaté auparavant dans le cas de la réaction $p+d \rightarrow p+p+n$ ³⁾, ces maxima peuvent être expliqués à l'aide d'une probabilité de transition basée sur une force à trois corps venant de l'échange à deux pions, donnant lieu à une probabilité de transition proportionnelle à $p_{23} \cdot p_{13}$, produit des impulsions relatives des particules 2-3 et 1-3 où 3 est le neutron. Ce genre de corrélation est indiquée en pointillé sur la figure 3 et à 7.405 MeV la courbe en point - trait d'union indique le meilleur fit obtenu par addition des contributions des forces à deux et trois corps.

Nous avons donc prouvé que les corrélations p-p venant de la cassure du deuton à des énergies très basses peuvent être obtenues à l'aide de la réaction $d+p \rightarrow p+p+n$, et que les corrélations sont non-triviales, puisqu'elles montrent des effets importants des forces à deux corps et à trois corps. Il est possible d'obtenir des spectres à haute précision, en consacrant un temps d'accélérateur beaucoup plus long. Nous croyons aussi qu'une explication adéquate des nouvelles données et des possibilités potentielles requiert du progrès dans les théories à trois corps afin d'inclure le champ coulombien et les forces à trois corps. Le présent travail a fait l'objet d'une communication à une conférence et forme partie d'une publication au Journal de Physique (janvier 1981).

²⁾ G. Ohlsen. Nucl. Instr. and Methods 37, 240 (1965).

³⁾ R.J. Slobodrian, S.S. Dasgupta, C. Rioux, F. Lahlou and R. Roy. Proc. 9 Int. Conf. on the Few Body Problem, Vol. I, page 74 (Oregon, 1980).

8) Variation des déphasages de la diffusion p-d près du seuil de cassure du deuton

F. Lahlou, R.J. SLOBODRIAN, P. Bricault, S.S. Dasgupta, R. Roy et C. Rioux.

Nous avons continué nos expériences sur la diffusion élastique p-d près du seuil de cassure du deuton et nous avons ajouté une nouvelle énergie à nos mesures précédentes, 3.74 MeV. En définitive nous avons obtenu les distributions angulaires à 3.14, 3.34, 3.54 et 3.74 MeV. A cause de l'énergie basse des protons et le fait que la cible gazeuse était isolé par deux feuilles (à l'entrée et à la sortie), nous avons eu une difficulté dans la normalisation absolue des données, à cause d'une perte de faisceau due à la diffusion multiple dans les feuilles d'isolation. Nous avons opté par une méthode assez intéressante pour obtenir une bonne normalisation. Il est bien connu que les sections efficaces de diffusion p-p ont été déterminées avec une précision de 0.15% dans cette région d'énergie¹⁾. Nous avons fait nos mesures de normalisation en mesurant simultanément la diffusion p-p et p-d à l'aide d'un mélange d'hydrogène et deutérium. Les erreurs de nos sections différentielles sont pour petites que 3% en règle générale. La figure 8 montre l'ensemble de nos mesures expérimentales. Il est évident qu'il y a une variation non uniforme dans cette région d'énergie.

Nous avons effectué une analyse en déphasages à l'aide d'un programme à recherche automatique²⁾, suivant la paramétrisation de Seyler³⁾. Dans la région des basses énergies il y a 41 paramètres importants entre déphasages et coefficients de mélange⁴⁾. Nous avons restreint la recherche aux cinq paramètres principaux entre 3 et 4 MeV: les déphasages des ondes S et ⁴P. Nous avons utilisé à l'énergie 3.14 MeV les déphasages de Schmelzbach *et al.* à 3.00 MeV comme valeurs de départ, pour chaque énergie suivant le programme démarre automatiquement avec les résultats obtenus à l'énergie qui vient d'être analysée. L'analyse a été continuée sur les données de Kocher et Clegg⁵⁾ à 3.998 MeV et le programme converge à partir des paramètres trouvés

¹⁾ H.R. Worthington, J.N. McGruer et D.E. Findley. Phys. Rev. 90 (1953) 899.

²⁾ R.J. Slobodrian et P. Bricault: Programme PD en algèbre complexe et recherche automatique.

³⁾ R.G. Seyler. Nucl. Phys. A124 (1969) 253.

⁴⁾ P.A. Schmelzbach *et al.* Nucl. Phys. A197 (1972) 273.

⁵⁾ D.C. Kocher et T.B. Clegg. Nucl. Phys. A132 (1969) 455.

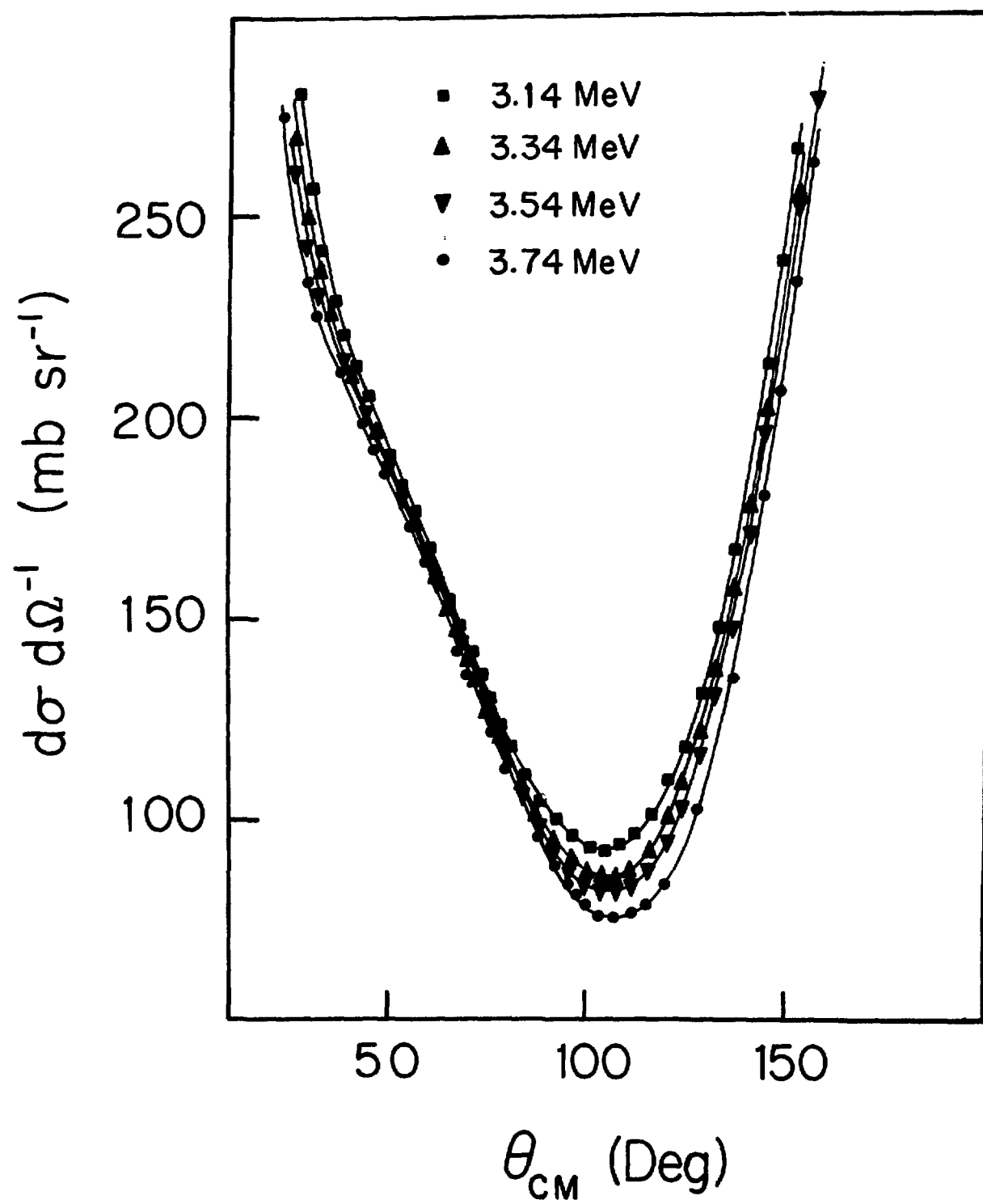


Figure 8

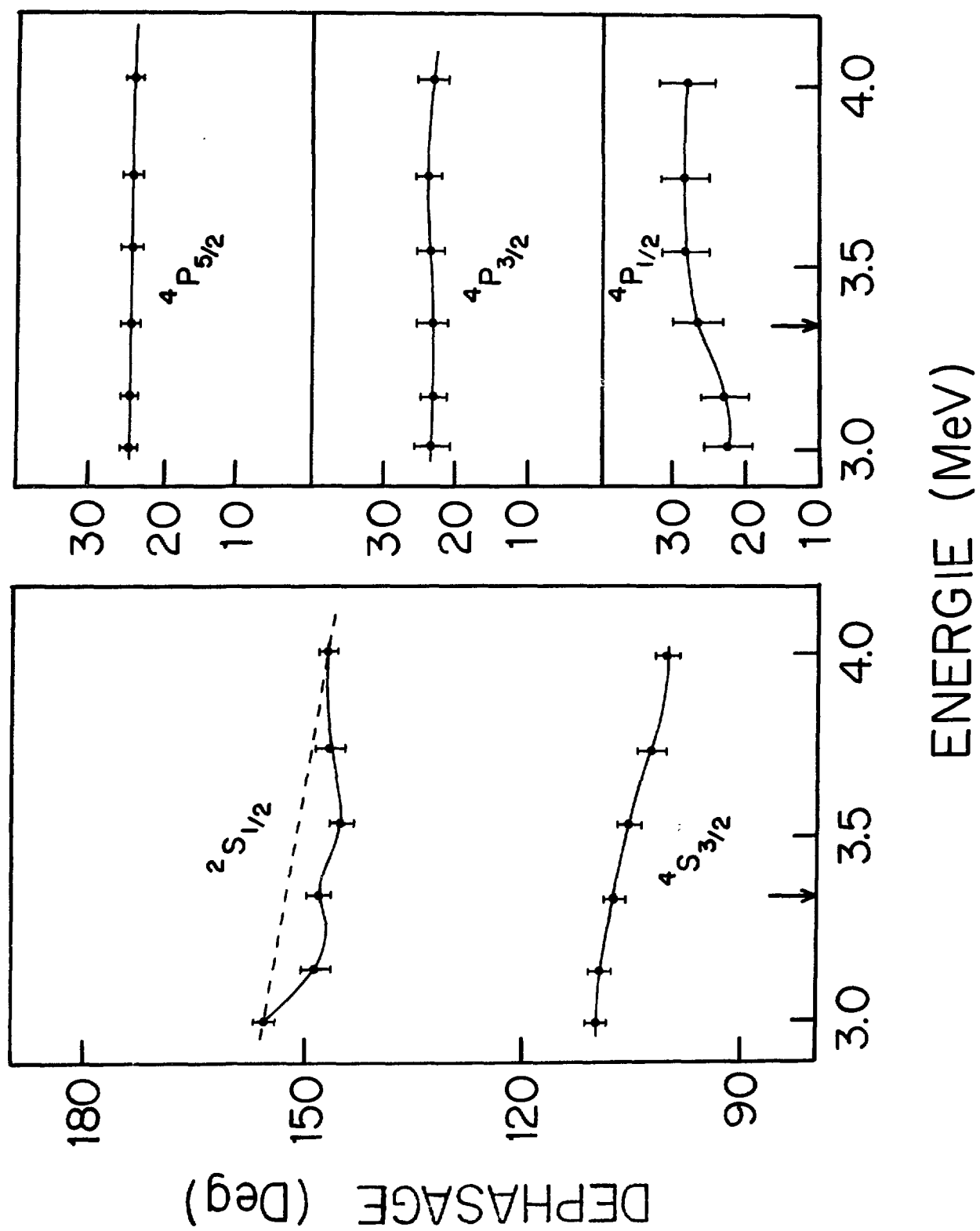


Figure 9

pour nos données à 3.74 MeV, aux valeurs trouvées par Schmelzbach *et al.*⁴⁾. Ceci nous assure de la consistance générale de nos déphasages avec ceux des énergies plus basses et plus hautes. La figure 9 montre graphiquement les déphasages trouvés aussi bien que ceux à 3.00 et 4.00 MeV provenant de l'analyse des données de Kocher et Clegg⁵⁾. Les lignes tracées à la figure 9 constituent le calcul théorique des sections efficaces différentielles à l'aide des déphasages obtenus dans l'analyse. Les déphasages $^2S_{1/2}$ et $4P_{1/2}$, c'est-à-dire les deux déphasages correspondants à la même valeur de $J=1/2$, montrent une variation non monotone avec l'énergie, reflet de la variation non uniforme des sections efficaces, en traversant le seuil de cassure.

Nos résultats permettent d'envisager une éventuelle explication de l'anomalie observée dans la radiation de freinage nucléaire p-d⁶⁾ près du seuil de cassure. Evidemment une théorie à trois corps du système p-d devrait rendre compte de la dépendance de l'énergie des déphasages. Une étude parallèle à la nôtre dans le système n-d serait très souhaitable puisque dans ce cas il n'y a pas d'interaction coulombienne à longue portée, interaction qui restreint pour le moment le traitement théorique exact du système p-d à basse énergie.

Le travail présent a donné lieu à la thèse de maîtrise de M. F. Lahlou et à une publication dans le Journal de Physique (Paris).

⁶⁾ R.J. Slobodrian, R. Roy, C. Rioux et B. Frois. Phys. Lett. 78B (1978) 55.

9) Effets coulombiens et de seuil dans la radiation de freinage p-d
R.J. SLOBODRIAN.

La mesure récente¹⁾ des sections efficaces de la diffusion élastique p-d à des petits pas en fonction de l'énergie, autour du seuil de cassure du deuton, lesquelles indiquent une variation non uniforme et les déphasages obtenus en conséquence, ont permis de rouvrir le calcul théorique des sections efficaces de la radiation de freinage dans le contexte du formalisme de Feshbach et Yennie²⁾. La radiation dominante est dipolaire et,

¹⁾ F. Lahlou, R.J. Slobodrian, P. Bricault, S.S. Dasgupta, R. Roy et C. Rioux. J. Phys. 41 (1980) 485.

²⁾ H. Feshbach et D.R. Yennie. Nucl. Phys. 37 (1962) 150.

dans l'approximation du photon mou on obtient une expression sous forme fermée³⁾ pour la corrélation p-d suivant l'émission. A cause des énergies très basses près du seuil de cassure une correction coulombienne est aussi nécessaire⁴⁾. L'expression que nous avons utilisée en définitive est la suivante

$$\frac{d^2\sigma}{d\Omega_d d\Omega_p} = \frac{1}{(2j_d+1)(2j_p+1)} A \frac{p_d}{m_d} \frac{e^2}{\pi} \left(Z_d - \frac{m_d}{m_p} Z_p \right)^2 \text{Tr} \left\{ |t_i|^2 + |t_f - t_i|^2 \right\} \langle P_C \rangle \quad (1)$$

où A, B et C sont des coefficients cinématiques impliquant les angles des particules à l'état final, p_d est l'impulsion du deuton, m_d est sa masse, Z sont les charges, m_p est la masse du proton, $\hbar=c=1$, t_i et t_f sont les amplitudes de diffusion élastiques, $\langle P_C \rangle$ est un facteur moyen de pénétration coulombienne basé sur $\exp(-2\pi e^2/hv)$. L'expression (1) est en pratique assez compliquée, parce qu'elle requiert les matrices-t dans les états initiaux et finals, exprimés par douze opérateurs indépendants de la représentation matricielle 6x6, dans le cas général sans conservation du spin du canal de réaction⁵⁾. Près du seuil de cassure le nombre de phases et coefficients de mélange nécessaires pour le calcul des opérateurs est 41. Aux basses énergies, par ailleurs, les mesures de radiation de freinage correspondent à une région étendue du plan E_p-E_d limitée par la géométrie des collimateurs, à cause des impulsions très basses. Le tout conduit à un problème majeur de calcul à l'ordinateur. Les expériences récentes de radiation de freinage près du seuil de cassure⁶⁾ avaient été entreprises à cause de l'intérêt spécial venant de la possible variation des amplitudes sur- et hors-couche de l'énergie⁷⁾, et elles avaient montré une anomalie dans la section efficace en fonction de l'énergie. La comparaison avec un calcul, à l'aide de l'expression (1) sans le facteur $\langle P_C \rangle$ et avec les anciens déphasages avait indiqué un désaccord important. La figure 10 montre les données expérimentales et la courbe en point trait-d'union est le résultat du calcul qu'on

³⁾ P. Signell, *Advances in Nuclear Physics*, vol. 2 (Plenum, New York, 1969).

⁴⁾ H.F.K. Zingl, *Few Body Nuclear Physics*, Trieste Seminar IAEA-SMR-45 (1978) 345.

⁵⁾ R.G. Seyler. *Nucl. Phys. A124* (1969) 253.

⁶⁾ R.J. Slobodrian, R. Roy, C. Rioux, B. Frois. *Phys. Lett. 78B* (1978) 55.

⁷⁾ A.M. Green, *Few body problems in nuclear and particle physics*, Eds. R.J. Slobodrian, B. Cujec, K. Ramavataram, Les Presses de l'Université Laval, Québec, 1975, p.352 et refs. ci-contenues.

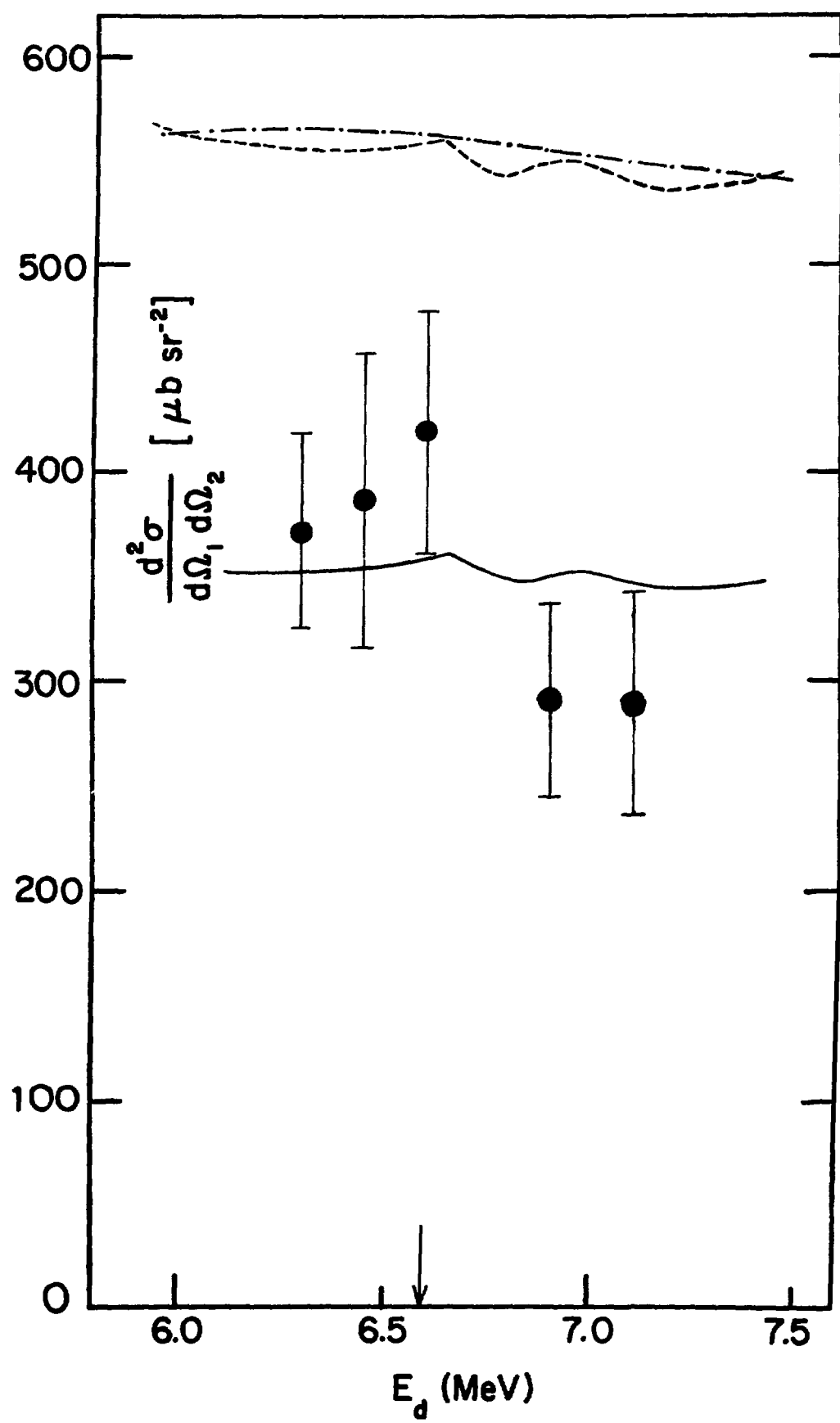


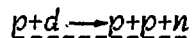
Figure 10

vient de mentionner. En trait discontinu on montre le calcul avec les nouveaux déphasages de Lahlou *et al.*¹⁾. Cette courbe a déjà une structure qui rassemble la discontinuité des points expérimentaux. Finalement le facteur $\langle P_C \rangle$ amène le calcul très près du meilleur fit aux données avec cette forme analytique. L'accord quantitatif avec l'expérience n'est pas parfait. Il y a certainement lieu pour des améliorations à l'aide de calculs plus sophistiqués sur la base de modèles avec potentiels et, en particulier, avec un traitement explicite à trois corps du système p-d, où le seuil de cassure du deuton peut introduire une singularité dans les amplitudes de la radiation de freinage⁷⁾.

Du côté expérimental une précision accrue est à désirer pour permettre une comparaison plus significative avec des calculs théoriques plus raffinés. Il semble nécessaire de développer des techniques "nouvelles", parce que l'état actuel de l'art implique l'utilisation de longues périodes de l'accélérateur. Une façon possible de permettre un progrès important serait de continuer une analyse magnétique aux techniques usuelles à base de jonctions à Si, pour réduire le flux élastique intense, lequel limite couramment l'intensité du faisceau pour les expériences à basse énergie.

Le présent travail a donné lieu à une publication à Phys. Lett.

10) Calculs de Faddeev avec corrections coulombiennes pour la réaction



R.J. SLOBODRIAN et P. Doleschall (Budapest).

Très récemment des expériences ont produit les spectres de corrélation p-p aux énergies très basses¹⁾, et des calculs des sections efficaces à l'aide des interactions à l'état final sur la base de forces à deux corps (p-p et n-p) n'ont pas réussi à bien reproduire les résultats expérimentaux. Une amélioration marquée des calculs est obtenue en introduisant une force à trois corps, en particulier celle provenant de l'échange à deux pions²⁾, composante principale de la force à trois corps. Néanmoins il est important

¹⁾ R.J. Slobodrian, S.S. Dasgupta, C. Rioux, F. Lahlou and R. Roy, Proceedings of the Ninth Int. Conf. on the Few Body Problems Vol. I, Oregon (1980) et J. de Physique (sous presse).

²⁾ B.H.J. McKellar, in Few Body Dynamics, Eds. A.N. Mitra, I. Slaus, V.S. Bhasin, V.K. Gupta, North Holland (1976) page 508 et refs. ci-contenues.

de déterminer si les effets observés ne proviennent pas directement des forces à deux corps dans un traitement basé sur les équations de Faddeev. Un traitement exact de la réaction $p+d \rightarrow p+p+n$ n'est pas encore possible à cause du champ coulombien. Nous avons donc fait un calcul de Faddeev avec corrections coulombiennes dans la voie d'entrée et à l'état final. Les éléments de matrice T ont été pris comme suit

$$\langle q, \ell | T_{ij}^{pd} | \ell', Q \rangle \approx C_\ell(q) e^{i\sigma_\ell} \langle q, \ell | T_{ij}^{nd} | \ell', Q \rangle e^{i\sigma_{\ell'}} C_{\ell'}(Q) \quad (1)$$

où les C_ℓ et σ_ℓ sont des facteurs et déphasages coulombiens respectivement, q et Q représentent des impulsions, ℓ et ℓ' les impulsions angulaires, T_{ij}^{nd} sont les éléments de matrice de la cassure du deuton induite par les protons. Le temps de roulement du programme de calcul est extrêmement long et par conséquent nous avons décidé de faire un calcul complet à une énergie seulement. Nous avons choisi l'énergie 0.77 MeV à l'état final, correspondant à 4.49 MeV mesures récentes¹⁾ et assez bien aussi à 4.5 MeV où Valkovic *et al.*³⁾ ont obtenu des données, aux angles de corrélation 30° , -30° . La figure 11 montre respectivement les données des refs. 1 et 3 par des points solides et par des cercles. La forme du spectre est en bon accord pour ces deux références mais il y a une différence dans la normalisation absolue. Les courbes en trait discontinu sont des "fits" passant par les points expérimentaux. La courbe en trait plein montre le calcul de Faddeev avec corrections coulombiennes. D'une part il est encourageant de voir que ce calcul absolu sans paramètres libres soit en tel bon accord quantitatif avec les valeurs expérimentales, mais le succès est mitigé parce qu'il n'y a pas un bon accord avec la forme de la section efficace de corrélation. En pointillé on a indiqué aussi un calcul $n+p \rightarrow n+n+p$ normalisé (facteur 0.4) aux données et, chose très surprenante, l'accord de la forme semble remarquable. Néanmoins ces données ont été présentées sous la forme ancienne de projection sur l'arc des énergies d'une des particules détectées aux effets de la comparaison avec les données de Valkovic *et al.*³⁾. Cette forme de projection était courante il y a une décennie, mais elle ne permet pas une évaluation très adéquate des comparaisons avec la théorie, à cause des particularités de la courbe (et région) cinématique sur le plan E_1-E_2 . A présent on préfère la projection des données sur la courbe cinématique moyenne elle-même. La figure 12

³⁾ V. Valkovic *et al.* Nucl. Phys. A166 (1971) 547.

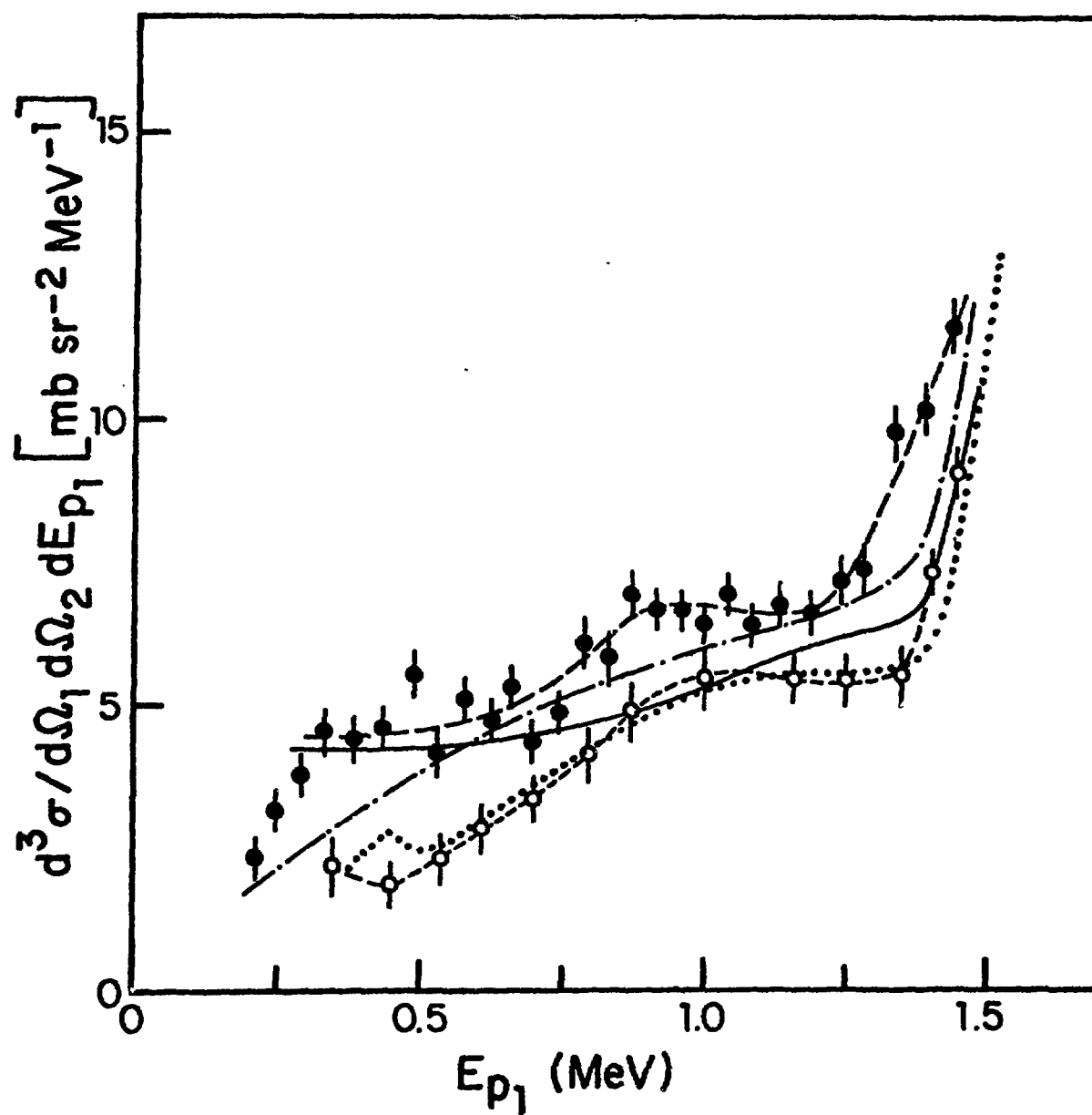


Figure 11

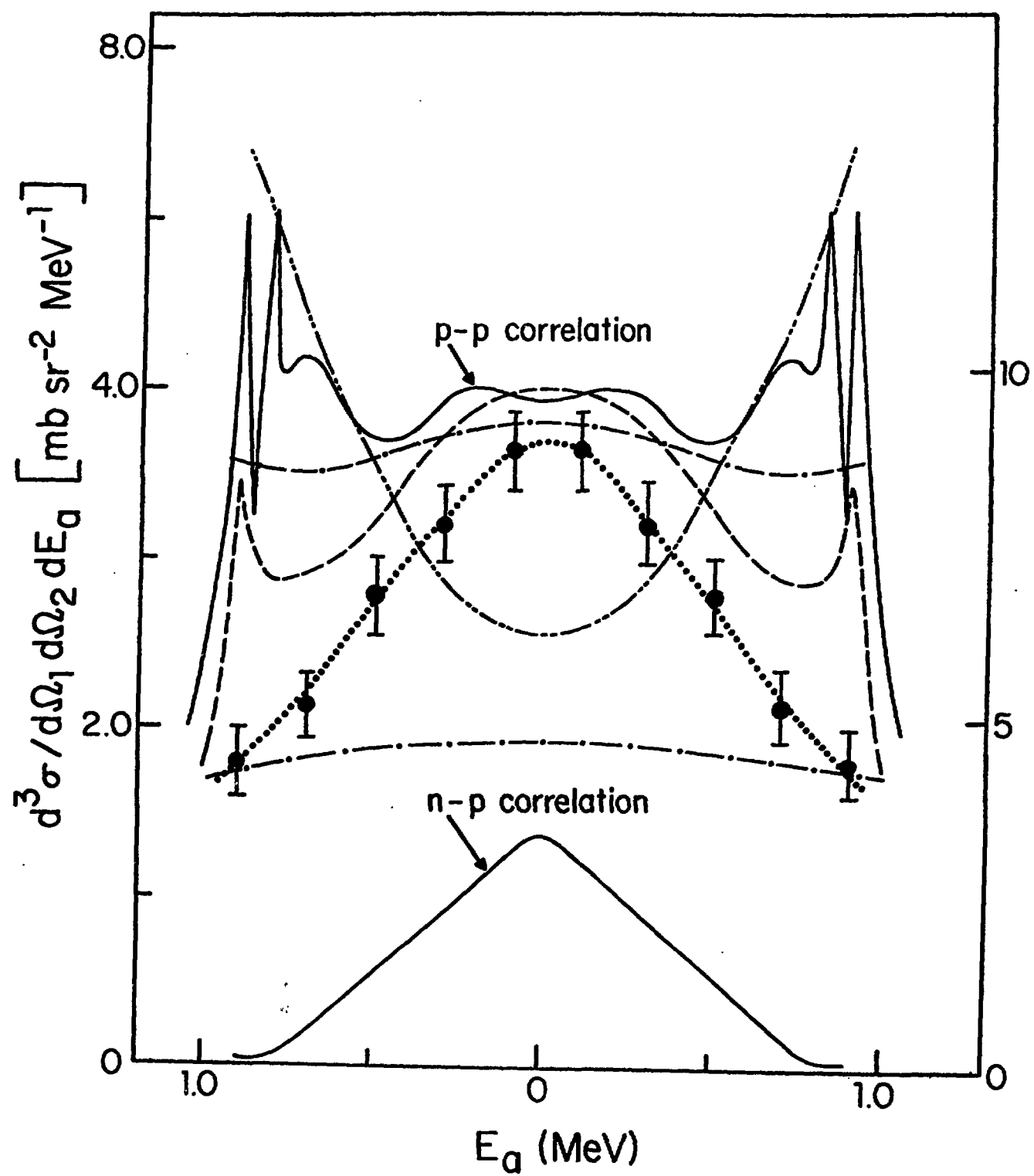


Figure 12

montre cette projection et là on constate que la courbe en trait discontinu (échelle à droite), correspondante à celle en pointillé de la figure 11, s'écarte aussi des données expérimentales. Les courbes en trait plein montrent le calcul de Faddeev avec corrections coulombiennes pour une corrélation p-p et n-p. La courbe en point trait-d'union montre l'espace de phases et indique que l'écart des points expérimentaux est remarquable même à des énergies très basses. Nous montrons aussi des courbes pour les calculs d'interaction à l'état final: le double trait-d'union point correspond à l'interaction p-p et le trait-d'union double point à la somme des interactions n-p et p-p. En pointillé nous montrons la somme des contributions des forces à deux et à trois corps.

Clairement il serait souhaitable d'avoir un calcul exact de type Faddeev incluant les champs électromagnétiques présents. L'expérience semble porter une évidence modeste de forces à trois corps, mais les phénomènes d'échange de charge possibles dans cette réaction devraient être analysés soigneusement, surtout en tenant compte de la forme de la corrélation n-p. Des expériences n+d n+n+p à très basse énergie seraient très importantes à cause de l'absence du champ coulombien, mais cette circonstance favorable est compensée par les difficultés expérimentales et, de toute façon, le problème coulombien devrait aussi être résolu.

11) La réaction $^2H(\alpha, pn)n$ près du seuil et les forces à trois corps
 S.S. Dasgupta, R.J. SLOBODRIAN, R. Roy, C. Rioux et F. Lahlou.

Nous avons continué l'analyse détaillée et les calculs théoriques de cette réaction, où nous avons mesuré la corrélation $\theta_\alpha = 15^\circ$ et $\theta_p = -30^\circ$ entre 9.735 et 11.30 MeV dans le laboratoire. La figure 13 montre l'ensemble des données expérimentales représentées en fonction de l'arc cinématique. Les courbes en trait plein montrent la somme des contributions αp et αn (forces à deux corps) dans le calcul des interactions à l'état final. Il y a seulement un accord très qualitatif. Les courbes en trait d'union montrent l'espace des phases et les données s'écartent considérablement d'elles. En pointillé nous avons indiqué la corrélation espérée sur la base d'une force à trois corps proportionnelle à p_{13}, p_{23} , les impulsions αn et pn respectivement. En point trait-d'union nous indiquons des meilleurs fits

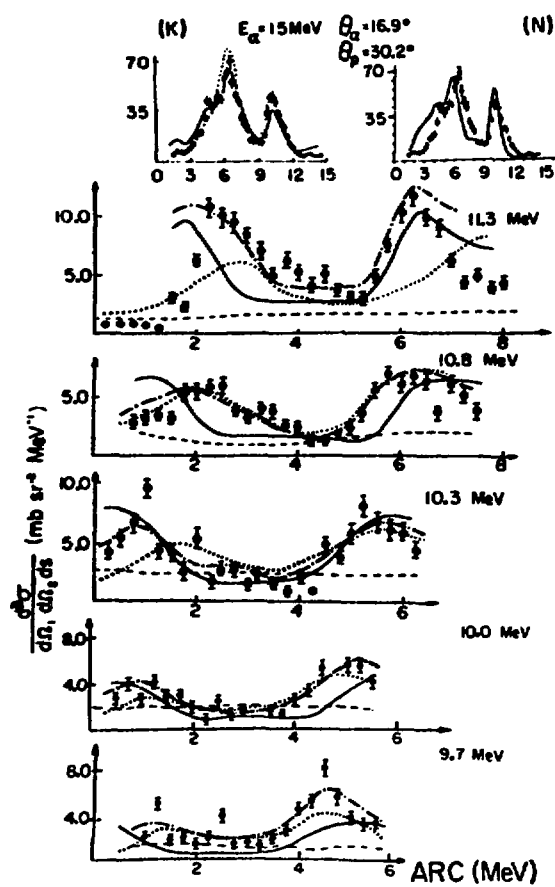


Figure 13

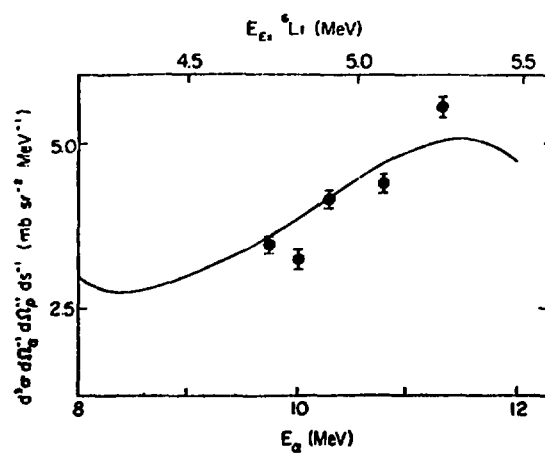


Figure 14

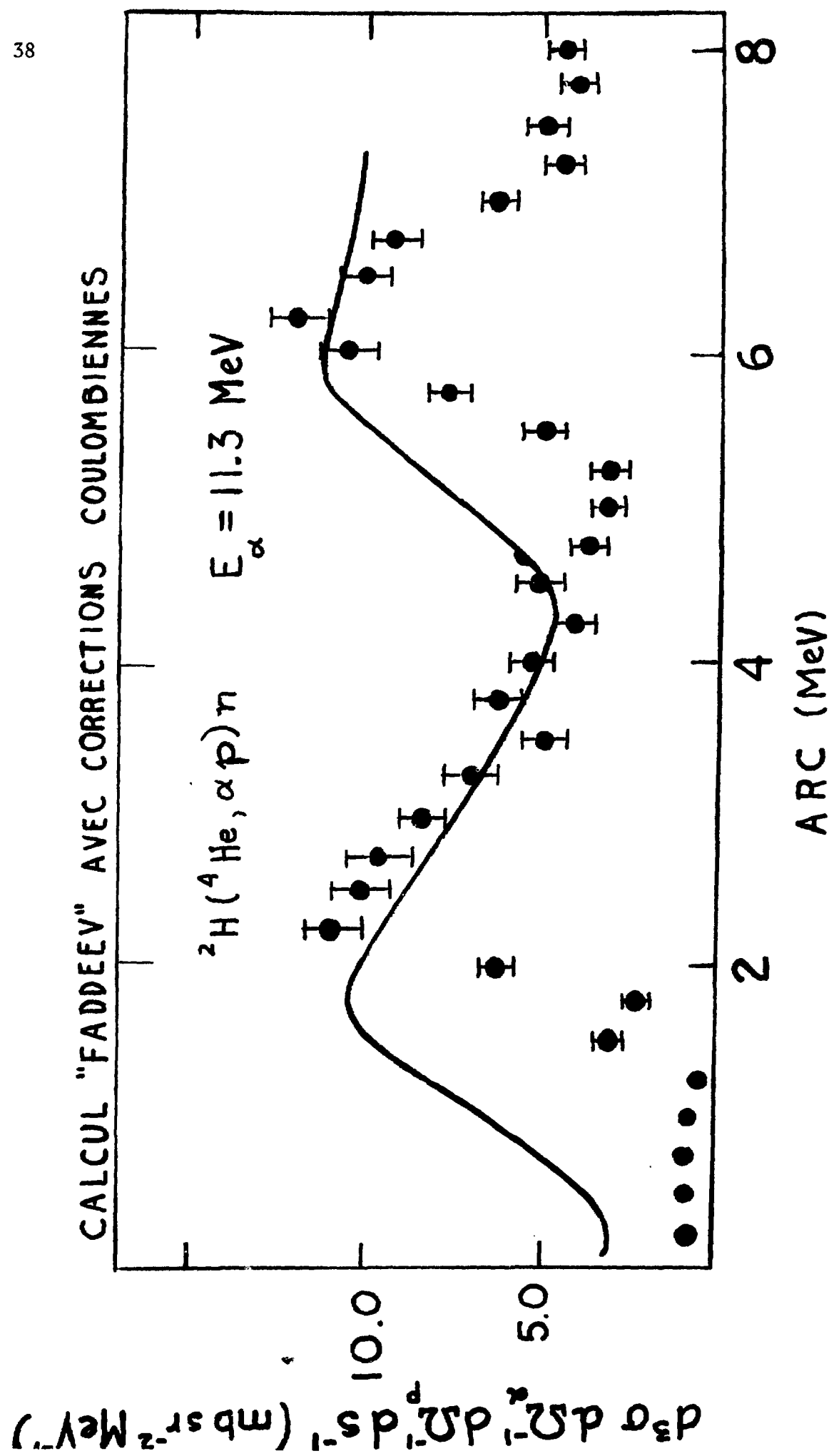


Figure 15

(minimum $-\chi^2$) en faisant la somme des contributions des forces à deux et trois corps avec des poids relatifs proches à 0.5. Ces fits sont remarquablement bons. La figure 14 montre une fonction d'excitation de la section efficace $d^3\sigma/d\Omega_p d\Omega_\alpha ds$ moyenne, comparée à la section différentielle élastique à $\theta_{CM} = 90^\circ$. Cette figure montre que la dépendance de l'énergie de la réaction de cassure suit de près la section de diffusion élastique. Par conséquent elle est liée à l'état large $J^\pi=2^+$ du ${}^6\text{Li}$, centrée à 4.7 MeV¹⁾.

Koike a calculé²⁾ les sections efficaces de corrélation α -p à des énergies plus hautes que celles de nos expériences en utilisant les équations de Faddeev avec des corrections coulombiennes, et ces calculs sont montrés à la figure en trait plein sur les insertions (K) et (N). A nos énergies les calculs à deux et trois forces montrent un meilleur accord avec l'expérience que ces calculs.

La figure 15 montre un calcul fait par Koike³⁾ à 11.3 MeV dans le contexte des équations de Faddeev avec corrections coulombiennes, comparé à nos mesures expérimentales. Ici encore une fois, il n'y a pas un accord quantitatif trop bon avec la forme de la section efficace de corrélation. A cette énergie un calcul de $\langle \chi_p^2 \rangle$ (par point) donne 11.45 pour le fit "Faddeev". Le fit qu'utilise les forces à deux et trois corps que nous avons calculé donne $\langle \chi_p^2 \rangle = 1.7$, considérablement meilleur. Nous ne voulons pas ériger χ^2 en roi. Néanmoins nous croyons que l'ensemble des données entre 9.735 et 11.30 MeV donnent de l'appui à la présence des forces à trois corps. Encore une fois il serait crucial de traiter exactement le champ coulombien pour clarifier les problèmes soulevés par les expériences à très basse énergie. Ce travail a donné lieu à des publications en Phys. Lett. et Phys. Rev.

¹⁾ W. Grtuebler *et al.* Nucl. Phys. A242 (1975) 265.

²⁾ Y. Koike, Nucl. Phys. A301 (1978) 411.

³⁾ Y. Koike, communication privée à R.J. Slobodrian.

12) Violation de l'invariance par rapport au renversement du temps dans l'interaction des particules nucléaires

R.J. SLOBODRIAN, C. Rioux, R. Roy, H.E. Conzett, P. von Rossen et F. Hinterberger.

Les réactions $A(a, \vec{b})B$ et $B(\vec{b}, a)A$ où dans la première on mesure la polarisation de b et dans la deuxième on mesure l'asymétrie de la section efficace ou pouvoir d'analyse, l'invariance par rapport au renversement du temps conduit à établir la relation¹⁾

$$A_a = \frac{3s_b}{s_b+1} P_b \quad . \quad (1)$$

Réciproquement, une violation de cette relation conduit à établir qu'il n'y a pas d'invariance par rapport à l'opération de symétrie du temps. Pour des particules b à spin $1/2\hbar$ la relation (1) est simplement

$$A_a = P_b \quad . \quad (2)$$

Nous avons mesuré la polarisation de protons dans les réactions

$${}^7\text{Li}({}^3\text{He}, \vec{p}){}^9\text{Be} \quad (3)$$

$${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \vec{p}){}^{11}\text{B} \quad (4)$$

à 14 MeV d'énergie incidente avec notre installation de polarimétrie²⁾ et les pouvoirs d'analyse des réactions inverses initiées avec protons polarisés à plusieurs angles dans le laboratoire, correspondants aux mêmes énergies dans le système du centre de masse. Les figures 16 et 17 correspondent respectivement aux réactions (3) et (4) et leurs inverses, elles montrent une différence considérable entre A et P . Par conséquent il faut conclure qu'il y a une violation de l'invariance par rapport au renversement du temps, liée aux interactions dépendantes du spin. En particulier, dans le cas de spin $1/2\hbar$ ³⁾

¹⁾ G.R. Satchler, Nucl. Phys. 8 (1968) 65.

²⁾ R.J. Slobodrian, M. Irshad, R. Labrie, C. Rioux, R. Roy et R. Pigeon, Nucl. Instr. and Meth. 159 (1979) 413.

³⁾ E.E. Gross et al. Phys. Rev. Lett. 21 (1968) 1476.

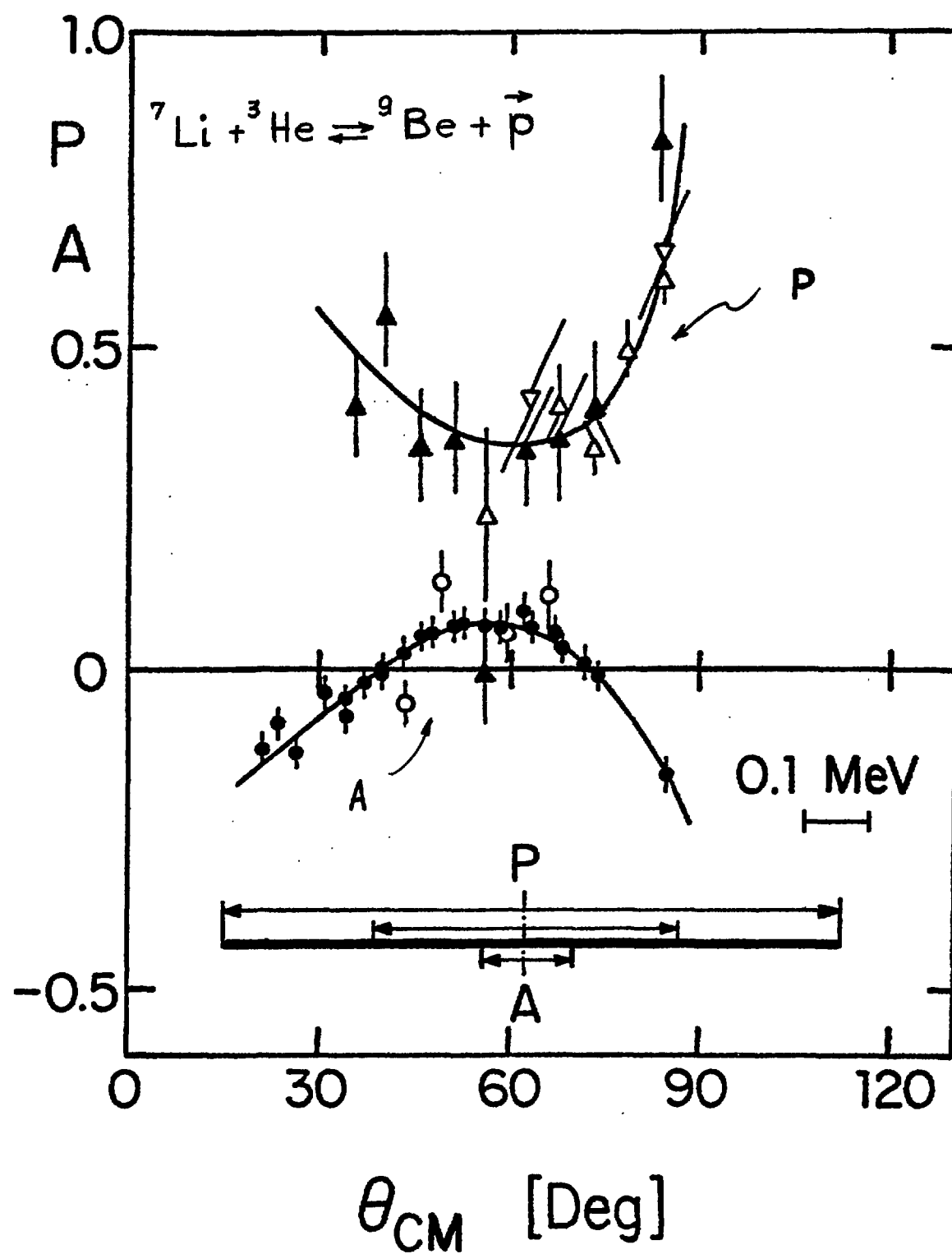


Figure 16

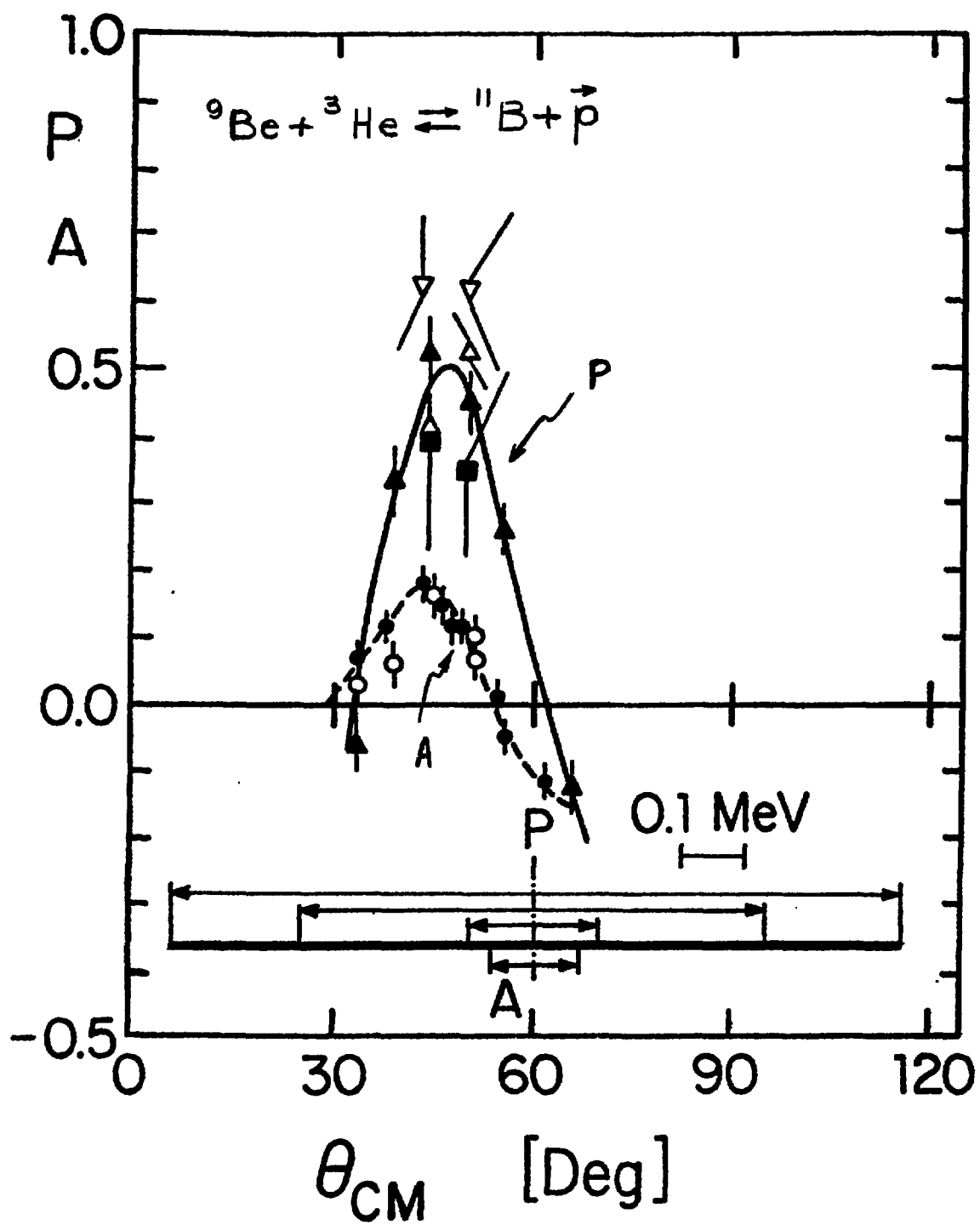


Figure 17

$$P = A \frac{\sigma^{-+} - \sigma^{+-}}{\sigma}, \quad (5)$$

où σ^{-+} et σ^{+-} sont les sections efficaces pour les transitions où il y a eu un renversement du spin des particules, $\sigma = (\sigma^{++} + \sigma^{+-} + \sigma^{-+} + \sigma^{--})/2$. Clairement $\sigma^{-+} = \sigma^{+-}$ sous l'invariance par rapport au renversement du temps. Maintenant il est aussi clair qu'une détermination de (5) doit se faire quand σ^{-+} et σ^{+-} sont grands, autrement dit si σ^{-+} et σ^{+-} sont très petits ou zéro il n'y a pas de vrai test. Ceci est lié à la valeur de la probabilité pour le renversement de spin:

$$S = \frac{\sigma^{+-} + \sigma^{-+}}{2\sigma}, \quad (6)$$

et au paramètre de dépolarisation

$$D = 1 - 2S, \quad (7)$$

il faut que $1-D$ soit grand pour que S soit grand et vice versa. Cela est précisément le cas pour les réactions que nous avons choisi, premièrement l'espace de spin est $1/2 \times 3/2$, avec des interactions spin-spin qui peuvent être grandes, et deuxièmement des analyses des sections efficaces et des polarisations indiquent des effets de renversement de spin assez importants⁴⁾. A notre connaissance nos expériences sont les premières à tester la relation (1) (ou (2)) dans les réactions nucléaires. Vraisemblablement, la violation observée devrait provenir des interactions fondamentales des particules nucléaires, soit de l'interaction nucléon-nucléon. Des expériences à date sur les système nucléon-nucléon ont été faites presque exclusivement dans la diffusion proton-proton⁵⁾. Néanmoins, les effets peuvent être plus grands dans l'interaction neutron-proton⁶⁾. Nous croyons que la grande magnitude des effets observés dans nos expériences sont le résultat d'une amplification causée par des effets cohérents favorisés par la complexité de l'espace de spin de la réaction.

⁴⁾ M. Irshad, J. Asai, S. Sen, R. Pigeon et R.J. Slobodrian. Nucl. Phys. A265 (1976) 349 et M. Irshad, C. Rioux, J. Asai, R. Pigeon et R.J. Slobodrian ibid. A286 (1977) 403.

⁵⁾ R. Handler *et al.* Phys. Rev. Lett. 19 (1967) 933, C.F. Hwang *et al.* Phys. Rev. 119 (1960) 352.

⁶⁾ R. Bryan, Phys. Rev. C12 (1975) 1968.

Le travail présent a donné lieu à plusieurs communications aux conférences internationales de l'année, à une publication soumise à Phys. Rev. Lett. et une autre "in extenso" en préparation. Le sujet de cette dernière forme partie du travail de thèse de doctorat de M. C. Rioux.

13) La radiation de freinage nucléaire dans l'interaction ${}^4\text{He}-{}^2\text{H}$

P. Bricault, C. Rioux, R. Larue, R. Roy, B. Frois et A. Chatterjee

Cette expérience est encore en cours, nous avons décidé de prendre nos corrélations α -d aux angles 20° , -37° où les corrélations des événements dus aux phénomènes de diffusion sur les fentes sont minimisés considérablement par rapport à la géométrie 20° , -35° . La radiation dominante dans le système p-d était dipolaire, par contre, dans le système d- α , à cause du rapport $\frac{Z_\alpha}{Z_d} = 2$ il y a une suppression très importante du rayonnement dipolaire. Nous avons utilisé dans cette série d'expériences le nouveau système d'acquisition de données, lequel est excellent et très souple, permettant un excellent contrôle des données pendant l'acquisition. Nous sommes en train d'écrire un programme d'ordinateur pour le calcul de la section efficace $d\sigma/d\Omega_\alpha d\Omega_p$ de la radiation dipolaire et quadrupolaire du système α -d, dans le contexte de la théorie de Feshbach et Yennie¹⁾. Une autre source de suppression vient des effets coulombiens²⁾, mais nous allons procéder par étapes, en calculant premièrement la section efficace sans tenir compte de ces effets, et par après nous ferons le calcul des effets coulombiens, afin de déterminer sa magnitude. La réduction des données préliminaires effectuée durant les expériences indique une variation importante en passant par le seuil de cassure du deuton. Nous pensons qu'ici, comme dans le cas p-d³⁾, il sera nécessaire de mesurer la diffusion α -d à des pas petits en fonction de l'énergie, pour faire une comparaison fiable avec la théorie. Le présent travail constitue la thèse de maîtrise de P. Bricault.

¹⁾ H. Feshbach et D.R. Yennie, Nucl. Phys. 37 (1962) 150.

²⁾ R.J. Slobodrian, Phys. Lett. 94B (1980) 9.

³⁾ F. Lahlou, R.J. Slobodrian, P. Bricault, S.S. Dasgupta, R. Roy et C. Rioux, J. Phys. 41 (1980) 485.

14) La réaction ${}^4\text{He}(\alpha, p){}^7\text{Li}$, ${}^7\text{Li}^{*0.478}$ près du seuil
R.J. SLOBODRIAN et H.E. Conzett.

La réaction présente conduisant à l'état fondamental du ${}^7\text{Li}$, est l'inverse d'une réaction étudiée très activement depuis 1933, et fut étudiée pour la première fois par Burcham *et al.*¹⁾ à 38.5 MeV Labo. La transition conduisant à l'état 0.478 MeV du ${}^7\text{Li}$ peut être étudiée seulement à l'aide de la réaction $\alpha + \alpha$. King *et al.*^{2,3)} ont étudié cette réaction et aussi la voie ${}^7\text{Be} + n$ en relation avec la nucléosynthèse, d'intérêt pour l'astrophysique. Le travail présent est le résultat final des travaux faits il y a un certain temps, mais il a motivé déjà des publications courtes^{4,5)}, concernant l'abondance de ${}^7\text{Li}$ et ${}^7\text{Be}$ dans l'univers et les implications pour la nucléosynthèse. Néanmoins, historiquement l'analyse des distributions angulaires des voies $\alpha + \alpha \rightarrow {}^7\text{Li} + p$, ${}^7\text{Li}^{*0.478}$ ont contribué à comprendre la diffusion élastique $\alpha - \alpha$ dans le voisinage des seuils inélastiques, et celui-là avait été le but essentiel de la recherche décrite ici.

Nous avons obtenu les distributions angulaires des protons à neuf énergies entre 37.48 et 43.04 MeV (énergie incidente au centre de la cible dans le laboratoire). La figure 18 montre un exemple à 39.94 MeV, correspondant à la transition à l'état excité 0.478 MeV. En général, pour une réaction

$$A + a \rightarrow C \rightarrow B + b, \quad (1)$$

où C est supposé d'être un état du noyau composé d'impulsion angulaire $\vec{J}$, la distribution angulaire des produits de réaction peut être exprimée en terme d'une somme:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \sum_{k=0}^L a_k \cos^2 k\theta. \quad (2)$$

Si l'impulsion orbitale du système initial est $\vec{\ell}_1$ et celle de l'état final est $\vec{\ell}_2$, la valeur de L qui donne la puissance maximale de $\cos^2\theta$ à trouver dans la distribution angulaire est donné par la valeur minimale de

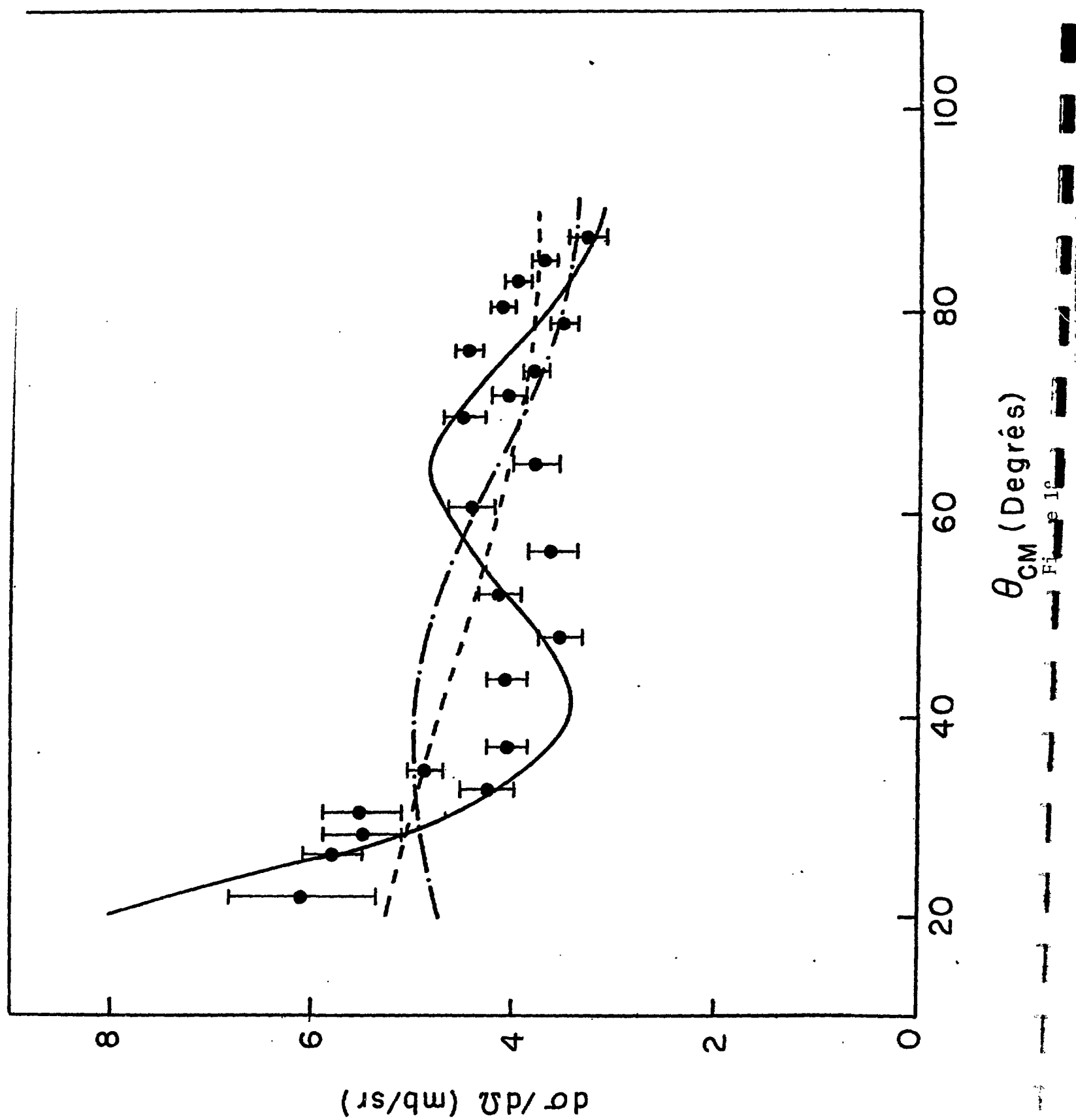
¹⁾ W.E. Burcham *et al.* Nucl. Phys. 5 (1958) 141.

²⁾ C.H. King *et al.* Phys. Rev. Lett. 25 (1975) 988.

³⁾ C.H. King *et al.* Phys. Rev. C16 (1977) 1712.

⁴⁾ R.J. Slobodrian, Phys. Lett. 63B (1976) 5.

⁵⁾ R.J. Slobodrian, Phys. Lett. 78B (1978) 539.



TABIEAU 4 . Coefficients du développement $d\sigma/d\Omega = \sum_{k=0}^L a_k \cos^2 k \theta$ pour $L = 1, 2$ et 3 correspondant à la réaction $\alpha + {}^4\text{He} \rightarrow {}^7\text{Li} + p$ à 39.94 MeV à l'état fondamental et au premier état excité.

ETAT	A	B	A	B	C	A	B	C	D
0.0 MeV	5.61	-1.76	6.39	-9.06	8.98	6.05	-3.52	- 7.36	12.07
0.478 MeV	3.37	2.45	3.01	7.47	-6.46	3.25	17.42	-59.73	52.17

TABIEAU 5 . Sections efficaces des réactions $\alpha + {}^4\text{He} \rightarrow {}^7\text{Li}^{\text{G.S.}} + p$ et ${}^7\text{Li}^{*0.478} + p$

$E_{\alpha, \text{LAB}} (\pm 100 \text{ keV})$ [MeV]	σ [mb]	$\sigma_{0.478}$ [mb]	$\sigma + \sigma_{0.478}$ [mb]
37.48	9.8 ± 1.5		
38.54	24.2 ± 2.0	16.5 ± 2.5	40.7 ± 3.2
38.96	35.5 ± 2.5	23.2 ± 2.3	58.7 ± 3.4
39.44	49.2 ± 3.1	38.5 ± 2.5	87.7 ± 4.0
39.94	64.6 ± 2.6	52.1 ± 3.1	116.7 ± 4.0
40.56	30.5 ± 2.5	44.7 ± 2.7	78.2 ± 3.7
40.99	27.0 ± 2.2	40.5 ± 2.6	67.5 ± 3.4
41.61	17.9 ± 2.0	31.4 ± 2.2	49.3 ± 3.0
43.04	13.1 ± 2.1	16.5 ± 2.0	29.6 ± 2.9

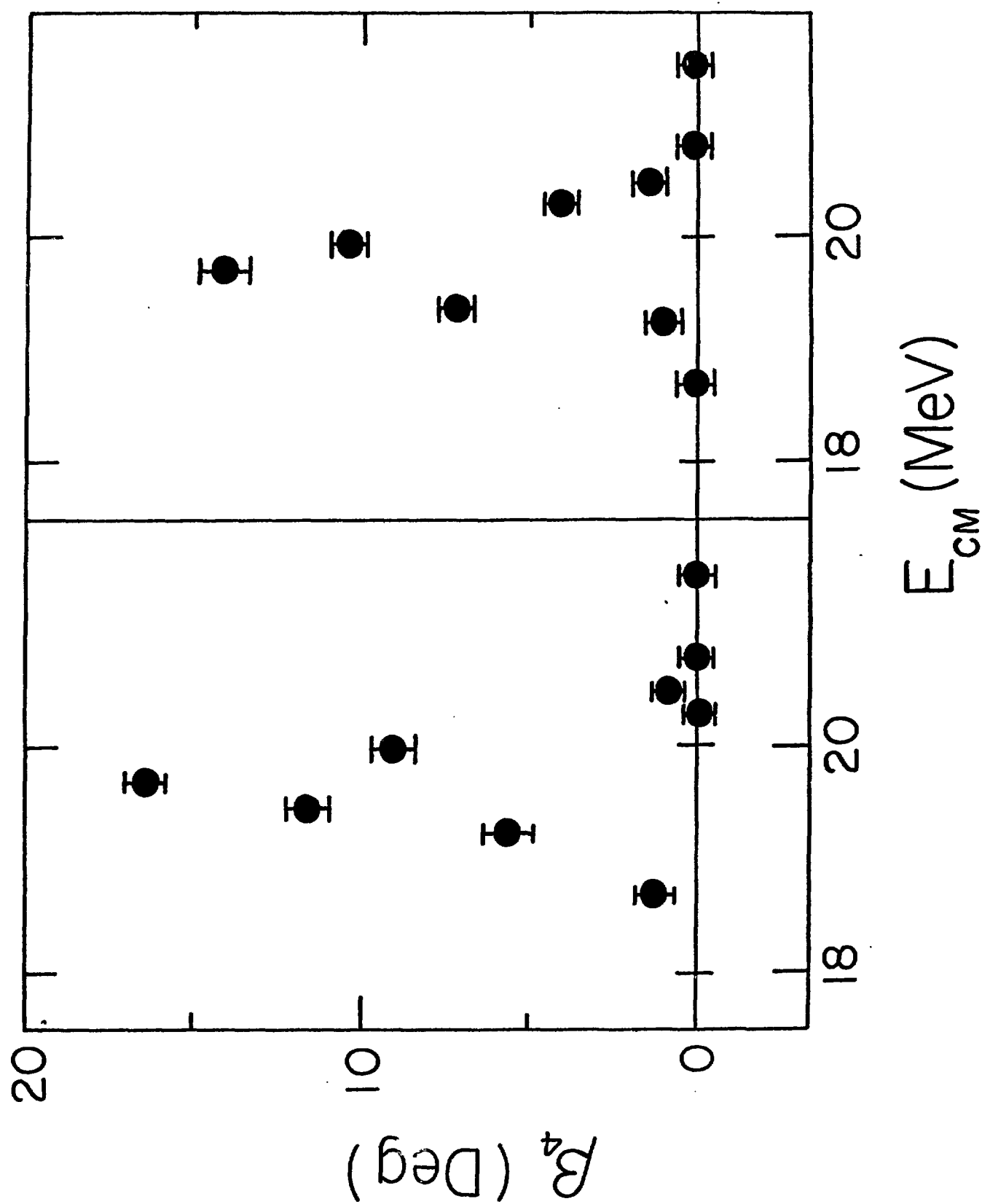


Figure 19

ℓ_1 , ℓ_2 et J ⁶⁾. Dans le passé Inglis ⁷⁾ avait effectué une analyse très détaillée de la réaction inverse, et son hypothèse de base était que seulement des protons à $\ell=1$ et $\ell=3$ étaient responsables de la réaction, or seulement des particules alpha à $\ell=2$ et $\ell=2$ pouvaient être émises. Dans le cadre de cette hypothèse une représentation adéquate de la réaction serait donnée par l'expression (2) avec $k=2$.

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = A + B \cos^2\theta + C \cos^4\theta \quad (3)$$

L'analyse compréhensive de Darriulat ⁸⁾ dans cette région d'énergie reposait sur cette hypothèse. Néanmoins si des particules α avec $\ell=4$ sont émises (ou alimentent les canaux ${}^7\text{Li}+p$ de la réaction inverse), il serait nécessaire de considérer un terme additionnel $D \cos^6\theta$. La figure 18 montre des fits à χ^2 - minimum à l'aide de l'expression (2), en point trait-d'union avec $L=1$, en trait discontinu avec $L=2$, en trait plein avec $L=3$, et on constate même visuellement que seulement en invoquant cette composante on arrive à une représentation adéquate de la distribution angulaire. Le tableau 4 montre les coefficients obtenus à 39.94 MeV pour obtenir le meilleur fit. Ceci a permis de justifier l'introduction de l'absorption à l'onde $\ell=4$ de la diffusion élastique α - α : c'est-à-dire le déphasage devient complexe: $\delta_4 = \alpha_4 + i\beta_4$ et β_4 est une mesure de l'absorption dans cette onde partielle. Une fois cette absorption introduite à l'analyse des distributions angulaires élastiques, une variation assez rapide de β_4 fut obtenue. La figure 19 montre β_4 en fonction de l'énergie pour deux solutions différentes de l'analyse en déphasages. Une conséquence importante de la présence de $\beta_4 \neq 0$ est une augmentation considérable de la section efficace de réaction obtenue à partir de l'analyse en déphasages. A présent il est difficile de concilier l'information obtenue à partir de la diffusion α - α et des voies ${}^7\text{Li}+p$ ^{4,5)} avec les résultats de King *et al.* sur la voie ${}^7\text{Be}+n$, obtenus par des méthodes radiochimiques. Cela nous amène à recommander l'utilisation de méthodes physiques pour l'étude des voies ${}^7\text{Be}+n$. Le travail décrit a donné lieu à deux publications dans Phys. Lett. et une troisième publication "in extenso" est en préparation.

⁶⁾ J.M. Blatt et L.C. Biedenharn, Rev. Mod. Phys. 24 (1952) 258.

⁷⁾ D.R. Inglis, Phys. Rev. 74 (1948) 21.

⁸⁾ P. Darriulat, thesis, Université de Paris (1965) unpublished.

15) Source d'ions d' ^3He polarisés pour un Van de Graaff CN: Nouvelle idée basée sur l'état 2^3S_1

R.J. SLOBODRIAN, C. Moreau, P. Bricault et C. Rioux.

Grâce aux octrois de la Faculté des Sciences et de Génie nous avons poursuivi notre programme de développement d'une source d'ions d' ^3He polarisés pour notre accélérateur. Nous avons maintenant une nouvelle idée pour ce but, basée sur l'état métastable 2^3S_1 de 1^3He^0 ¹⁾. Cet état a une demi-vie en excès de 4000 sec ²⁾ et il n'est pas affecté de façon appréciable par les champs électriques et magnétiques. Cette demi-vie est aussi très peu affectée par le gaz résiduel et varie seulement en 30% entre 0.05 et 0.75 torr. Même le temps de relaxation par interaction avec une enceinte est très long: 0.5 msec. Nous proposons de produire un faisceau atomique neutre d' $^3\text{He}^0$, lequel aura directement de l'ordre de 80% d' $^3\text{He}^0$ à l'état 2^3S_1 ³⁾. Ceci peut être accompli à partir du freinage d'un faisceau intense d' $^3\text{He}^+$ jusqu'à une énergie < 10 eV. Une autre méthode possible est l'excitation directe de 1^3He à l'aide d'une décharge de radiofréquence, utilisée déjà pour mesurer la demi-vie de l'état métastable 2^3S_1 ²⁾.

L'étape suivante est simplement la séparation des composantes de la structure hyperfine, montrée à la figure 20, par la méthode de Stern-Gerlach. Ces composantes sont décrites par les fonctions d'onde

$$|F = \frac{1}{2}, m_F = \frac{1}{2}\rangle = \sqrt{\frac{2}{3}} |m_J = 1\rangle |m_I = -\frac{1}{2}\rangle - \sqrt{\frac{1}{3}} |m_J = 0\rangle |m_I = \frac{1}{2}\rangle \quad (1)$$

$$|F = \frac{3}{2}, m_F = \frac{3}{2}\rangle = |m_J = 1\rangle |m_I = \frac{1}{2}\rangle \quad (2)$$

$$|F = \frac{1}{2}, m_F = -\frac{1}{2}\rangle = -\sqrt{\frac{2}{3}} |m_J = -1\rangle |m_I = \frac{1}{2}\rangle + \sqrt{\frac{1}{3}} |m_J = 0\rangle |m_I = -\frac{1}{2}\rangle \quad (3)$$

$$|F = \frac{3}{2}, m_F = \frac{1}{2}\rangle = \sqrt{\frac{2}{3}} |m_J = 0\rangle |m_I = \frac{1}{2}\rangle + \sqrt{\frac{1}{3}} |m_J = 1\rangle |m_I = -\frac{1}{2}\rangle \quad (4)$$

¹⁾ R.J. Slobodrian, Proceedings of Fifth Int. Symposium on Polarization Phenomena, Santa Fe (1980) sous presse.

²⁾ H.W. Moos et J.R. Woodworth, Phys. Rev. Lett. 30 (1973) 775.

³⁾ R.W. McCullough, T.V. Goffe et H.B. Gilbody, J. of Physics B 11 (1978) 2333.

ETAT 2^3S_1 de l' $^3\text{He}^0$

51

EFFET ZEEMAN

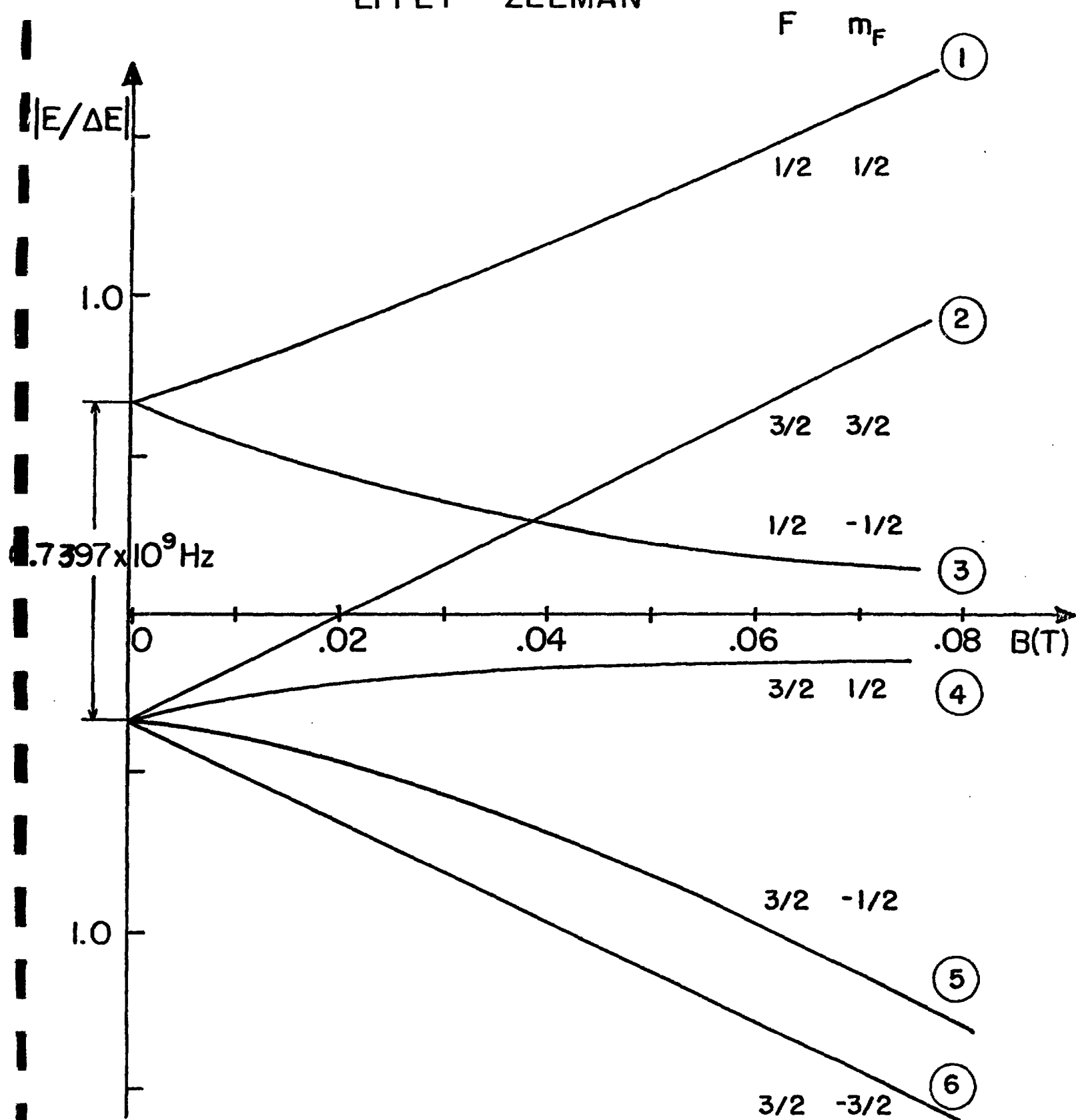


Fig.20. L'effet Zeeman de la structure hyperfine de l'état 2^3S_1 .

$$|F = \frac{3}{2}, m_F = -\frac{1}{2}\rangle = \sqrt{\frac{1}{3}} |m_J = -1\rangle |m_I = \frac{1}{2}\rangle + \sqrt{\frac{2}{3}} |m_J = 0\rangle |m_I = -\frac{1}{2}\rangle \quad (5)$$

$$|F = \frac{3}{2}, m_F = -\frac{3}{2}\rangle = |m_J = -1\rangle |m_I = -\frac{1}{2}\rangle \quad (6)$$

Les multipôles magnétiques habituellement utilisés dans les sources d'ions polarisés focalisent les composantes (1) et (2). La polarisation nucléaire devient ainsi

$$P_N = 0.33 \quad (7)$$

La méthode de la transition adiabatique d'Abragam et Winter permettrait de presque doubler la polarisation nucléaire

$$P_N = 0.58 \quad (8)$$

Une transition de radiofréquence $|F = \frac{1}{2}, m_F = \frac{1}{2}\rangle$ à $|F = \frac{3}{2}, m_F = \frac{3}{2}\rangle$ permettrait d'obtenir

$$P_N = 1.0 \quad (9)$$

Une autre alternative serait l'inversion du gradient radial par rapport à celui des multipôles pour sélectionner les composantes (5) et (6), permettant d'obtenir

$$P_N = 0.67 \quad (10)$$

L'ionisation subséquente des atomes à l'état 2^3S_1 à $^3\text{He}^+$ est aussi facile que celle des atomes d'hydrogène. Nous estimons que l'ionisation à $^3\text{He}^{++}$ peut se faire à l'aide des ionisateurs modernes avec une efficacité de 1%. La figure 21 montre schématiquement les méthodes proposées pour la source d'ions polarisés. Notre estimé du rendement du faisceau polarisé débutant par le faisceau ^3He de la source RF d' $^3\text{He}^+$ de l'accélérateur est comme suit

<u>Faisceau primaire $^3\text{He}^+$</u>	400 μA
<u>Décélération et neutralisation: 90%</u>	360 μA équivalents, $^3\text{He}^0$

A l'état 2^3S_1 0.80

288 μA équivalents, $^3He^0$ à l'état
 2^3S_1

1/3 sélectionné par Stern Gerlach

96 μA

1% d'efficacité pour $^3He^{++}$

1.92 μA d' $^3He^{++}$ polarisé

Avec polarisation 0.33, 0.58, 0.67 ou 1.0 selon la méthode suivie pour sélectionner les composantes.

METHODES BASEES SUR L'ETAT 2^3S_1 DE L' $^3\text{He}^0$

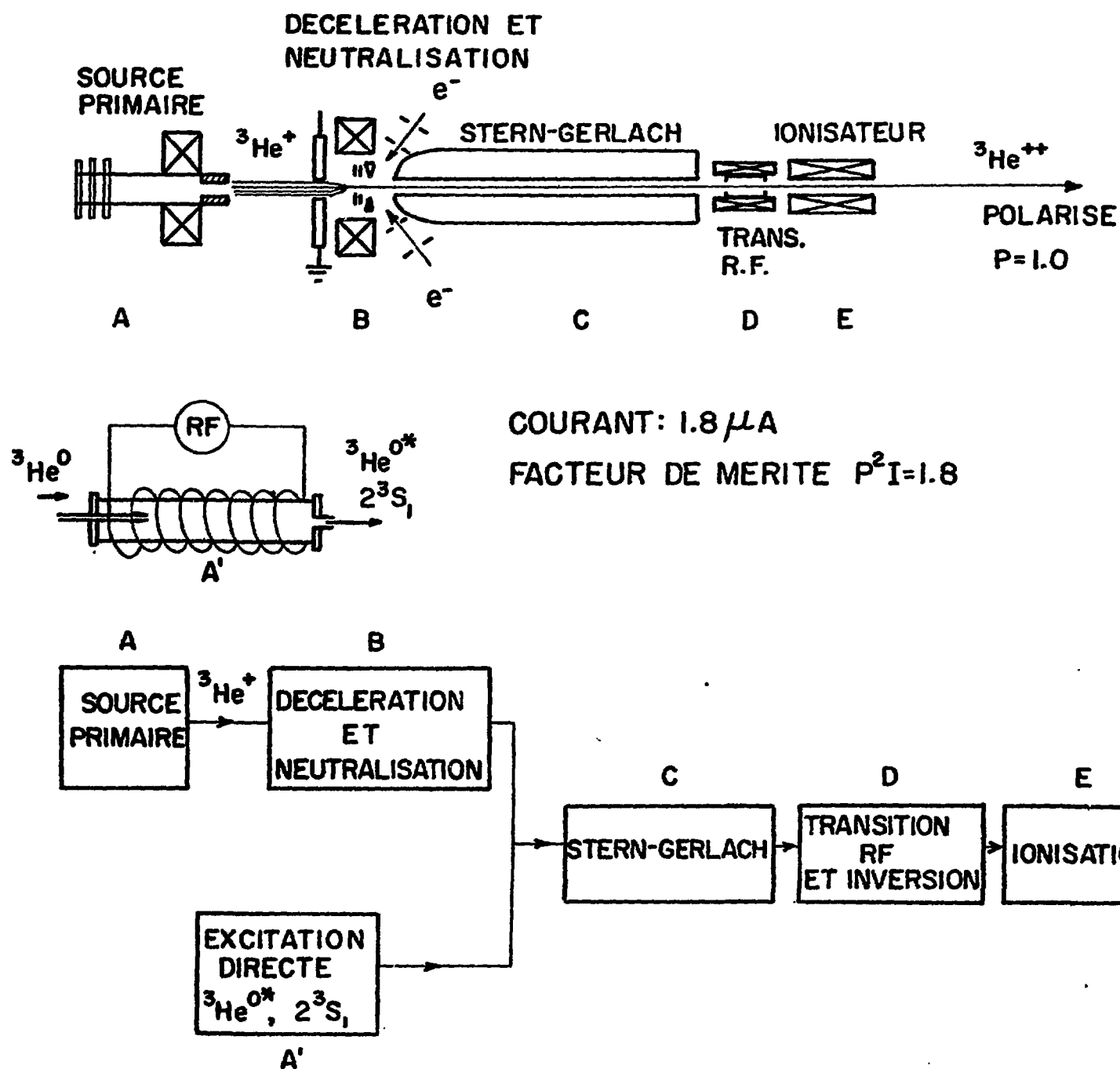


Fig.21 Schémas des méthodes proposées, basées sur l'état 2^3S_1 de l'hélium.

16) Expansion de l'installation de polarimétrie

R. ROY, R.J. Slobodrian, C. Rioux, P. Bricault, L. Potvin, D. Pouliot, R. Larue et J.M. Nelson (Birmingham).

La réalisation de la phase actuelle de développement de l'installation de polarimétrie progresse rapidement. La construction de la chambre à diffusion est pratiquement complétée et le couplage de cette dernière au système de pompage devrait sous peu fournir la possibilité d'effectuer les premiers essais.

Les détecteurs d'arrêt des futurs polarimètres sont un volet essentiel de l'expansion: la nouvelle géométrie de ces détecteurs devrait doubler l'efficacité de chaque polarimètre sans pratiquement entraîner de pertes de résolution angulaire ou énergétique. Toutefois, aucun des fabricants de détecteurs de particules chargées à qui nous avons soumis le problème n'a fourni une évaluation du coût de réalisation de ces détecteurs à la forme rectangulaire envisagée. Un compromis acceptable peut cependant être atteint avec un détecteur circulaire si un optimum est recherché entre le choix du volume du détecteur et l'angle solide en forme de secteur que sa surface permet. Ainsi, par rapport à la géométrie utilisée antérieurement un facteur d'environ 1.8 peut être gagné en efficacité. La livraison de ces détecteurs dans les semaines à venir va permettre de compléter le système par la construction des nouveaux polarimètres et de faire les premières mesures dès le début de l'année 1980, et ce, malgré le délai et les problèmes engendrés par une augmentation de 30% des prix des détecteurs entre le moment de la soumission et celui de la commande.

17) Mise au point du système de cible gazeuse à pompage différentiel

R. ROY, P. Bricault, L. Potvin, C. Rioux et R.J. Slobodrian.

Le montage a été complété en juin 1980 et dès le mois de juillet, l'alignement du système a été effectué à l'aide d'un faisceau de particules α près de 13 MeV. Une transmission de l'ordre de 90% a été obtenue à travers l'ensemble des restrictions. Malgré l'absence de la pompe Roots WS-1000 qui est l'élément principal de pompage de l'installation, des mesures de vérification ont débuté avec la réaction

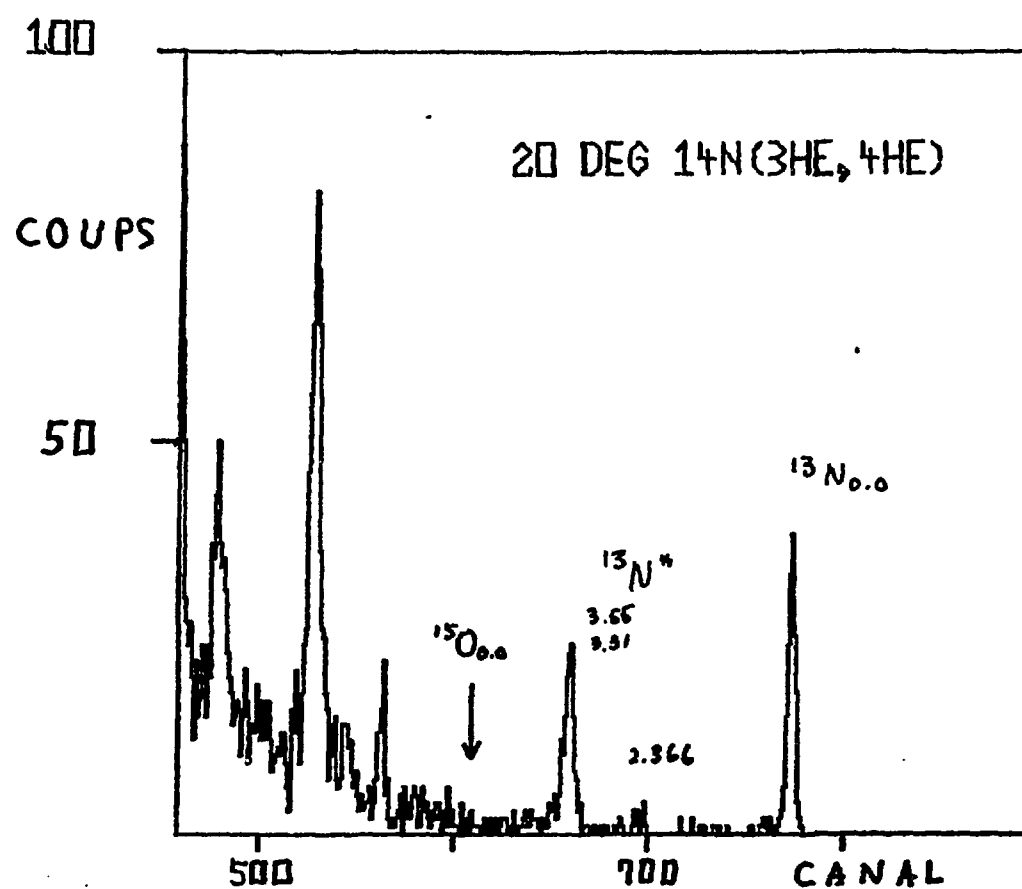


Figure 22A

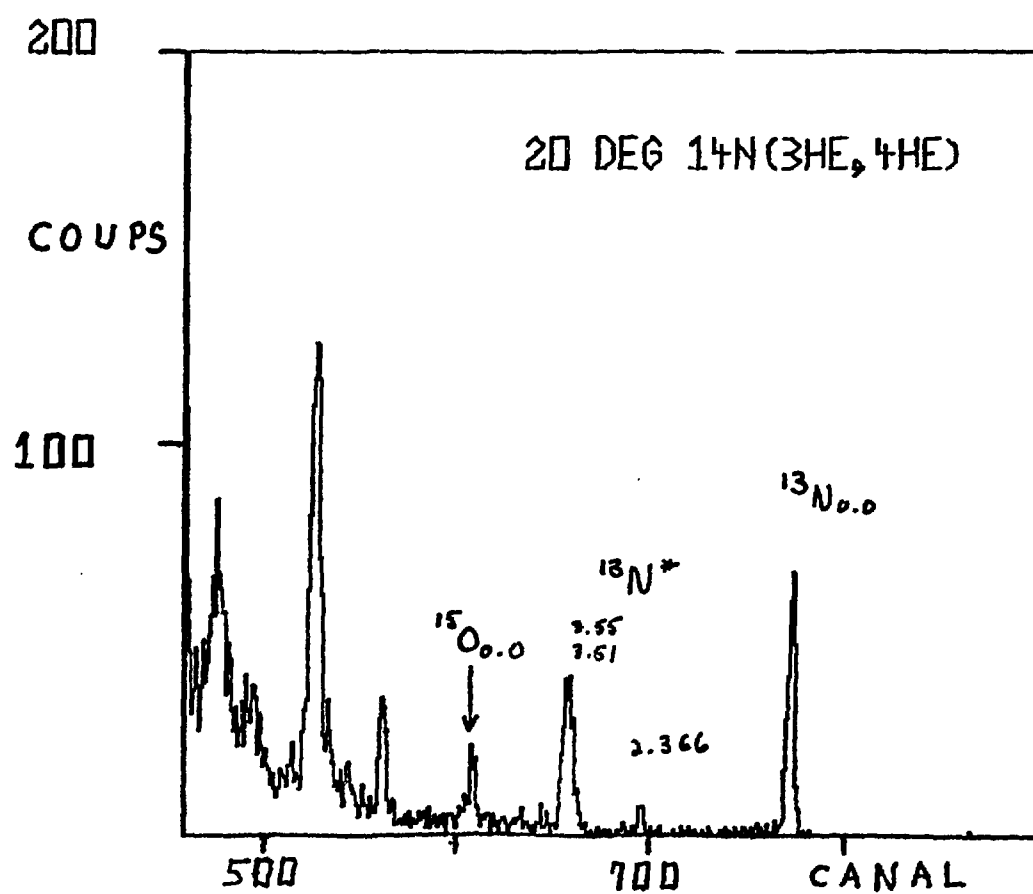


Figure 22B

$^{14}\text{N}(^3\text{He},\alpha)^{13}\text{N}$ à une pression d'un torr à l'intérieur de la chambre à diffusion. Les tests se sont continués en octobre, avec tous les éléments de pompage en place, par des mesures de sections efficaces sur différents gaz pour étudier le comportement des diverses composantes.

Jusqu'à présent, le niveau des fuites du système a pu être réduit considérablement: il serait acceptable pour la majorité des expériences avec des gaz qui ne soient pas trop coûteux ou encore des expériences qui n'exigeraient pas de trop longues mesures. Actuellement, lorsque le système est gardé dans un état statique, i.e. laissé sans pompage et isolé sur lui-même pour une longue période de temps (quelques jours), nous mesurons un taux de fuite de l'ordre de 9×10^{-5} torr.ℓ. sec⁻¹ dans la chambre à diffusion ou dans le reste du volume du système. Quand le système est en opération à une pression de 15 à 20 torr lue dans la chambre à diffusion, il en résulte un taux d'environ un ordre de grandeur plus élevé, soit 9×10^{-4} torr.ℓ. sec⁻¹.

Une série de mesure sur la réaction $^{14}\text{N}(^3\text{He},\alpha)^{13}\text{N}$ a permis de montrer que la principale impureté contribuant à l'augmentation de la pression dans la chambre est due à des fuites d'air. Les valeurs des sections efficaces de la réaction $(^3\text{He},\alpha)$ sur ^{16}O et ^{14}N prouvent que ces deux isotopes augmentent dans la cible approximativement dans leur rapport composant l'air. Les figures 22A et B illustrent la situation: en A, au début de la série de mesures, ^{16}O est virtuellement absent de la cible, tandis que la figure B laisse voir la présence de l'isotope ^{16}O , par une mesure faite 18 heures après celle de la figure A. Le fondamental du noyau résiduel ^{16}O doit se trouver aux canaux 605-610, tel qu'indiqué sur les figures.

Par contre, des mesures préliminaires sur ^{18}O (figures 23 A et B), en plus de montrer la présence d'air dans le système, tel qu'il est vu sur les spectres précédents avec l'azote, semblent indiquer la présence de ^{12}C dans le gaz. Lors des essais avec ^{14}N , la présence du ^{12}C était sûrement beaucoup moins importante (voir figures 22 A et B).

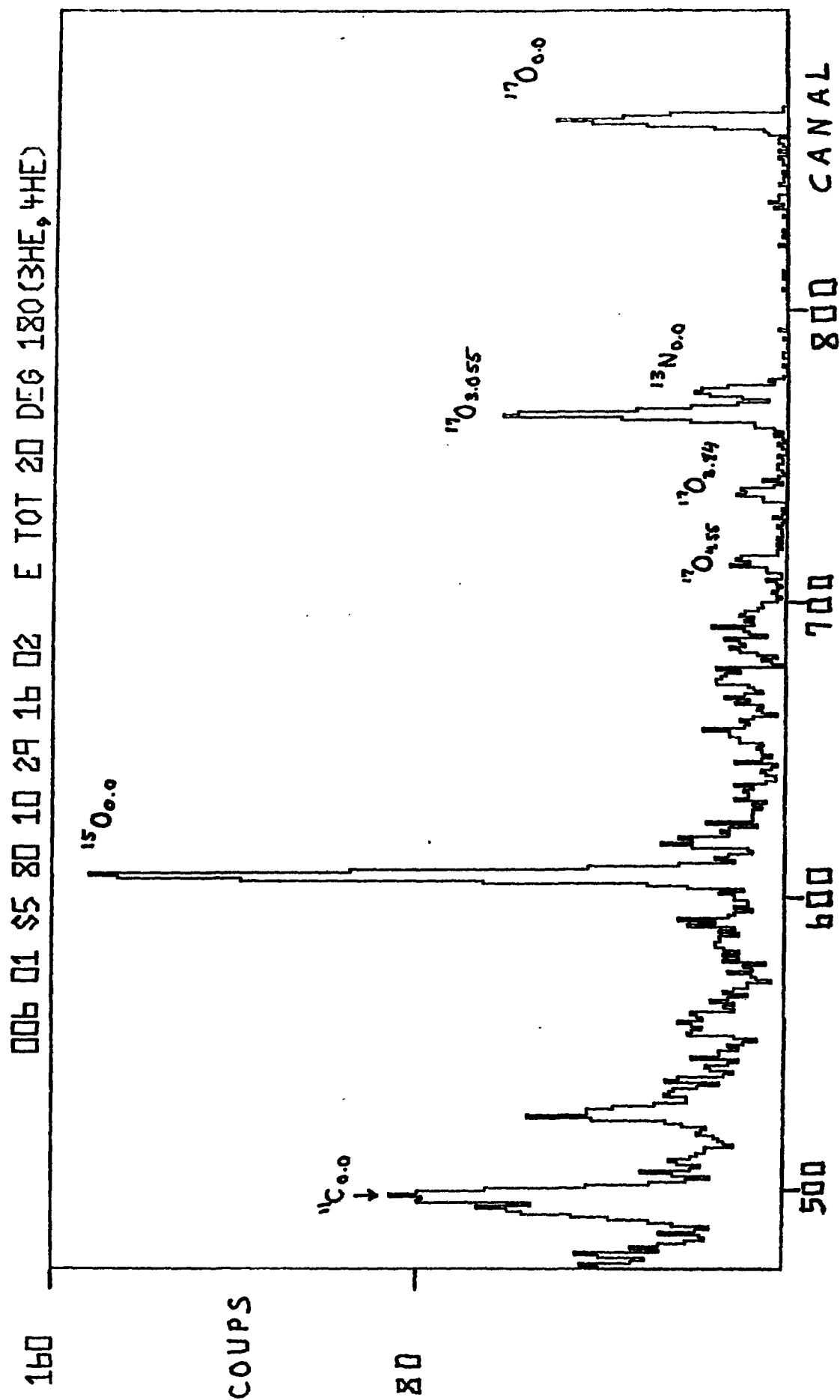


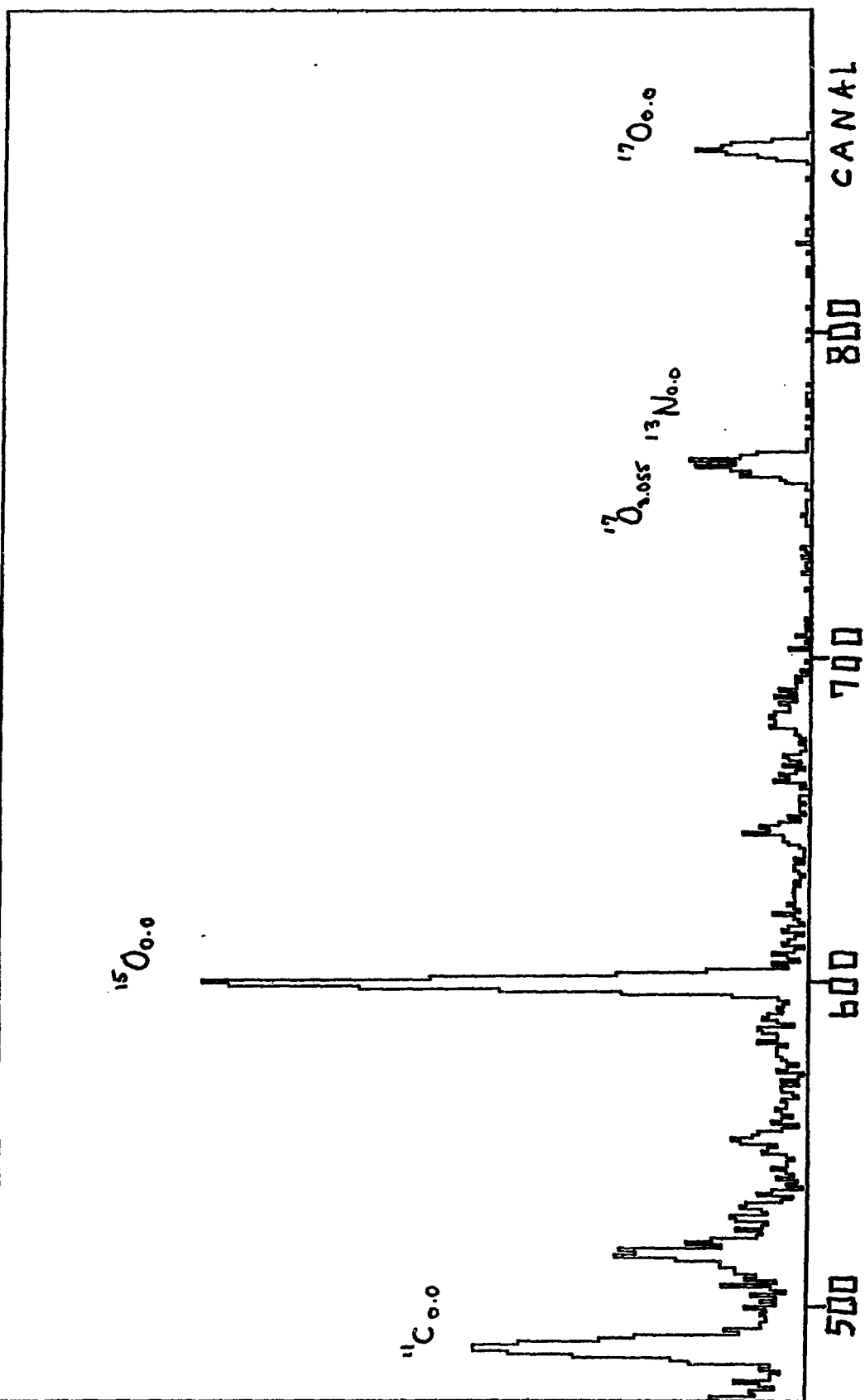
Figure 23A

009 01 \$5 80 10 30 08 09 E TOT 30DEG 180(3HF, 4HE)

160

COUPS

80



59

Figure 23B

Telles sont les observations préliminaires faites sur le système à pompage différentiel. Présentement, les tests se continuent avec différents gaz comme cibles. Nous prévoyons utiliser dans le circuit de recirculation des gaz à la sortie des pompes mécaniques Roots, un piège refroidi à l'azote liquide. La majorité des gaz pourront être recirculés par le piège et nous espérons ainsi contrer les augmentations de pression ou des impuretés pouvant provenir des huiles des pompes. De plus, comme ajout essentiel à une utilisation économique du système, des fonds ont été demandés pour la réalisation d'un système de récupération des gaz coûteux après leur utilisation comme cibles. Déjà, un réservoir permet l'entreposage d'un gaz en cours d'expérience mais nous désirons avoir la possibilité de faire une récupération à la fin des mesures.

18) Les réactions ($^3\text{He}, \alpha$): mécanismes de transfert

R. ROY, L. Potvin, P. Bricault, R. Larue, D. Pouliot, C. Rioux et R.J. Slobodrian.

Au cours des derniers mois, des mesures expérimentales de section efficace différentielle de la réaction ($^3\text{He}, \alpha$) sur les noyaux de ^{13}C , ^{29}Si et ^{53}Cr ont été complétées à 14 MeV d'énergie incidente. Des distributions angulaires complètes des transitions au niveau fondamental et à plusieurs niveaux excités des noyaux résiduels ont permis de commencer une étude systématique du ou des mécanismes impliqués dans ce transfert. Nous avons d'abord désiré connaître comment le formalisme habituel des ondes distordues dans l'approximation de Born (DWBA) peut reproduire les diverses transitions. Certes, au point de départ, il existe un bon nombre d'ambiguïtés sur les paramètres du modèle optique pour représenter la diffusion élastique des voies d'entrée et de sortie pour des particules complexes telles que les noyaux d' ^3He et d' ^4He qui ne peuvent toujours être décrites aussi simplement que les nucléons. Toutefois, nous devrions pouvoir, dans certains cas, déterminer quels ensembles de paramètres sont admissibles et dans quelles circonstances particulières de transfert la description envisagée paraîtra correcte.

A) La réaction $^{13}\text{C}(^3\text{He},\alpha)^{12}\text{C}$

Cette réaction présente des particularités intéressantes du point de vue de l'analyse du mécanisme de réaction en fonction de l'énergie. Une analyse¹⁾ des données à 12, 15 et 18 MeV a montré que seulement la transition à l'état à 12.71 MeV ($Q = 2.92$) pouvait être représentée de façon acceptable par un mécanisme de l'enlèvement d'un neutron du noyau (pickup) par un calcul standard DWBA sans correction de portée finie, pour effets de non-localité et sans utilisation d'un rayon de coupure à l'intérieur du noyau. De façon générale, les présentes données à 14 MeV ont l'allure générale de celles à 15 et 18 MeV, excepté pour la transition au premier état excité (4.433 MeV) qui présente certaines variations importantes entre les données à 14-15 MeV et celles à 18 MeV. De fait, cette dernière transition varie peu de 8.8 à 12 MeV²⁾, mais montre ensuite des changements importants pour certaines parties de la distribution angulaire à plus haute énergie. Par contre, les distributions angulaires de l'état fondamental changent peu entre la région 8.8 - 10.3 MeV²⁾ et 18 MeV, si ce n'est pour la remontée arrière vers 150° qui s'est modifiée, aux plus basses énergies.

La figure 24 fait voir les données expérimentales à 14 MeV comparées à un calcul effectué avec un rayon de coupure sur l'intérieur du noyau à 4.0 fm qui permet une meilleure représentation des données jusqu'à environ 90° qu'en utilisant tout l'intérieur du noyau, comme les calculs¹⁾ à 15 et 18 MeV. Par contre, ces derniers reproduisent l'allure générale de la distribution aux angles plus grands que 90° .

Dans le cas du premier état excité (figure 25), un calcul avec rayon de coupure à 5.0 fm ne peut pas mieux reproduire les données à 14 MeV que celles aux énergies plus hautes. Aspect surprenant, un calcul standard DWBA de cette transition reproduit de façon satisfaisante les données²⁾ à 8.8, 9.4 et 10.3 MeV, même pour la remontée arrière.

¹⁾E.M. Kellogg et Z.W. Zumtinkle, Phys. Rev. 152 (1966) 890.

²⁾V.K. Deshpande, Nucl. Phys. 70 (1965) 561.

³⁾G.E. Owen, L. Madonsky et S. Edwards, Jr., Phys. Rev. 113 (1959) 1575.

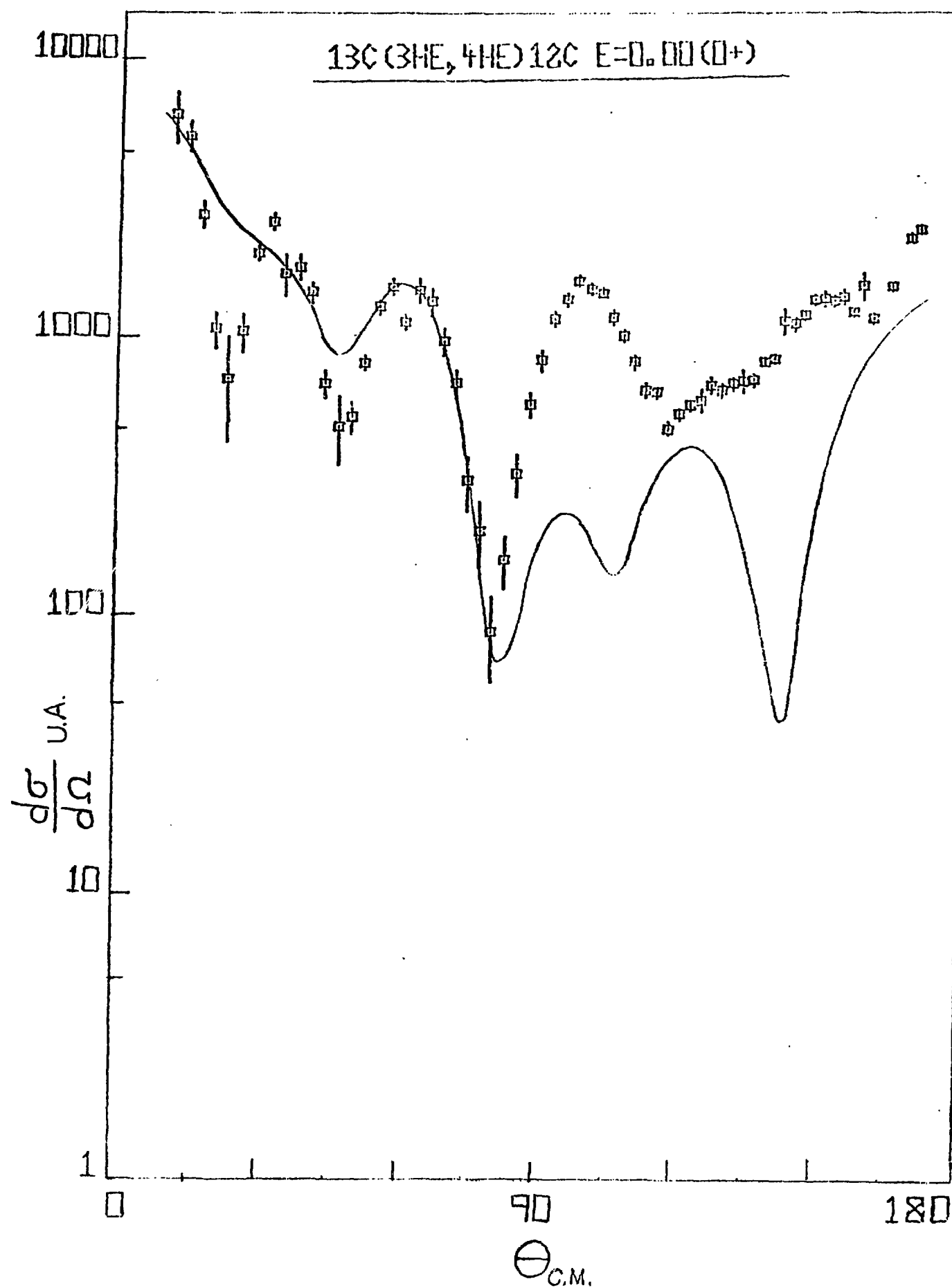


Figure 24

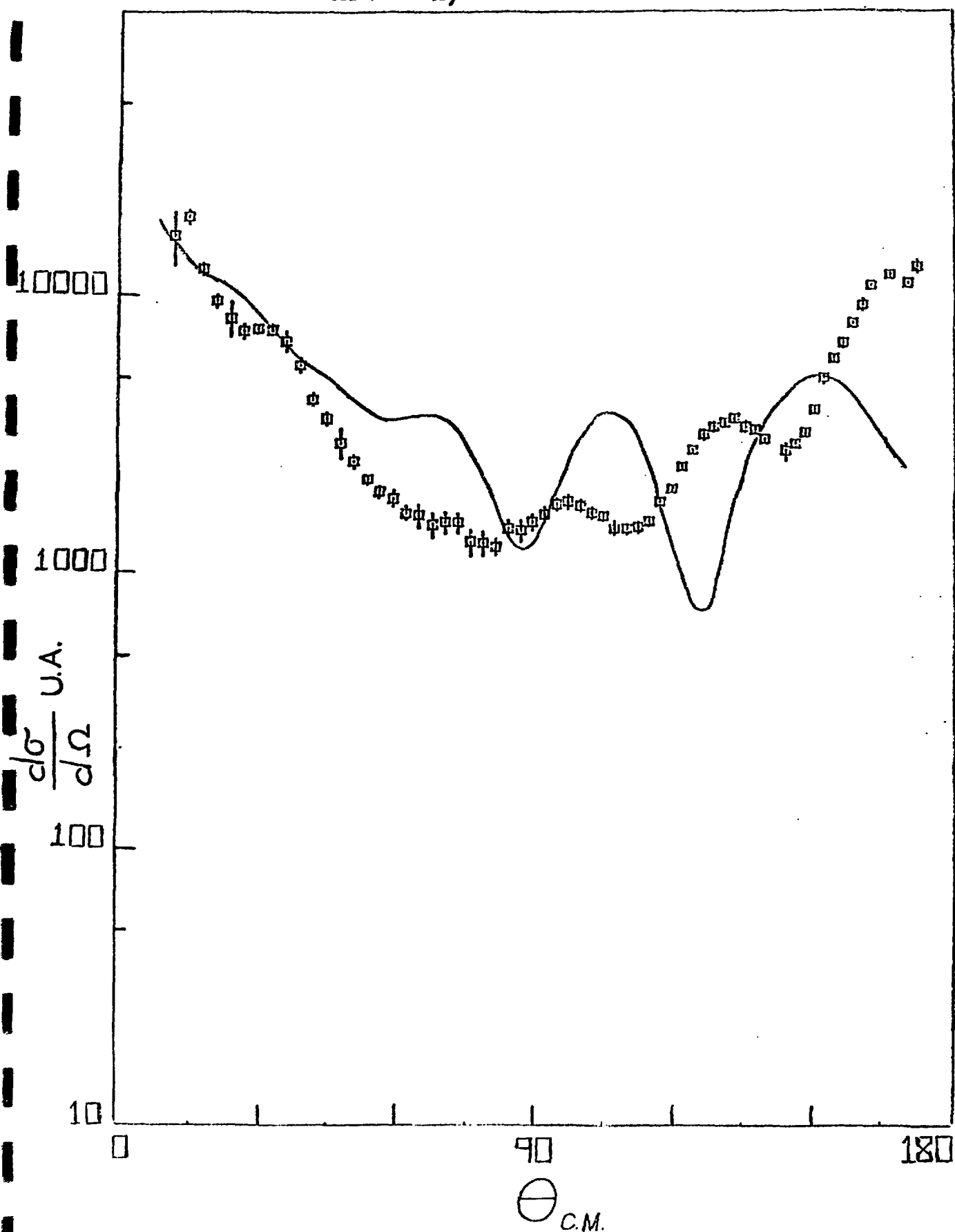
$^{13}\text{C}(^3\text{He}, ^4\text{He})^{12}\text{C} \quad E=4.439(2+)$ 

Figure 25

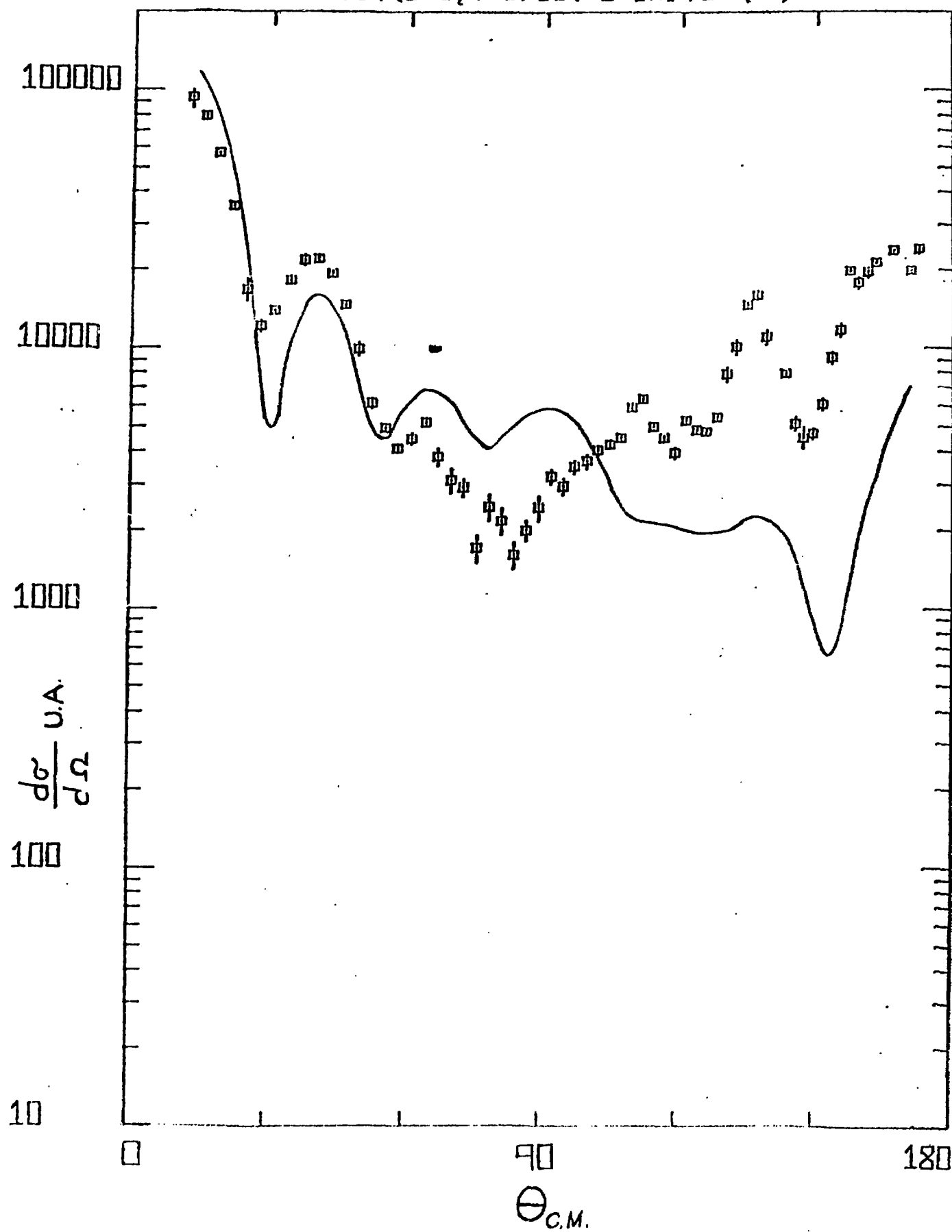
$^{13}\text{C}(^3\text{He}, ^4\text{He})^{12}\text{C} \text{ } E=12.71 \text{ (1+)}$ 

Figure 26

La distribution angulaire d'une autre transition est représentée à la figure 26. Bien que présentées en unités relatives, les données illustrent bien la forte probabilité de cette transition du fait de sa valeur de Q légèrement supérieure à zéro, comparativement aux deux sections efficaces données sur les figures précédentes. Ainsi, on pourrait s'attendre à ce qu'un calcul DWBA ne tenant pas compte du transfert de la particule lourde puisse reproduire de façon adéquate les distributions angulaires. Ceci se vérifie à 15 et 18 MeV par un calcul sans rayon de coupure; toutefois, à 14 MeV (figure 26), la limitation de la contribution intérieure à 5.0 fm reproduit mieux les variations aux angles plus grands que 90° , mais les importances relatives des divers maxima et minima ne sont pas très bien reproduites.

L'étude de cette réaction a pour but de tenter de mieux comprendre l'importance relative des divers mécanismes qui doivent se révéler en fonction de l'énergie incidente et des diverses valeurs de Q . De même, il devrait être possible de connaître selon les transitions et leurs particularités, l'importance relative de la contribution de l'intérieur et des phénomènes de surface. L'inclusion formelle de l'amplitude de transfert de la particule lourde³⁾ a montré, à des énergies incidentes aussi basses que 2 et 4.5 MeV, que les distributions angulaires pouvaient être correctement reproduites. Autour de 15 MeV, une étude similaire est envisagée sur cette réaction et elle devrait guider l'étude des autres réactions ($^3\text{He}, \alpha$) présentement sans considération qui ne fournissent pas l'avantage actuellement d'être décrites par autant de données que la réaction $^{13}\text{C}(^3\text{He}, \alpha)^{12}\text{C}$.

B) Les réactions $^{17,18}\text{O}(^3\text{He}, \alpha)^{16,17}\text{O}$

Dans le cadre de la mise au point de la cible gazeuse à pompage différentiel, des spectres d'énergie de particules α ont été obtenus par bombardement de cibles de ^{14}N et ^{18}O à 14 MeV d' ^3He . Ces spectres, comme ceux donnés aux figures 22 et 23, montrent que la résolution

³⁾ G.E. Owen, L. Madonsky et S. Edwards, Jr., Phys. Rev. 113 (1959) 1575.

globale en énergie (< 100 keV) du système de détection des particules et d'analyse des impulsions va permettre de résoudre les états excités à 6.919 et 7.119 MeV de ^{16}O . Il devrait être possible, avec une telle résolution, de résoudre ces états sur une grande partie de la distribution angulaire.

Des données de diffusion élastique d' ^3He à diverses énergies existent, mais seulement une mesure expérimentale de quelques transitions des réactions $^{17}\text{O}(^3\text{He},\alpha)^{16}\text{O}$ (fondamental) et $^{18}\text{O}(^3\text{He},\alpha)^{17}\text{O}$ (fondamental, 1^e excité) a été faite de 2.68 à 6.47 MeV⁴⁾. Certaines particularités des sections efficaces dans ce domaine d'énergie peuvent laisser croire à une certaine similitude avec la réaction $^{13}\text{C}(^3\text{He},\alpha)^{12}\text{C}$, mais les distributions angulaires sont différentes des résultats sur ^{16}O .

C) La réaction $^{29}\text{Si}(^3\text{He},\alpha)^{28}\text{Si}$

Une première approche à l'étude des distributions angulaires de cette réaction a été de les représenter par des calculs DWBA sans rayon de coupure sur la contribution intérieure. Pour l'instant, les paramètres utilisés n'ont pas permis de reproduire convenablement les données, contrairement à certaines transitions sur les noyaux de ^{28}Si et ^{30}Si pour $\ell=0$ et $\ell=2$ étudiées à 20 MeV d'énergie incidente⁵⁾. Les calculs sont très peu sensibles à des corrections de portée finie et de non-localité. Par contre, il est intéressant de voir qu'un calcul avec une coupure à 3.0 fm sur la réaction $^{29}\text{Si}(^3\text{He},\alpha)^{28}\text{Si}$ (fondamental) peut reproduire assez bien les données pour des angles plus grands que 45° (voir figure 27). Pour une transition similaire ($\ell=0$) dans le cas $^{30}\text{Si}(^3\text{He},\alpha)^{29}\text{Si}$ (fondamental), un calcul sans coupure ne peut pas, comme présentement, représenter les données autour de 30° . Toutefois, pour la transition à l'état $E_x = 0.78$ MeV ($\ell=0$) dans le cas $^{28}\text{Si}(^3\text{He},\alpha)^{27}\text{Si}$ à 20 MeV, la représentation est acceptable, ce qui peut s'expliquer par le fait que le Q de cette transition est de l'ordre de 2.5 MeV alors qu'il est de 10 MeV sur le ^{30}Si . Actuellement, il est de 12 MeV sur le ^{29}Si et la réaction, par conséquent, ne devrait pas être vue comme une réaction de surface.

⁴⁾ M.A. Waggoner et A.A. Jaffe, Nucl. Phys. 69 (1965) 306.

⁵⁾ H. Kattenborn, C. Mayer-Böricke et B. Mertens, Nucl. Phys. A138 (1969) 657.

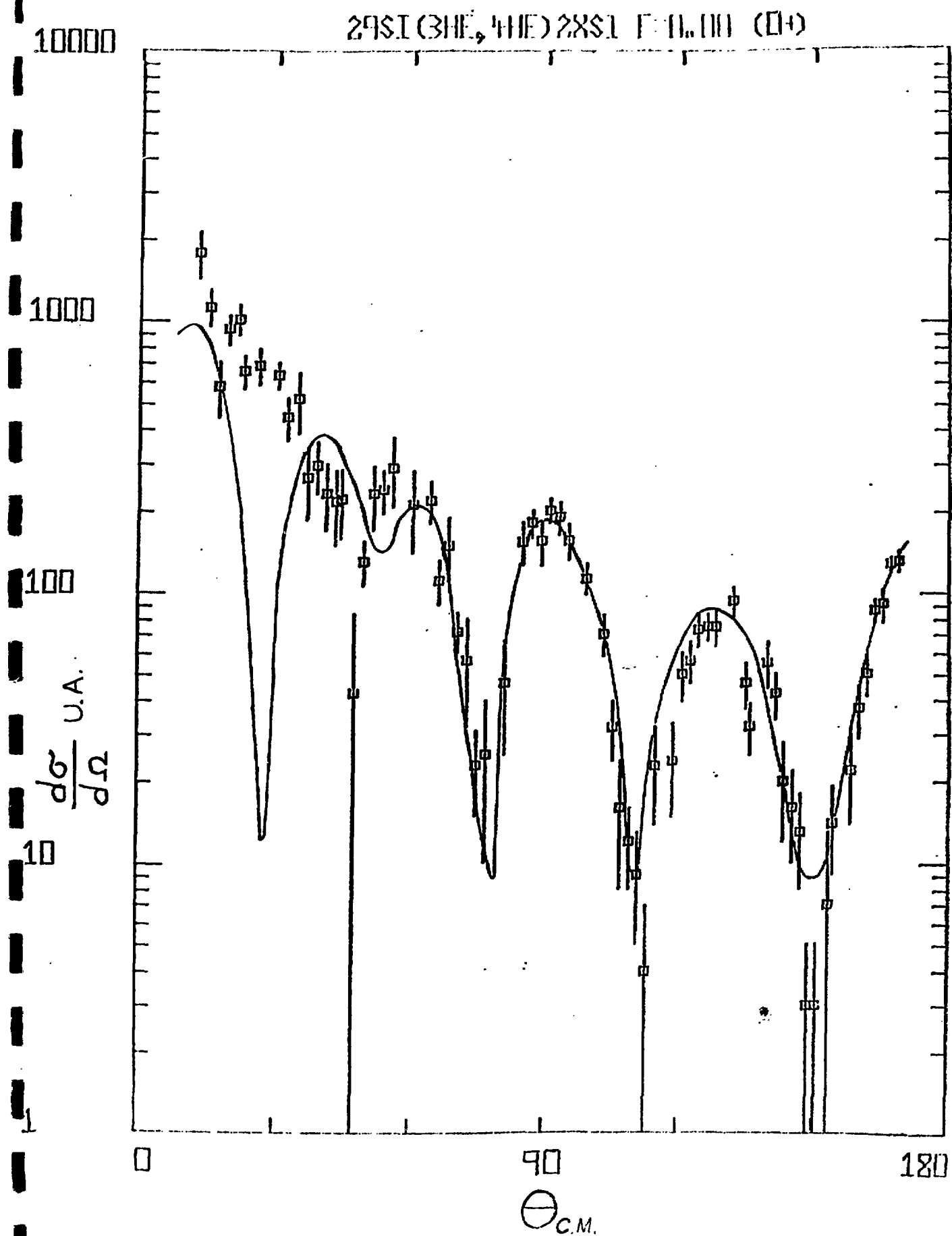


Figure 27

La transition au premier état excité du ^{28}Si ne peut pas être reproduite de façon acceptable jusqu'ici, avec les paramètres utilisés pour les voies élastiques. La figure 28 montre un calcul qui optimise en quelque sorte la représentation des données: un rayon de coupure de 4.2 fm est un compromis très pauvre qui ne donne qu'à un faible degré l'allure générale de la distribution angulaire. Il semble que ce type de transfert ($\ell=2$, $j=3/2$) soit plus difficile à reproduire, comme c'est le cas⁵⁾ sur les noyaux voisins, ^{28}Si et ^{30}Si . D'autres paramètres pour représenter la voie d'entrée devront être utilisés comme prochaine approche du problème et il est possible qu'un potentiel pour le noyau ^3He qui soit plus de la forme de celui d'un noyau ^4He améliore la situation. Le rayon de la partie centrale est fixé à 1.44 fm plutôt qu'à 1.14 fm et la voie élastique peut être légèrement mieux représentée⁶⁾, comme certains cas de réaction ($^3\text{He}, \alpha$)⁷⁾. Pour un transfert de $j=5/2$, la transition à $E_x = 6.28$ MeV présente une situation équivalente à celle du transfert précédent. La figure 29 donne un exemple de calculs qui limitent la contribution de l'intérieur à partir de 4.5 fm.

Les deux figures suivantes, 30 et 31, donnent les valeurs expérimentales des sections efficaces pour les états à 4.62 MeV (4^+) et à 4.98 (0^+). Cette dernière transition est assez similaire à celle de l'état fondamental (0^+).

Pour déterminer le potentiel de l' ^3He le plus acceptable, une technique récente⁸⁾ consiste à utiliser les intégrales de volume en les extrapolant à plus haute énergie dans le but de sélectionner une famille de potentiels dits physiques. Ce procédé sera appliqué dans les présents cas sous étude.

⁶⁾ R.W. Zurmühle et C.M. Forr, Nucl. Phys. A129 (1969) 502.

⁷⁾ R. Stock *et al.*, Nucl. Phys. A104 (1967) 136.

⁸⁾ H.-J. Trost *et al.*, Nucl. Phys. A337 (1980) 377.

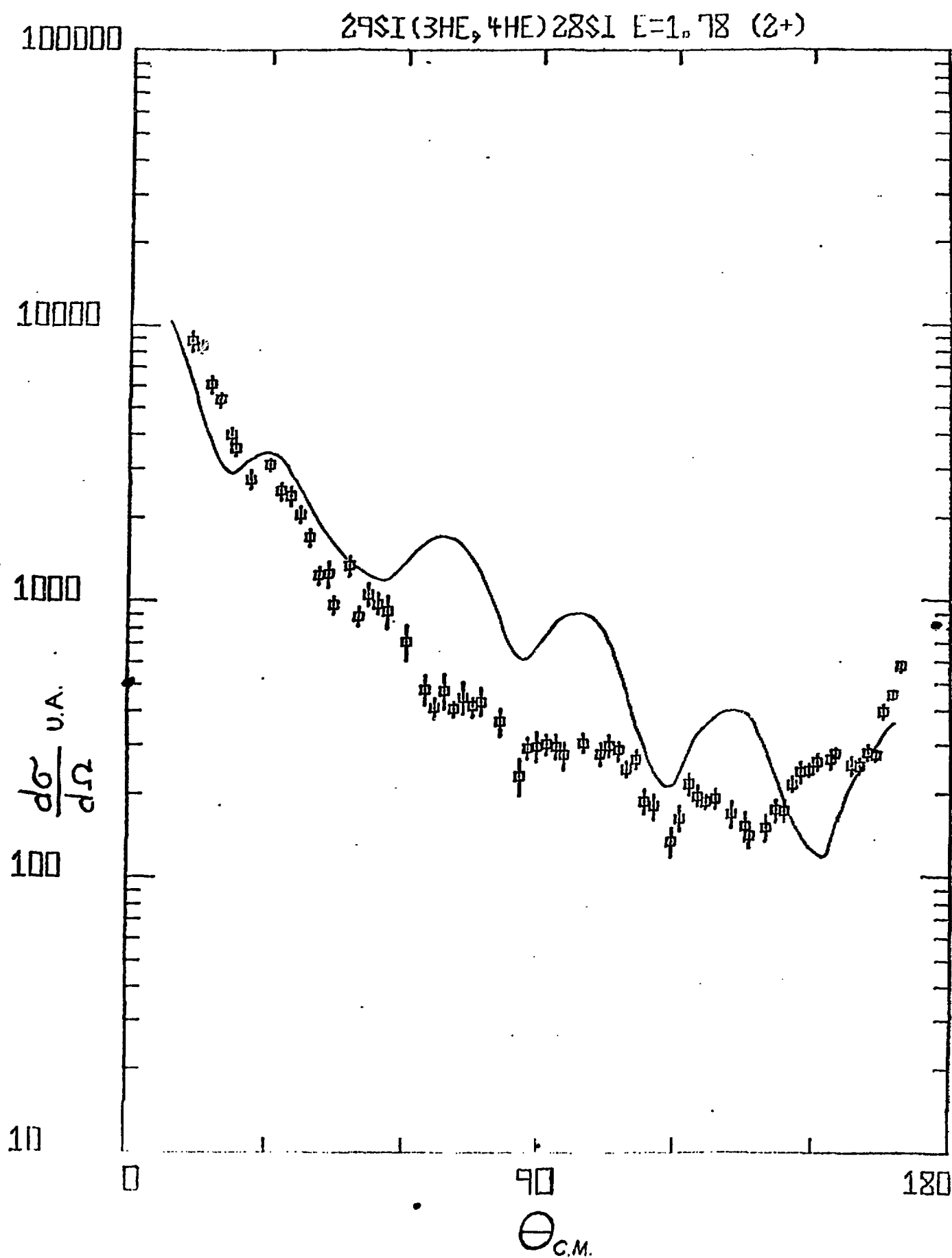


Figure 28

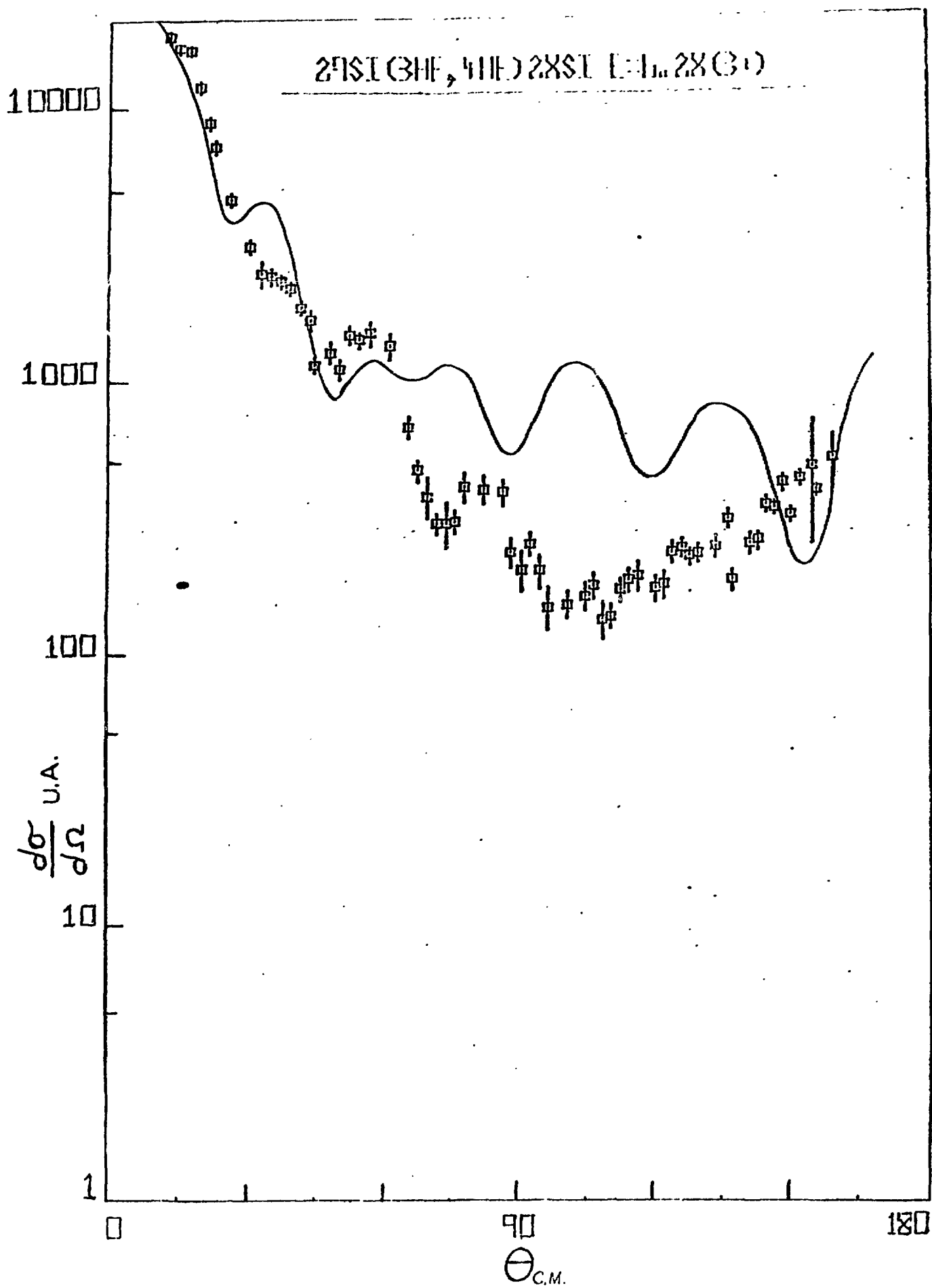


Figure 29

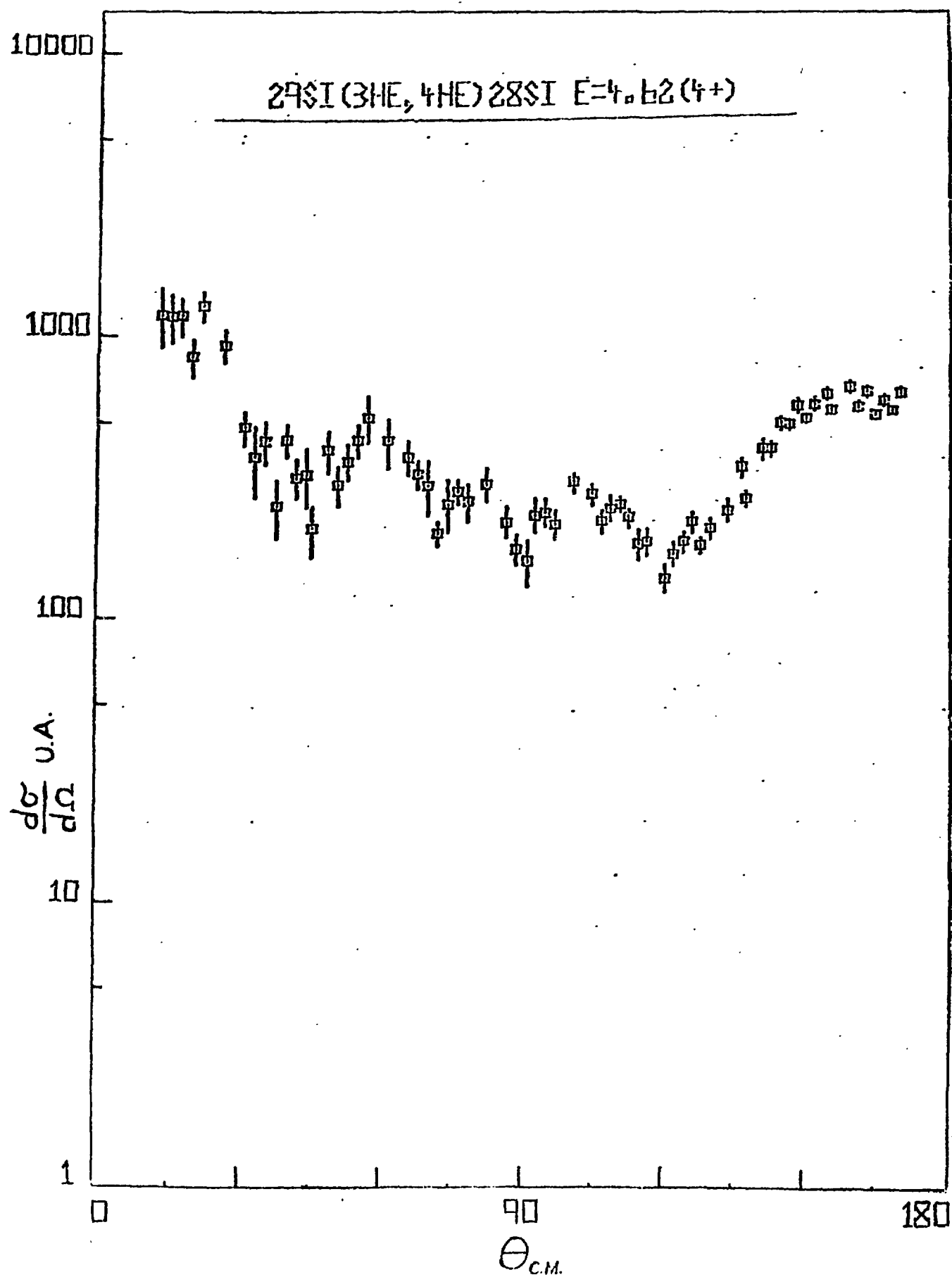


Figure 30

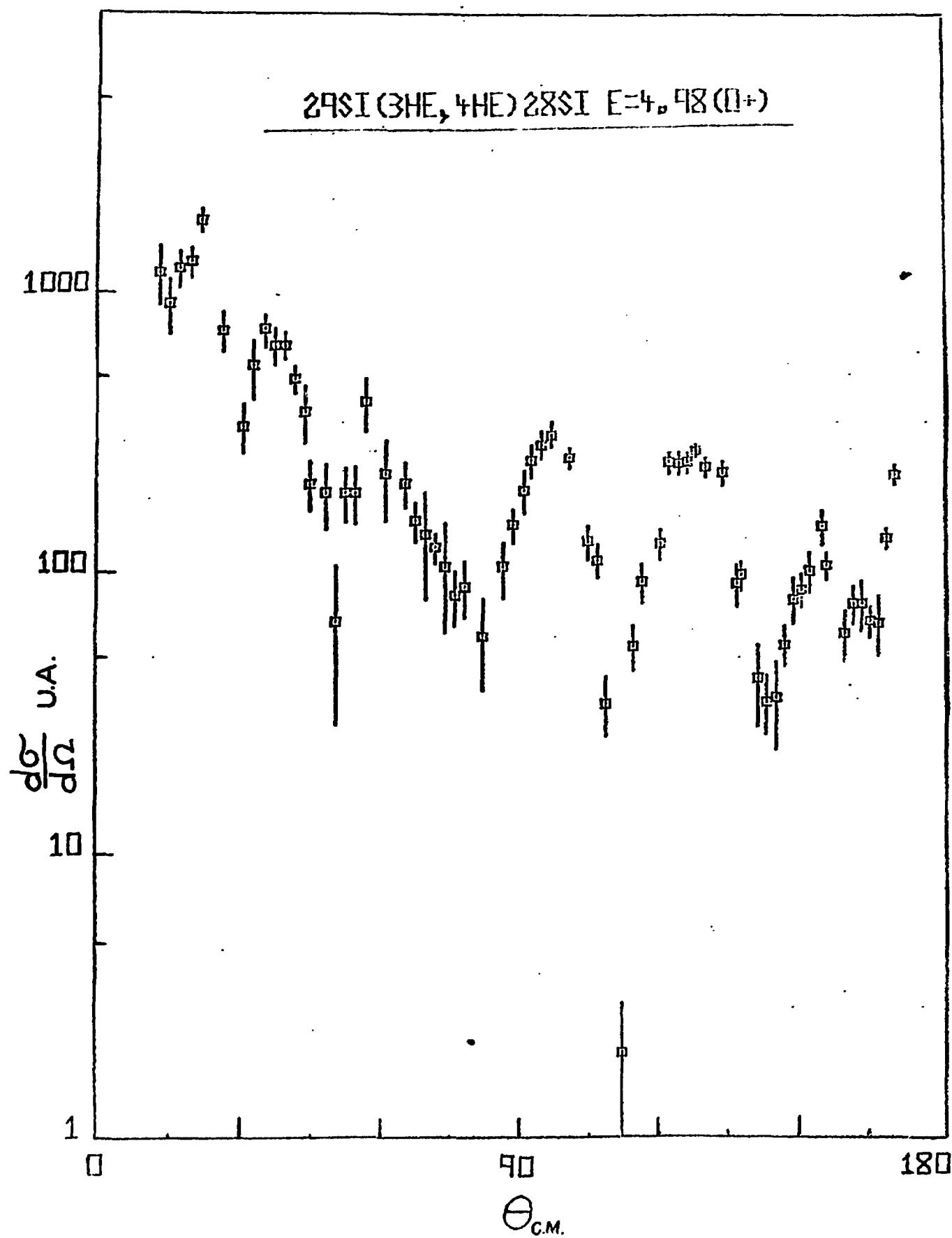


Figure 31

D) La réaction $^{53}\text{Cr} (^3\text{He}, \alpha) ^{52}\text{Cr}$

Des distributions angulaires restreintes ($\theta \leq 40^\circ$ et $< 80^\circ$, selon le cas) ont été mesurées⁹⁾ sur les différents isotopes stables de chrome à 18 MeV pour un grand nombre de transitions. Beaucoup d'entre elles ont peu de structure ou varient de façon monotone sur la région angulaire étudiée ($\theta < 40^\circ$ pour le ^{53}Cr). En particulier les quelques variations non monotones dans la réaction $^{53}\text{Cr}(^3\text{He}, \alpha)^{52}\text{Cr}$ ne sont pas reproduites convenablement pour la plupart des transitions. De même, jusqu'à maintenant, il n'a pas été possible de réellement mieux représenter les données à 14 MeV. Les figures 32 et 33 donnent deux exemples de calculs pour les transitions au fondamental et au premier excité. Dans le premier cas, il s'agit d'une courbe obtenue avec un rayon de coupure à 2.0 fm; pour le premier état excité, tout l'intérieur du noyau contribue. Dès à présent, nos conclusions rejoignent celles d'une étude antérieure⁷⁾ sur les noyaux de ^{52}Cr et ^{54}Cr : il ne faut pas utiliser un rayon de coupure pour amoindrir les contributions de l'intérieur. Pour une valeur de Q relativement élevée (~ 10 MeV), l'effet de la coupure est de changer rapidement la forme de la distribution angulaire, sans toutefois mieux reproduire les données.

⁹⁾ P. David *et al.*, Nucl. Phys. A128 (1969) 47.

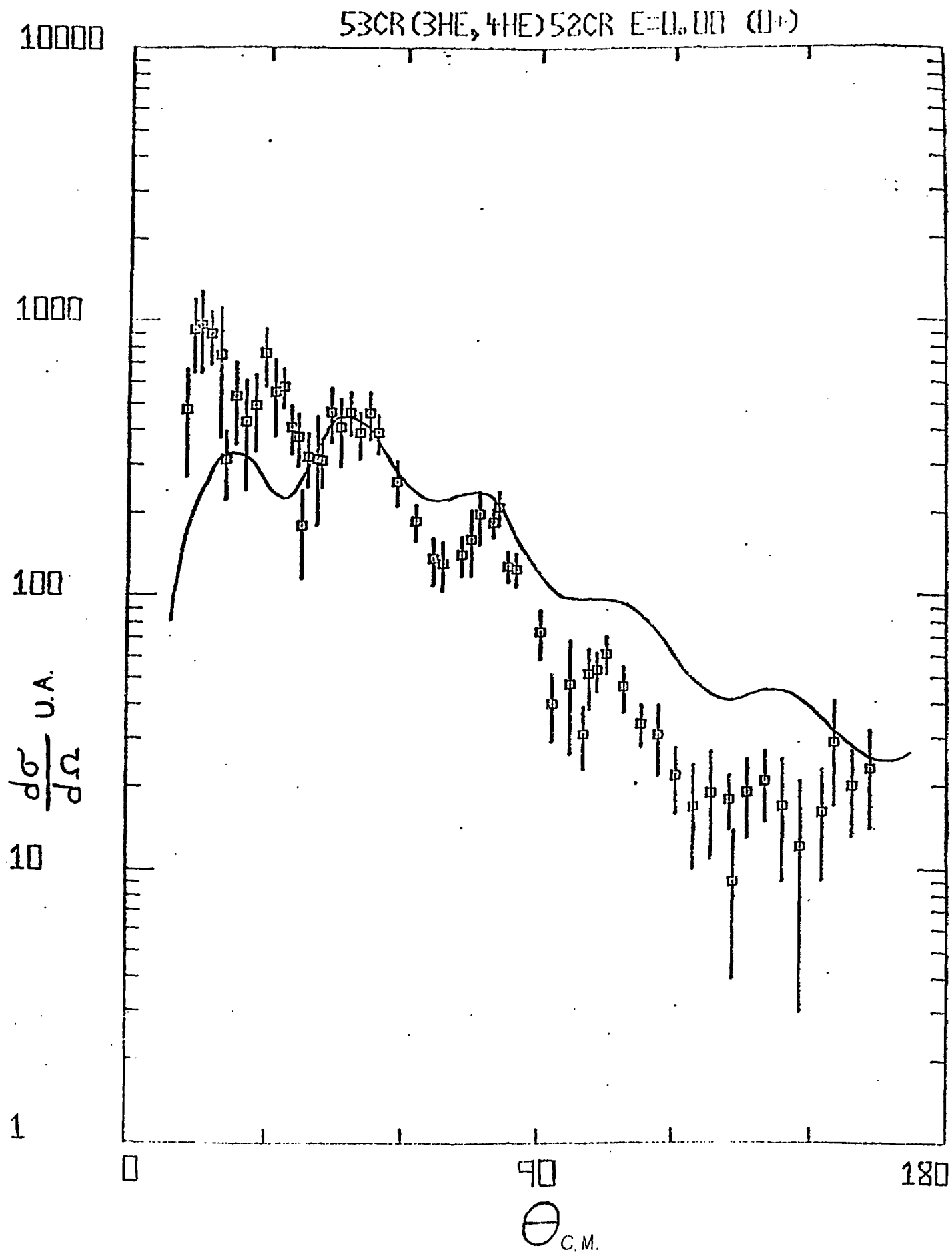


Figure 32

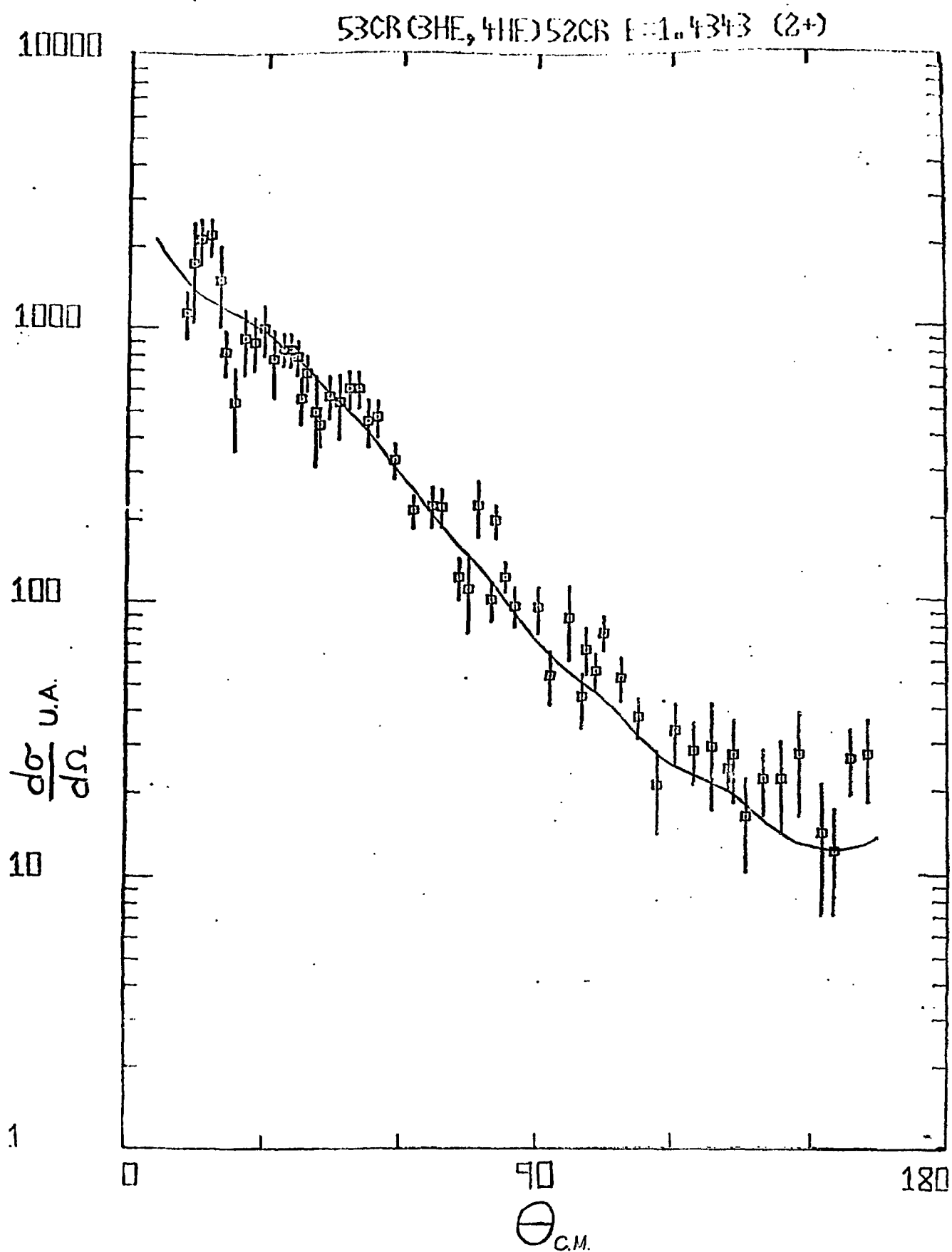


Figure 33

SPECTROSCOPIE NUCLÉAIRE

19) Etude de l'état analogue $5/2^+$ dans ^{65}Ga C. ST-PIERRE, C. Rangacharyulu et C. Pruneau.

Pour faire suite à nos travaux antérieurs sur les résonances $g_{9/2}$ dans les noyaux $^{65,67,69}\text{Ga}$, nous nous proposons d'aborder une étude systématique sur les résonances $d_{5/2}$.

Cette résonance pour le ^{65}Ga est prévue pour $E_p \sim 3.2$ MeV dans les réactions $^{64}\text{Zn}(p,\gamma)^{65}\text{Ga}$ et $^{64}\text{Zn}(p,p'\gamma)$. Des mesures préliminaires nous avaient permis de localiser cette résonance. Ces mesures reprises avec plus de précision, en utilisant une cible de 0.58 keV d'épaisseur, donnent la courbe d'excitation pour la réaction $^{64}\text{Zn}(p,p'\gamma)$ montrée à la fig.34. Cette courbe représente la surface nette sous les pics γ . Une distribution angulaire a été effectuée pour chacune des énergies indiquées en utilisant une cible plus mince (0.38 keV). Les résultats sont présentés dans les fig. 35 et 36. La distribution angulaire obtenue à $f = 10.875$ MHz indique $J = 3/2$. Aux énergies correspondant à $f = 10.885$ et 10.895 MHz, on en déduit $J = 5/2$ identifiant l'état analogue. Pour $f = 10.900$ MHz, il est toutefois difficile de distinguer entre $J = 3/2$ ou $5/2$ et il faudra réexaminer cette région pour voir s'il s'agit d'un fragment de l'état analogue. A la résonance principale, nous avons aussi observé la transition entre l'état à 7.12 MeV ($5/2^+$) et l'état à 2.21 MeV qui pourrait être anti-analogue. Une distribution angulaire des rayons- γ de 4.91 MeV n'est toutefois pas concluante pour déterminer le spin de l'état à 2.21 MeV à cause de statistiques trop faibles. L'expérience sera reprise avec une cible plus épaisse. Nous espérons compléter ce travail dans le courant de l'année prochaine.

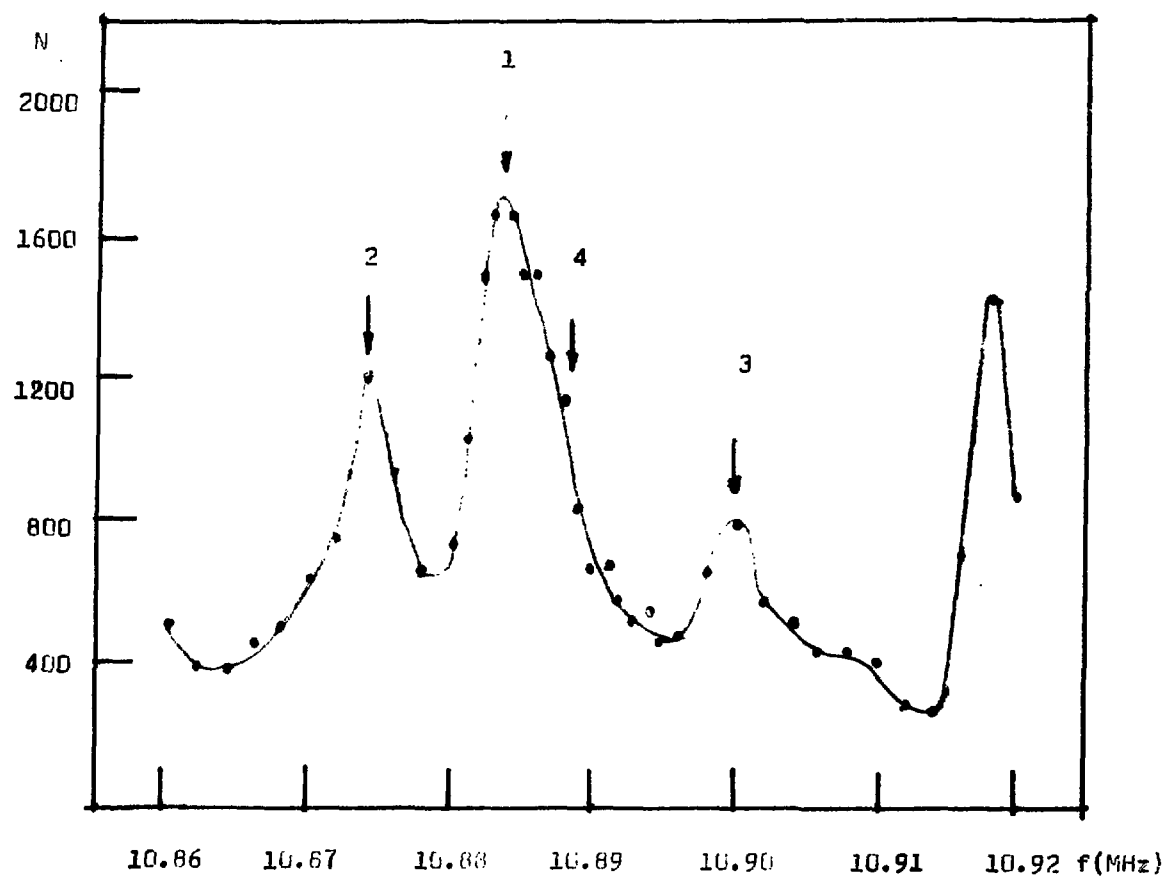


Fig. 34 Courbe d'excitation pour la réaction $^{64}\text{Zn} (p, p'\gamma)$

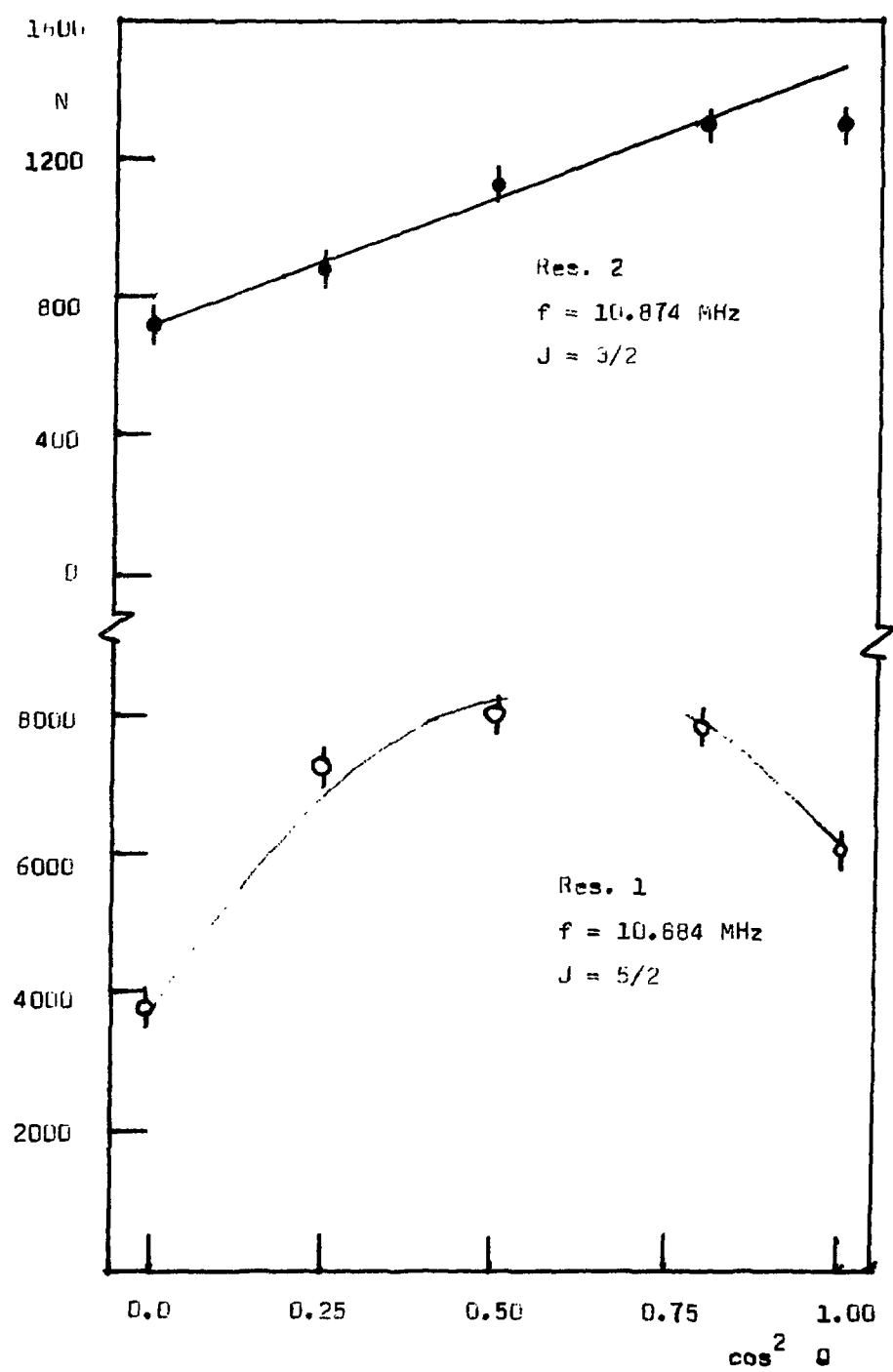


Fig.35 Distribution angulaire. $^{64}\text{Zn} (p, p'\gamma)$

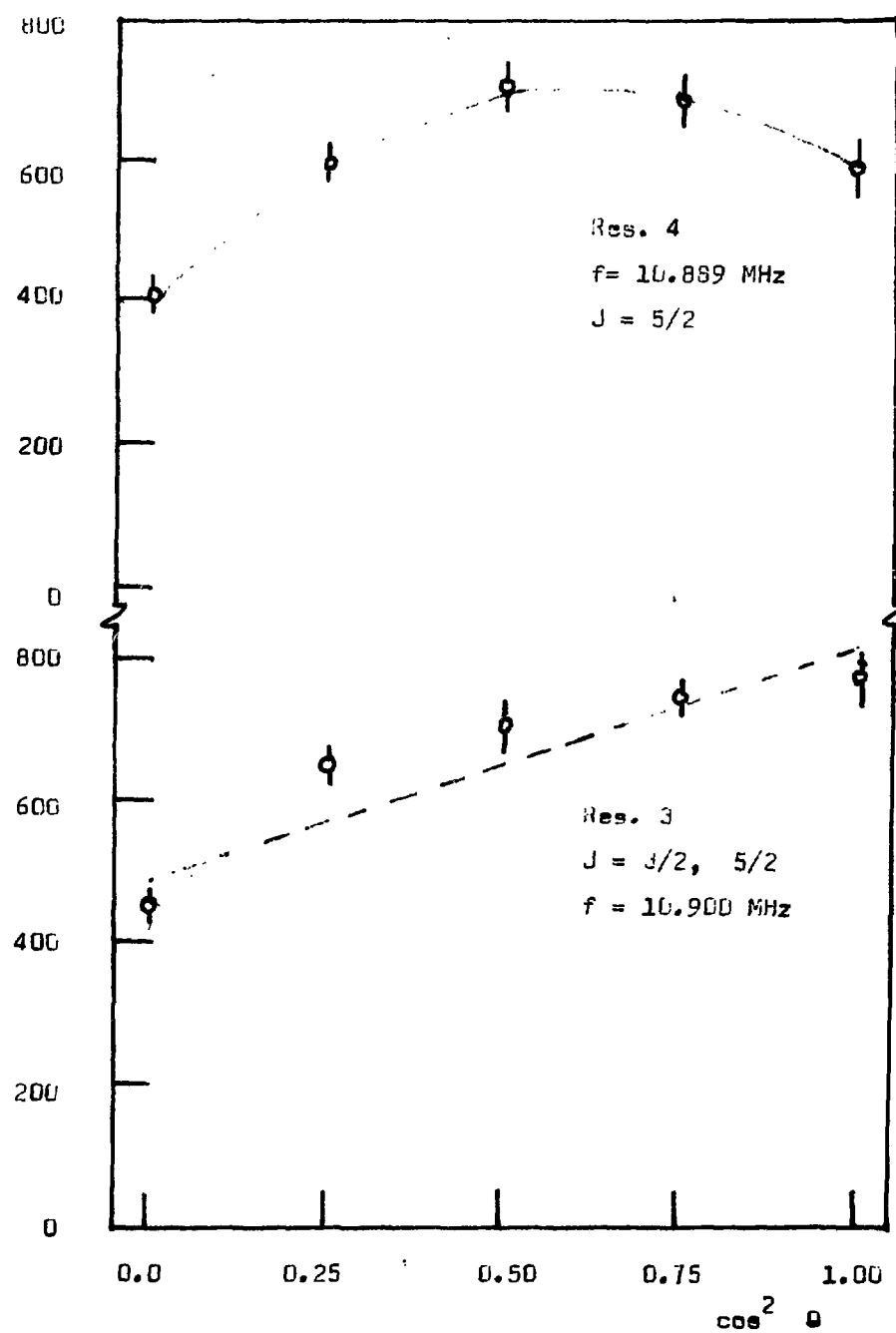


Fig. 36 Distribution angulaire. $^{64}\text{Zn} (p, p'\gamma)$

20) Etude du niveau 11.08 MeV de ^{17}O

C. ST-PIERRE, C. Rangacharyulu, A. Chatterjee et C. Pruneau.

Le but de cette étude est de comparer la largeur Γ_γ dans la transition du niveau 11.08 MeV au niveau à 0.87 MeV avec celle de la transition correspondante $T = 3/2$ à $T = 1/2$ dans le noyau miroir afin d'en tirer une information sur une composante isotensorielle possible de la transition électromagnétique¹⁾. La transition E1 correspondante dans ^{17}F a déjà été mesurée par Harakeh, Paul et Snover²⁾.

A cette fin, nous avons utilisé la réaction $^{13}\text{C}(\alpha, \gamma)^{17}\text{O}$. Dans la cible dont nous disposons (épaisseur d'environ 20 keV), il y a un fond très élevé à cause des réactions $(\alpha, n\gamma)$ qui deviennent gênantes à ces énergies. Aussi nous nous proposons de reprendre cette étude avec une cible la plus mince possible pour cerner les interactions propres à ce niveau dont la largeur est d'environ 4 keV.

Il existe un autre état avec $J_\pi = 1/2^-$ à 9.148 MeV. Il s'est révélé possible d'observer ce niveau et de reconnaître la transition γ entre ce niveau et l'état à 0.87 MeV. La fig. 37 montre la courbe d'excitation obtenue à partir de la sommation des rayons γ émis entre 7.15 et 8.3 MeV.

Nous nous proposons de poursuivre de cette étude car elle est complémentaire aux résultats obtenus par des réactions induites par électrons.

¹⁾R.J. Blin-Stoyle, Phys. Rev. Letters 23 (1969) 535.

²⁾M.N. Harakeh, P. Paul and K.A. Snover, Phys. Rev. 11 (1975) 998.

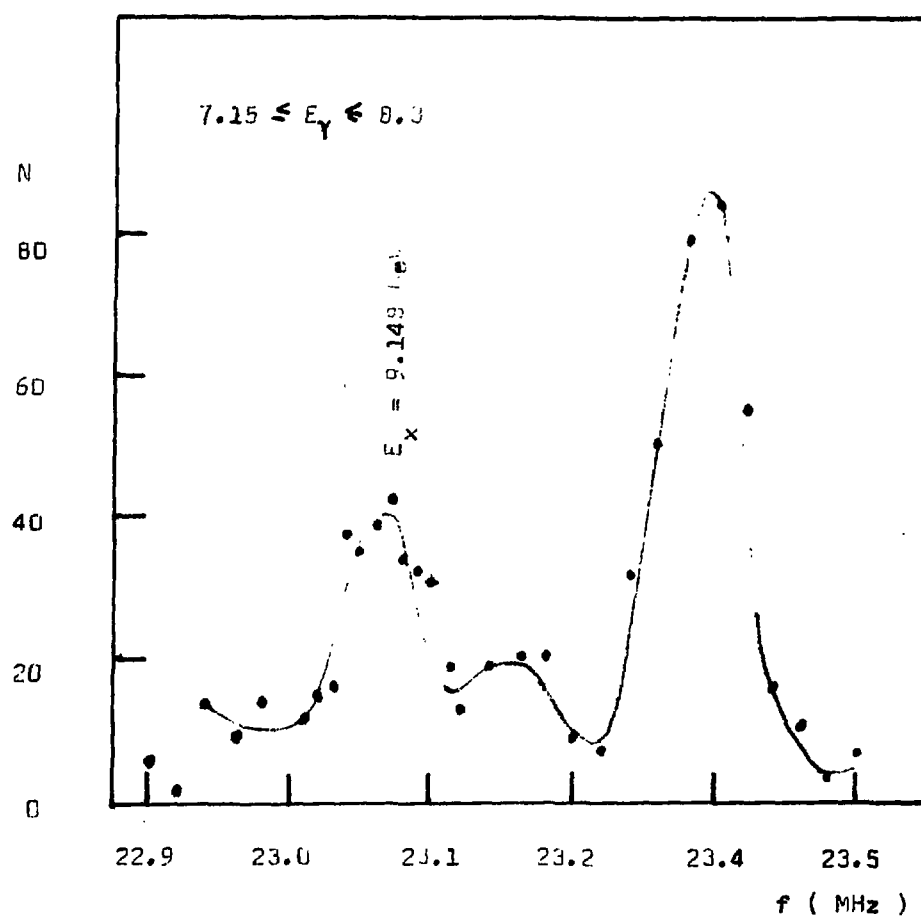


Fig. 37 Courbe d'excitation. $^{13}\text{C} (^4\text{He}, \gamma) ^{17}\text{O}$

PHYSIQUE ATOMIQUE21) Etude de l'aluminium hautement ionisé à l'aide de la technique faisceau-lame

C. Jacques, M. Druetta*, R. Drouin et E.J. KNYSTAUTAS.

Nous avons continué nos expériences avec les faisceaux métalliques (voir fig. 38). Nous avons complété notre analyse des niveaux d'énergie de l'Al IX ainsi que nos mesures des durées de vie dans ce système. L'analyse s'est poursuivie avec l'Al VIII. L'étude de ces ions avec leurs structures complexes a été facilitée avec la parution d'une nouvelle compilation de niveaux d'énergie faite par le National Bureau of Standards, ainsi que par des spectres obtenus par nous à ce même endroit à l'aide d'une source étincelle. Nous avons exploité également les séquences iso-électroniques pour nous aider à identifier de nouvelles raies. Treize durées de vie dans l'Al VIII ont été mesurées, et les résultats se trouvent au tableau 6.

D'autre part, nous avons mesuré les distributions de charges équilibrées pour les ions d'aluminium dans les cibles de carbone, pour des énergies incidentes de 1,5 MeV jusqu'à 5 MeV, l'énergie maximum à laquelle notre aimant d'analyse peut défléchir les ions d'Al⁺. Les résultats se trouvent à la figure

22) Spectroscopie du nickel hautement ionisé

C. Jacques et E.J. KNYSTAUTAS.

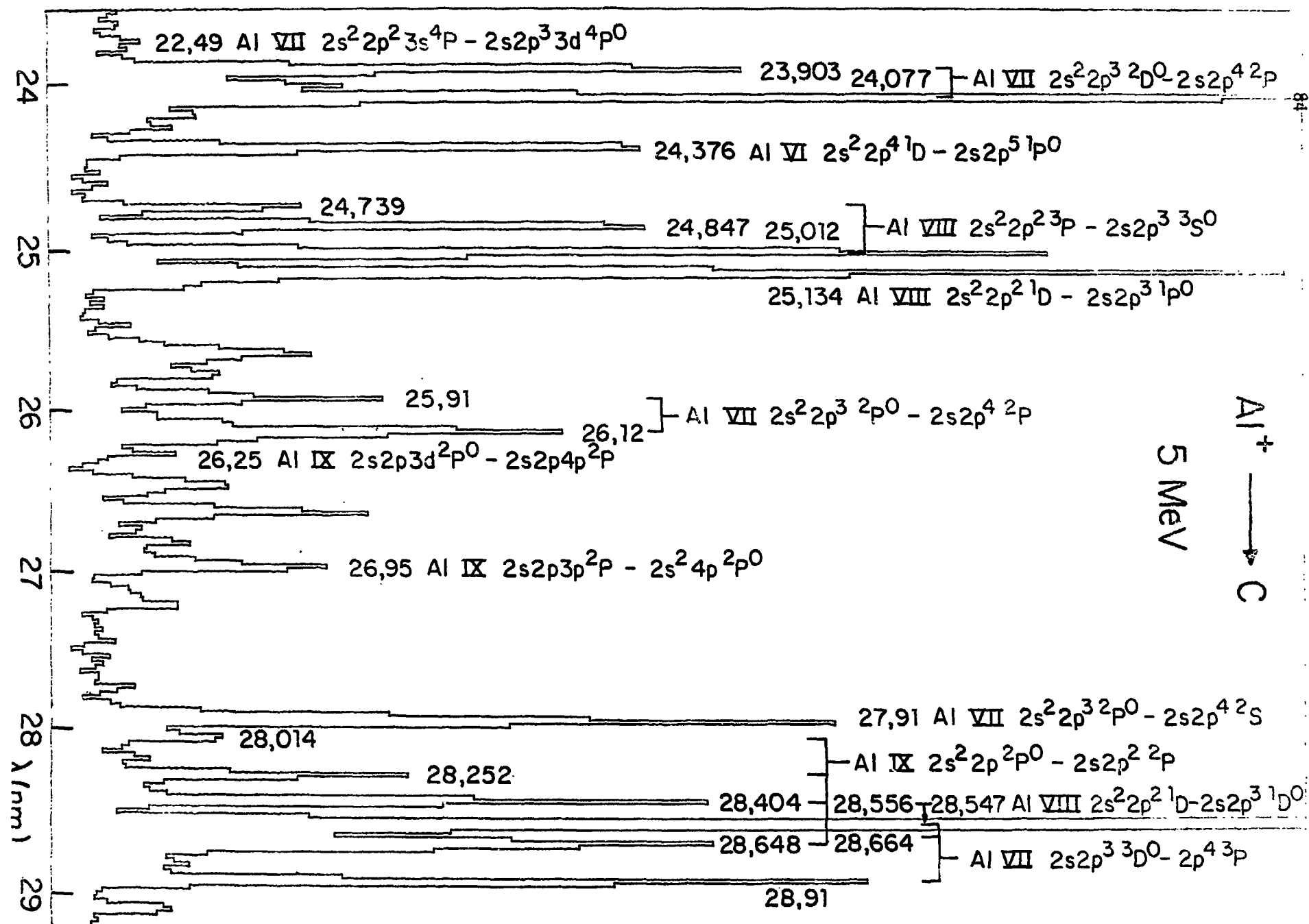
Nous avons essayé avec un certain succès de produire des faisceaux de Ni⁺ avec la source RF de l'accélérateur à l'aide d'un canal de sortie fait en nickel. Il y a érosion du nickel par l'effet de pulvérisation cathodique, et les ions de nickel se mêlent avec les ions du gaz vecteur déjà présents dans la décharge. Nous avons jusqu'ici obtenu des faisceaux de Ni⁺ en intensité suffisante (~ 100 nA) pour nous donner quelques spectres dont on peut trouver un exemple à la figure 39.

*Université de Lyon (France)

Vies moyennes mesurées dans Al VIII

(nm) ±0,01	Transition	Vie moyenne du niveau supérieur (ps)
24,74	$2s2p^3 \ ^3P_0 - 2s^22p^2 \ ^3S_1^0$	38 ± 4
24,85	$2s2p^3 \ ^3P_1 - 2s^22p^2 \ ^3S_1^0$	41 ± 2
25,01	$2s2p^3 \ ^3P_2 - 2s^22p^2 \ ^3S_1^0$	44 ± 2
25,134	$2s^22p^2 \ ^1D_2 - 2s2p^3 \ ^1P_1^0$	52 ± 3
28,556	$2s^22p^2 \ ^1D_2 - 2s2p^3 \ ^1D_2^0$	85 ± 5
32,35	$2s^22p^2 \ ^3P_0 - 2s2p^3 \ ^3P_1^0$	199 ± 20
32,53	$\left\{ \begin{array}{l} 2s^22p^2 \ ^3P_1 - 2s2p^3 \ ^3P_0^0 \\ 2s^22p^2 \ ^3P_1 - 2s2p^3 \ ^3P_1^0 \\ 2s^22p^2 \ ^3P_1 - 2s2p^3 \ ^3P_2^0 \end{array} \right\}$	218 ± 17
32,82	$\left\{ \begin{array}{l} 2s^22p^2 \ ^3P_2 - 2s2p^3 \ ^3P_1^0 \\ 2s^22p^2 \ ^3P_2 - 2s2p^3 \ ^3P_2^0 \end{array} \right\}$	237 ± 17
33,44	$\left\{ \begin{array}{l} 2s2p^3 \ ^3P_1^0 - 2p^4 \ ^3P_2 \\ 2s2p^3 \ ^3P_2^0 - 2p^4 \ ^3P_2 \end{array} \right\}$	67 ± 6
34,03	$2s2p^3 \ ^1P^0 - 2p^4 \ ^1S$	50 ± 7
38,11	$2s^22p^2 \ ^3P_0 - 2s2p^3 \ ^3D_1^0$	537 ± 29
38,38	$\left\{ \begin{array}{l} 2s^22p^2 \ ^3P_1 - 2s2p^3 \ ^3D_1^0 \\ 2s^22p^2 \ ^3P_1 - 2s2p^3 \ ^3D_2^0 \end{array} \right\}$	530 ± 16
39,95	$2s2p^3 \ ^1D^0 - 2p^4 \ ^1D$	119 ± 10

TABLEAU 6



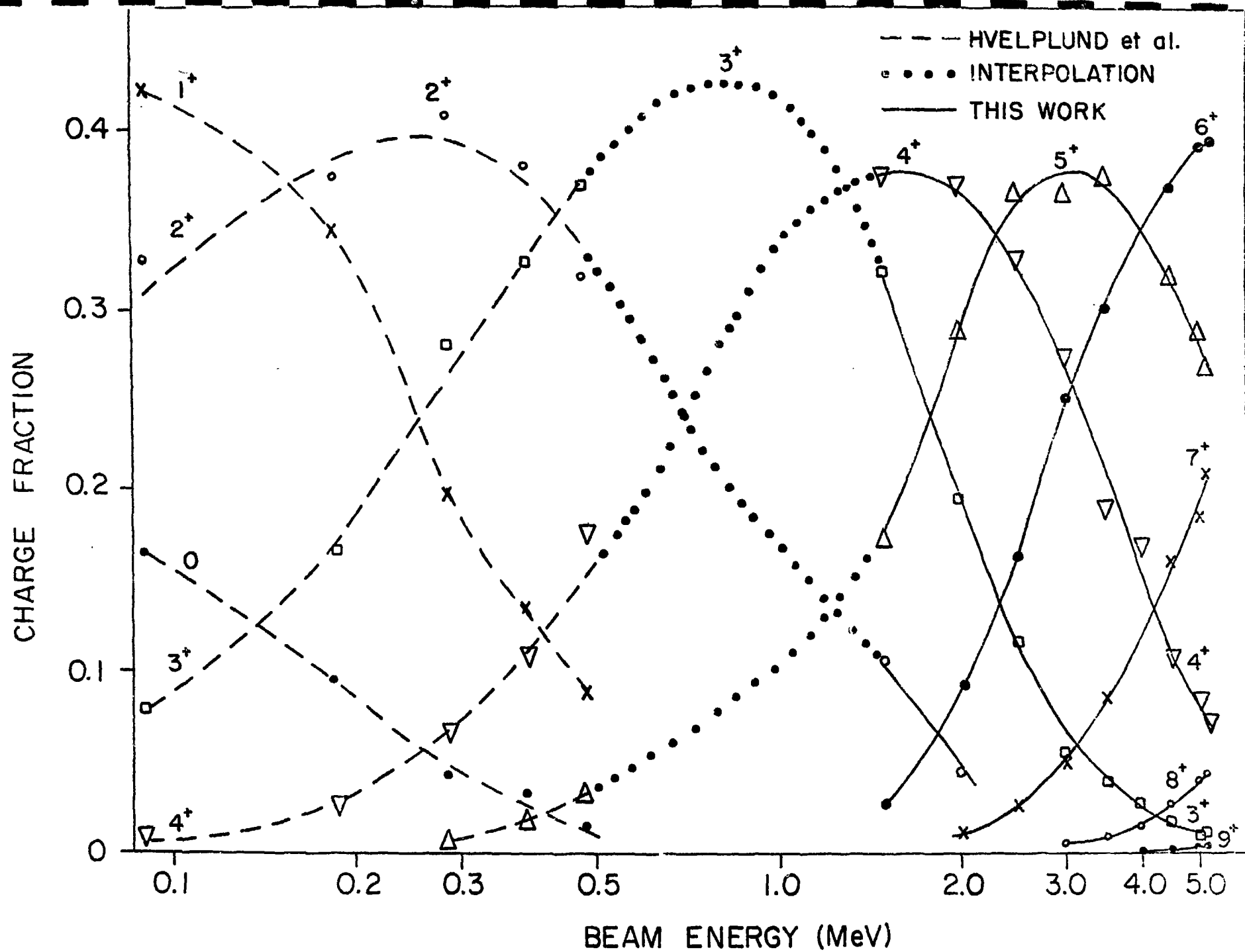


Figure 39

23) Détection de l'hydrogène tri-atomiqueM. Druetta* et E.J. KNYSTAUTAS.

La molécule instable H_3 a été découverte récemment par ses bandes d'émissions dans le visible. Nous avons essayé d'observer directement cet espèce à l'accélérateur 150 KV à l'aide de deux chambres à collision successives, suivi par un spectromètre de masse Browne-Buechner. Nous croyons avoir observé un signal faible (~ 2 pA) qui indiquerait la présence de H_3 . La prochaine étape consistera au remplacement de la cage de Faraday par un multiplicateur d'électrons afin d'améliorer le rapport signal/bruit. Des études spectroscopiques simultanées sont envisagées pour établir la présence de H_3 de façon définitive.

BEAM ENERGY (MeV)

Figure 39

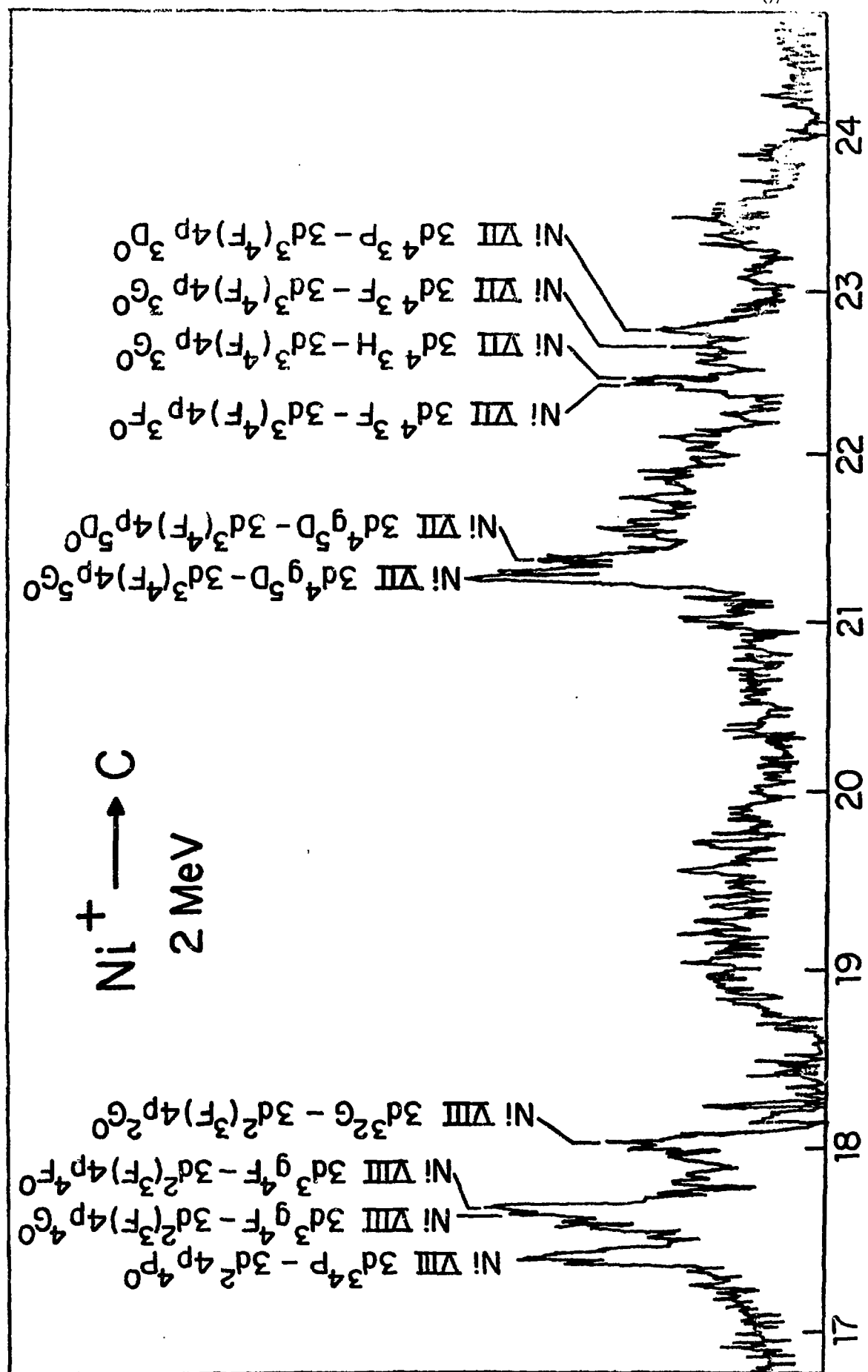
 $\lambda \text{ (nm)}$

Figure 40

ÉTUDES BIOLOGIQUESPROGRESS REPORT OF SUMMER RESEARCH, 1980 on SHORT-LIVED ISOTOPE STUDIES ON PLANTS at LAVAL UNIVERSITY, VAN DE GRAAFF UNIT

For the sixth consecutive season Canadian and foreign scientists have met at Université Laval, August 4-16th, to study the translocation of the short-lived isotope ^{11}C in plants. This year, for the first time, ^{13}N was also produced and used in a number of experiments. In the year since summer 1979, three papers have been published as a result of this program and two others are in press (listed below), while another three are in advanced stages of preparation. A major problem arose during the year in connection with the translation of magnetic tapes from the PDP-9 computer from 7 track to 9-track. (Only 9-track tape can be read at U.N.B., Mount Allison, and in the United Kingdom). This year our 7-track tape could not be translated in Glasgow or at the University of East Anglia as in the past. We finally had it translated at Acadia University. New computers have now been installed at Acadia and Mount Allison. These will handle 9-track tapes more readily, but the key is translation since they will not read 7-track tape. Dalhousie University has now obtained a unit to do this. However, due to these problems the data obtained in the 1979 runs have only now become available for analysis.

The current year's work consisted of a dozen projects which are outlined below. The chief investigator for each is indicated by initials.

1. A new target system for the Van de Graaff has been designed by R. Drouin and Richard Bertrand. This permits the continuous production of $^{11}\text{CO}_2$ from H_3BO_3 powder under proton bombardment (or ^{13}N from graphite under deuteron bombardment). The product is made behind a Ni-Cr diaphragm, is swept out by Helium gas and the $^{11}\text{CO}_2$ frozen out in a liquid nitrogen trap. This change in technique saves 10 minutes of preparation time and is much cleaner and simpler than before. Yields were as good or better than in 1979.
2. Wheat leaves, with and without PCMBS (J.D. of U.K., R.T. of Mt. A.). This program has studied the distribution of ^{11}C photosynthate in translocation of wheatleaves as influenced by PCMBS.

λ (nm)
Figure 40

3. Single veins in wheat and corn (M.C. of Australia)
The movement of ^{11}C photosynthate has been monitored along a single vein, using specially designed lead collimators and high activity $^{11}\text{CO}_2$ feed
4. Rye grass and vein structure (J.M. of U.K.)
The translocation of photosynthate in a number of varieties of rye grass, each with particular vein structure has been studied.
5. Short-time fixations in Sunflower (J.D. and J.M. of U.K. M.C. of Austr.)
 $^{11}\text{CO}_2$ fixation times have been tried with feeding times on sunflower leaves as low as 3 seconds. High activity of ^{11}C has allowed good tracer profiles to be obtained of the subsequent translocation.
6. Smaller window detectors have been used than previously. We have now done experiments on veins in corn with detectors 1 mm in diameter (M.C. and H.B.).
7. Translocation in Laminaria. (R.B. of M.U.N.)
For the first time living seaweed, sacchariza, a species of Laminaria has been fed with $^{11}\text{CO}_2$ and the profiles of translocation obtained. Movement was slow, but a little seems to have occurred in some runs.
8. Nitella translucens. (G.L. and D.F., Mt. A.)
Five experiments were carried out on the giant fresh-water alga Nitella to see if translocation speeds of ^{11}C matched the rates of cytoplasmic streaming as observed under the microscope. They did.
9. Single Pine needles. (S.J. of Cologne)
A set of experiments was carried out on single pine needles to see if N_2 gas or ice inhibited translocation along the needle. The amount fixed was high, but very little translocated basally. Some seems to have moved apically to the feed spot (which was illuminated).
10. Photosynthate movement in Roots. (C.C. and D.D. of Mt. A.)
Experiments begun in 1979 on the movement of ^{11}C in roots were extended this season. Fir, larch and alder seedlings, alfalfa, were used with varying success.

11. Movements of ^{11}C in trees.

A few further experiments were conducted on small trees in pots, using a combination of Geiger detectors for positron emission near the surface of the branch or stem and NaI crystals in coincidence to detect the γ -radiation produced at greater depth.

12. Production and fixation of ^{13}N . (C.C., D.F., R.D. and L.B.)

^{13}N was produced in quantity along with N_2 as carrier gas. About 50-250 μCi were fed to root nodules of alfalfa and the translocation in roots and stems was followed clearly in 8 out of 11 experiments. Alder was also used, but only 2 out of 5 runs showed clear fixation and translocation. Nonetheless this technique has now been shown to be viable.

Other experiments had to be deleted due to lack of time: e.g. the effect of micchoriza on conifer trees, the effect of Na tricontonal spray on conifer trees, the study of translocation in cycads, palms and ferns. The technology of $^{11}\text{CO}_2$ production is now so reasonably reliable, that many projects have become "service projects".

Paper published on ^{11}C data from Laval experiments.

Thompson, R.G., D.S. Fensom, R.R. Anderson, R. Drouin and W. Leiper.

1979. "Translocation of ^{11}C from leaves of Helianthus, Heracleum, Nymphoides, Impomoea, Trapaeolum, Zea, Fraxinus, Ulmus, Picea, Pinus: Comparative shapes and some fine structure profiles" Can. J. Bot. 57, 845-863.

Hayden, D.B., D.S. Fensom and R.G. Thompson. 1980. "The extraction of photosynthate high in ^{11}C sucrose and its translocation in sunflower stems" Can. J. Bot. 58, 100-107.

Williams, E.J., Dale, J.E., Moorby, J. and Scobie, J. 1979. "Variation in translocation during photoperiod: Experiments feeding $^{11}\text{CO}_2$ to sunflower" J. Exp. Bot. 30, 727-738.

Papers in press or in preparation:

Motyer, Hayden, Fensom and Thompson: *"Use of inhibitors in translocation studies with ^{14}C and ^{11}C "*.

Fensom and Donald: *"Moving pressure waves in veins of plants detected by a linear transducer"*.

Fensom, D.S: *"Problems arising from a Münch-type pressure flow mechanism of translocation in phloem"* Can. J. Bot. in Press.

Lunn, G., Dale, N., Fensom, D.S. and Aikman, D.P: *"Translocation of ^{11}C in Nitella"*

Research collaborators

Harry Bishop (Mount Allison University), Richard Buggeln (Memorial Univ. of Newfoundland), Claude Caldwell (Mount Allison Univ. and Univ. of Brandon), Martin Canny (Melbourne, Australia), John Dale (Edinburgh, Scotland), Richard Didsbury (Mount Allison Univ.), Robert Drouin (Université Laval), David Fensom (Mount Allison Univ.), Michael Graham (Mount Allison Univ. and Univ. of Toronto), Siegfried Janhnke (Cologne, W-Germany), Gerry Lunn (Univ. of Alberta), Jeff Moorby (London, England), Brad Munt (Mount Allison Univ.), Robert Thompson (Mount Allison Univ.), André D'Aoust (Environment Canada), Lucien Bordeleau (Agriculture Canada).

Other collaborators

André Fortin (Foresterie & Géodésie), Philippe Normand (Foresterie & Géodésie), William Leiper (Dalhousie Univ.), Stewart Cameron (Environment Canada, Fredericton), Mel Tyree (Univ. of Toronto).

RÉSONANCES ISOBARIQUES ANALOGUES (RIA)

24) Impureté isobarique et polarisation de coeur dans le noyau ^{59}Cu . I.M. SZOGHY et C. Rangacharyulu.

Les propriétés électromagnétiques de trois fragments¹⁾ $g_{9/2}$, situés aux énergies d'excitation de 6.90, 6.84 et 6.20 MeV dans le noyau ^{59}Cu , nous amènent à considérer l'inclusion de composantes de polarisation de coeur $| (2^+ \textcircled{x} 9/2^+)_{9/2^+}, T_z \rangle$ et d'impureté isobarique $| 0^+ \textcircled{x} 9/2^+, T_z \rangle$ dans la fonction d'onde décrivant les fragments. Celles-ci ont la forme suivante:

$$\begin{aligned} |6.90\rangle &= \alpha_1 |0^+ \textcircled{x} 9/2^+, T_z\rangle + \beta_1 |(2^+ \textcircled{x} 9/2^+)_{9/2^+}, T_z\rangle + \gamma_1 |0^+ \textcircled{x} 9/2^+, T_z\rangle + \dots \\ |6.84\rangle &= \alpha_2 |0^+ \textcircled{x} 9/2^+, T_z\rangle + \beta_2 |(2^+ \textcircled{x} 9/2^+)_{9/2^+}, T_z\rangle + \gamma_2 |0^+ \textcircled{x} 9/2^+, T_z\rangle + \dots \\ |6.20\rangle &= \alpha_3 |0^+ \textcircled{x} 9/2^+, T_z\rangle + \beta_3 |(2^+ \textcircled{x} 9/2^+)_{9/2^+}, T_z\rangle + \gamma_3 |0^+ \textcircled{x} 9/2^+, T_z\rangle + \dots \end{aligned}$$

Un possible ensemble de coefficients $(\alpha, \beta, \gamma)_i$ est: $(0.67, <0.2, -0.16)_1$, $(0.4, <0.3, -0.26)_2$ et $(0.39, 0.50, -0.24)$. Les fonctions d'ondes proposées sont consistantes avec les valeurs expérimentales connues: largeurs partielles $\Gamma_\gamma(M1)$ et $\Gamma_\gamma(E2)$, diffusion inélastique $(p, p'\gamma)$ et facteurs spectroscopiques ($^3\text{He}, d$).

La présente suggestion de polarisation de coeur est très différente de la proposition de Maripuu²⁾, Aleshin³⁾ et d'autres, qui tous ont considéré un mélange de configuration dans l'état antianalogique comprenant un terme dipolaire $| (1^+ \textcircled{x} 9/2^+)_{9/2^+}, T_z \rangle$. Le manuscrit a été soumis au journal Phys. Lett. B.

¹⁾ Voir Rapport Annuel, Lab. VDG, 1979. Projet 24, page 95.

²⁾ S. Maripuu, Phys. Lett. 31B (1970) 181.

³⁾ V.P. Aleshin, Izv. Akad. Nauk, SSSR (ser. fiz.) 37 (1973) 1959; Bull. Acad. Sci. USSR, Phys. Ser. 37 (1973) 137.

TECHNIQUES NUCLÉAIRES

25) Identification des produits fusion-évaporation de $^{37}\text{Cl} + ^{59}\text{Co}$ par raies X caractéristiques.

I.M. SZÖGHY, G. Costa, C. Gérardin, Ch. Heitz et R. Seltz, Centre de Recherches Nucléaires, Strasbourg.

Quand la réaction d'ions lourds est suivie de fission, les fragments sont aisément détectés à des angles variés. En cas de fusion - évaporation, le noyau de recul se déplace vers l'avant dans le cône du faisceau transmis. Il n'est donc pas surprenant que la section efficace correspondante ne soit obtenue qu'en soustrayant de la section efficace totale calculée, celles observées dans les autres voies (Dayras *et al.*, Phys. Rev. C22 (1980) 1485). Dû aux moments élevés en jeu, l'on s'attend à ce que la section efficace fusion - évaporation diminue rapidement avec la masse et l'énergie du projectile.

Si l'on parvenait à observer les raies X des atomes lourds formés, elles permettraient non seulement de déterminer le numéro atomique de ceux-ci, éventuellement en coïncidence, mais elles pourraient également servir d'horloge dans l'évolution du système car la largeur atomique associée à l'émission de raies K est connue: $\Gamma(X) = 1.73 Z^{3.93} 10^{-6}$ eV. La détection des raies X, en coïncidence avec des protons diffusés, a été tentée par Dost (Nucl. Instr. and Meth. 169 (1980) 305) mais l'intensité des raies ne dépassait que peu le bruit de fond. Ceci est dû aux sections efficaces atomiques très élevées (~ 100 barn) dans la production des vacances K de la cible.

Nous avons étudié la réaction $^{35}\text{Cl}^{9+} \text{ à } ^{11+}_{+59}\text{Co}$ aux énergies incidentes de 100 à 165 MeV en utilisant des cibles de cobalt sans support d'une épaisseur de 2.5 mg/cm². La Fig.41 représente 3 spectres de Si(Li) affichés sur l'écran cathodique. Le spectre (a) a été pris en direct, le détecteur Si(Li) n'étant protégé contre le flux intense des raies X de la cible que par un filtre d'aluminium de 0.6 mm. Les raies CoK_α sont atténuées par un facteur de 10^5 et celles CoK_β par 5×10^3 . Les éléments ^{38}Sr et ^{42}Mo , résultant de l'évaporation du $^{94}_{44}\text{Ru}$ formé, sont clairement visibles. Les radioisotopes produits sont riches en proton et se transmutent par capture d'électron. Le spectre (b) a été accumulé sans filtre après coupure du

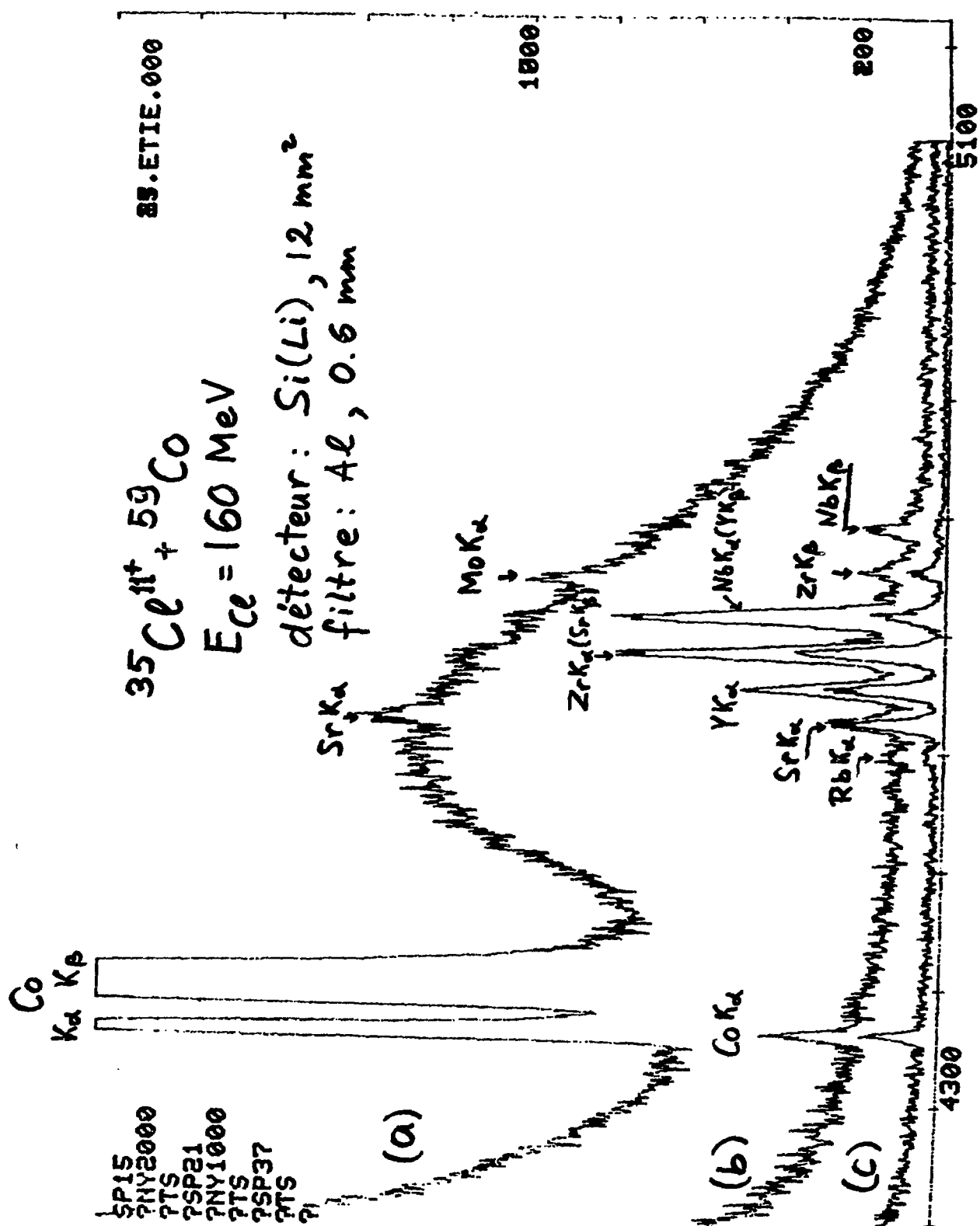


Figure 41

faisceau. L'on note la grande abondance des éléments allant du $_{38}\text{Sr}$ au $_{41}\text{Nb}$, la disparition du $_{42}\text{Mo}$ et l'absence de $_{43}\text{Tc}$ et $_{44}\text{Ru}$. L'on note aussi la quasi-absence des éléments formés par transfert de particules: Fe, Cu et Zn, ainsi que l'absence des produits de fission. La présence des raies de cobalt peut être expliquée par la "self-absorption" des radiations dans la cible. Le spectre (c), cueilli 12 heures plus tard, montre l'évolution des radioisotopes vers les numéros atomiques moins élevés.

Nos résultats préliminaires démontrent la grande utilité du détecteur Si(Li) dans l'étude de la fusion - évaporation. Déjà le montage sans coïncidence nous permet de mesurer l'évolution des sections efficaces en fonction de l'énergie et de les comparer avec les prédictions statistiques du code ALICE. La mesure de coïncidences raies X- γ ou raies X-particules serait facile à réaliser. Le détecteur Si(Li) pourrait aussi observer sans filtre l'espace occupé par les ions de recul ou l'écran de béryllium retenant ces ions.

APPLICATION DES TECHNIQUES NUCLÉAIRES

26) *Projet Mont-Laurier, province géologique de Grenville* I.M. SZOGHY, L. Kish, Y. Leclerc et M. Crevier.

Malgré la prospection intensifiée, il n'y a pas de mine d'uranium au Québec. En plus du récent climat antinucléaire dans le monde et surtout au Québec, ce qui ralentissait considérablement le développement, les gisements uranifères de la province présentent aussi des particularités: (1) ils sont souvent accompagnés de thorium, (2) leur géologie est complexe et (3) les occurrences sont discontinues. Ainsi, les études faites ailleurs ne peuvent servir que de guide. Une bonne compréhension des paramètres en jeu servirait à orienter la prospection pour l'uranium. Le déséquilibre radioactif, l'abondance relative des isotopes 206 et 297 du plomb, constitue un outil précieux pour déterminer l'âge géologique, la période de la dernière mobilisation, y compris l'oxidation, l'érosion et la perte de radon.

Nous avons entrepris la mise au point de méthodes d'analyse d'échantillons géologiques à teneur d'uranium variable. Nos échantillons de veine composés d'albite rose atteignent une teneur de 35% d'oxide d'uranium noir. Ils proviennent d'une découverte récente dans la Fosse du Labrador.

Notre intérêt est concentré sur le changement de la composition isotopique des séries radioactives dans le minéral en allant de la veine à son voisinage, ainsi que sur la répartition des éléments de trace. Notre travail comprend:

(a) l'étude élémentaire par fluorescence à excitation radioisotopique ^{57}Co , dont la sensibilité s'étend des terres rares jusqu'au plutonium. Récemment, Rowson et Hontzeas ont fait un travail similaire (Radioisotopic X-Ray Analysis of Uranium Ores by K-Shell Fluorescence. Nucl. Instr. and Meth. 163 (1979) 555). Cependant, notre source présente une meilleure géométrie et une meilleure réponse en énergie, ce qui a permis de réduire les problèmes de fond élevé rencontrés par ces auteurs.

(b) la mesure précise des éléments Pb, Th et U à partir des nitrates en solution ainsi que celle des éléments de trace par la source ^{109}Cd , particulièrement sensible pour les éléments allant du rubidium au molybdène. Les variations dans le rapport Th/U et la distribution des éléments mineurs reflètent les conditions de sédimentation. Le rapport Pb/U sert dans la détermination de l'âge.

(c) l'étude de l'abondance des isotopes 206 et 207 du plomb, grâce à l'excitation coulombienne par l'accélérateur Van de Graaff du Département de Physique suivie de l'observation des rayons gamma de faible énergie. Nous avons recherché les meilleures conditions d'électrolyse pour la déposition anodique PbO_2 , et commencé la fabrication de cibles métalliques sans support de plomb pour le bombardement. Parallèlement, nous déterminons les constantes nucléaires en bombardant des cibles de plomb chimique.

(d) l'étude du déséquilibre radioactif de l'abondance isotopique 234, 235 et 238 de l'uranium, réalisée selon notre méthode.

27) Déséquilibre radioactif dans les roches uranifères.

I.M. SZÖGHY et L. Kish.

Une tradition unique au Journal Canadien des Sciences de la Terre est le maintien d'un forum de discussion entre spécialistes, ce qui permet de cristalliser plus rapidement les nouvelles idées et méthodes, clarifier les malentendus et contraster les vues divergentes. Notre article sur le déséquilibre radioactif¹⁾ a été porté par Lewis²⁾ devant ce forum.

Nous avons déjà mentionné auparavant¹⁾ que les conclusions de Lewis sur les teneurs d'uranium, à partir de mesures sur le bismuth, sont injustifiées. A son tour, Lewis pose de nombreuses questions sur les bases physiques de notre méthode expérimentale: (1) la création des vacances K dans l'uranium, (2) la contamination par éléments lourds, (3) l'incertitude sur l'origine des raies de faible intensité, (4) le rôle de la radioactivité alpha sur la création des vacances K de l'uranium dans les échantillons non homogénéisés et (5) l'appartenance des rayons-X de bismuth et de polonium au groupe du radon; - ainsi que sur la géologie de l'uranium: (6) la relation entre la concentration d'uranium et le degré de déséquilibre radioactif et (7) la fréquence de déséquilibre dans divers types de roches.

La lecture attentive des questions et des réponses²⁾ va sans doute attirer l'attention des spécialistes sur l'intérêt et le versatilité de notre méthode. La mise en question par Lewis des constantes des tables nucléaires même peut amener leur mise à jour plus rapide ainsi que leur tabulation plus accessible aux utilisateurs d'autres disciplines. En ce qui concerne la répartition isotopique des rayons-X de polonium et de bismuth (voir Nucl. Data 8 (1970) 126), mentionnée par Lewis dans sa question (5), l'étudiant gradué Y. Leclerc a préparé une source de plomb radiogénique par électrolyse. L'équilibre radioactif de la source entre le plomb-210 et le polonium-210 sera rétablie vers le début de 1981. Cette source nous permettra d'extraire l'intensité des rayons-X radiogéniques, d'un intérêt géochronologique incontestable.

¹⁾ Determination of Radioactive Disequilibrium in Uranium-Bearing Rocks.

I.M. Szöghy et L. Kish. Can. J. of Earth Sci. 15 (1978) 33-44.

²⁾ "Discussion" par T.J. Lewis, suivie de la "Réplique" par I.M. Szöghy et L. Kish. Can. J. of Earth Sci., acceptés pour publication, mars 1980.

28) L'emploi de scintillateur $\text{CaF}_2(\text{Eu})$ ou dans l'évaluation des formalismes de fluorescence.

I.M. SZÖGHY

L'intensité des rayons-X caractéristiques réémise vers l'arrière a été calculée la première fois en 1954 par Axel¹⁾. Indépendamment de l'estimé de ces "échappés", un formalisme a été mis au point pour calculer la fluorescence-X produite par cible épaisse à partir de paramètres fondamentaux²⁾. Il est surprenant que l'identité des notions "échappés" et "fluorescence par cible épaisse" n'ait été jusqu'ici constatée et les deux formalismes comparés. De plus, la vérification expérimentale de chaque formalisme est inconclusif à cause de la connaissance imparfaite de la réponse des détecteurs couramment employés.

Nous avons résumé les deux formalismes en utilisant les mêmes définitions ce qui permet de les comparer directement. En particulier, la définition batarde de "K-jump ratio" par Veigele (Atomic Data Tables 5 (1973) 51) ne se prête pas bien à la détermination expérimentale. Le K-jump ratio par notre définition est non seulement mesurable et normalisable mais il peut être directement calculé à partir des tables (par ex.: Leroux-Thinh, Revised Tables of X-Ray Mass Attenuation Coefficients, 1977).

Nos valeurs expérimentales proviennent d'un scintillateur $\text{CaF}_2(\text{Eu})$, dont la fenêtre d'entrée a été enlevée, le rendant "détecteur parfait" jusqu'à 50 keV d'énergie de photon. Sa réponse a été soigneusement étudiée au voisinage du seuil d'absorption du calcium. Un détecteur $\text{Si}(\text{Li})$ a pu servir de moniteur car il a une efficacité constante dans ce domaine d'énergie.

La Fig. 42 illustre les avantages et les inconvénients du scintillateur $\text{CaF}_2(\text{Eu})$: excellente efficacité et mauvaise résolution. Cette figure représente les rayons-X de l'argent détectés dans une même configuration par (a) $\text{Si}(\text{Li})$, (b) $\text{NaI}(\text{Tl})$ et (c) $\text{CaF}_2(\text{Eu})$, ainsi que les rayons-X de la source ^{55}Fe diffusés par une cible de numéro atomique faible. Une proportionnalité existe entre le "spectre fond" du scintillateur (d) $\text{CaF}_2(\text{Eu})$ et du détecteur (e) $\text{Si}(\text{Li})$. L'échelle logarithmique est valable pour ce dernier. Les autres spectres sont déplacés successivement d'un cycle. La réponse du scintillateur aux rayons-X de l'argent (c) peut être corrigé

¹⁾ P. Axel, Rev. Sci. Instrum. 25 (1954) 391; N.A. Dyson, Nucl. Intr. and Meth. 114 (1974) 131.

²⁾ J. Sherman, Spectrochim. Acta 7 (1955) 283; J.W. Criss and L.S. Birks, Anal. Chem. 40 (1968) 1080.

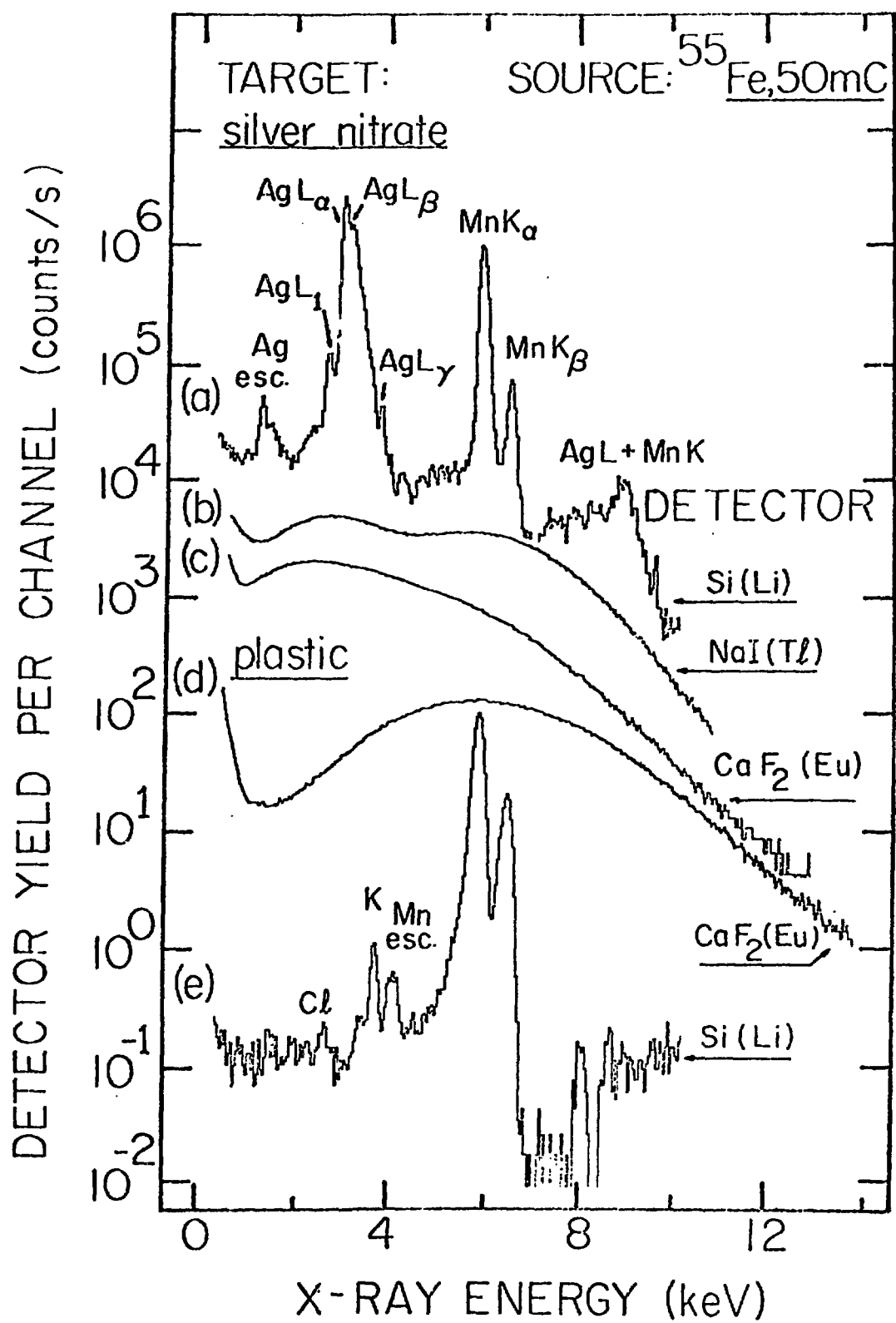


Figure 42

pour le fond à partir des spectres (a), (c) et (d). La figure montre que l'efficacité du crystal $\text{CaF}_2(\text{Eu})$ pour la détection des photons de 5 keV est environ le double de celle du crystal $\text{NaI}(\text{Tl})$, spécialement conçu pour détecter les photons de faible énergie.

La réponse du scintillateur est illustrée par la Fig. 43 pour une cible de sélénium (a). La partie "fond" est comparée avec celle d'une cible de numéro atomique faible (b), et un numéro atomique tel que l'élément ne puisse plus être excité par la source (c). Le "fond Compton" des rayons γ de la source, diffusés par le scintillateur, est aussi représenté (d). L'intensité corrigée des rayons-X caractéristiques (e) est directement comparable aux diverses théories. Cette comparaison est réalisée dans la Fig.44 . Le manuscrit est soumis au journal X-Ray Spectrometry.

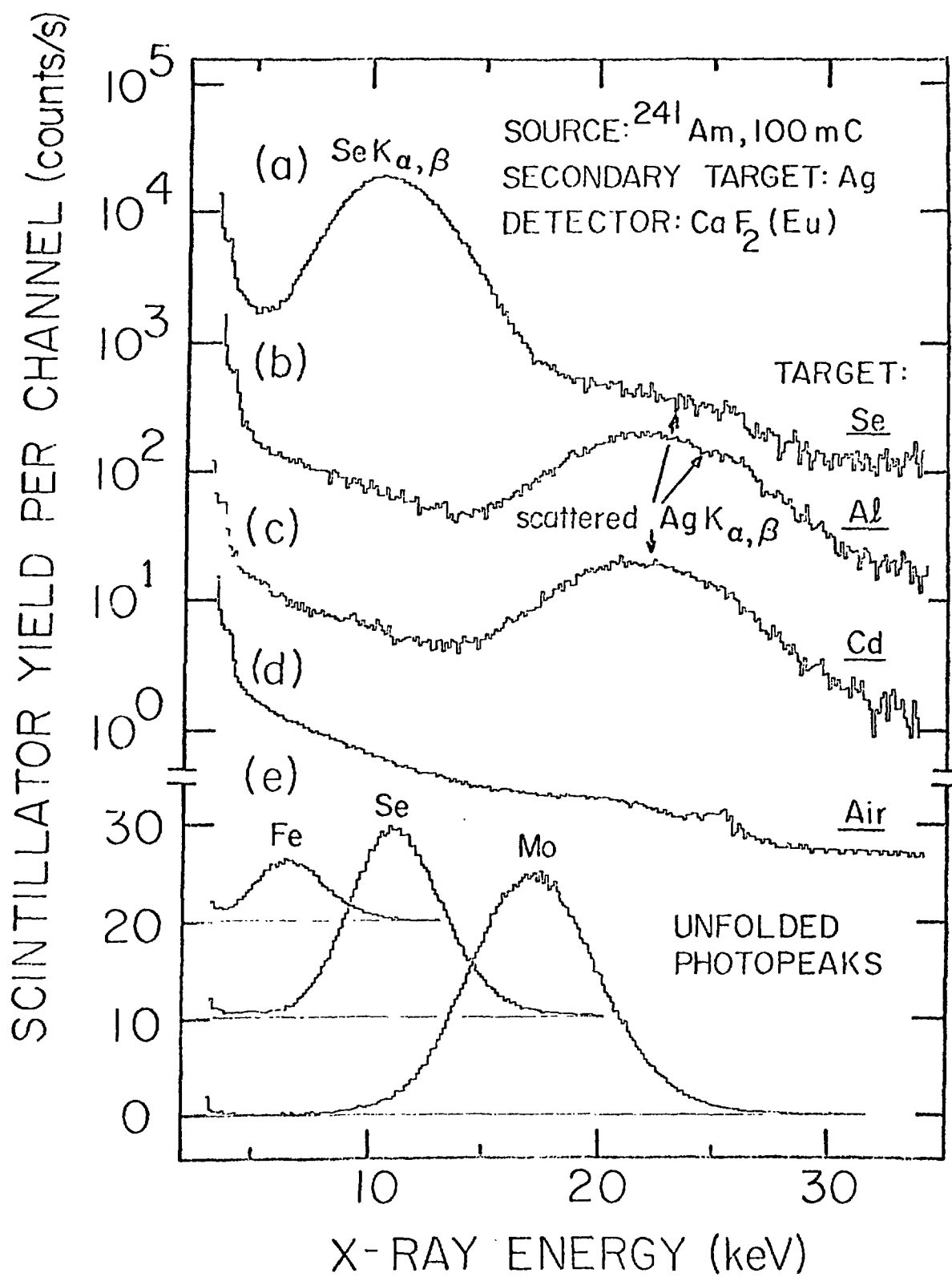


Figure 43

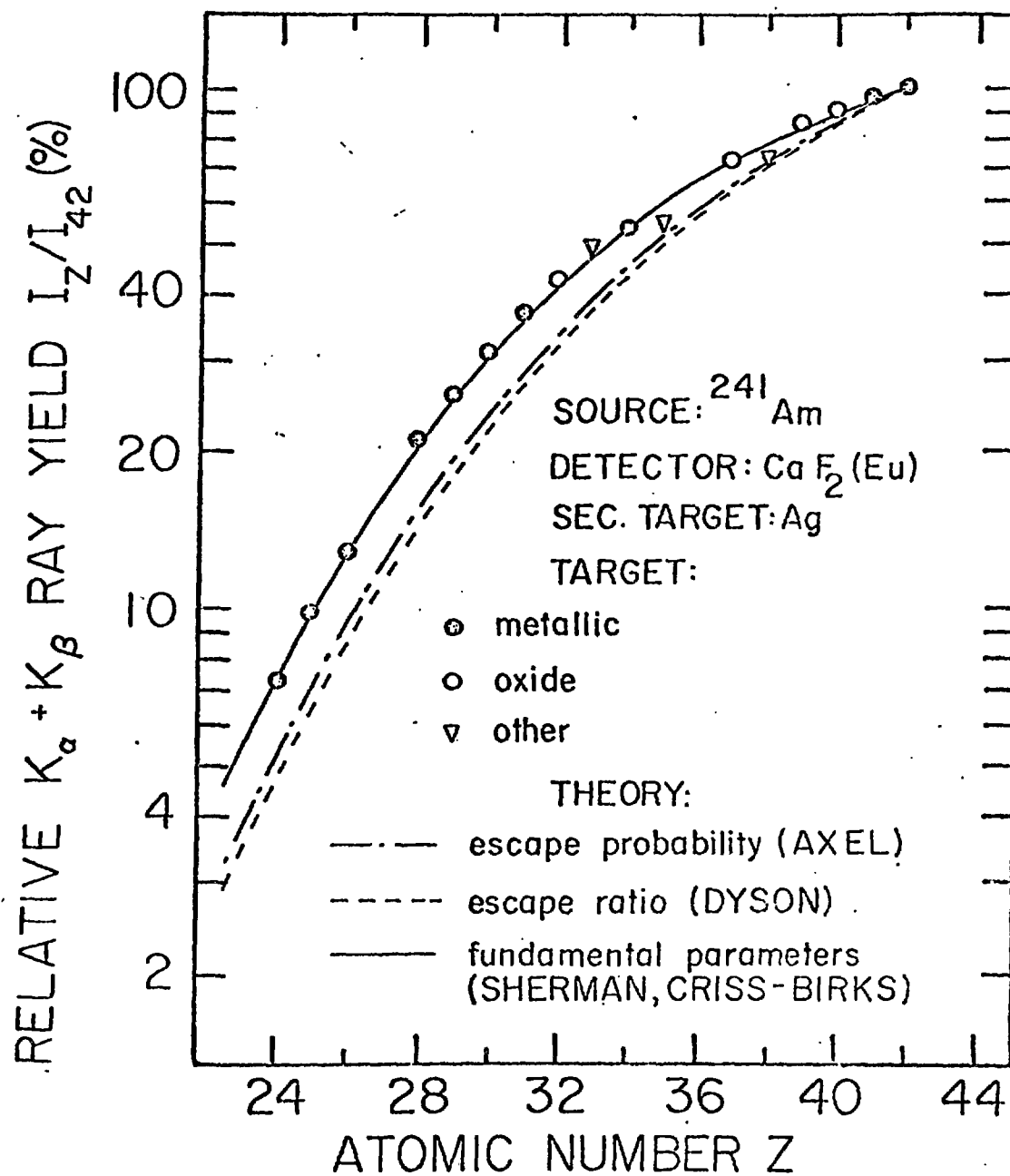


Figure 44

CHAPITRE III

SÉMINAIRES

SÉMINAIRES DONNÉS AU LABORATOIRE

DEPUIS NOVEMBRE 1979

-Dr. Bernard FROIS
CEN Saclay
FRANCE

"Les électrons d'énergie intermédiaire: un outil extraordinaire pour l'étude de la structure nucléaire"

-M. Fouad LAHLOU
Département de Physique
Université Laval

"La diffusion élastique p-d près du seuil d'éclatement du deuton"

-Professeur Thomas B. CLEGG
University of North Carolina
at Chapel Hill

"Overview of the polarized beam experimental programme of Triangle Universities Nuclear Laboratories"

-Dr. C. RANGACHARYULU
University of Saskatchewan
Saskatoon.

"Nuclear Structure Studies by Electron Scattering"

-Dr. Bernard HEUSCH
Centre de recherche de Strasbourg
FRANCE.

"Mécanismes des réactions induites par faisceaux d'ions lourds"

-Prof. P. WINTERNITZ
Centre de Mathématiques Appliquées
Université de Montréal.

"Phénomènes de Solitons et les systèmes dynamiques complètement intégrables"

CHAPITRE IV

LISTE DES PUBLICATIONS

1) LISTE DES PUBLICATIONS DANS DES JOURNAUX AVEC JURY D'EXAMEN

- CHATTERJEE, M.L., POTVIN, L. et CUJEC, B. "Fusion Cross Section for $^{13}\text{C}+^{13}\text{C}$ at Low Energies" Nucl. Phys. A333 (1980) 273-284.
- CUJEC, B. et FOWLER, W.A. "Neglect of D, T and ^3He in Advanced Stellar Evolution" Astrophys. J 236 (1980) 658-660.
- CUJEC, B., WU, S.C. et BARNES, C.A. "Alpha Transfer at Sub-Coulomb Energies in the $^9\text{Be}+^{16}\text{O}$ Reactions" Phys. Lett. 89B (1979) 151.
- DASGUPTA, S.S., SLOBODRIAN, R.J. ROY, R., RIOUX, C. et LAHLOU, F. "Investigation of the $^2\text{H}(\alpha, p\alpha)n$ Reaction Between 9.735 and 11.30 MeV" Phys. Rev. sous presse (1980).
- DASGUPTA, S.S., ROY, R., RIOUX, C., LAHLOU, F. et SLOBODRIAN, R.J. "The Reaction $^2\text{H}(\alpha, p\alpha)n$ Near Threshold and Excited States of ^6Li " Phys. Lett. 91B (1980) 32-34.
- JACQUES, C., KNYSTAUTAS, E.J., DROUIN, R. et BERRY, H.G. "Line Identification and Lifetime Measurements in Singly and Doubly Excited C IV and C V" Can. J. Phys. 58 (1980) 1093-1098.
- KNYSTAUTAS, E.J., SUGAR, J. et ROBERTS, J.R. "New Line Classification and Energy Levels in the Triplet System of Xe VII" J. Opt. Soc. Am. 69 (1979) 1726-1727.
- LAHLOU, F., SLOBODRIAN, R.J., BRICAULT, P., DASGUPTA, S.S., ROY, R. et RIOUX, C. "Variation des déphasages de la diffusion p-d près du seuil de cassure du deuton" J. Physique 41 (1980) 485-487.
- LAMONTAGNE, C.R., FROIS, B., SLOBODRIAN, R.J., CONZETT, H.E. et LEEMANN, Ch. "The $\vec{p}$ -Si Elastic in Region of Giant Multipole Resonances" Z. Physik A295 (1980) 55-64.
- RANGACHARYULU, C. et ST-PIERRE, C. "Analog-Antianalog Gamma Transition Strengths" Phys. Rev. Lett. 43 (1979) 1470.
- RANGACHARYULU, C. et ST-PIERRE, C. "Properties of 11.05 MeV State in ^{14}N " Can. J. Phys. 58 (1980) 150.

- ROBERTS, J.R., KNYSTAUTAS, E.J. et SUGAR, J. "One-Electron Spectrum of Xe VIII" J. Opt. Soc. Am. 69 (1979) 1620-1622.
- SLOBODRIAN, R.J., DASGUPTA, S.S., RIOUX, C., LAHLOU, F. et ROY, R.
"Déviations par rapport à l'espace des phases et forces dans les réactions $p+d \rightarrow p+p+n$ très près du seuil" J. Physique, sous presse (janvier 1981)
- SLOBODRIAN, R.J. "Threshold and Coulomb Effects in p-d Bremsstrahlung" Phys. Lett. 94B (1980) 9-10.
- STEPHENSON, E.J., CONZETT, H.E., LARIMER, R.M., LEEMANN, Ch. B.T., ROY, R. et von ROSSEN, P. "Tensor Analyzing Powers in ${}^4\text{He}(d,d){}^4\text{He}$ Elastic Scattering Between 17 and 45 MeV" Phys. Rev. C21 (1980) 44-53.
- SZOGHY, I.M. et KISH, L. "Determination of Radioactive Disequilibrium in Uranium-Bearing Rocks: Reply" Can J. of Earth Sci. sous presse (1980).
- YOUNGER, S.M., WIESE, W.L. et KNYSTAUTAS, E.J. "Theoretical Simulation of the Decay of the $4s4p\ {}^1P^0$ Level in Kr VII Following Beam-Foil Excitation" Phys. Rev. A22 (1980) 1556-1560.

2) PUBLICATIONS EN PRÉPARATION

- BRICAULT, P., RIOUX, C., ROY, R., SLOBODRIAN, R.J., FROIS, B., CHATTERJEE, A.
"Rayonnement de freinage dans l'interaction $\alpha+d$ près du seuil de cassure du deuton".
- CALDWELL, C.D., FENSOM, D.S., DROUIN, R. et BORDELEAU, L. *"Nitrogen-13 Production and its Fixation and Translocation in Alfalfa"*.
- CANNY, M.J., MOORBY, J., FENSOM, D.S., D'AOUST, A., DALE, J.E., DROUIN, R., LEIPER, W., SCOBIE, J., THOMPSON, R.G., WILLIAMS, E.J. *"Studies of translocation of ^{11}C -labelled assimilate: technique and a study of profile shapes"*.
- CONZETT, H.E., RAD, F.N., ROY, R., LARIMER, R.M., LEEMANN, B.T., von ROSSEN, P. et STEPHENSON, E.J. *"Tensor Analyzing Powers of the $\vec{d}$ -p Break-up at 45 MeV"*.
- CUJEC, B., FERGUSON, A.J., HÄUSSER, O., HORN, D. et WARNER, R.E. *"Cross Sections for the $^{16}\text{O}(^{16}\text{O}, ^8\text{Be}_{g.s.})^{24}\text{Mg}$ Reaction and Mechanisms of α -Rearrangement Reactions"*.
- DASMAHAPATRA, B., CUJEC, B. et LAHLOU, F. *"Total Reaction Cross Sections for $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ and $^{12}\text{C}+^{13}\text{C}$ "*.
- KNYSTAUTAS, E.J. et JOMPHE, M. *"Equilibrium charge-state distributions of 2-20 MeV argon ions in carbon"* Soumis à Phys. Rev. A (août 1980).
- RIOUX, C., ROY, R., SLOBODRIAN, R.J., CONZETT, H.E., von ROSSEN, P. et HINTERBERGER, F. *"Test du théorème de la polarisation-pouvoir d'analyse et l'invariance par rapport au renversement du temps"*.
- ROY, R., SEILER, F., CONZETT, H.E., RAD, F.N. et LARIMER, R.L. *"Cross-section and Vector Analyzing Power iT_{11} of the Processes $^3\text{He}(\vec{d},p)^4\text{He}$ et $^3\text{He}(\vec{d},d)^3\text{He}$ Between 15 and 40 MeV"*.
- ROY, R., CONZETT, H.E., LEEMANN, B.T., RAD, F.N., STEPHENSON, E.J. et DOLESCHALL, P. *"Measured and Calculated Tensor Analyzing Powers in $\vec{d}$ -p Scattering at 45 MeV"*.

- ROY, R., LAMONTAGNE, C.R., BIRCHALL, J., CONZETT, H.E., ARVIEUX, J., LARIMER, R.M. et SLOBODRIAN, R.J. *"La diffusion des protons polarisés sur les noyaux de ^{24}Mg , ^{27}Al et ^{32}S dans la région de la résonance géante des noyaux de ^{26}Al , ^{28}Si et ^{33}Cl ".*
- ROY, R., POTVIN, L., RIOUX, C. et SLOBODRIAN, R.J. *"Etude de la réaction $^9\text{Be}(^3\text{He}, t)^9\text{B}$ dans la région autour de 1.5 MeV d'énergie d'excitation".*
- ROY, R., POTVIN, L., RIOUX, C. et SLOBODRIAN, R.J. *"Interaction à l'état final dans la réaction $^7\text{Li}(^3\text{He}, d)^8\text{Be}$ ".*
- SLOBODRIAN, R.J., RIOUX, C., ROY, R., CONZETT, H.E., von ROSSEN, P. et HINTERBERGER, F. *"Breakdown of Time Reversal Invariance in the Interaction of Nuclear Particles"* Phys. Rev. Lett. (soumis).
- SLOBODRIAN, R.J. *"Polarization-asymmetry Relations: Tests of Time and Isospin symmetries"*
- SLOBODRIAN, R.J. et DOLESCHALL, P. *"Limited Success of Coulomb Corrected Faddeev Calculations of the $p+d \rightarrow p+p+n$ Spectra at Very Low Energies"*.
- SLOBODRIAN, R.J. and CONZETT, H.E. *"The $^4\text{He}(\alpha, p)^7\text{Li}$, $^7\text{Li}^{*478}$ Reaction Near Threshold"*
- SZOGHY, I.M. et POLIQUIN, C. *"Sulphur and Lead Determination in Petroleum Products by Radioisotope Induced X-Ray Fluorescence"* Soumis à X-Ray Spectrometer., (avril 1980).
- SZOGHY, I.M., SIMON, J. et KISH, L. *"Si(Li) Detector Efficiency in Standard X-Ray Fluorescence Geometries"* Soumis à X-Ray Spectrometer., (août 1980).
- SZOGHY, I.M. *"Use of a Bare $\text{CaF}_2(\text{Eu})$ Scintillator to Assess the Escape Peak Formalism and the Fundamental Parameter Method"* Soumis à X-Ray Spectrometer., (août 1980).

SZOGHY, I.M. et RANGACHARYULU, C. *"Isospin Impurity and Core Polarization of $g_{9/2}$ IAR Fragments in ^{59}Cu "* Soumis à Phys. Lett., (septembre 1980).

ZEE, J.A., SZOGHY, I.M., SIMARD, R. et DESMARAIS, M. *"Elemental Analysis of Wines using Photon Induced X-Ray Emission"* Soumis à l'American J. of Enology and Viticulture, (avril 1980).

CHAPITRE V

COMMUNICATIONS

3) COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS DANS LES COMPTES RENDUS DES CONGRÈS
AVEC JURY D'EXAMEN

- CUJEC, B. "On the α -Rearrangement Reactions in $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ Collisions" International Conference on the Resonant Behavior of Heavy Ion Systems, Aegan Sea - Greece, 23 - 26 juin 1980.
- DASGUPTA, S.S., SLOBODRIAN, R.J., ROY, R., RIOUX, C. et LAHLOU, F. "Possible Evidence for Three Body Forces in the $^2\text{H}(\alpha, p\alpha)n$ Reaction" Proc. of the Int. Conf. on Nucl. Phys. LBL-11118, Berkeley, Calif. (1980) page 86.
- DASGUPTA, S.S., SLOBODRIAN, R.J., ROY, R., RIOUX, C. et LAHLOU, F. "The Reaction $^2\text{H}(\alpha, p, \alpha)n$ Very Near Threshold, Possible Evidence for Three Body Correlations and Forces" Proceedings of the 9 International Conference on the Few Body Problem, Eugene, Oregon (1980), vol. I, II-9, page 37.
- LAHLOU, F., SLOBODRIAN, R.J., BRICAULT, P., DASGUPTA, S.S., ROY, R. et RIOUX, C. "p-d Cross Sections and Phase Shifts Near the Break-up Threshold" Proceedings of the 9 International Conference on the Few Body Problem, Eugene, Oregon (1980), vol. I, II-24, page 52.
- ROY, R., LAMONTAGNE, C.R., SLOBODRIAN, R.J., CONZETT, H.E. et ARVIEUX, J. "Elastic Scattering $\vec{p}$ -nucleus in the Giant Resonance Energy Region" Proc. of the Int. Conf. on Nucl. Phys. LBL-11118, Berkeley, Calif. (1980) page 210.
- SLOBODRIAN, R.J. "New Techniques for the Production of Polarized ^3He Ions" Fifth International Symposium on Polarization Phenomena in Nuclear Physics, Santa Fe (1980). (Papier invité).
- SLOBODRIAN, R.J., DASGUPTA, S.S., RIOUX, C., LAHLOU, F. et ROY, R. "Phase Space and Three Body Forces in the $p+d \rightarrow p+p+n$ Reaction Close to Threshold" Proceedings of the 9 International Conference on the Few Body Problem, Eugene, Oregon (1980) vol. I, II-42, page 74.
- SLOBODRIAN, R.J. "Coulomb Corrections and Threshold Effects in p-d Bremsstrahlung" Proceedings of the 9 International Conference on the Few Body Problem, Eugene, Oregon (1980), vol. I, II-41, page 73.

SLOBODRIAN, R.J., DASGUPTA, S.S., RIOUX, C., LAHLOU, F. et ROY, R.

"Enhancements in $d+p \rightarrow p+p+n$ Very Close to Threshold"

Proceedings of the 9 International Conference on the Few
Body Problem, Eugene, Oregon (1980), vol. I, II-43, page 75.

4) COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS DANS LES COMPTES RENDUS DES CONGRÈS

- JACQUES, C., DRUETTA, M., KNYSTAUTAS, E.J., PAYMENT, M. et DROUIN, R.
"Vies moyennes de quelques niveaux de Al 1X" 48ième Congrès
 de l'ACFAS, Université Laval, Québec du 14-16 mai 1980.
- LAHLOU, F., SLOBODRIAN, R.J., BRICAULT, P., DASGUPTA, S.S., ROY, R.,
 RIOUX, C. *"L'interaction p-d près du seuil d'éclatement du
 deuton"* 48ième Congrès de l'ACFAS, Université Laval, Québec
 du 14-16 mai 1980.
- LAHLOU, F., SLOBODRIAN, R.J., BRICAULT, P., DASGUPTA, S.S., ROY, R.
 et RIOUX, C. *"Variation des déphasages de la diffusion p-d
 près du seuil d'éclatement du deuton"* Phys. Canada 36, 33
 (1980).
- POTVIN, L., ROY, R., BRICAULT, P., LARUE, R., RIOUX, C. et SLOBODRIAN,
 R.J. *"Etude de transfert du neutron dans la réaction ($^3\text{He}, \alpha$)
 sur les noyaux de ^{13}C et ^{29}Si "* 48ième Congrès de l'ACFAS,
 Université Laval, Québec du 14-16 mai 1980.
- RIOUX, C., ROY, R., SLOBODRIAN, R.J., CONZETT, H.E. *"Théorème de
 polarisation-asymétrie: Test de l'invariance par rapport
 au renversement du temps"* 48ième Congrès de l'ACFAS,
 Université Laval, Québec du 14-16 mai 1980.
- RIOUX, C., ROY, R., SLOBODRIAN, R.J., CONZETT, H.E., von ROSSEN, P.
 HINTERBERGER, F. et LARIMER, R.M. *"Polarisation-asymétrie
 dans le transfert à deux nucléons et l'invariance par rapport
 au renversement du temps"* Phys. Canada 36, 41 (1980).
- ROY, R., RIOUX, C. et SLOBODRIAN, R.J. *"Installation de polarimétrie
 du Laboratoire de Physique Nucléaire (U. Laval) et le projet
 d'expansion en cours"* 48ième Congrès de l'ACFAS, Université
 Laval, Québec du 14-16 mai 1980.
- ROY, R., POTVIN, L., BRICAULT, P., LARUE, R., RIOUX, C. et SLOBODRIAN,
 R.J. *"Etude des réactions $^{13}\text{C}(^3\text{He}, \alpha)^{12}\text{C}$ et $^{29}\text{Si}(^3\text{He}, \alpha)^{28}\text{Si}$ "*
 Congrès de l'Est du Canada en Physique Nucléaire, Toronto
 du 28-29 mars 1980.

SLOBODRIAN, R.J. "Polarization-asymmetry Relations: Tests of Time and Isospin Symmetries" Conférence invitée, Western Regional Nuclear Conference of the CAP, Gull Harbour, Hecla Island, Manitoba.

CHAPITRE VI

VISITEURS AU LABORATOIRE

VISITEURS AU LABORATOIRE

-Dr. Bernard FROIS	CEN Saclay, FRANCE
-Prof. Thomas B. CLEGG	University of North Carolina at Chapel Hill
-Prof. Pal. DOLESCHALL	Central Research Institute for Physics of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest, HONGRIE
-Prof. A. CHATTERJEE	Calcutta University, INDIA
-Dr. Bernard HEUSCH	Centre de recherche de Strasbourg FRANCE
-Dr. Chilakamarri RANGACHARYULU	University of Saskatchewan SASKATOON
-Dr. Michel DRUETTA	Université de Lyon I FRANCE

CHAPITRE VII

THESES

THÈSE

Thèse de maîtrise : Fouad LAHLOU (sous la direction de
R.J. SLOBODRIAN) 1980.

"La diffusion élastique p-d près du
seuil d'éclatement du deuton"

CHAPITRE VIII

AUTRES ACTIVITÉS

AUTRES ACTIVITÉS

Réunions des membres du laboratoire

Rencontres hebdomadaires des physiciens nucléaires et atomiques avec exposés sans grande formalité sur le progrès de leur recherche.

Liste des conférenciers :

- Prof. A. CHATTERJEE
- Prof. B. CUJEC
- Dr. P. Doleschall
- Dr. M. Druetta
- Dr. E.J. KNYSTAUTAS
- M. M. Payment
- M. C. Rioux
- Prof. R.J. SLOBODRIAN

Dr. Emile J. KNYSTAUTAS

Président du "sixième Congrès international de spectroscopie de faisceaux d'ions rapides" qui aura lieu à l'Université du 17 au 21 août 1981.

