Détecteur de neutrons rapides à réponse dépendant peu de l'énergie

J.L. Leroy, J.L. Huet, I. Szabo, C. Le Rigoleur, D. Abramson

► To cite this version:

J.L. Leroy, J.L. Huet, I. Szabo, C. Le Rigoleur, D. Abramson. Détecteur de neutrons rapides à réponse dépendant peu de l'énergie. *Revue de Physique Appliquée*, 1969, 4 (2), pp.251-252. 10.1051/rphysap:0196900402025100 . jpa-00243246

HAL Id: jpa-00243246

<https://hal.science/jpa-00243246>

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.

DÉTECTEUR DE NEUTRONS RAPIDES A RÉPONSE DÉPENDANT PEU DE L'ÉNERGIE

J. L. LEROY, J. L. HUET, I. SZABO, C. LE RIGOLEUR et D. ABRAMSON,
C.E.N., Cadarache.

Résumé. — Cet appareil, destiné à des mesures absolues de flux neutroniques, se compose essentiellement d'un bloc de polyéthylène et de deux compteurs à BF_3 . L'ensemble est entouré d'une protection, et les neutrons sont amenés au cœur du dispositif par un collimateur. On a mesuré l'efficacité du système en valeur absolue vers 0,3 MeV et vers 2,7 MeV et la forme de la courbe de réponse entre 0,1 MeV et 4 MeV.

Abstract. — This device, designed with the aim of performing absolute measurements of neutron fluxes, is basically made of polyethylene and two BF_3 counters, surrounded by a thick shield. Neutrons to be counted are fed at the center of the device by a collimator. The absolute efficiency around 0.3 MeV and 2.7 MeV has been measured as well as the shape of response curve between 0.1 and 4 MeV.

I. Description. — Le dispositif est représenté sur la figure 1. Les dimensions du canal d'entrée du collimateur sont choisies en fonction de la distance à la source de façon que les neutrons aillent jusqu'en A. Dans une telle géométrie, contrairement au long compteur habituel, les résonances du carbone n'introduisent pas d'irrégularité appréciable dans la courbe de réponse, et de plus le collimateur et la protection permettent de sélectionner d'une façon plus stricte les neutrons provenant de la source à mesurer.

II. Étude expérimentale des propriétés du système.

— II.1. CALIBRATION ABSOLUE. — On a eu recours autant que possible à des méthodes directes, faisant intervenir le moins possible de données nucléaires : *i)* entre 100 keV et 250 keV, la calibration a été réalisée par comparaison avec un scintillateur de verre au lithium dont on avait mesuré directement l'efficacité

par la méthode de la particule associée avec la réaction $\text{T}(p, n)^3\text{He}$. Le principe de cette expérience a été décrit ailleurs [1]; *ii)* dans une gamme d'énergie plus élevée, on peut aussi mettre à profit les propriétés de la réaction d, d . Le comptage absolu des particules ^3He de la réaction $\text{D}(d, n)^3\text{He}$ permettrait de déterminer le flux de neutrons, mais il est très difficile de faire ce comptage avec précision. On peut par contre compter facilement les protons et tritons de la réaction $\text{D}(d, p)\text{T}$. Entre 50 keV et 300 keV, les deux processus ont des sections efficaces comparables, et le rapport de ces grandeurs, ainsi que les distributions angulaires des deux réactions ont été mesurés avec précision, notamment par Theus *et al.* [2]. On mesure le flux de protons dans un angle solide défini, et on en déduit le flux de neutrons dans la direction du compteur à étalonner; *iii)* la méthode du bain de SO_4Mn [3] a été utilisée également. La cuve était placée dans une protection

FIG. 1.

TABLEAU I

Énergie (MeV)	0,100	0,250	0,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,300
Efficacité	0,139	0,135	0,134	0,133	0,126	0,123	0,113	0,106	0,102

analogue à celle du compteur. Un faisceau quasi parallèle de neutrons était admis au centre de la cuve par un collimateur.

II.2. VARIATION RELATIVE DE L'EFFICACITÉ EN FONCTION DE L'ÉNERGIE DES NEUTRONS. — Elle a été mesurée directement : *i)* entre 2 et 4,2 MeV, on a utilisé la propriété de symétrie de la réaction $D(d, n)^3\text{He}$. La distribution des neutrons est forcément symétrique par rapport à 90° dans le système du centre de masse, puisque le projectile et la cible sont identiques. On choisit alors des directions formant des angles supplémentaires dans le système du centre de masse et on calcule les angles qui correspondent dans le système du laboratoire ainsi que les énergies des neutrons. Le rapport des comptages à ces deux angles donne le rapport des sensibilités pour les énergies correspondantes, à condition de faire une correction pour la variation d'angle solide apparent. En combinant de telles mesures de rapport, pour différents angles et différentes énergies, on arrive à construire toute la courbe, entre 2 MeV et 4,2 MeV. La réponse du compteur varie lentement et les résonances du carbone à 2,08 MeV, et surtout celle à 2,9 MeV qui est très large, ne produisent pas de perturbation appréciable, contrairement à ce qui se passe avec les « longs compteurs » habituels; *ii)* entre 0,3 et 2 MeV, la variation de l'efficacité a été étudiée en mesurant la distribution angulaire apparente des neutrons de 2 MeV et 2,4 MeV diffusés par l'hydrogène contenu dans un morceau de polyéthylène. La distribution angulaire est isotrope dans le système du centre de masse, il s'ensuit que, dans le système du laboratoire, le flux de neutrons diffusés varie comme le cosinus de l'angle φ de déviation des neutrons, et que l'énergie des neutrons diffusés varie comme $\cos^2 \varphi$. On peut, en comparant cette loi théorique et la distribution mesurée, obtenir la variation de sensibilité du compteur en fonction de l'énergie. Pour chaque valeur de φ , on mesurait aussi la diffusion

provoquée par un échantillon de graphite, pour évaluer la contribution du carbone contenu dans le polyéthylène. Les corrections de diffusion multiple ont été calculées au moyen d'un code de Monte-Carlo approprié. Le résultat ne dépasse pas une précision globale de $\pm 10\%$. Aucune variation significative d'efficacité n'est visible dans ces conditions entre 0,3 et 2 MeV.

II.3. ÉTUDE DU BRUIT DE FOND. — Il se compose : *i)* d'un bruit de fond intrinsèque dû partiellement au rayonnement cosmique, son intensité est de 4,5 cps/mn; *ii)* d'une contribution proportionnelle à la source de neutrons à mesurer. Il s'agit essentiellement de neutrons qui traversent la protection, soit en provenant de la source, soit après une diffusion sur les parois de la salle. On mesure cette contribution en interposant devant l'entrée du collimateur une barre de métal de longueur suffisante pour que sa transmission soit négligeable. Le résultat dépend évidemment de l'énergie : à 300 keV, ce bruit de fond est de 0,2 %; à 2,7 MeV, il est de 4,5 %. En augmentant les dimensions de la cuve jusqu'à 1,20 m de côté, on obtient une amélioration assez substantielle, puisqu'à 2,7 MeV le bruit de fond tombe à 0,3 %.

II.4. RÉSULTATS DES MESURES. — L'ensemble de ces mesures permet de définir l'efficacité du système à $\pm 4\%$ près entre 0,1 MeV et 4,3 MeV. Le tableau I donne quelques valeurs de l'efficacité.

III. Étude théorique. — Un programme de Monte-Carlo très détaillé a été écrit pour calculer l'efficacité de ce système. La validité des hypothèses utilisées dans le calcul du ralentissement et de la diffusion des neutrons a été testée en comparant la distribution des neutrons thermiques calculée avec une distribution expérimentale. La dépendance en énergie d'efficacité ainsi calculée correspond à peu près avec les résultats expérimentaux, mais la valeur absolue est trop forte de 30 % environ.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] FORT (E.) et LEROY (J. L.), Conf. données nucl. microscopiques, A.I.E.A., CN 23/67, 1966.
- [2] THEUS (R. B.), MCGARRY (W. I.) et BEACH (L. A.), *Nucl. Phys.*, 1966, **80**, 273.
- [3] AXTON (E. J.), CROSS (P.) et ROBERTSON (J. C.), *J. Nucl. Energy*, A/8, 1965, **19**, 409.