Détection de photoneutrons avec un scintillateur liquide chargé au gadolinium

H. Beil, R. Bergère, A. Veyssière

► To cite this version:

H. Beil, R. Bergère, A. Veyssière. Détection de photoneutrons avec un scintillateur liquide chargé au gadolinium. *Revue de Physique Appliquée*, 1969, 4 (2), pp.249-250. 10.1051/rphysap:0196900402024900 . jpa-00243245

HAL Id: jpa-00243245

<https://hal.science/jpa-00243245>

Submitted on 1 Jan 1969

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.

DÉTECTION DE PHOTONEUTRONS AVEC UN SCINTILLATEUR LIQUIDE CHARGÉ AU GADOLINIUM

H. BEIL, R. BERGÈRE et A. VEYSSIÈRE,

Service des Mesures Neutroniques Fondamentales, C.E.N., Saclay.

Résumé. — Un scintillateur liquide chargé au gadolinium (0,5 % en poids) et employé récemment à Saclay comme détecteur de photoneutrons est décrit. Des efficacités de détection de neutrons ϵ de l'ordre de 85 % peuvent être atteintes. Ceci a permis de séparer les interactions $(\gamma, 3n)$ des interactions $(\gamma, 2n)$ et (γ, n) . Nous indiquons également la bonne concordance entre les résultats expérimentaux et théoriques pour les probabilités de capture des neutrons par Gd, dans la boule. Le bruit de fond total a été réduit à 6×10^{-3} coup par porte de 25 μ s.

Abstract. — The essential characteristics of a large, gadolinium loaded (0.5 % in weight), liquid scintillator for neutron detection, used in photonuclear work at Saclay, are described. Efficiencies of the order of 85 % are obtainable thus making observations of photonuclear reactions of the type $(\gamma, 3n)$ or $(\gamma, 2n)$ possible. Reasonable agreement between theoretical and experimental time histories for neutron capture inside the detector exists. Total background is reduced to 6×10^{-3} count per 25 μ s time gate.

I. Introduction. — Nous présentons ici les caractéristiques principales d'un scintillateur liquide organique de grandes dimensions, chargé au gadolinium et employé récemment à Saclay comme compteur de neutrons dans une série d'expériences photonucléaires sur les terres rares [1]. Des détecteurs semblables furent introduits essentiellement pour des mesures de $\bar{\nu}$ [2-3]. Les avantages principaux d'un tel détecteur sont d'abord sa grande efficacité de détection des neutrons ϵ et le fait que ϵ est pratiquement indépendant de l'énergie des neutrons pour $E_n \leq 5$ MeV [4]. La grande efficacité ($\epsilon \approx 85$ %) a permis de séparer les interactions $(\gamma, 3n)$ des interactions $(\gamma, 2n)$ et (γ, n) . Le désavantage principal est la sensibilité du scintillateur aux différentes sources de bruits de fond. Le principe de fonctionnement est le suivant : un neutron injecté au centre de la sphère est ralenti par choc élastique avec le liquide donnant ainsi naissance à une impulsion « prompte » due au premier proton de recul. Ensuite, le neutron est thermalisé et capturé par Gd. Les γ de capture produisent des scintillations dont la somme donne une impulsion « capture de neutrons ». Une étude théorique approfondie sur de tels détecteurs [4] est en bon accord avec nos résultats expérimentaux.

II. Appareillage et méthodes expérimentales. — La figure 1 montre le dispositif expérimental. Le blindage est conçu de façon que les neutrons parasités thermalisés puissent être absorbés dans Li. Le détecteur a été fabriqué par « Nuclear Enterprises » et contient 500 l de liquide scintillant du type NE 323 chargé au gadolinium (0,5 % en masse). La cible est placée

FIG. 1. — Dispositif expérimental : béton (lourd), 50 cm ; bois, 90 cm ; plomb et fer, 50 cm ; (FLi + araldite) autour de la boule, de 2,5 à 5 cm ; F^6Li directement dans le faisceau, 0,5 g/cm² ; paraffine autour de la boule, de 80 à 40 cm ; paraffine dans le faisceau, 18,6 g/cm² ; $\phi(\gamma)$, 4 cm ; ϕ (tuyau central de la boule), 15 cm.

au centre d'un cylindre de $\phi = 15$ cm et le faisceau de γ monochromatiques collimaté à $\phi = 4$ cm est créé par la méthode d'annihilation en vol de positons [5]. La figure 2 donne le schéma synoptique de l'électronique associée. On y remarque que le « AEM »

FIG. 2. — Schéma synoptique de l'électronique : L'analyseur d'événements multiples (A.E.M.) est un circuit logique capable de séparer et classifier les interactions photonucléaires en fonction du nombre de neutrons émis ($N = 0$ à $N = 7$).

ne peut envoyer les données (multiplicité des interactions nucléaires, bruits de fond total BF et ambiant BF_0 , etc.) dans les différentes échelles N_0 à N_7 , que par des portes électroniques à leur tour contrôlées par le temps zéro (T_0). La figure 3 montre la séquence

FIG. 3. — Représentation schématique des séquences et largeurs des portes en temps : T_0 représente le moment de démarrage d'un cycle d'enregistrement de données ; BF , bruit de fond total ; BF_0 , bruit de fond ambiant.

et les largeurs des différentes portes. Pour les mesures de ε ainsi que pour la distribution en temps de la capture des neutrons, T_0 est donné par un fragment de fission provenant d'une source de ^{252}Cf placée au centre de la boule. On peut calculer, par des méthodes de Monte-Carlo [4], que 97,5 % des neutrons détectés seront ainsi comptés dans une porte de 35 μs après les protons de recul. Pour une mesure de ε , on aura donc (fig. 3) : T_0 = fission, puis un délai de 1,6 μs suivi par la première porte dans laquelle on observera les

neutrons de fission plus $BF = BF_0$. La deuxième porte donnera BF_0 seulement. Pour les mesures photonucléaires, T_0 est donné par la fréquence de répétition (500 Hz) du linac de 45 MeV. Dans ce cas, les séquences et les intervalles de la figure 3 sont impératifs afin d'obtenir des rapports signal/bruit acceptables.

On peut écrire $BF = BF_0 + BFQ + BFT$, où BFQ est un bruit de fond, fonction du nombre et de l'énergie des charges Q^+ ou Q^- arrivant sur la cible d'annihilation et BFT un bruit de fond, fonction du courant dans le linac [6].

III. Résultats. — III.1. BRUIT DE FOND (exprimé en nombre de coups par porte de 25 μs) : $BF_0 = 4 \times 10^{-3}$; $BFT = 10^{-3}$; $BFQ = f(E_\gamma, Q^\pm)$; $BFQ = 0$ pour des énergies $E_\gamma \leq 13,3$ MeV; $BFQ \cong 10^{-3}$ pour $E_\gamma = 20$ MeV. On obtient donc $BF \cong 6 \times 10^{-3}$ pour $E_\gamma = 20$ MeV.

III.2. PROBABILITÉ DE CAPTURE DES NEUTRONS. — Pour des neutrons provenant du centre de la sphère, on peut écrire en première approximation [4] que la probabilité de capture d'un neutron par le gadolinium entre les instants T et $T + dT$ est donnée par :

$$\frac{dh(T)}{dT} dT = dT \left\{ \int_0^T \lambda^2 t e^{-\lambda t} \beta e^{-\beta(T-t)} dt \right\}$$

où β et λ sont des paramètres dépendant des caractéristiques du détecteur. Avec cette formule, nous trouvons que les probabilités de capture maximale sont à 6 μs pour 0,5 % de Gd et à 7 μs pour 0,3 % de Gd. Ces résultats, ainsi que la forme théorique de la distribution de probabilités des captures ont été vérifiés par nos mesures. La distribution de probabilité du

bruit ambiant $\left(\frac{dh(T)}{dT} dT \right)_{BF_0}$ est une constante; par contre, celle du bruit de fond accélérateur BFT suit grosso modo la forme théorique avec un maximum vers 17 μs .

III.3. EFFICACITÉ DE DÉTECTION DES NEUTRONS. — Pour un spectre de neutrons de fission de ^{252}Cf ($\bar{\nu} = 3,784$), on peut obtenir une efficacité ε de l'ordre de 85 %, mais la plupart des expériences ont été exécutées avec $\varepsilon = 60$ % afin d'obtenir un meilleur rapport : signal/bruit de fond = $100 \times 10^{-3} / 6 \times 10^{-3} \cong 16$. Le calcul montre que ε (neutrons de 1 MeV) / ε (neutrons de 5 MeV) = 98/90, le détecteur pouvant ainsi être considéré comme ayant une efficacité à peu près indépendante de l'énergie dans la gamme d'énergie où nous travaillons.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BERGÈRE (R.) et al., Nucl. Phys., 1968, A **121**, 463.
- [2] MATHER (D. S.), FIELDHOUSE (P.) et MOAT (A.), Phys. Rev., 1964, **133**, B 1403.
- [3] FRÉHAUT (J.) et al., J. Physique, 1968, **29**, C1-157.
- [4] PARKER (J. B.) et al., Nucl. Instr. Methods, 1968, **60**, 7.
- [5] MILLER (J.), SCHUHL (C.) et TZARA (C.), Nucl. Phys., 1962, **32**, 236.
- [6] VEYSSIÈRE (A.) et al. (en cours de publication).