

Developpements recents de l'étude de quelques réactions directes aupres du synchrocyclotron de 157 MeV d'orsay

HÉLÈNE LANGEVIN-JOLIOT

(Z. Naturforsch. **21 a**, 1737—1743 [1966] ; receivior 21. March 1966)

Institut de Physique Nucléaire — Laboratoire Joliot-Curie, Orsay

Dédié au Professeur Dr. W. GENTNER à l'occasion de son soixantième anniversaire

Le Synchrocyclotron de l'Institut de Physique nucléaire d'Orsay qui accélère des protons à l'énergie de 157 MeV est depuis 1959 avec les synchrocyclotrons de Harwell, Harvard et Uppsala, l'un des appareils permettant d'étudier les réactions nucléaires à moyenne énergie. La construction de l'accélérateur, demandée en 1954, a coïncidé avec l'installation à Orsay dans de nouveaux laboratoires mieux équipés, de la plus grande partie des équipes de recherches appartenant jusqu'alors à l'Institut du Radium de Paris, et au laboratoire de Physique et Chimie nucléaire du Collège de France.

Les noyaux, particulièrement les plus légers, apparaissent comme relativement transparents pour des nucléons incidents de l'ordre de 100 à 200 MeV. On considère alors, selon le schéma proposé dès 1947 par Serber, que dans un premier stade dont l'échelle de temps correspond à la traversée du noyau par le nucléon incident, ce dernier interagit avec un ou une succession de quelques nucléons. Si le noyau résiduel de cette cascade d'interaction directe conserve une énergie d'excitation suffisante, cette énergie est dissipée au cours d'un processus beaucoup plus lent d'évaporation de particules. La complexité du processus tend à augmenter avec le nombre de nucléons, au fur-et-à mesure que le noyau devient moins transparent; pour les noyaux lourds enfin, le phénomène de fission introduit une voie nouvelle en compétition avec l'évaporation de neutrons.

Dans le cas des noyaux légers et moyens, au contraire, pour les réactions simples, l'interaction du projectile (dont le libre parcours moyen à ces énergies est de l'ordre ou supérieur au rayon nucléaire) n'aura lieu qu'avec un seul, ou un petit nombre de nucléons du noyau. Selon les hypothèses physiques de l'approximation de l'impulsion, l'interaction sera analogue à une diffusion libre sur un

nucléon en mouvement, le reste du noyau restant «gelé» et n'intervenant que par la quantité de mouvement ($\hbar q$) communiquée au nucléon heurté. Une telle description, dans sa forme la plus simple, rend effectivement compte des caractéristiques essentielles des réactions (p, p') , $(p, 2p)$ ou (p, d) à 155 MeV dont il sera question ci-dessous. Mais progressivement, il devient possible, au moins dans certains cas, d'établir une comparaison plus fine entre la théorie et l'expérience et d'en déduire des renseignements détaillés sur les fonctions d'onde du noyau cible et des états du noyau final. Des travaux sur les réactions quasi-élastiques $(p, 2p)$, sur les réactions de pick-up et la diffusion inélastique se sont développés à Orsay depuis plusieurs années dans cette perspective. Un type assez différent de réaction simple, susceptible d'apporter également certains renseignements sur les fonctions d'onde des noyaux, a été abordé plus récemment. Les possibilités expérimentales semblent actuellement limitées aux deux réactions particulières étudiées $\text{Li}^6(p, \gamma)\text{Be}^7$ et $\text{D}(p, \gamma)\text{He}^3$.

Disposition générale des expériences

La figure ¹ représente la disposition générale de l'accélérateur ¹ et de la salle d'expérience. Le faisceau principal est extrait par régénérateur et canal magnétique, dévié, puis focalisé sur la cible par une paire de lentilles quadrupolaires. Dans les conditions actuelles, sa définition en énergie est de 1,3 MeV (largeur à mihauteur) pour l'intensité maximum, et de 0,5 MeV si on admet une réduction d'intensité de l'ordre d'un facteur 3. Le faisceau polarisé (60%)

¹ C. BERGAMASCHI et coll., J. Phys. Radium **21**, 305 [1960].
— G. T. DE KRUIFF et N. F. VERSTER, Phillips Techn. Rev. **23**, 381 [1961].



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

est extrait par diffusion sur une cible de carbone placée à l'intérieur de la machine. Un solénoïde interposé à la sortie du deuxième groupe de lentilles de focalisation permet d'assurer une rotation des spins. L'accélérateur est équipé d'un Dee auxiliaire qui assure la sortie «stochastique» du faisceau.

L'appareillage le plus important pour l'étude des particules secondaires est constitué par un analyseur magnétique de rayon 170 cm ($\vartheta = 120^\circ$; $n = 1/2$) couplé à une chambre à réaction de 2 m de diamètre. Il permet l'analyse des particules p, d, t (α , He³ etc. ...) jusqu'à l'énergie maximum possible pour les différents types de réactions. Dans le cas général, les particules émises sont détectées par des scintillateurs plastiques associés à des photomultiplicateurs, groupés en coïncidence et formant télescope.

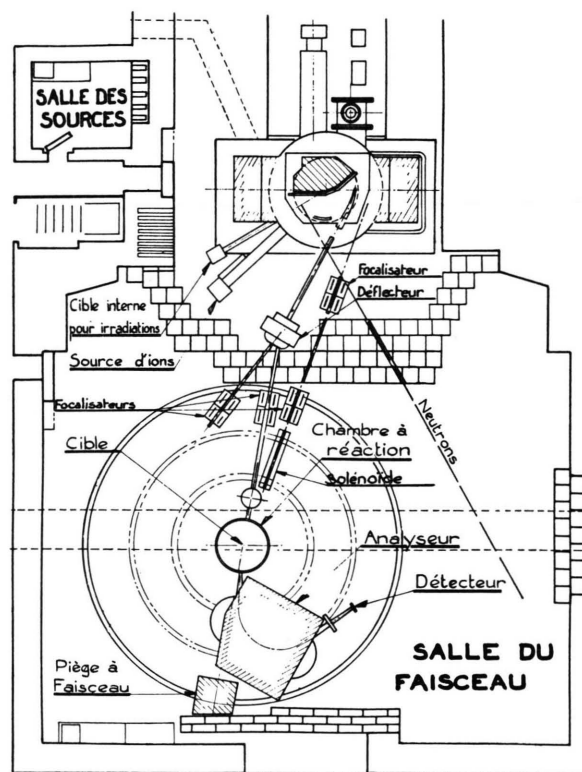


Fig. 1.

Diffusion Inélastique

Distribution angulaire et polarisation des protons diffusés

Les expériences de diffusion inélastique se sont développées à Orsay dans deux directions assez différentes. D'une part vers l'étude systématique des transitions électriques dans une série de noyaux légers et moyens^{2,3} d'autre part, vers l'étude détaillée à la fois de la distribution angulaire et de la polarisation des protons diffusés (ainsi que des corrélations angulaires $p'\gamma$) dans le cas de certains niveaux particuliers^{4,5}.

KERMAN, MACMANUS et THALER⁶, utilisant l'approximation d'impulsion, ont montré que la distribution angulaire et la polarisation dans une diffusion inélastique, dépendent en général de plusieurs coefficients de la matrice de diffusion nucléon-nucléon libre, et de plusieurs facteurs purement nucléaires selon le type de la transition (Δl , ΔJ , ΔT); même dans l'approximation de BORN, l'analyse est assez complexe. La section efficace différentielle prend cependant une forme assez simple si la diffusion a lieu sans retournement de spin et d'isospin, hypothèse admissible en première approximation pour les transitions électriques d'énergie pas trop élevée.

$$d\sigma/d\Omega \sim \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{p, \text{nucléon}} \times F^2(q).$$

$d\sigma/d\Omega$ est la section efficace de diffusion proton-nucléon sans retournement de spin ni d'isospin pour la valeur de l'impulsion transférée au noyau dans la diffusion $\hbar q$, $F(q)$ est un facteur de forme analogue à celui de la diffusion des électrons,

$$F(q) = \frac{1}{A} \sum_i \int \varphi^*(f) e^{iqr_i} \varphi(0) d\mathbf{r}_A.$$

$\varphi(f)$ et $\varphi(0)$ étant les fonctions d'onde de l'état final et de l'état initial.

La forme de la distribution angulaire dépend principalement du facteur $F(q)$, ce qui permet par comparaison avec l'expérience de déterminer le moment angulaire de la transition étudiée. LIU et

² J. C. JACMART, Thèse Orsay 1964, Cahiers de Physique 173 [1965]. J. C. JACMART, M. LIU, R. A. RICCI, M. RIOU et C. RUHLA, Phys. Letters 8, 273 [1964].

³ M. LIU, J. C. JACMART, R. A. RICCI, M. RIOU et C. RUHLA, Nucl. Phys. (à paraître).

⁴ X. DE BOUARD, Thèse [1963]. — X. DE BOUARD, J. G. FOX, B. GEOFFRION, N. MARTY, C. ROLLAND et B. TATISCHEFF, J. Phys. 24, 1059 [1963]. — B. TATISCHEFF, B. GEOFFRION,

J. LE GUYANDER, N. MARTY, C. ROLLAND et A. WILLIS, Phys. Letters 16, 282 [1965].

⁵ A. WILLIS, B. GEOFFRION, N. MARTY, M. MORLET, C. ROLLAND et B. TATISCHEFF, Colloque sur les Noyaux Légers, Lyon, Janvier 1966, J. Phys. C 1—33.

⁶ A. K. KERMAN, H. MACMANUS et R. M. THALER, Ann. Phys. 8, 551 [1959].

Coll.³ à Orsay, ont pu ainsi attribuer le caractère E_2 ou E_3 à un assez grand nombre de transitions observées dans des noyaux allant de ^{23}Na à ^{40}Ca . Pour comparer les résultats aux prévisions des calculs en ondes planes, ils tiennent compte d'un facteur de réduction global de la section efficace, qui simule les effets de distorsion. La valeur de la section efficace différentielle au maximum est reliée par cette procédure aux probabilités réduites des transitions et permet d'atteindre les facteurs d'accélération par rapport aux probabilités de WEISSKOPF. Un certain nombre de noyaux de la couche f 7/2 ont été également étudiés, mais comme le montre la figure 2, dans le cas de ^{51}V , la résolution en énergie actuellement atteinte (0,7 MeV) est encore insuffisante pour permettre une bonne séparation des niveaux.

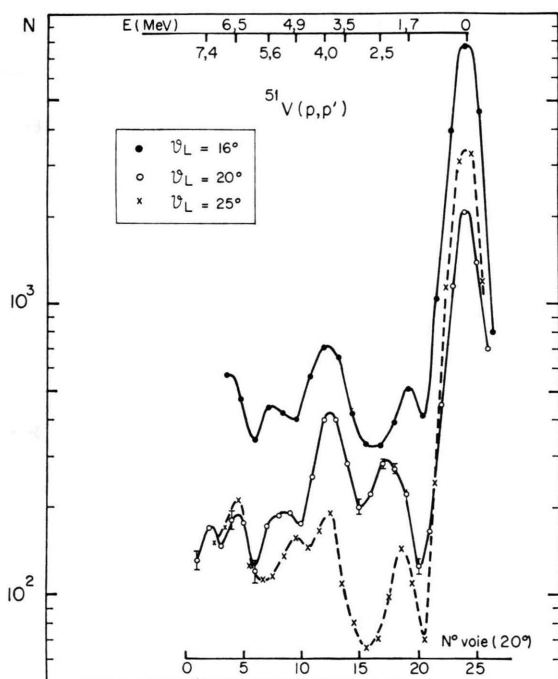


Fig. 2. Spectres des protons diffusés à $\Theta = 16^\circ$, 20° et 25° sur une cible de ^{51}V .

Les mesures précises de distribution angulaire et de polarisation réalisées à Orsay ont porté en particulier sur les niveaux de 4,43 MeV, 7,66 et 9,64 MeV de ^{12}C (ref. 4) et sur les niveaux de 3,73 MeV et 4,48 MeV de ^{40}Ca (ref. 5). La com-

paraison des résultats avec les prévisions de la théorie laisse subsister, en dehors du choix des fonctions d'ondes, un certain nombre de difficultés: par rapport au potentiel nucléon-nucléon, qui devrait être celui qui rend le mieux compte de la diffusion libre (déphasage de Yale); par rapport au potentiel optique et surtout à sa partie spin-orbit, utilisé dans les calculs en ondes distordues⁷. Les récentes mesures relatives au niveau de 3,73 MeV (3^-) de ^{40}Ca dont la fonction d'onde paraît bien connue, illustrent l'importance de l'effet de la distorsion. Un meilleur accord avec l'expérience serait peut-être atteint en utilisant des nouveaux paramètres du potentiel optique, déterminés à Orsay à partir d'une série de mesures précises de la distribution angulaire et de la polarisation en diffusion élastique⁸.

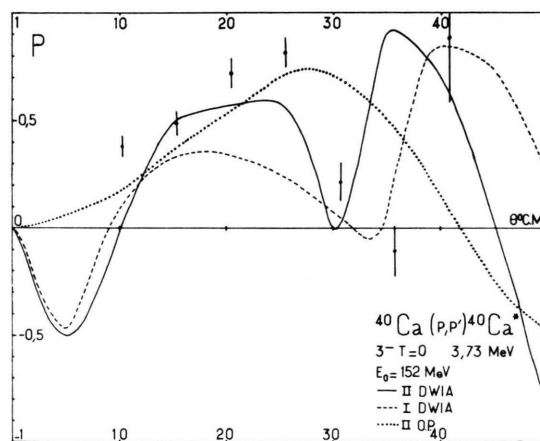


Fig. 3. Polarisation des protons diffusés inélastiquement sur le niveau de 3,73 MeV de ^{40}Ca — le minimum expérimental vers 35° est seulement prévu par les calculs en ondes distordues⁷.

Informations sur les Distributions de Moment des Nucleons Fournies par les reactions $(p, 2p)$, (p, d) , (p, γ)

La quantité de mouvement $h q$, dans le noyau initial ou final, du nucléon éjecté ou capturé, dans de telles réactions, se trouve fixée par la cinématique si on considère l'état de tous les autres nucléons comme inchangés pendant l'interaction. Dans ces conditions, la forme des sections efficaces différentielles, dans l'approximation de l'impulsion peut être reliée aux distributions de moment des nucléons.

⁷ R. M. HAYBRON et H. McMANUS (à paraître).

⁸ C. ROLLAND, B. GEOFFRION, N. MARTY, M. MORLET, B. TATTSCHKEFF et A. WILLIS, Nucl. Phys. **80**, 625 [1966].

Pour un choc quasi-élastique (p, 2p), $\mathbf{k}_0, \mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2$ étant les vecteurs d'onde des protons incidents et sortants :

$$\mathbf{q} = \mathbf{k}_1 + \mathbf{k}_2 - \mathbf{k}_0.$$

k_1 et k_2 sont reliés par le bilan d'énergie: $(E_1 + E_2) = E_0 - E_B - (E_R)$ où E_B est l'énergie de liaison du proton éjecté, E_R l'énergie de recul généralement négligeable.

Pour une réaction de pick-up, \mathbf{K} étant le vecteur d'onde du deuton

$$\mathbf{q} = \mathbf{K} - \mathbf{k}_0 \text{ avec } E_D = E_0 - E_B + \varepsilon - (E_R) \text{ où } E_B$$

est cette fois l'énergie de liaison du neutron.

Enfin, pour une réaction (p, γ) dans laquelle le proton incident transfère par l'émission d'un photon une quantité de mouvement $h\mathbf{q}$, on a, dans le centre de masse du noyau final :

$$\mathbf{q} = (\mathbf{k}_0 - \mathbf{q}_\gamma) \frac{A}{A+1}$$

avec $E_\gamma = E_0 - E_R + E_B$ (E_B énergie de liaison du proton capturé).

Seule la réaction (p, 2p) peut se produire quelle que soit la quantité de mouvement du nucléon heurté. Les réactions de pick-up, ou de capture au contraire, ne concernent que des nucléons possédant une quantité de mouvement supérieure à une valeur limite (atteinte lorsque le deuton ou le photon sont émis à 0°). Typiquement, $q_m = 1 \text{ fermi}^{-1}$ pour une réaction (p, d) et 2 fermi^{-1} pour une réaction de capture.

La section efficace différentielle de la réaction quasiélastique a été calculée en approximation de BORN par MARIS et coll.⁹ Dans le cas de la géométrie/symétrique, couramment utilisée, les angles d'émission des protons sont gardés égaux ($\Theta_1 = \Theta_2 = \Theta$) et on obtient :

$$\frac{d^3\sigma}{d\Omega_1 d\Omega_2 dE_1} = N(q) (d\sigma/d\bar{\Omega})_{p,p}.$$

$d\sigma/d\Omega$ est la section efficace p-p libre à 90° (C.M.) pour le transfert d'impulsion ($\mathbf{k}_0 - \mathbf{q}$) et $N(q)$ la distribution des impulsions.

En particulier, la section efficace est maximum au voisinage de Θ correspondant au choc sur un proton au repos pour un moment angulaire $l=0$. Un certain nombre d'expériences de corrélations ont été réalisées à Orsay pour déterminer les distributions $N(q)$ (des nucléons s ou p) dans différents noyaux¹⁰. L'analyse précise des résultats est assez délicate car il faut inclure les effets de distorsion. Des calculs élaborés¹¹ ont montré cependant que ces derniers introduisent surtout un déplacement d'ensemble de la corrélation, et un facteur de réduction. Sous certaines réserves, les caractéristiques globales des distributions (largeur-position des maxima), ne sont pas trop affectées.

CHEW et GOLDBERGER¹² ont montré que la section efficace différentielle de la réaction de pick-up, en approximation de BORN, pouvait se mettre sous la forme: $d\sigma/d\Omega = N(q)P(k_r)$ dans laquelle $P(k_r)$ que l'on peut interpréter comme la probabilité de formation d'un deuton dans l'état de mouvement relatif k_r par diffusion d'un proton sur le neutron du noyau, est un terme qui varie peu avec l'angle. Les distributions angulaires observées à 155 MeV (ce qui est normal puisque q est toujours grand) ne présentent pas de maximum¹³. Leurs formes sont légèrement différentes selon le moment angulaire l du neutron éjecté (et éventuellement selon la valeur de j). Globalement, la diminution de la section efficace lorsque l'angle augmente, est nettement moins rapide que ne l'indiquent les calculs en ondes planes pour des fonctions d'onde d'oscillateur harmonique. Les effets de distorsion toutefois, sont particulièrement importants pour les deutons et doivent être pris en considération dans une comparaison avec l'expérience.

La réaction de capture radiative (p, γ) est assez différente des précédentes en ce qu'elle met en jeu l'interaction électromagnétique. Si seul le proton incident rayonne, en approximation de BORN, et en négligeant les termes dus au moment magnétique, la section efficace est de la forme: $d\sigma/d\Omega = N(q) \sin^2 \Theta \gamma$. Nous avons représenté Fig. 4 les résultats obtenus pour la réaction ${}^6\text{Li}(p, \gamma){}^7\text{Be}$ (ref. ¹⁴). Les mesures

⁹ TH. MARIS, P. HILLMAN et H. TYREN, Nucl. Phys. **7**, 1 [1958].

¹⁰ J. P. GARRON, J. C. JACMART, M. RIOU, C. RUHLA, J. TEILLAC et K. STRAUCH, Nucl. Phys. **37**, 126 [1962]. — J. C. ROYNETTE, CH. RUHLA, M. ARDITI, J. C. JACMART et M. RIOU, Phys. Letters **19**, 497 [1965]. — CH. RUHLA, Thèse Paris [1966]. — M. RIOU, Rev. of Mod. Phys. **37**, 375 [1965].

¹¹ D. F. JACKSON et L. R. B. ELTON, Proc. Phys. Soc. London **85**, 659 [1965]. — I. E. MCCARTHY, Rev. Mod. Phys. **37**, 389 [1965].

¹² G. F. CHEW et M. L. GOLDBERGER, Phys. Rev. **77**, 470 [1950].

¹³ C. DÉTRAZ, Thèse [1964]. — D. BACHELIER, M. BERNAS, I. BRISSAUD, C. DÉTRAZ et P. RADVANYI, J. Phys. **24**, 1055 [1963].

¹⁴ H. LANGEVIN-JOLIOT, C. STÉPHAN, G. JOHNSON et J. VERNOTTE, Phys. Letters **14**, 208 [1965].

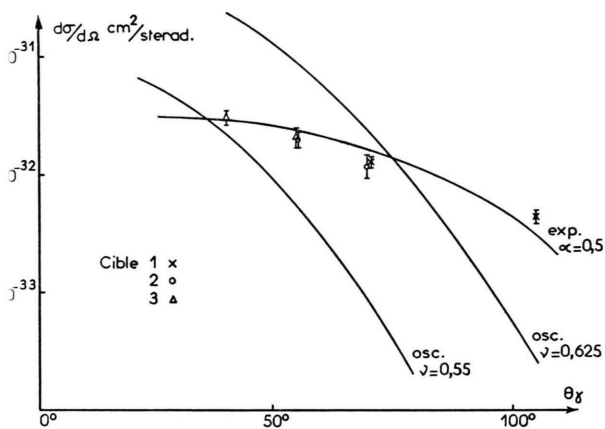


Fig. 4. Distribution angulaire de la réaction ${}^6\text{Li}(p, \gamma) {}^7\text{Be}$ à 155 MeV.

de ces sections efficaces très faibles ont été réalisées en tirant parti de la cinématique à 2 corps de la réaction. On détecte en coïncidence le photon émis à un angle θ_γ (à l'aide d'un compteur CERENKOV à absorption totale) et le noyau de recul de ${}^7\text{Be}$ (à l'aide d'un semi conducteur au silicium) émis à l'angle θ_R associé. On a porté également sur la figure, à titre indicatif, les courbes calculées avec les distributions $N(q)$ obtenues pour — a) des fonctions d'onde 1 p d'oscillateur harmonique, avec deux paramètres différents, — b) une fonction d'onde $\psi(r) = \alpha \exp(-\alpha r)$ ou α est compatible avec l'énergie de liaison. On voit le comportement très différent de ces courbes, l'accord avec l'expérience étant seulement acceptable pour la fonction exponentielle. Il semble difficile que la distorsion modifie radicalement l'allure des courbes ci-dessus.

La distribution angulaire des photons de la réaction $D(p, \gamma) {}^3\text{He}$ a été également étudiée, entre 30° et 120° (ref. ¹⁵). Une telle réaction devrait pouvoir apporter des renseignements sur la fonction d'onde de ${}^3\text{He}$. La section efficace obtenue présente un maximum de $0,2 \mu\text{b/sterad.}$ vers 40° et décroît ensuite régulièrement.

Informations de Structure Nucleaire Obtenues a l'aide de Reactions (p, d) et (p, 2p)

Ces informations, au moins jusqu'à présent, sont de type assez différent selon qu'il s'agit de réactions de pick-up ou de réactions (p, 2p). Un intérêt majeur

de ces dernières, réside en effet dans la possibilité d'atteindre les couches internes des noyaux; les spectres d'énergie somme des protons ($E_1 + E_2$) présentent en effet des pics larges non seulement dans la région d'énergie de liaison des protons les plus externes, mais aussi pour des énergies de liaison plus élevées: éjection de protons de la couche s pour des noyaux de la couche 1p, etc. ... Un certain nombre d'expériences ont été réalisées ainsi à Orsay ¹⁰ avec l'objectif de déterminer ou de préciser les énergies de liaison des protons 1s, 1p, 2s pour une série de noyaux légers et moyens. Les pics observés pour les couches profondes ont une largeur propre élevée, par suite de la durée de vie très brève d'un trou dans une telle couche. Les pics observés pour les protons moins liés, sont en général complexes. Ils recouvrent les contributions de plusieurs états du noyau final que l'on peut espérer séparer par des expériences plus fines. Toutefois, les états de trou dans les couches s (par exemple $2s_{1/2}$ dans une série de noyaux de la couche 1f $7/2$), qui se trouvent favorisés par le facteur de normalisation des distributions de moment, ont déjà pu être clairement mis en évidence et leurs énergies de liaison déterminées dans un large domaine (Fig. 5).

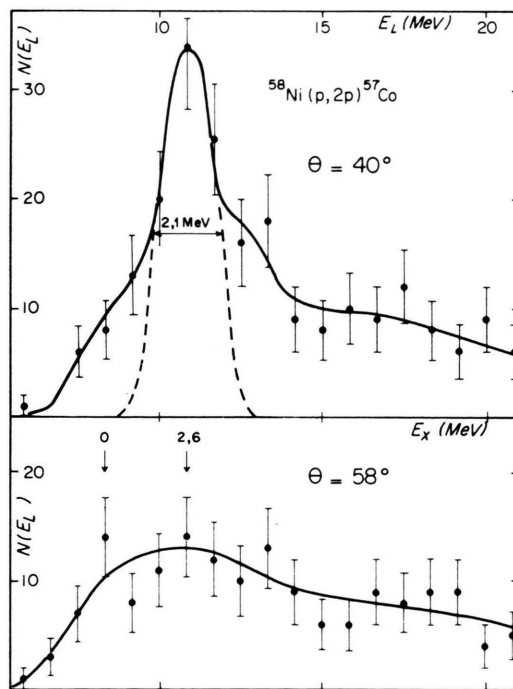


Fig. 5. Spectre en énergie de liaison (E_L) des protons émis dans la réaction ${}^{58}\text{Ni}(p, 2p) {}^{57}\text{Co}$ — le pic $2s_{1/2}$ est très visible à 40° .

¹⁵ D. BACHELIER, M. BERNAS, I. BRISSAUD, C. DETRAZ, J. P. DIDELEZ, H. LANGEVIN-JOLIOT, J. P. LEE et P. RADVANYI, Colloque sur les Noyaux Légers; Lyon, Janvier 1966. J. phys. (C 1) 68 [1966].

On s'attend à ce que les spectres d'excitation des noyaux résiduels des réactions de pick-up et des réactions $(p, 2p)$ reflètent la parenté des états formés avec l'état du noyau cible. Ces réactions peuvent donc, au moins en principe, apporter des informations spectroscopiques détaillées. Une limitation sérieuse existe cependant du fait de la résolution en énergie, qui n'est pas excellente à 155 MeV. De ce point de vue déjà, la situation est meilleure pour le pick-up où l'on analyse une seule particule, que pour la réaction quasi-élastique. Il faut ajouter encore dans ce dernier cas les difficultés inhérentes aux expériences de coïncidence (petit nombre d'événements intéressants, coïncidences fortuites), enfin, les difficultés éventuelles dans l'interprétation dues par exemple à la connaissance moins précise des corrélations angulaires, comparée à celle des distributions angulaires de deutons.

Des résultats préliminaires ont été récemment obtenus à Orsay avec un nouvel ensemble expérimental¹⁶: l'analyse des protons se fait par deux analyseurs magnétiques, leur détection dans chacun des plans focaux, par deux chambres à étincelles à localisation. Cette nouvelle technique associée à

l'utilisation d'un ordinateur en ligne, a permis de définir l'énergie $(E_1 + E_2)$ pour chaque événement avec une résolution de 1,6 MeV — sans augmentation du temps de mesure.

Les analyses théoriques, en vue d'extraire les informations spectroscopiques, ont été surtout développées pour les réactions de pick-up¹⁷. Des expériences de ce type ont été systématiquement réalisées à Orsay pour une série de noyaux de la couche 1p et pour ^{18}F (ref. ¹⁸). Nous avons reproduit, à titre d'exemple sur la Fig. (6) le spectre d'excitation obtenu à $10,5^\circ$ dans le cas de ^{11}B (ref. ¹⁹). Un certain nombre de niveaux importants de ^{10}B sont bien séparés, certaines raies restant complexes. Les distributions angulaires des différents groupes de deutons sont très semblables, ce qui est attendu si tous les niveaux observés sont produit par pick-up de neutron de même moment orbital ($l=1$). Ceci implique aussi que les effets de distorsion ne sont pas très différents selon les configurations à l'intérieur d'une même couche et qu'il est possible d'en tenir compte par un facteur de normalisation global. Dans ces conditions, les sections efficaces expérimentales permettent de remonter aux facteurs spectroscopiques

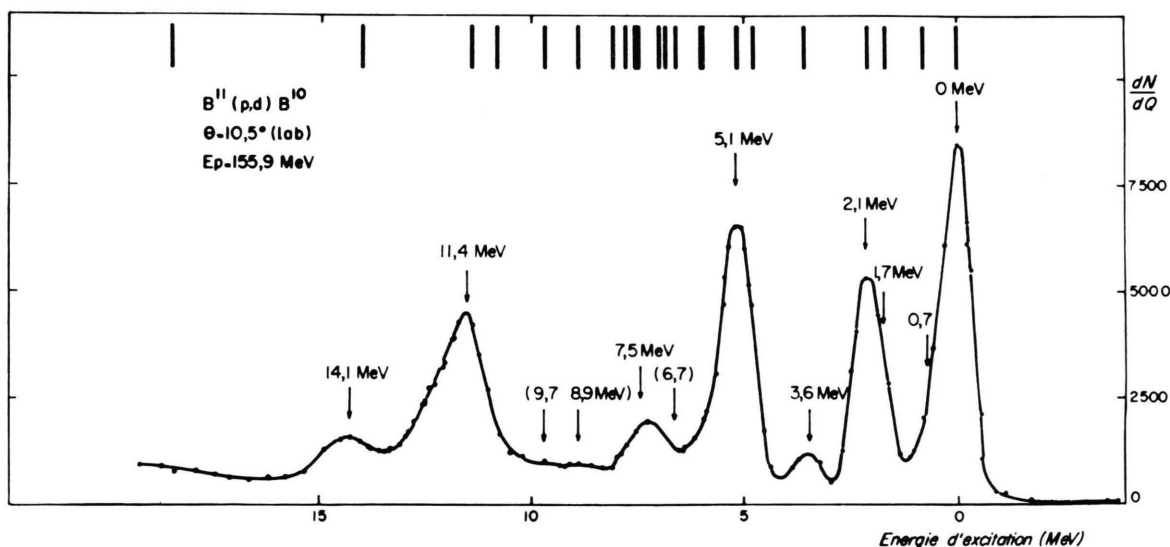


Fig. 6. Spectre des deutons émis à $10,5^\circ$ dans la réaction $^{11}\text{B}(p, d) ^{10}\text{B}$ (en énergie d'excitation).

¹⁶ M. ARDITI, J. C. ROYNETTE, CH. RUHLA, J. C. JACMART, F. MAZLOUM et M. RIOU, Colloque sur les Noyaux Légers; Lyon, Janvier 1966, J. Phys. (C1) 73 [1966].

¹⁷ N. K. GLENDENING, Ann. Rev. Nucl. Sci. 13, 191 [1963].

¹⁸ D. BACHELIER, M. BERNAS, I. BRISSAUD, C. DÉTRAZ, N. K. GANGULY et P. RADVANYI, C. R. Congrès Intern. Phys. Nucl., Paris 1964, II, 429. — D. BACHELIER, M. BERNAS, I. BRISSAUD, P. RADVANYI et M. ROY, soumis à Nucl. Phys. [1966]. (à paraître).

¹⁹ D. BACHELIER, M. BERNAS, I. BRISSAUD, C. DÉTRAZ et P. RADVANYI, Colloque sur les Noyaux Légers; Lyon, Janvier 1966, J. Phys. (C1) 51 [1966].

pour les différents niveaux. On constate un accord généralement très satisfaisant entre les facteurs expérimentaux ainsi obtenus et les facteurs spectroscopiques déduits des fonctions d'ondes calculées par COHEN et KURATH²⁰ en tenant compte des interactions effectives dans la coupe 1 p.

L'étude des réactions qui viennent d'être sommairement passées en revue, occupe une très large place parmi les recherches poursuivies auprès du synchrocyclotron d'Orsay; on peut penser qu'elle continuera à se développer à l'avenir. Il est certain toutefois que la possibilité d'obtenir des informations spectroscopiques précises dans un domaine plus vaste, ou d'étendre ces types d'expériences vers les noyaux moyens, sera d'autant mieux assurée que des

progrès peuvent être espérés pour l'intensité et surtout la définition en énergie du faisceau. Les caractéristiques actuelles, en amélioration sensible sur les caractéristiques d'origine, ont été obtenues grâce à l'utilisation de sources d'ions à fente²¹, mais toutes les possibilités en ce sens n'ont pas encore été exploitées.

De nouveaux types de réactions, ou des réactions jusqu'à présent peu étudiées à Orsay, le seront probablement dans les années qui viennent. Dans cette perspective, on peut signaler notamment les réactions induites par deutons ou par α ; le synchrocyclotron pourra en effet être adapté aisément pour l'accélération de ces particules, jusqu'aux énergies de ~ 80 MeV et ~ 150 MeV respectivement.

²⁰ S. COHEN et D. KURATH, Nucl. Phys. **73**, 1 [1965].

²¹ P. DEBRAY, A. CABRESPINE et J. BAIXAS, European Colloquium on A.V.S. Cyclotron, Eindhoven (Hollande) 1965.