Étude et réalisation d'un spectromètre “ y ” multimode

G. Haouat, J. Lachkar, J. Sigaud

► To cite this version:

G. Haouat, J. Lachkar, J. Sigaud. Étude et réalisation d'un spectromètre “ y ” multimode. Revue de Physique Appliquée, 1969, 4 (2), pp.281-284. 10.1051/rphysap:0196900402028100 . jpa-00243261

HAL Id: jpa-00243261

<https://hal.science/jpa-00243261>

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.

ÉTUDE ET RÉALISATION D'UN SPECTROMÈTRE « γ » MULTIMODE

G. HAOUAT, J. LACHKAR et J. SIGAUD,

Centre d'Études de Bruyères-le-Châtel.

Résumé. — Nous avons étudié et réalisé un spectromètre « γ » multimode, qui permet la détection séparée et simultanée des photons suivant les trois modes : absorption totale, effet photoélectrique et anti-Compton, effet de paires. Il se compose d'un détecteur central Ge(Li) et d'un cristal annulaire INa de gros volume formé de quatre secteurs optiquement isolés.

Abstract. — We have studied and designed a "multimode" gamma ray spectrometer, which permits the separate and simultaneous detection of photons according to three modes : total absorption photoelectric and anti-Compton effects, pair effect. The spectrometer consists of a central Ge(Li) detector and of a large INa annulus split in four optically separated sectors.

I. Introduction. — Nous avons étudié et réalisé un spectromètre de rayonnement γ qui, suivant la gamme d'énergie des photons incidents, peut, grâce à un

traitement approprié des informations, fonctionner simultanément : en spectromètre anti-Compton et photoélectrique dans la gamme 0,3 à 8 MeV; en

FIG. 1. — Spectromètre multimode.

spectromètre de paires au-dessus de 1,022 MeV; en spectromètre à absorption totale dans la gamme 60-300 keV.

II. Présentation de l'appareil. — **II.1. DÉTECTEUR CENTRAL.** — Le détecteur choisi est une diode coaxiale Ge(Li) de gros volume utile (31 cm^3) [1]. Il a une grande efficacité mais la zone centrale, bien qu'inerte, est le siège de phénomènes susceptibles de perturber la réponse du détecteur et d'affecter sa résolution. Nous avons vérifié sa remarquable linéarité et évalué la variation de la résolution en fonction de l'énergie ainsi que les efficacités par effet photoélectrique et effet de paires.

II.2. DÉTECTEUR ANNULAIRE. — Il est composé d'un manchon en INa(Tl) ($12'' \times 12''$) [1]. Il est divisé en quatre secteurs optiquement isolés dont chacun est vu en bout par un photomultiplicateur XP 1031 RTC choisi pour ses bonnes résolutions en temps et en énergie. D'autre part, le diamètre des photocathodes rend optimale la collection de lumière provenant de chaque secteur scintillant compte tenu des dimensions de ce dernier. Pour nous assurer que les photons détectés dans le cristal annulaire sont produits uniquement dans le Ge(Li), nous avons dû entourer l'ensemble d'une protection de fer et de plomb.

FIG. 2 a. — Spectre direct et anti-Compton de ^{232}Th .

III. Fonctionnement du spectromètre. — **III.1. EFFET PHOTOÉLECTRIQUE ET ANTI-COMPTON.** — Dans ce mode, il apparaît, au niveau des voies rapides Ge(Li) et INa, deux impulsions simultanées qui attaquent un circuit de coïncidences rapides (*fig. 1*). L'impulsion sortie de ce circuit bloque, après passage dans un circuit de coïncidences lentes qui fixe la bande d'énergie 0,3-8 MeV du détecteur central, toute information en énergie délivrée par ce dernier. Ainsi ne pourront être stockées en mémoire que les impulsions correspondant au mode photoélectrique, à l'absorption totale dans le détecteur central, aux électrons Compton dont les photons diffusés n'ont pas été détectés dans l'anneau, aux γ rétrodiffusés sur le support de la diode ou sur la zone p de celle-ci. La qualité du spectromètre en anti-Compton est définie par le coefficient d'atténuation du spectre Compton. Celui-ci dépend de l'efficacité de détection par l'anneau des photons diffusés, donc du choix du scintillateur et de la géométrie de l'ensemble détecteur central-anneau. Nous avons déterminé le facteur d'atténuation pour diverses valeurs E_γ des photons incidents et diverses positions du détecteur central par rapport à l'anneau.

III.2. EFFET DE PAIRES. — Lorsque deux photons de 511 keV sont détectés par deux photomultiplicateurs opposés (*fig. 1*), on opère une coïncidence rapide triple entre les impulsions délivrées par ces derniers et l'impulsion de sortie de la diode. Pour réduire le nombre de coïncidences fortuites, l'impulsion résultante est mise en coïncidence lente avec l'information en énergie des quatre photomultiplicateurs sommés lorsque celle-ci correspond à 1,022 MeV dans la limite de résolution du détecteur annulaire. Du fait du volume important occupé par la diode et son capot protecteur, nous avons été conduits, pour une détection plus efficace en effet de paires, à mélanger les impulsions rapides de deux photomultiplicateurs voisins et à considérer de ce fait le cristal INa comme formé de deux demi-cylindres.

III.3. ABSORPTION TOTALE. — Le photon incident d'énergie inférieure à 300 keV peut être traité dans le mode absorption totale (*fig. 1*) où l'énergie de l'électron Compton et celle du photon diffusé sont sommées et l'impulsion résultante enregistrée.

III.4. FONCTIONNEMENT SIMULTANÉ DES DIFFÉRENTS MODES. — Les informations en énergie provenant soit du détecteur central seul, soit de l'ensemble détecteur central-détecteur annulaire (absorption totale) sont, après passage dans un convertisseur analogique digital, classées en mémoire dans les registres correspondant aux diverses fonctions du spectromètre (*fig. 1*). En mode anti-Compton, l'impulsion d'aiguillage est, à un retard près, celle délivrée par le sélecteur à un canal qui définit la bande 0,3-8 MeV propre à ce mode de fonctionnement. Lors d'une création de paire, les circuits de coïncidences rapides double et triple délivrent simultanément une information : il est donc

nécessaire dans ce cas d'éliminer la coïncidence double : ceci est réalisé par un jeu d'anti-coïncidences au niveau des coïncidences lentes et des circuits d'aiguillage. Les impulsions relatives aux photons d'énergie inférieure à 300 keV sont aiguillées à l'aide du signal de coïncidence lente traduisant que le photon incident a subi une diffusion Compton et que l'électron a une énergie inférieure à 300 keV. Un dispositif d'aiguillage annexe permet, le cas échéant, l'enregistrement des impulsions délivrées par la diode Ge(Li) uniquement.

IV. Résultats et discussions. — Nous avons enregistré les spectres anti-Compton et direct pour les sources ^{137}Cs et ^{232}Th (*fig. 2 a*) et $^{16}\text{O}^*$ de la réaction $^{19}\text{F}(\text{p}, \alpha\gamma)$. Les valeurs d'atténuation du continuum Compton sont respectivement 8, 6,5 et 3. On peut remarquer sur ces spectres qu'une partie du front Compton persiste. Celui-ci, en effet, correspond à des photons émis vers l'arrière. Il est apparu, d'autre part, que les spectres d'atténuation sont d'autant meilleurs que le taux de comptage est plus faible. Dans le cas de ^{232}Th (*fig. 2 b*) et de $^{16}\text{O}^*$, nous avons mesuré le rapport des surfaces du pic de double fuite dans les modes effet de paires et direct en enregistrement simultané : pour la raie 6,14 MeV de $^{16}\text{O}^*$, ce rapport est 0,84, et pour la raie 2,614 MeV de ^{232}Th , il est 0,81 (valeurs à rapprocher de celle calculée théoriquement, 0,85). Au-delà de 7 MeV environ, les électrons de la paire ont un parcours supérieur à l'épaisseur de la zone intrinsèque; c'est pourquoi aux énergies élevées l'efficacité en effet de paires du spectromètre devient moins bonne.

FIG. 2 b. — Spectre direct et effet de paires de ^{232}Th .

V. **Conclusion.** — Les spectres enregistrés et les résultats obtenus montrent que le spectromètre décrit est bien adapté à l'étude des transitions γ complexes. Les caractéristiques de cet appareil sont au moins aussi bonnes que celles d'appareils du même type, publiées dans la littérature [2], [3]; son fonctionnement en

modes simultanés permet un traitement sûr des informations recueillies. En spectrométrie anti-Compton, la présence du « traînage » dans la réponse de la diode à un photon monocinétique lié à la zone P non active de cette dernière ne permet pas de chiffrer exactement le rapport d'atténuation du continuum Compton.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Constructeurs : Ge(Li) + Électronique : SAIP —
INa(Tl) : Quartz et Silice.
 - [2] ALLEN *et al.*, *Nucl. Instr. Methods*, 1967, **53**, 61.
 - [3] WILLIAMS et MORGAN, *Nucl. Instr. Methods*, 1966,
45, 313.
-