HAL
open science

ÉTUDE DE TRANSITIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES PAR DES MESURES DE DISTRIBUTION-POLARISATION ET DE CORRÉLATION ANGULAIRE γ - γ

S. Gorodetzky, F. Beck, R. Bertini, E. Bożek, Jacques Chevallier, A. Knipper

To cite this version:

S. Gorodetzky, F. Beck, R. Bertini, E. Bożek, Jacques Chevallier, et al.. ÉTUDE DE TRANSITIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES PAR DES MESURES DE DISTRIBUTION-POLARISATION ET DE CORRÉLATION ANGULAIRE γ - γ. Journal de Physique Colloques, 1966, 27 (C1), pp.C1-112-C1-114. 10.1051/jphyscol:1966156 . jpa-00213040

HAL Id: jpa-00213040

https://hal.science/jpa-00213040v1

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.

ÉTUDE DE TRANSITIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES PAR DES MESURES DE DISTRIBUTION-POLARISATION ET DE CORRÉLATION ANGULAIRE $\gamma - \gamma$

S. GORODETZKY, F. BECK, R. BERTINI, E. BOŻEK [1],
J. CHEVALLIER et A. KNIPPER
Centre de Recherches Nucléaires
Département de Physique nucléaire
Strasbourg-Cronenbourg

Résumé. — Les transitions électromagnétiques de niveaux alignés peuvent être étudiées sans connaissance détaillée du procédé d'alignement (réaction nucléaire). Deux méthodes sont utilisées : *a*) comparaison de la distribution angulaire et de la polarisation plane des rayons gamma ; *b*) corrélation angulaire gamma-gamma suivant la méthode indiquée par Litherland et Ferguson. L'appareillage est décrit sommairement. Les résultats concernent des transitions dans ^{12}B (955 keV), ^{13}C (170 keV) et ^{53}Mn (380, 910 et 1290 keV).

Abstract. — Electromagnetic transitions from aligned levels can be studied without a detailed knowledge of the alignment process (nuclear reaction). Two methods are used : *a*) comparison of the angular distribution and plane polarization of the gamma rays ; *b*) gamma-gamma angular correlations as suggested by Litherland and Ferguson. The apparatus is briefly described, together with results for transitions in ^{12}B (955 keV), ^{13}C (170 keV) and ^{53}Mn (380, 910 and 1 290 keV).

I. Formalisme. — Les niveaux excités de faible énergie ont été étudiés par l'observation des rayons γ émis, en vue de déterminer les moments angulaires et les coefficients de mélange δ. Deux méthodes de corrélation angulaire ont été utilisées qui ne nécessitent pas une description détaillée des réactions nucléaires [1, 2] :

1) CORRÉLATIONS DOUBLES (Méthode de distribution-polarisation).

Le processus peut être résumé par la séquence $i(R)\, a(\gamma)\, b$. La première étape est une absorption (ou une émission) de rayonnements dans une direction déterminée, fixant un axe de quantification, et éventuellement des radiations inobservées. La deuxième est une transition électromagnétique.

Expérimentalement, nous mesurons la fonction de distribution angulaire

$$W(\theta) = \sum_k A_k \,.\, P_k(\cos\theta) \qquad (1)$$

$$A_k = A_k(R) \,.\, A_k(\gamma)$$

et la polarisation plane p des rayons γ émis. Les facteurs $A_k(R)$, proportionnels aux tenseurs statistiques du niveau a, peuvent être éliminés entre les expressions de $W(\theta)$ et p. Ceci conduit à la relation semi-empirique [4, 5] :

$$p \,.\, W(\theta) = Y(a, b\,;\sigma\,;\delta\,;A_k). \qquad (2)$$

La forme de la fonction Y est connue : elle contient les coefficients F_k tabulés [3], et dépend de la parité σ de la radiation.

La figure 1 représente une résolution graphique de cette relation.

2) CORRÉLATIONS TRIPLES (Corrélations γ-γ avec niveau initial orienté).

La séquence est $i(R)\, a(1)\, b(2)\, c$, et comprend l'orientation nucléaire R suivie d'une émission en cascade de deux rayons gamma. La fonction de corrélation triple peut être développée en polynômes angulaires connus :

$$W(\theta_1, \theta_2, \varphi) = \sum_{KMN} a^N_{KM} \,.\, P^N_{KM}(\theta_1, \theta_2, \varphi)\,. \qquad (3)$$

Les coefficients de (3) dépendent de facteurs tabulés [6, 7], faisant intervenir les moments angulaires, des populations $P(m)$ du niveau a (ou des tenseurs statistiques) qui sont maintenant des paramètres à déterminer expérimentalement, et des coefficients de mélange δ_1 et δ_2.

[1] *Adresse permanente :* Institut Fizyki Jadrowej, Kraków.

Article published online by EDP Sciences and available at http://dx.doi.org/10.1051/jphyscol:1966156

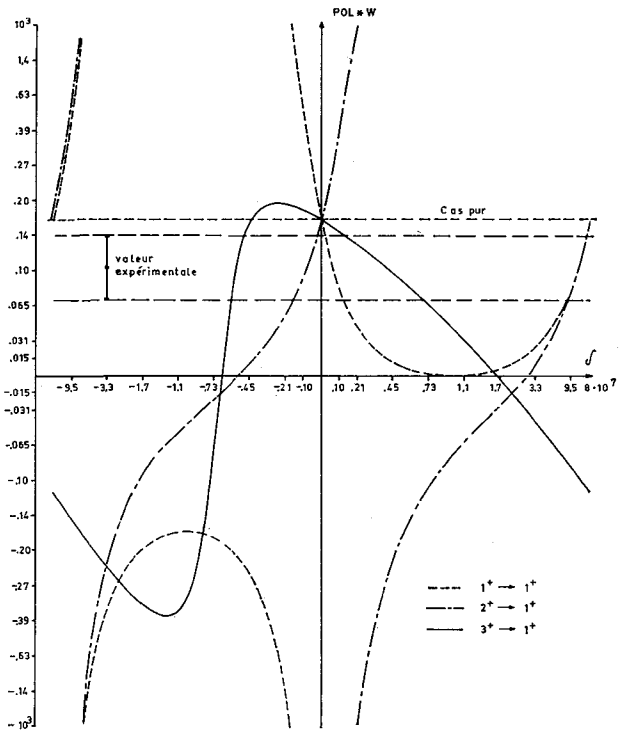

FIG. 1. — Variations de $p(\theta).W(\theta)$ en fonction du coefficient de mélange. Réaction $^{11}B(d, p)\,^{12}B$ pour $E_d = 700$ keV.

Litherland et Ferguson [8] ont proposé d'étudier les fonctions du type (3) en ne faisant varier qu'un seul angle, appelons-le α, et de donner aux deux autres les valeurs 0° ou 90°. On obtient sept fonctions indépendantes (« géométries »).

$$W_g(\alpha),\ g = 1, ..., 7\ . \qquad (4)$$

Notre méthode d'analyse consiste à comparer les coefficients expérimentaux a_i des géométries (4) mesurées, développées en polynômes de Legendre directs, à leurs équivalents théoriques b_i, en formant l'expression

$$\chi^2 = \sum_{ij} (a_i - b_i)(a_j - b_j) X_{ij}^{-1} \qquad (5)$$

où X_{ij} est la matrice des erreurs corrélées. Pour des moments angulaires de a, b, c fixés, nous minimisons en chaque point du plan (δ_1, δ_2) l'expression (5) par rapport aux populations $P(m)$. Les valeurs de (5), calculées pour les populations ainsi déterminées, sont tabulées sous le nom

$$Z(\delta_1, \delta_2)\ . \qquad (6)$$

Les minimums de la surface (6) constituent les solutions cherchées (voir Fig. 2), et leur probabilité est obtenue à l'aide d'une table des χ^2.

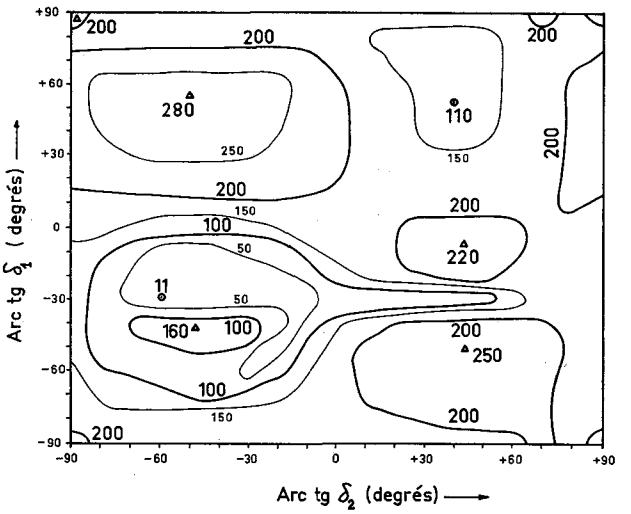

FIG. 2. — Recherche des solutions par le tracé des lignes de niveaux de la surface $Z(\delta_1, \delta_2)$. Cas des géométries II et III de l'expérience du ^{53}Mn, pour la cascade 3/2-5/2-7/2. Les sommets sont marqués d'un triangle et les points les plus bas d'un cercle. Les chiffres correspondent à $100.\log_{10}(Z)$.

II. Appareillage. — Toutes les mesures sont faites en spectre, en enregistrant sur un sélecteur multicanaux les spectres de deux ou plusieurs compteurs. Un ordinateur calcule l'aire des pics et effectue tous les traitements numériques ultérieurs ; un calcul d'erreur accompagne chaque opération.

1) DISTRIBUTIONS ET CORRÉLATIONS ANGULAIRES. Des compteurs NaI 1″ 3/4 × 2″ de bonne résolution (Scintibloc Quartz et Silice) sont utilisés. Le centrage est corrigé en mesurant des distributions angulaires isotropes.

Pour les distributions angulaires, un compteur fixe contrôle le compteur mobile, monté sur le plateau mobile d'un goniomètre.

Pour mesurer simultanément 4 géométries de corrélation angulaire, nous disposons de deux compteurs fixes à 90° du faisceau, l'un FH dans le plan du compteur mobile, l'autre FV perpendiculaire au plan. Le compteur mobile est analysé par la méthode de Hoogenboom, en coïncidence avec chacun des compteurs fixes [9].

2) POLARIMÈTRE. C'est un polarimètre Compton, utilisant un petit diffuseur D de INa et deux analyseurs fixes : H dans le plan de réaction, V perpendiculaire au plan [4, 5]. L'asymétrie instrumentale est mesurée à 0° (polarisation nulle) ou à l'aide de sources. La variation en fonction de l'énergie de l'efficacité d'analyse π_1 a été calculée pour diverses géométries, et peut être calibrée à l'aide de rayons γ fortement polarisés obtenus par

TABLEAU I

Niveau	E_γ (keV)	Réaction	$10^3\ A_2$	$10^3\ p$	$10^3\ \delta$	
^{13}C, 5/2$^+$, 3.85 MeV	170	^{12}C(d, p) 2,490 MeV	-356 ± 10	-584 ± 65	35 ± 17	cible mince
			-269 ± 10	-453 ± 46	33 ± 14	cible épaisse
^{12}B, 2$^+$, 955 keV	955	^{11}B(d, p) 700 keV	-113 ± 7	$+101 \pm 29$	-85 ± 63	(autres solutions)
^{53}Mn, 5/2$^-$, 380 keV	380	^{52}Cr(p, γ) / ^{53}Cr(p, n) 3,15 MeV	-125 ± 6	-6 ± 8	nombreuses solutions	
^{53}Mn, 3/2$^-$, 1 290 keV	910	^{53}Cr(p, n) 3,25 MeV	-57 ± 29	-132 ± 58		
^{53}Mn, 3/2$^-$, 1 290 keV	1 290	^{53}Cr(p, n) 3,25 MeV	-52 ± 29	$+131 \pm 81$		

Tableau I : Résultats de quelques expériences de distribution — polarisation dans les noyaux légers.
Les valeurs de A_4 sont statistiquement nulles.

des réactions (pp'). La résolution en énergie a été considérablement améliorée en mesurant les spectres de somme, D + H et D + V, plutôt que les spectres de l'un ou l'autre compteur.

III. Résultats expérimentaux. — Le tableau I montre les résultats de plusieurs mesures de distribution-polarisation. L'expérience concernant le ^{13}C a été motivée par la forte interdiction de la transition E 1. L'expérience du ^{12}B nous a servi à mettre au point cette méthode. Les moments angulaires $J_a = 0^+$, 1^+, 2^+, 3^+ sont *a priori* possibles. La valeur $J_a = 0^+$ est exclue (isotropie) et la valeur 3^+ très peu probable (fort mélange quadrupôle-octupôle), contredisant une proposition récente [10]. La valeur $J_a = 2^+$ serait en accord avec le modèle en couches, les largeurs réduites de la réaction ^{11}B(d, p) ^{12}B et la position du premier niveau 2^+, $T = 1$ dans le ^{12}C ; la mesure de vie moyenne [11] n'autorise que la plus petite solution pour le coefficient de mélange.

Dans le cas du ^{53}Mn [4, 5], on observe les rayons γ_1 (910 keV) et γ_2 (380 keV) en cascade, et le rayon direct γ_3, dans la réaction ^{53}Cr(p, n) ^{53}Mn. La valeur $J_c = 7/2^-$ est connue. Nous avons fait des expériences de distribution-polarisation pour γ_1, γ_2 et γ_3 et mesuré plusieurs géométries dans la cascade γ_1-γ_2. La combinaison des divers résultats et l'utilisation de la valeur expérimentale du rapport des intensités γ_1/γ_3 conduit à la solution unique [4, 9] :

$$J_a = 3/2^- \ ; J_b = 5/2^- \ .$$

Ces résultats s'expliquent bien si les trois niveaux appartiennent à la configuration $(1f\,7/2)^3_J$.

Une expérience analogue est en cours, en vue de l'étude des niveaux du ^{48}Sc dans la réaction ^{48}Ca(p, n) ^{48}Sc.

Une mesure de corrélation triple dans le ^{13}C a été abordée, dans le but de mesurer le coefficient de mélange de la transition de 3,68 MeV.

Bibliographie

[1] Voir par exemple les articles de H. FRAUENFELDER et R. M. STEFFEN et S. R. de GROOT, H. A. TOLHOEK et W. J. HUISKAMP, dans le Chapitre XIX de « Alpha-, Beta- and Gamma-Ray Spectroscopy », édité par K. SIEGBAHN, Amsterdam, 1965.

[2] FERGUSON (A. J.), Angular Correlation Methods in Gamma-Ray Spectroscopy, Amsterdam, 1965.

[3] FERENTZ (M.) et ROSENZWEIG (N.), A. N. L. Report N° 5324, 1955.

[4] BECK (F.), Thèse de Doctorat d'Etat, Strasbourg, 1965.

[5] GORODETZKY (S.), BECK (F.), BERTINI (R.), CHEVALLIER (J.) et KNIPPER (A.), *Nucl. Phys.* (à paraître).

[6] SMITH (P. B.), Nuclear Reactions II, édité par P. M. ENDT et P. B. SMITH, Amsterdam, 1962.

[7] KAYE (G.), READ (E. J. C.) et WILLMOTT (J. C.), Tables of Coefficients for the Analysis of Triple Angular Correlations from Aligned Nuclei, University of Liverpool, 1963.

[8] LITHERLAND (A. E.) et FERGUSON (A. J.), *Can. J. Phys.*, 1961, **39**, 788.

[9] GORODETZKY (S.), BECK (F.), BERTINI (R.), BOZEK (E.) et KNIPPER (A.), *Nucl. Phys.* (à paraître).

[10] MIDDLETON (R.) et PULLEN (D. J.), *Nucl. Phys.*, 1964, **51**, 50.

[11] WARBURTON (E. K.) et CHASE (L. F.), *Phys. Rev.*, 1963, **13**, 22273.