



HAL
open science

Invariance par renversement du temps : nouvelles mesures de polarisation dans la réaction ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, p){}^{11}\text{B}$

J. Pouliot, P. Bricault, J.G. Dufour, L. Potvin, C. Rioux, R. Roy, R.J. Slobodrian

► **To cite this version:**

J. Pouliot, P. Bricault, J.G. Dufour, L. Potvin, C. Rioux, et al.. Invariance par renversement du temps : nouvelles mesures de polarisation dans la réaction ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, p){}^{11}\text{B}$. Journal de Physique, 1984, 45 (1), pp.71-75. 10.1051/jphys:0198400450107100 . jpa-00209741

HAL Id: jpa-00209741

<https://hal.science/jpa-00209741>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Classification
Physics Abstracts
25.60

Invariance par renversement du temps : nouvelles mesures de polarisation dans la réaction ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$

J. Pouliot, P. Bricault, J. G. Dufour (*), L. Potvin, C. Rioux (**), R. Roy et R. J. Slobodrian

Laboratoire de Physique Nucléaire, Université Laval, Québec G1K 7P4, Canada

(Reçu le 10 mai 1983, révisé le 18 juillet, accepté le 14 septembre 1983)

Résumé. — La polarisation des protons dans la réaction ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$ à 14 MeV d'énergie incidente a été mesurée à l'aide d'un nouveau montage expérimental constitué de polarimètres à analyseurs de carbone ou de silicium, en trois versions différentes. Les résultats confirment les mesures précédentes qui montraient des différences significatives entre la polarisation dans la réaction ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$ et le pouvoir d'analyse dans la réaction inverse ${}^{11}\text{B}(\text{p}, {}^3\text{He}){}^9\text{Be}$, impliquant, par l'égalité non vérifiée du théorème polarisation-pouvoir d'analyse, la non-conservation de l'invariance par renversement du temps.

Abstract. — New measurements of the proton polarization in the ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$ reaction at 14 MeV incident energy have been carried out with a setup in three different configurations based on proton polarimeters equipped with Si or C analysers. Our results corroborate previous measurements which have shown significant differences between polarizations in the ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$ reaction and analysing powers in the inverse reaction ${}^{11}\text{B}(\text{p}, {}^3\text{He}){}^9\text{Be}$, implying violation of time-reversal invariance through the failure of the polarization-analysing power theorem.

1. Introduction.

Le choix d'une réaction nucléaire de transfert de deux nucléons est, comme il a été montré [1], un test très sensible pour vérifier l'invariance par renversement du temps (IRT) sur laquelle se base le théorème polarisation-pouvoir d'analyse [2]. Depuis la première présentation [3] et la publication [4] des résultats expérimentaux montrant des différences importantes et inattendues entre les valeurs de polarisation dans les réactions ${}^7\text{Li}({}^3\text{He}, \text{p}){}^9\text{Be}$ et ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$ et celles du pouvoir d'analyse dans les réactions inverses ${}^9\text{Be}(\text{p}, {}^3\text{He}){}^7\text{Li}$ et ${}^{11}\text{B}(\text{p}, {}^3\text{He}){}^9\text{Be}$, plusieurs travaux ont été publiés sur le même sujet, aussi bien à basse énergie [5-8] qu'aux énergies intermédiaires [10]. En particulier, la réaction ${}^3\text{He}(\text{d}, \text{p}){}^4\text{He}$ [7, 9], les réactions ${}^{10}\text{B}(\text{d}, \text{p}){}^{11}\text{B}$ et ${}^{12}\text{C}(\text{d}, \text{p}){}^{13}\text{C}$ [8] et leurs inverses ont été étudiées à basse énergie. De même, l'intérêt suscité a entraîné la publication de récentes discussions théoriques [11].

Devant les conséquences de la non-validité du théorème polarisation-pouvoir d'analyse observée dans la réaction sur les noyaux ${}^7\text{Li}$ et ${}^9\text{Be}$, un autre groupe [6] a également effectué des mesures de polarisation dans la réaction ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$. Leurs résultats ne sont pas en accord avec les résultats précédemment obtenus à Berkeley et à Laval [4]. L'importance du théorème polarisation-pouvoir d'analyse, fondé sur l'IRT dans les interactions nucléaires en jeu dans une réaction telle que ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$, a rendu nécessaires de nouvelles mesures avec des installations expérimentales différentes et indépendantes.

2. Expériences.

Nous avons réalisé une nouvelle série de mesures de la polarisation P dans la réaction ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$ à 14 MeV en utilisant le faisceau de ${}^3\text{He}^{++}$ du laboratoire de l'accélérateur Van de Graaff de l'Université Laval, pour une énergie moyenne de 13,6 MeV au centre d'une cible [12] de 2,7 mg/cm² d'épaisseur, déjà utilisée lors de mesures antérieures [4]. Cette cible a été obtenue en roulant à chaud une feuille de béryllium pur à au moins 99,5 %. En vue d'améliorer notre installation de polarimétrie, une nouvelle ligne de faisceau et une nouvelle chambre à diffusion ont été

(*) Adresse actuelle : Laboratoire de Physique Nucléaire, Université de Montréal, Montréal, Québec H3C 3J7, Canada.

(**) Adresse actuelle : Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Berkeley, California 94720, U.S.A.

montées dans le but de permettre l'emploi simultané de quatre polarimètres à protons. Comme précédemment [13], une cage de Faraday divisée verticalement en deux parties a été utilisée pour évaluer correctement le centrage du faisceau; un système automatique asservi [14] couplé à un aimant déflecteur situé à environ 8 m en amont a été ajouté pour contrôler et corriger la position du faisceau en gardant constant le rapport gauche-droite du courant collecté dans la cage de Faraday. De nouveaux polarimètres ont été dessinés et construits pour réaliser ces mesures. Deux polarimètres semblables sont utilisés simultanément à des angles symétriques de part et d'autre du faisceau. La conception du système permet d'échanger les deux détecteurs latéraux d'un même polarimètre par une rotation de 180° autour de l'axe de symétrie de l'analyseur. Cette manipulation peut être effectuée en cours d'expérience depuis l'extérieur de la chambre à diffusion. Cette caractéristique permet, en considérant la moyenne géométrique sur les données prises dans les deux configurations, d'annuler certaines différences possibles d'angles solides ou d'efficacités de comptage.

Dans une première expérience (A), deux polarimètres (Fig. 1) avec un détecteur au silicium type barrière de surface utilisé à la fois comme détecteur ΔE et comme analyseur [13], furent montés dans la chambre à diffusion décrite ci-dessus. Chaque événement en coïncidence, constitué de deux signaux pour l'énergie, ΔE et E , et d'un signal pour le temps relatif entre les deux premiers, est enregistré en temps réel dans la mémoire d'un ordinateur PDP-15 et transféré ensuite sur bande magnétique. Une fenêtre placée sur le spectre en temps permet l'analyse de ces événements; la représentation biparamétrique de ceux-ci en fonction de ΔE et E , comme illustré sur la figure 2, rend possible la séparation et l'intégration du pic correspondant à l'état fondamental du noyau résiduel ^{11}B . L'étalonnage absolu en énergie s'obtient à l'aide de générateurs d'impulsions de précision qui ont été ajustés indépendamment pour chaque détecteur à l'aide de sources de particules α de ^{241}Am . Des vérifications de routine sont effectuées sur chaque système ΔE - E en cours d'expérience. Une mesure complète à un angle donné consiste en un total de huit de ces spectres biparamétriques: deux spectres pour chaque polarimètre en position normale et quatre autres pour lesquels les détecteurs latéraux d'un même polarimètre ont été échangés par une rotation de 180° autour de l'axe de symétrie de l'analyseur de silicium. Pour l'expérience suivante (B), les deux polarimètres du schéma original [9, 13] furent montés avec un analyseur de carbone et un détecteur ΔE placé devant ce dernier (Fig. 1). Dans ce dernier cas chaque mesure fut complétée par l'échange des deux polarimètres de part et d'autre du faisceau. Dans une troisième expérience (C), les deux polarimètres de l'expérience A furent modifiés comme suit: au lieu d'utiliser un détecteur ΔE devant l'analyseur de carbone, chaque détecteur latéral fut remplacé par un télescope ΔE - E

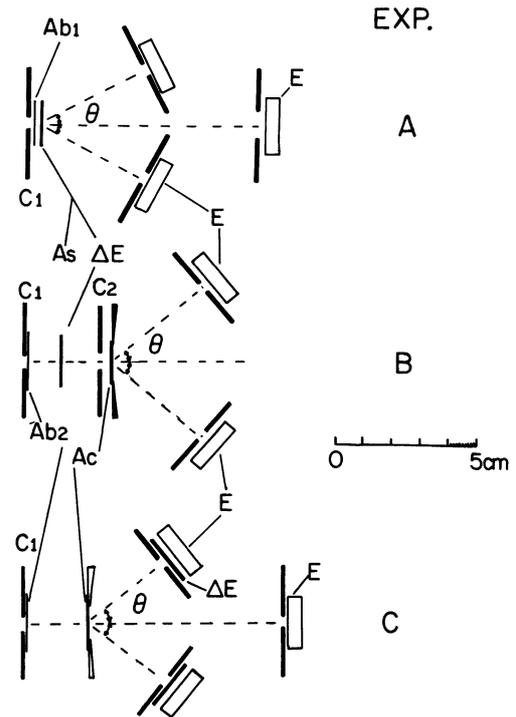


Fig. 1. — Schémas des polarimètres. Les collimateurs C_1 et C_2 définissent les angles solides pour les protons incidents sur les analyseurs A_s (analyseur de Si) et A_c (analyseur de C) avec un absorbant de Si Ab_1 , 37 mg/cm^2 , et de Ta Ab_2 , 209 (exp. B) et $314 \text{ mg/cm}^2 \text{ (exp. C)}$. Le détecteur passant et d'arrêt sont identifiés respectivement par ΔE et E , et θ est l'angle d'analyse des protons diffusés par les analyseurs A_s et A_c . Voir tableau I pour plus de détails.

[Schematic diagrams of the polarimeters. Collimators C_1 and C_2 define the solid angles for protons incident on the analysers A_s (silicon analyser) and A_c (carbon analysers) with a Si foil Ab_1 , 37 mg/cm^2 , and Ta foils Ab_2 , 209 (expt. B) and $319 \text{ mg/cm}^2 \text{ (expt. C)}$ respectively. Detectors are labelled ΔE and E for passing and stopping detectors, respectively, and θ is the analysing angle for protons scattered by the analysers A_s and A_c . See table I for more details.]

(Fig. 1) pour permettre l'identification des protons. Deux spectres typiques des expériences B et C sont représentés sur la figure 2, avec celui de l'expérience A. Le tableau I résume et compare les caractéristiques principales des différents polarimètres montés dans les trois expériences.

3. Analyse des résultats.

Dans le but de minimiser les fausses asymétries, il est nécessaire de faire l'acquisition des données simultanément dans deux polarimètres situés dans le plan de diffusion à des angles symétriques de part et d'autre de la direction du faisceau. Par contre, l'installation de Los Alamos [6] est constituée d'un seul polarimètre à ^4He utilisé successivement de chaque côté du faisceau. Des différences possibles d'angles solides ou d'efficacité des détecteurs sont annulées dans nos polarimètres par l'échange des détecteurs durant chaque

Tableau I. — Conditions expérimentales.
[Experimental conditions.]

Exp.	Analyseur				DéTECTEURS DE CÔTÉ	
	Matériau	Épaisseur (mg/cm ²)	Absorbant (°) (mg/cm ²)	Résolution angulaire (deg)	θ (deg)	$\Delta\theta$ (deg)
A	Si (détecteur)	233	Si, 37	$\pm 1,5$	28,0	$\pm 7,4$
B	Carbone	130	Ta, 209	$\pm 2,1$	40,00	$\pm 8,2$
C	Carbone	130	Ta, 319	$\pm 1,7$	38,0	$\pm 7,2$

(°) Absorbant situé devant l'analyseur pour arrêter les noyaux ${}^3\text{He}$ diffusés élastiquement sur la cible de ${}^9\text{Be}$ et, en plus, pour permettre une énergie incidente de protons inférieure à 19,5 MeV sur l'analyseur de carbone.

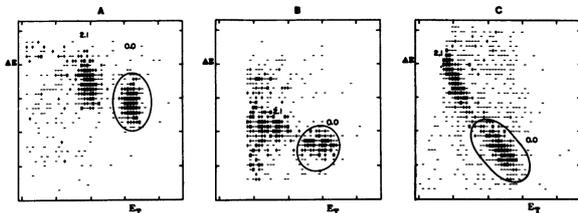


Fig. 2. — Echantillons de spectres bi-paramétriques. L'axe ΔE est l'énergie perdue dans le détecteur passant et E_T l'énergie totale ($\Delta E + E$) des protons produits dans la réaction ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$. Les spectres sont obtenus par une analyse des données emmagasinées sur bande magnétique avec une fenêtre placée sur le spectre temps. La densité du symbole est proportionnelle au nombre de coups ; — signifie un coup. L'identification des particules est réalisée facilement. Les régions plus denses correspondent à l'état fondamental (0,0) et au premier état excité (2,1 MeV) du noyau résiduel ${}^{11}\text{B}$. Les deux états sont bien résolus. Les courbes fermées représentent les limites d'intégration du fondamental. Les sommes sont de 246, 147 et 456 événements pour les exemples montrés ici (de gauche à droite, à $\theta_L = 45^\circ$, 45° et 40°). Ces spectres sont réellement typiques : en général, le fond est quasi-inexistant ; seulement quelques-uns, pour le détecteur d'arrêt placé plus près de la direction du faisceau, peuvent avoir un peu plus de fond quand l'accumulation a lieu avec une plus grande intensité de faisceau (400-500 nA).

moitié de mesure. Toutefois, la source d'erreur la plus importante demeure la position de la cible [9]. Les montages avec des analyseurs de carbone sont moins sensibles à ce paramètre parce que la variation angulaire de la diffusion élastique p-noyau est moins grande pour le carbone [15] que le silicium [16] dans les domaines angulaires considérés. Par exemple, pour le montage C (Fig. 1 et Tableau I), avec une valeur de polarisation $P = 0,32$ dans la réaction à $\theta_{\text{lab}} = 42^\circ$, une erreur ΔP correspondant à un déplacement de cible simulé de $\pm 0,01$ cm est inférieure à $\pm 0,01$. Un soin extrême a donc été pris pour positionner la cible avec autant de précision que possible au point de rotation des deux polarimètres. La précision obtenue est supérieure à $\pm 0,0025$ cm.

Le tableau II rassemble les valeurs de polarisation P obtenues dans l'analyse des données accumulées durant les trois expériences. Ces valeurs sont calculées en divisant l'asymétrie ε par le pouvoir d'analyse effectif A_{eff} de l'analyseur utilisé. Cette dernière quantité est déterminée à l'aide d'un programme Fortran [9] à partir des données expérimentales des sections efficaces et du pouvoir d'analyse dans la diffusion élastique p sur les deux noyaux utilisés comme analyseurs, ${}^{28}\text{Si}$ [16] et ${}^{12}\text{C}$ [15]. Le programme calcule aussi la correction (0-2 %) à faire sur l'asymétrie mesurée pour tenir compte de l'illumination non uniforme de l'analyseur, due à la dépendance angulaire de la section efficace dans la réaction ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$ [17]. Les valeurs de polarisation sont reproduites sur la figure 3 et comparées aux résultats des mesures de polarisation antérieures et aux valeurs de pouvoir d'analyse obtenues dans la réaction inverse

[Sample two-parameter spectra. The ΔE axis is the energy lost in the passing detector and E_T the total energy of the protons produced in the ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$ reaction. Spectra were obtained by an off-line analysis with a gate set on the time spectrum : for each event, two energy signals and a relative time pulse, after amplitude conversion, have been on-line recorded on a tape. The symbol density is proportional to number of counts ; — means one count. Particle identification is achieved easily. The denser areas correspond to the groundstate (0,0) and first excited state (2.1 MeV) of the residual nucleus ${}^{11}\text{B}$. The two states are well resolved. Circles represent integration limits for the ground state. The sums are of 246, 147 and 456 events for the samples shown here (from left to right, at $\theta_L = 45^\circ$, 45° and 40° respectively). These spectra are really typical : in general, there is less background, but few may have more when they are accumulated at high beam intensity (400-500 nA) for the polarimeter side close to the beam.]

${}^{11}\text{B}(\text{p}, {}^3\text{He}){}^9\text{Be}$ [4, 9]. De toute évidence, il y a accord entre les résultats de polarisation obtenues à l'aide des trois différents montages expérimentaux décrits ici et ceux déjà publiés [4, 9].

Tableau II. — Asymétrie ε , pouvoir d'analyse effectif A_{eff} et polarisation P pour la réaction ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$ à 14 MeV incident.

[Asymmetry ε , effective analysing power A_{eff} and polarization P for the ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$ reaction at 14 MeV.]

θ_{lab} (deg)	$\theta_{\text{c.m.}}$ (deg)	ε (a)	A_{eff} (b)	P	Exp.
40,0	44,6	$-0,078 \pm 0,018$	$-0,227\ 4$	$0,344 \pm 0,077$	A
		$-0,129 \pm 0,017$	$-0,439\ 6$	$0,293 \pm 0,038$	C
42,0	46,7	$-0,134 \pm 0,024$	$-0,444\ 3$	$0,302 \pm 0,055$	C
44,0	48,8	$-0,140 \pm 0,031$	$-0,448\ 8$	$0,311 \pm 0,070$	C
45,0	50,1	$-0,086 \pm 0,019$	$-0,218\ 3$	$0,393 \pm 0,087$	A
		$-0,165 \pm 0,026$	$-0,517\ 0$	$0,319 \pm 0,053$	B
		$-0,174 \pm 0,021$	$-0,450\ 8$	$0,385 \pm 0,046$	C
50,0	55,5	$-0,156 \pm 0,034$	$-0,512\ 2$	$0,305 \pm 0,066$	B

(a) Cette asymétrie est corrigée pour tenir compte de l'illumination non uniforme de l'analyseur.

(b) Le pouvoir d'analyse effectif de nos polarimètres est calculé à l'aide d'un programme écrit en Fortran (Réf. 9).

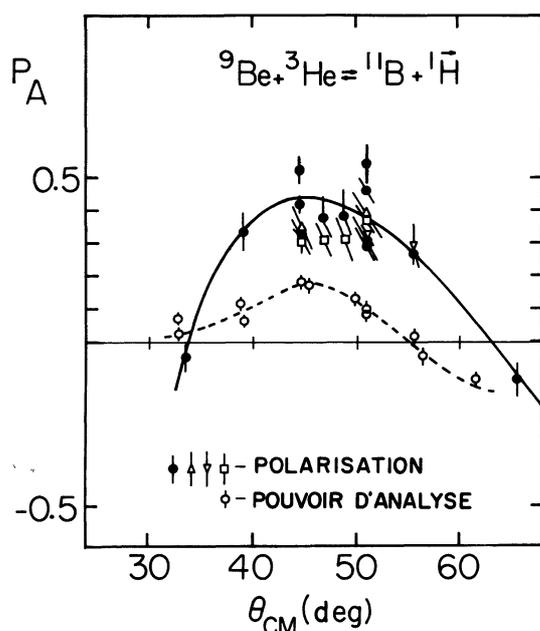


Fig. 3. — Comparaison des valeurs de la polarisation P dans la réaction ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$ et du pouvoir d'analyse A dans l'inverse ${}^{11}\text{B}(\text{p}, {}^3\text{He}){}^9\text{Be}$. La ligne solide est une représentation par polynôme des valeurs précédentes de polarisation (ϕ , mesures de Laval et de Berkeley, Réfs. 4 et 9) et celle en tirets, du pouvoir d'analyse (Réf. 4). Les triangles ouverts (vers le haut, exp. A ; inversés, exp. B) et les carrés ouverts (exp. C) sont nos présents résultats de polarisation (voir les tableaux I et II pour plus de détails). Les barres d'erreur sont principalement statistiques, puisque le fond est généralement négligeable.

[Comparison of ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$ polarizations and ${}^{11}\text{B}(\text{p}, {}^3\text{He}){}^9\text{Be}$ analysing powers (open circles). The solid line is a polynomial fit to previous polarization values (dots) of Laval and Berkeley measurements (Ref. 2) and the dashed line for the analysing powers (Ref. 2). Open triangles (upright, expt. A ; inverted, expt. B and open squares (expt. C) are our present polarization results (more details in tables I and II). Error bars are mainly statistical, background being generally negligible.]

4. Discussion et conclusion.

La première expérience (A) a été planifiée pour tirer avantage de la bonne résolution en énergie permise par l'emploi d'un détecteur au Si comme analyseur (Fig. 2). En deuxième lieu, un analyseur de carbone qui, malgré une certaine perte de résolution en énergie, permet encore une nette séparation du fondamental et du premier état excité, a fourni de grands pouvoirs d'analyse effectifs (Tableau II) combinés à des variations angulaires plus faibles dans la section efficace de diffusion ${}^{12}\text{C}(\text{p}, \text{p})$. Ces deux facteurs minimisent de façon appréciable la sensibilité des mesures aux erreurs de centrage de la cible. Un test significatif a été

conduit avec la nouvelle installation de polarimétrie à $\theta_{\text{lab}} = 45^\circ$ avec les deux polarimètres équipés d'analyseurs de Si : chaque polarimètre a été utilisé de part et d'autre du faisceau incident et les deux détecteurs latéraux furent échangés à chaque position des polarimètres. Ces mesures donnent, par le traitement habituel [4, 13] des valeurs intégrées des seize pics correspondant à l'état fondamental du ${}^{11}\text{B}$, la valeur $P = 0,391 \pm 0,087$ et, sur la base d'un traitement utilisant la moyenne géométrique, la valeur $P = 0,393 \pm 0,087$ (Tableau II).

Devant la variété des montages mettant à profit les divers avantages de différents analyseurs, face au nombre de configurations utilisées et de mesures

prises, il est très peu probable que les mêmes fausses asymétries puissent avoir été reproduites par la nouvelle installation de polarimétrie. Ainsi, les présents résultats ne peuvent que confirmer davantage les mesures antérieures.

En définitive, de grandes différences sont observées entre la polarisation P dans la réaction ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$ et le pouvoir d'analyse A du processus inverse ${}^{11}\text{B}(\text{p}, {}^3\text{He}){}^9\text{Be}$. L'étude [4] de la réaction ${}^7\text{Li}({}^3\text{He}, \text{p}){}^9\text{Be}$ et de son inverse a elle aussi montré des différences entre P et A ; de même, la comparaison entre les pouvoirs d'analyse mesurés [7, 9] dans la réaction ${}^4\text{He}(\text{p}, \text{d}){}^3\text{He}$ et les valeurs de polarisation [18] obtenues dans la réaction inverse ${}^3\text{He}(\text{d}, \text{p}){}^4\text{He}$ laisse planer un doute sur l'égalité entre P et A , comme peut le laisser également la comparaison [8] entre P et A de la réaction ${}^{12}\text{C}(\text{d}, \text{p}){}^{13}\text{C}$ et son inverse dans la

région angulaire au-delà de 100° . En résumé, les résultats des présentes mesures de polarisation dans la réaction ${}^9\text{Be}({}^3\text{He}, \text{p}){}^{11}\text{B}$ corroborent les mesures antérieures sur cette réaction [4, 9] et les différences observées entre P et A sont en violation du principe IRT par la non-vérification du théorème polarisation-pouvoir d'analyse.

Remerciements.

Nous remercions chaleureusement la collaboration de MM. R. Labrie et A. Côté pour la mise au point du système automatique de centrage du faisceau. Ce travail a été réalisé grâce à l'appui financier du C.R.S.N.G. du Canada et du Ministère de l'Éducation du Québec.

Bibliographie

- [1] CONZET, H. E., dans *Polarization Phenomena in Nuclear Physics*, 1980, éd. G. G. Ohlsen *et al.*, AIP Conference Proceedings n° 69 (American Institute of Physics, New York) 1981, p. 1452.
- [2] BLIN-STOYLE, R. J., *Proc. Soc. A* **65** (1962) 452; SATCHLER, G. R., *Nucl. Phys.* **8** (1958) 65.
- [3] SLOBODRIAN, R. J., *Polarisation-asymmetry relations*, Western Regional Nuclear Conference, C.A.P. (Gull Harbour, Manitoba) 1980.
- [4] SLOBODRIAN, R. J., RIOUX, C., ROY, R., CONZETT, H. E., VON ROSSEN, P. et HINTERBERGER, F., *Phys. Rev. Lett.* **47** (1981) 1803.
- [5] SLOBODRIAN, R. J., *Hadronic J* **4** (1981) 1258; *ibid.* **5** (1982) 679.
- [6] HARDEKOPF, R. A., KEATON, P. W., LIWOSKI, P. W. et VEESER, L. R., *Phys. Rev., C* **25** (1982) 1090.
- [7] SAGLE, A. L., BRADY, F. P., ROMERO, J. L., BONNER, B. E., KING, N. S. P., MCNAUGHTON, M. W. et CONZETT, H. E., *Phys. Rev. C* **25** (1982) 1685.
- [8] BURKS, B. L., ANDERSON, R. E., CLEGG, T. B., PAETZGEN, SCHIECK, H., LUDWIG, E. J., VARNER, R. L. et WILKERSON, J. F., *Phys. Rev. C* **25** (1982) 1168.
- [9] RIOUX, C., Thèse de Ph. D. (université Laval, Québec, 1982) (non publiée); RIOUX, C., ROY, R., SLOBODRIAN, R. J. et CONZETT, H. E., *Nucl. Phys. A* **394** (1983) 428.
- [10] BHATIA, T. S., *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **48** (1982) 227 et références ci-incluses.
- [11] SANTILLI, R. M., *Hadronic J.* **4** (1981) 1166; M. SACHS, *Lett. Nuovo Cimento* **34** (1982) 444; MORAVCSIK, M. J., *Phys. Rev. Lett.* **48** (1982) 718.
- [12] ROY, R., *Phys. Can.* **38** (1982) 33; POULIOT, J., BRICAULT, P., POTVIN, L., RIOUX, C., ROY R. et SLOBODRIAN, R. J., *ibid.*
- [13] SLOBODRIAN, R. J., IRSHAD, M., LABRIE, R., RIOUX, C., ROY, R. et PIGEON, R., *Nucl. Instrum. Methods* **159** (1979) 413.
- [14] CÔTÉ, A., LABRIE, R., POULIOT, J. et ROY, R., à être publié.
- [15] MEYER H. O., WEITKAMP, W. G., DUNHAM, J. S., TRAINOR, T. A. et BAKER, M. P., *Nucl. Phys. A* **269** (1976) 269.
- [16] LAMONTAGNE, C. R., FROIS, B., SLOBODRIAN, R. J., CONZETT, H. E., et LEEMANN, Ch., *Z. Phys. A* **295** (1980) 55.
- [17] IRSHAD, M., RIOUX, C., ASAI, J., PIGEON, R. et SLOBODRIAN, R. J., *Nucl. Phys. A* **286** (1977) 483.
- [18] BROWN, R. I. et HAEBERLI, W., *Phys. Rev.* **130** (1963) 1163.