



CM-P00044195

ORGANISATION EUROPEENNE POUR LA RECHERCHE NUCLEAIRE

PH III-70/21
6 mai 1970

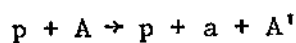
COMITE DE PHYSIQUE III

LETTRE D'INTENTION CONCERNANT L'ETUDE EXPERIMENTALE
DE LA FRAGMENTATION NUCLEAIRE ET L'EMISSION DE SOUS-STRUCTURES

A. CORDAILLAT *)

C. CARLES, R. CHASTEL, A. SICRE
(Université de Bordeaux)J.P. ALARD, L. et M. AVAN, G. ROCHE
(Université de Clermont-Ferrand)I. INTRODUCTION

Nous annonçons notre intention de proposer au prochain comité de physique une étude expérimentale de la réaction:



a étant l'une des particules d, t, ${}^3_2\text{He}$, ${}^4_2\text{He}$

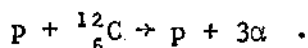
A noyau de charge $Z \geq 4$.

Dans une première partie, nous rappelons les données théoriques et expérimentales montrant l'intérêt d'une telle étude. Dans une deuxième partie, nous indiquons le principe du dispositif expérimental dont nous envisageons l'utilisation.

*) Visiteur C.N.R.S.

II. DONNEES THEORIQUES ET EXPERIMENTALES

L'éjection directe de particules α de haute énergie dans les réactions (p + noyau) est actuellement bien établie. La première mise en évidence du phénomène est due à J.C. Combe, P. Cuër et A. Samman (1) au moyen de l'émulsion ionographique, grâce à la réaction:



Pour un grand nombre des évènements observés, l'une des particules α possède une énergie très supérieure à celle des deux autres, et les résultats sont en accord avec l'éjection directe d'un α à partir de ${}^{12}\text{C}$, suivie de la cassure du ${}^8_4\text{Be}$ résiduel en deux particules α de faible énergie.

Depuis ces premiers résultats, de nombreux travaux théoriques et expérimentaux ont été publiés. Nous en donnons ci-dessous un résumé.

1. Travaux expérimentaux: Les tableaux ci-dessous résument quelques expériences réalisées au cours des dernières années:

a. Détection en coïncidence du proton diffusé et de la sous-structure

Auteurs	Réf.	Technique	Energie incidente	Observations	Réactions
JAMES PUGH	(2)	Compteurs	150 MeV	(1963)	${}^{12}\text{C}(p, p\alpha)$
YUASA HOURANI	(3)	Ch. à bulles (propane)	85 MeV	(1965)	${}^{12}\text{C}(p, p\alpha)$
ROOS et al	(4)	E, ΔE (jonctions)	57 MeV	(1969)	${}^{12}\text{C}(p, p\alpha)$ ${}^9\text{Be}(p, p\alpha)$
GOTTSCHALK KANNENBERG	(5)	E, ΔE (jonction + NaI)	160 MeV	(1969)	${}^{12}\text{C}(p, p\alpha)$ ${}^9\text{Be}(p, p\alpha)$ ${}^{16}\text{O}(p, p\alpha)$
RUHLA RIOU	(6)	Compteurs	150 MeV	(1963)	${}^6\text{Li}(p, p\alpha)$ ${}^9\text{Be}(p, p\alpha)$

b. Détection de la sous-structure seule, sans coïncidence

Auteurs	Réf.	Technique	Energie incidente	Observations	Réactions
KOMAROV et al.	(7)	Compteurs	665 MeV	(1969)	(p, p α)
R. CHASTEL H. GAUVIN	(8)	Emulsions	90 MeV	(1967)	$^{12}\text{C}(p, p\alpha)$
Collabo- ration E52	(9)	Emulsions + champ. magn.	20 GeV	(1969)	p + ^{27}Al

c. Expériences de fragmentation (production de d, t, ^3He rapides)

Auteurs	Réf.	Technique	Energie incidente	Observations	Réactions
RADVANYI GENIN	(10)	(E, ΔE)	156 MeV		p + ^{12}C
FAIN	(11)	Emulsions	600 MeV	(1968)	p + (Ag, Br)
PIROUE SMITH	(12)	Temps de vol	2,8 GeV	(1966)	p + ^9Be p + Pt
FITCH MEYER PIROUE	(13)	Temps de vol	30 GeV		p + ^9Be p + Al

A notre connaissance, aucune mesure systématique n'a été réalisée à une énergie incidente de 600 MeV; nous montrons dans la suite l'intérêt présenté par de telles mesures.

2. Données théoriques et intérêt présenté par l'expérience

a. Réactions d'éjection directe

La section efficace différentielle décrivant la diffusion d'un proton par un agrégat de masse a , lié à un noyau de masse A , est donnée, dans l'approximation de l'impulsion et en utilisant des ondes planes, par l'expression suivante (approximation "P W I A"):

$$\frac{d^3\sigma}{d\Omega_a dT_a dT_p} \Big|_{E_b} = \frac{m}{\hbar^2} \frac{(1+a)^2}{a} \frac{K_p K_a}{K_o} \cdot f \cdot \left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{p,\alpha} \cdot p(q) \cdot \quad (1)$$

c.m.

E_b est l'énergie de liaison caractérisant le noyau A ;

f est un facteur cinématique;

$p(q)$ est la densité de probabilité décrivant la distribution de l'impulsion du cluster a par rapport au noyau résiduel; les autres notations sont évidentes.

Si l'approximation (1) est applicable, les paramètres définissant $p(\vec{q})$ doivent être indépendants de l'angle d'émission et de l'énergie incidente. Cette dernière condition ne semble pas vérifiée entre 30 MeV et 180 MeV (14). Une expérience à haute résolution, réalisée à des énergies supérieures, permettrait de régler de façon définitive le problème de la validité de cette approximation, tout en donnant des indications concernant la déformation des ondes sortantes.

D.F. Jackson (15) a discuté les problèmes posés par une analyse précise de ce type de réactions, en particulier en ce qui concerne la déformation des ondes sortantes (16) et les effets dus à la portée finie des interactions (17). Il résulte de ces travaux qu'une expérience du type (p,pd) ou $(p,p\alpha)$ doit être réalisée dans les conditions suivantes:

- Energie incidente supérieure à 400 MeV;
- Angle du proton diffusé $\sim 30^\circ$ Lab.

Dans ces conditions, le calcul de l'élément de matrice de transition est simplifié à cause de la forte absorption de la sous-structure émise.

Remarque: Dans le cas de noyaux très légers ($Z < 4$) une théorie basée sur la dissociation cohérente de ces noyaux, pourrait permettre éventuellement de rendre compte de ces réactions.

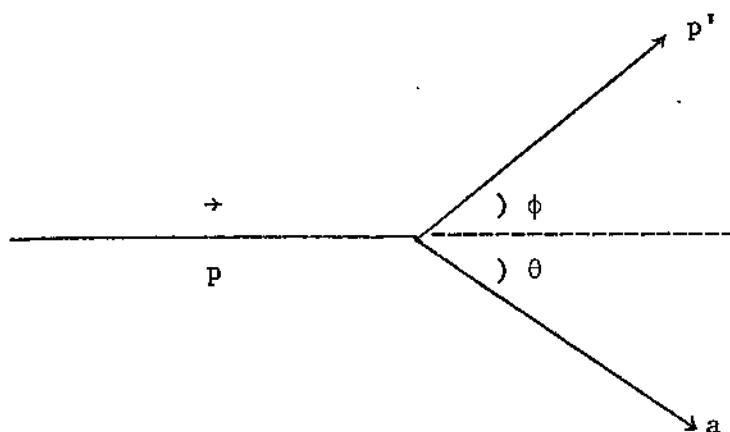
b. Fragmentation nucléaire

La même expérience permettrait d'étudier simultanément la production des diverses particules (p, d, t, ^3He , ^4He) émises à partir du noyau-cible et d'obtenir à la fois les sections efficaces absolues $d^2\sigma/dpd\Omega$ et les corrélations angulaires avec le proton diffusé. Les mesures présentent un double intérêt:

(1) Sur le plan fondamental: Etude des mécanismes de production entrant en compétition avec les mécanismes d'éjection directe: pick-up en vol de nucléons de la cascade intranucléaire, décrit par Butler et Pearson (18) et N. Kurtz (19) ou bien mécanismes basés sur la physique statistique des interactions proton + noyau (20).

(2) Sur le plan astrophysique: La détermination de la section efficace de production de fragments légers, en particulier ^3_2He et ^4_2He , permet d'étudier la formation de ces isotopes lors de l'interaction du raisonnement cosmique galactique avec la matière interstellaire (21). La détermination du rapport $^3\text{He}/^4\text{He}$ intéresse également la datation des météorites (22). L'énergie incidente la mieux adaptée à ce genre d'étude doit être de l'ordre de quelques centaines de MeV, compte tenu du spectre d'énergie du rayonnement cosmique au voisinage de la Terre.

III. PROJET D'EXPERIENCE



1. Principe

On analyse en coïncidence l'énergie et la position du proton diffusé, d'une part (voie proton) et d'autre part (voie a) la nature et l'énergie du recul a, l'angle d'émission θ du recul étant fixé. Plusieurs valeurs de θ pourraient être utilisées. Le dispositif permettrait donc de déterminer complètement la réaction étudiée, quels que soient les angles d'émission.

On prévoit sur la voie a une analyse pour $20^\circ \lesssim \theta \lesssim 150^\circ$
et sur la voie proton: $20^\circ \lesssim \phi \lesssim 120^\circ$.

2. Voie a:

On utilise un télescope (E, ΔE), à semi-conducteurs, constitué de la manière suivante:

ΔE = diode au silicium, épaisseur 700 μ , section $\approx 1 \text{ cm}^2$

E = détecteur au germanium, épaisseur 2 à 3 cm, section $\approx 1 \text{ cm}^2$.

3. Voie proton:

Nous envisageons actuellement deux possibilités:

- Utilisation d'un détecteur au germanium épais à localisation;

- Utilisation d'un ensemble constitué par un aimant et deux chambres à streamer.

Nous pensons que les résolutions énergétiques et angulaires sont équivalentes. Une analyse détaillée est en cours, qui nous permettra de choisir le dispositif le mieux adapté et de mise en oeuvre la plus simple. Nous pensons obtenir, dans l'un comme dans l'autre cas, une résolution globale de 1 à 2 MeV.

4. Dispositif électronique d'enregistrement

a. Cas de l'utilisation du germanium:

On utilise un dispositif d'analyse permettant d'enregistrer sur bande perforée simultanément l'énergie du proton, sa position, la valeur de E et de ΔE sur la voie a. Ces résultats sont ensuite traités sur ordinateur.

b. Cas de l'utilisation de la chambre à streamer:

Le dispositif d'analyse précédent enregistre E et ΔE sur la voie a. Les informations concernant le proton sont fournies par les photographies des chambres à streamer.

IV. CONCLUSION

Comme nous l'avons vu en II. 1., le choix de l'énergie incidente de 600 MeV est particulièrement adapté à l'étude des réactions d'éjection directe. Notre travail expérimental aurait ce premier objectif.

Il apparait cependant que d'autres données intéressantes peuvent être fournies simultanément par le même dispositif. Ce dernier fait actuellement l'objet d'une analyse détaillée qui sera terminée d'ici quatre mois environ.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) A. Samman et P. Cuer, J. Physique 19, 13 (1958)
- 2) A.N. James et H.G. Pugh, Nuclear Phys. 42, 441 (1963)
- 3) T. Yuasa et E. Hourani, Rev. Mod. Phys. 37, 399 (1965)
- 4) Roos et al, Phys. Rev. 176, 1246 (1969)
- 5) B. Gottschalk et S. Kannenberg, N.U.B. 1976, oct. 1969
- 6) Ruhla et al, Phys. Letters 6, 282 (1963)
- 7) Komarov et al, Joint. Inst. Nucl. Res. Dubna, preprint (1969)
- 8) H. Gauvin et R. Chastel, J. Physique 28, n° 2, 129 (1967)
- 9) J.P. Alard et al, C.R. Acad. Sc. Fr. 269, 212 (1969)
J.P. Alard et al, Colloque "Mécanismes des réactions nucléaires"
Grenoble, mars 1970
A. Sicre, Thèse 3^e cycle, Bordeaux, 1969
- 10) P. Radvanyi et J. Genin, J. Phys. Rad. 21, 322 (1960)
- 11) J. Fain, Thèse, Clermont-Ferrand, 1968
- 12) P.A. Piroué et A.J.S. Smith, Phys. Rev. 148, 1315 (1966)
- 13) Fitch et al, Phys. Rev. 126, 1849 (1962)
- 14) Devins et al, Rev. Mod. Phys, 37, n° 3, 396 (1965)
- 15) D.F. Jackson, Proc. Phys. Soc. 85, 659 (1965)
- 16) D.F. Jackson, Rev. Mod. Phys. 37, n° 3, 393 (1965)
- 17) D.F. Jackson, Proc. Phys. Soc. 88, 101 (1966)
- 18) S.T. Butler et C.A. Pearson, Phys. Rev. 122, 836 (1963)
- 19) N. Kurtz, Thèse 3^e cycle, Strasbourg (1964)
- 20) Physique III 69/3, Propos. concernant l'étude de la production de protons et fragm. légers, comité PH-III CERN
- 21) A. Ginzburg et Meyer et al, "The origin of cosmic rays" (Pergamon Press, 1965); Proc. 10th conf. on Cosmic Rays Calgary 1967, OG. 31
- 22) P. Eberhardt et J. Geiss, Summer course on nuclear geology, Varenna 3, 38 (1960)