



HAL
open science

ÉTUDE THÉORIQUE DU SPECTRE D'UN RAYONNEMENT GAMMA ÉMIS LORS D'UNE RÉACTION NUCLÉAIRE MESURES DE VIES MOYENNES

P. Mennrath, Ph. Hubert, F. Leccia, J. Thibaud, L. Stab

► **To cite this version:**

P. Mennrath, Ph. Hubert, F. Leccia, J. Thibaud, L. Stab. ÉTUDE THÉORIQUE DU SPECTRE D'UN RAYONNEMENT GAMMA ÉMIS LORS D'UNE RÉACTION NUCLÉAIRE MESURES DE VIES MOYENNES. COLLOQUE DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE SUR LES NOYAUX LÉGERS, 1966, France. pp.C1-108-C1-109, 10.1051/jphyscol:1966154 . jpa-00213038

HAL Id: jpa-00213038

<https://hal.science/jpa-00213038>

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 THÉORIQUE DU SPECTRE D'UN RAYONNEMENT GAMMA ÉMIS LORS D'UNE RÉACTION NUCLÉAIRE MESURES DE VIES MOYENNES

P. MENNRATH, Ph. HUBERT, F. LECCIA, et J. P. THIBAUD

Laboratoire de Physique Nucléaire, Bordeaux

et L. STAB

Département de Chimie Nucléaire du Centre de Recherches Nucléaires de Strasbourg

Résumé. — A l'aide des détecteurs à semi-conducteur, il s'est avéré possible de mesurer le spectre continu d'un rayonnement gamma émis lors d'une réaction nucléaire. Ce spectre, dû à l'effet Doppler, est fonction de la vie moyenne de l'état initial de la transition électromagnétique. Les résultats expérimentaux obtenus permettent d'envisager la mesure de vies moyennes.

Abstract. — Using a lithium-drifted germanium detector, we could measure the continuous spectrum of a gamma ray emitted during a nuclear reaction. This spectrum, due to the Doppler effect, varies with the mean life of the electromagnetic transition. The experimental results we obtained should allow us to measure mean lives.

Étude théorique. — Considérons une réaction du type $A(a, B^*) b$ où B^* émet un rayonnement gamma d'énergie E_t dans le système du centre de masse. Si la désexcitation se produit lors du vol du noyau de recul dans la cible, le rayonnement gamma est soumis à l'effet Doppler.

En plaçant le détecteur dans la direction du faisceau incident, l'énergie effectivement mesurée du rayonnement gamma sera :

$$E_\gamma = E_t \left(1 + \frac{v(\theta)}{c} \cos \theta \right)$$

où θ est l'angle d'émission et la direction de recul du noyau. Cette expression suppose que le noyau suit une trajectoire rectiligne.

Pour simplifier les relations qui suivent, nous supposons que le pouvoir d'arrêt de la cible pour le noyau de recul est de la forme [1] :

$$- \frac{dE}{dx} = \frac{m}{\alpha} v(\theta)$$

m étant la masse du noyau de recul et α une constante qui dépend de l'absorbant et de l'ion ralenti. Il vient alors :

$$dt = - \alpha \frac{dv(\theta)}{v(\theta)}$$

L'origine des temps est prise au moment de la formation de B^* . Le nombre de rayonnements gamma émis dans l'intervalle dt pour des noyaux partant dans l'angle solide $d\Omega$ est :

$$d^2N = \sigma(\theta) d\Omega \lambda e^{-\lambda t} dt$$

où $\tau = 1/\lambda$ est la vie moyenne du niveau considéré et $\sigma(\theta)$ la section efficace différentielle de la réaction $A(a, B^*) b$.

En tenant compte des relations liant le temps à la vitesse du noyau de recul, et la vitesse à l'énergie du rayonnement gamma, le spectre de ces rayonnements dû aux noyaux émis dans la direction θ s'écrit :

$$\frac{d^2N}{d(E_\gamma - E_t) d\Omega} = - \lambda \alpha \frac{\sigma(\theta)}{[(E_\gamma - E_t)_{\max}]^{\lambda \alpha}} (E_\gamma - E_t)^{\lambda \alpha - 1}$$

où $(E_\gamma - E_t)_{\max}$ est la variation maximale de l'énergie du rayonnement.

D'une part, nous devons intégrer sur tous les angles, d'autre part, les rayonnements gamma seront détectés suivant une loi de distribution gaussienne de déviation standard σ . Le spectre final est donc :

$$\frac{dN}{dE} = \int_{E_\gamma} \int_{\Omega} \left(\frac{d^2N}{d(E_\gamma - E_t) d\Omega} \right) d\Omega \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left(- \frac{(E - E_\gamma)^2}{2\sigma^2} \right) dE_\gamma$$

Pour la réalisation effective des calculs, nous avons choisi un pouvoir d'arrêt théorique en accord avec les résultats de Powers et Whaling [2].

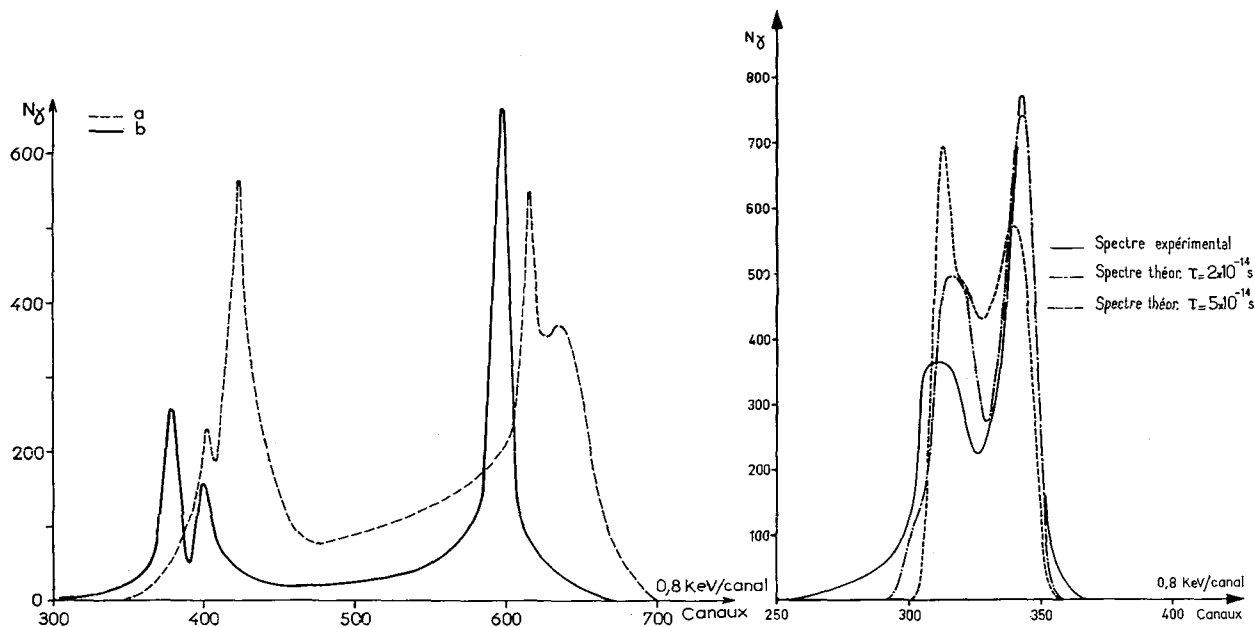
Résultats expérimentaux. — Les expériences ont été réalisées à l'aide de l'accélérateur Van de Graaff de 3 MeV du Département de Physique Nucléaire du Centre de Recherches Nucléaires de Strasbourg.

Le détecteur était une diode *n-i-p* au germanium

(1,2 cm² × 0,3 cm). La largeur à mi-hauteur de la raie de 661 keV du ¹³⁷Cs était de 4,5 keV. Au cours de l'expérience, la diode se trouvait dans la direction du faisceau incident et à 8 cm de la cible.

Nous avons mesuré les spectres des rayonnements gamma provenant des trois premiers états excités du ¹³C. Ces niveaux étaient alimentés par la réaction ¹²C(d, p)¹³C à $E_d = 2715$ keV.

La figure 1 (partie gauche, courbe *a*) montre les



spectres des rayonnements $E_t = 3680$ keV et $E_t = 3850$ keV obtenus à l'aide d'une cible épaisse de ¹²C. La courbe *b* correspond aux mêmes rayonnements, mais la cible utilisée est une cible mince de ¹²C (3 keV à $E_p = 1700$ keV) évaporé sur un support de tantale. La comparaison des deux figures permet de se rendre compte de l'influence des milieux ralentisseurs.

Le nombre de rayonnements gamma soumis à l'effet Doppler sera d'autant plus grand que la vie moyenne de l'état initial de la transition est courte. Ceci est vérifié par la forme des spectres expérimentaux; la vie moyenne du niveau de 3680 keV est inférieure à 3×10^{-13} s [3] alors que celle du niveau de 3850 keV est supérieure à 3×10^{-13} s [4].

La figure 1 (partie droite) montre le spectre du rayonnement $E_t = 3085$ keV du ¹³C mesuré avec la même cible mince de ¹²C sur support de tantale. Tenant compte de la distribution angulaire [5], nous avons calculé les spectres théoriques pour les vies

moyennes 5×10^{-14} s et 2×10^{-14} s. Les spectres théoriques pour des vies moyennes plus courtes n'ont pas été calculés, aussi nous ne pouvons attribuer de valeur à la vie moyenne du niveau 3085 keV.

Pour préciser et exploiter les possibilités de cette méthode de mesure de vies moyennes, il faudrait mesurer avec précision les distributions angulaires des noyaux de recul pour les différents cas envisagés.

Bibliographie

- [1] PORAT (D. I.) et RAMAVATARAM (K.), *Proc. Phys. Soc.* (London), 1961, **77**, 97.
- [2] POWERS (D.) et WHALING (W.), *Phys. Rev.*, 1962, **126**, 61.
- [3] BAIR (J. K.), COHN (H. O.) et WILLARD (H. B.), *Phys. Rev.*, 1960, **119**, 2026.
- [4] PIXLEY (R. E.), KANE (J. V.) et WILKINSON (D. H.), *Phys. Rev.*, 1960, **120**, 943.
- [5] SELLISCHOP (J. P. F.) et MINGHY (D. W.), *Proc. Int. Conf. Nucl. Structure, Kingston*, 1960, p. 397.