

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 08.07.91.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la demande : 15.01.93 Bulletin 93/02.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE Etablissement de Caractère Scientifique, Technique et Industriel — FR.

72 Inventeur(s) : Daniel Georges, Marienbach Edouard et Szabo Jean-Louis.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : Brevatome.

54 Procédé et appareil de détection simultanée et sélective de neutrons et de photons X ou gamma.

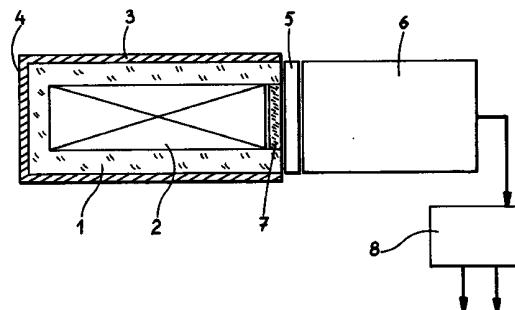
57 Appareil de détection simultanée et sélective de neutrons et de photons X ou gamma caractérisé en ce qu'il comporte:

- un détecteur proprement dit comprenant un scintillateur X ou gamma (2) logé dans un fourreau extérieur en verre dopé au ⁶Li servant de scintillateur (1) sensible aux neutrons et de protection, vis-à-vis de ces mêmes neutrons, du scintillateur X ou gamma;

- un réflecteur (3) lumineux de faible épaisseur, transparent aux neutrons et aux photons X ou gamma, recouvrant le scintillateur en verre dopé au ⁶Li et dont la surface réfléchissante est tournée vers ce dernier,

- un photomultiplicateur (6) situé à la sortie du scintillateur X ou gamma;

- une chaîne de mesure spectrométrique (8) à deux canaux située à la sortie du photomultiplicateur et comptabilisant séparément dans chaque canal, respectivement les scintillations dues aux neutrons et les scintillations dues aux photons X ou gamma.



FR 2 679 042 - A1



**PROCEDE ET APPAREIL DE DETECTION SIMULTANEE
ET SELECTIVE DE NEUTRONS ET DE PHOTONS X OU GAMMA**

L'invention se rapporte au domaine de la détection simultanée et sélective de flux de neutrons et de photons X ou gamma, en particulier pour la diagraphie nucléaire et les mesures de taux de combustion sur les assemblages combustibles irradiés.

La détection de neutrons en présence d'un flux important de photons gamma a toujours été difficile. L'un des procédés utilisés dans l'art antérieur consiste à employer des détecteurs tels que compteurs proportionnels au $^{10}\text{BF}_3$, ^3He , intrinsèquement perturbés par de forts débits de doses X ou gamma, et à les entourer d'un blindage efficace vis-à-vis de ces rayonnements. Un autre procédé consiste à utiliser des chambres à fission insensibles à ces rayonnements mais dont l'efficacité pour les neutrons est faible.

Il est souvent nécessaire de détecter simultanément les émissions de neutrons et de photons X ou gamma issues d'une source de radiations. Ceci est généralement accompli dans l'art antérieur en utilisant deux détecteurs, l'un pour les neutrons, l'autre pour les photons X ou gamma.

L'art antérieur dans ce domaine peut être illustré par exemple par les documents FR-A-2 317 668 ou DE-A-1 564 271. Dans ces deux documents il est question d'un appareillage qui utilise effectivement deux détecteurs l'un pour les neutrons et l'autre pour les photons, engendrant l'un et l'autre des photons visibles par scintillation, ces deux détecteurs étant associés à un même photomultiplicateur. Tout le problème de cette détection sélective consiste par conséquent à mettre en oeuvre les moyens qui permettent, parmi les

scintillations pris en compte par le photomultiplicateur, d'obtenir une sélection de celles qui sont dues aux neutrons et de celles qui sont dues aux photons X ou gamma. Dans l'art antérieur, la
5 sélection des scintillations relatives respectivement à ces deux catégories de rayonnement est effectué à la sortie du scintillateur par un traitement du signal utilisant les caractéristiques particulières et distinctives de ces mêmes scintillations selon
10 qu'elles sont dues aux neutrons ou aux photons. Pour l'essentiel, cette discrimination est réalisée soit sur le temps de montée des impulsions (dans le document FR-A-2 317 668), soit sur les différences de temps de décroissance des impulsions émises par les deux
15 scintillateurs (cas du document DE-A-1 564 271). Dans un cas comme dans l'autre, cette phase de traitement du signal conduit à une électronique spectrométrique complexe et à un matériel coûteux.

La présente invention a précisément pour
20 objet un procédé et un appareil de détection simultanée et sélective de neutrons et de photons X ou gamma permettant à l'aide de moyens dont la mise en oeuvre est simple, de séparer complètement les deux types de scintillation en utilisant une seule chaîne de
25 mesure spectrométrique à deux canaux d'énergie dont chacun correspond à l'un des deux types de scintillation à séparer.

Le procédé de détection simultanée et sélective de neutrons et de photons X ou gamma à l'aide
30 d'un détecteur comportant deux scintillateurs, l'un sensible aux neutrons et l'autre sensible aux photons X ou gamma, et associé à un appareil du genre photomultiplicateur, se caractérise en ce que les caractéristiques physiques des deux scintillateurs et/ou
35 d'un éventuel convertisseur de longueur d'onde placé

entre les scintillateurs et l'appareil photomultiplie-
cateur, sont choisies pour que les scintillations
dues aux neutrons et les scintillations dues aux pho-
tons X ou gamma se situent dans des bandes de longueurs
5 d'onde nettement séparées d'une part l'une de l'autre
et, d'autre part du bruit de fond électronique de
l'appareil.

Comme on le voit, l'invention porte donc
essentiellement au stade du procédé sur les moyens
10 de séparation en deux bandes de longueurs d'onde net-
tement distinctes des scintillations relatives à chacun
des deux types de rayonnement étudiés. Le demandeur
a ainsi mis en évidence que par un choix judicieux
des matériaux scintillateurs et/ou l'emploi d'un éven-
15 tuel convertisseur de longueurs d'onde, il était pos-
sible de localiser précisément et dans deux bandes
d'énergie séparées l'une de l'autre et du bruit de
fond, les scintillations dues aux photons et les
scintillations dues aux neutrons.

20 Selon les cas, cette séparation peut
être obtenue simplement par le choix des scintillateurs
en présence ; dans d'autres cas, le recours à un
convertisseur de longueur d'onde est nécessaire. Dans
cette dernière hypothèse, le convertisseur de longueur
25 d'onde est accordé sur la bande des longueurs d'onde
moyennes des scintillations lumineuses du scintillateur
sensible aux photons pour la convertir en une bande
similaire dans un domaine de longueur d'onde nettement
séparé de la bande d'émission du scintillateur sensible
30 aux neutrons et du bruit de fond électronique de l'ap-
pareil. L'avantage considérable qui résulte de la
mise en oeuvre du procédé, objet de l'invention, réside
dans le fait que les deux canaux de scintillation
étant identifiés et nettement séparés, la chaîne élec-
35 tronique de mesure peut être grandement simplifiée

et constituée par un matériel électronique standard d'un coût peu élevé.

La présente invention a également pour objet un appareil de détection simultanée et sélective de neutrons et de photons X ou gamma, caractérisé en ce qu'il comporte :

- 10 - un détecteur proprement dit comprenant un scintillateur sensible aux photons X ou gamma logé dans un fourreau extérieur en verre dopé au ^6Li servant de scintillateur sensible aux neutrons et de protection, vis-à-vis de ces mêmes neutrons, du scintillateur X ou gamma ;
- 15 - un réflecteur lumineux de faible épaisseur, transparent aux neutrons et aux photons X ou gamma, recouvrant le scintillateur en verre dopé au ^6Li et dont la surface réfléchissante est tournée vers ce dernier ;
- 20 - une enceinte de confinement optique recouvrant le réflecteur lumineux et assurant l'étanchéité de l'ensemble du détecteur vis-à-vis de l'extérieur ;
- 25 - un dispositif photomultiplicateur situé à la sortie des deux scintillateurs et associé à ceux-ci au travers d'un coupleur optique ;
- 30 - une chaîne de mesure spectrométrique à deux canaux située à la sortie du dispositif photomultiplicateur et effectuant séparément dans chaque canal le comptage respectivement des scintillations dues aux neutrons et des scintillations dues aux photons X ou gamma.

Selon une caractéristique également importante de la présente invention, le scintillateur de photons X ou gamma utilise une matière scintillante choisie dans le groupe comprenant le germanate de bismuth (BGO), l'iodure de césium (CsI), le fluorure

de césium (CsF), l'iodure de sodium (NaI) et l'orthosilicate de gadolinium (GSO).

Selon l'invention, les neutrons thermiques sont détectés par l'intermédiaire de la réaction (n, alpha) du lithium 6. La particule alpha et le triton issus de la réaction sont émis dans des directions opposées avec des énergies de 2,05 MeV et 2,74 MeV, respectivement. Du fait que le libre parcours moyen des neutrons thermiques est généralement de l'ordre du millimètre pour le verre, on peut obtenir des rendements de détection des neutrons très élevés avec des épaisseurs de verre relativement faibles. D'autre part, on obtient une très bonne protection du scintillateur X ou gamma grâce à l'absence de photons gamma de capture dans l'interaction neutrons/lithium 6.

Les photons X ou gamma sont détectés au moyen d'un scintillateur tel que mentionné ci-dessus dont les dimensions sont calculées en fonction des énergies des photons X ou gamma incidents et des coefficients massiques d'absorption du scintillateur afin d'obtenir le meilleur rendement possible.

Il est important de noter que le fourreau de verre dopé au lithium 6 qui sert de scintillateur pour la détection des neutrons thermiques a une double fonction en ce sens qu'il assure en même temps la protection du scintillateur interne de photons X ou gamma vis-à-vis des neutrons.

Selon une caractéristique également importante de l'invention, l'appareil de détection comporte entre les scintillateurs et le coupleur optique un convertisseur de longueur d'onde accordé sur la bande des scintillations dues aux photons X ou gamma et transférant cette bande dans un domaine de longueurs d'onde nettement séparé de la bande des scintillations dues aux neutrons ainsi que du bruit de fond, créant

ainsi les deux canaux séparés dans lesquels travaille la chaîne de mesure spectrométrique.

Comme on l'a déjà expliqué précédemment, ce moyen de l'invention est facultatif et l'on y recourt pour assurer une bonne séparation des canaux de lecture entre eux et vis-à-vis du bruit de fond, seulement dans le cas où cette séparation n'est pas obtenue de façon satisfaisante par le choix approprié des matériaux scintillants et des caractéristiques physiques des deux scintillateurs.

Enfin, selon l'invention, l'appareil photomultiplicateur peut être soit un photomultiplicateur au sens habituel du terme, soit encore une photodiode.

De toute façon, l'invention sera mieux comprise en se référant à la description qui suit d'un exemple de mise en oeuvre, exemple qui sera décrit à titre illustratif et non limitatif en se référant aux figures 1 et 2 sur lesquelles :

- la figure 1 est un schéma en coupe selon l'axe de l'appareil de détection, objet de l'invention ;

- la figure 2 est un dessin du spectre d'amplitude des scintillations dues aux neutrons et aux photons gamma montrant la disposition respective des différents pics.

Sur la figure 1 on a représenté en 1 le premier scintillateur en verre dopé au lithium 6 qui occupe sensiblement la forme d'un fourreau à l'intérieur duquel se trouve situé le deuxième scintillateur 2 spécialisé dans la détection des photons X ou gamma. Comme on l'a déjà indiqué, cette disposition particulière permet la protection du scintillateur 2 contre les neutrons en provenance de l'extérieur. L'ensemble des deux scintillateurs

1 et 2 est enfermé dans une enveloppe réflectrice 3 dont la partie réfléchissante est tournée vers les scintillateurs 1 et 2 de façon à éviter toute perte d'énergie lumineuse par fuite vers l'extérieur. Enfin, l'enveloppe réflectrice 3 est à son tour enfermée dans une enceinte 4 de confinement mécanique et optique qui assure l'étanchéité de l'ensemble vis-à-vis de l'extérieur.

Sur cette figure 1, on voit également un coupleur optique 5 qui assure la bonne transmission des scintillations lumineuses vers le photomultiplicateur 6.

Dans l'exemple décrit sur la figure 1, l'appareil de détection est complété par un convertisseur de longueur d'onde 7 ; ce convertisseur 7 comme on l'a expliqué précédemment, permet de réaliser une distribution des pics de scintillation dans des canaux d'énergie prévus à l'avance ainsi qu'on l'expliquera en se référant à la figure 2 suivante.

Enfin, à la sortie du photomultiplicateur 6 se trouve une chaîne de mesure spectrométrique 8 à deux canaux préréglés une fois pour toutes sur les deux bandes d'énergie ou de longueur d'onde dans lesquelles l'appareil restitue les informations de comptage des scintillations.

Bien entendu, la situation imbriquée des deux scintillateurs 1 et 2 sensibles respectivement aux neutrons et aux photons X et gamma implique que le matériau composant le scintillateur 2 puisse également servir de guide de lumière pour la transmission des informations lumineuses en provenance des scintillations qui interviennent dans le scintillateur 1.

Sur la figure 2, on a représenté les spectres d'amplitude des scintillations dues aux neutrons (en trait plein) et aux photons X et gamma (en

trait pointillé). Le nombre d'impulsions comptées est représenté en ordonnée et l'énergie en abscisse.

Le spectre dû aux neutrons possède un pic 9 que l'on ne cherche pas à modifier. En revanche
5 par un choix adéquat des matériaux scintillants d'une part et/ou le cas échéant d'un convertisseur de longueur d'onde d'autre part, on peut obtenir que le pic des scintillations dues aux photons X ou gamma soit situé, soit en 10, soit en 11, c'est-à-dire dans
10 un canal d'énergie ou de longueur d'onde nettement différencié de celui du pic dû aux neutrons. Il est alors clair qu'il suffit d'une chaîne spectrométrique à deux canaux pour effectuer le comptage du nombre des scintillations dues à chaque type de rayonnement.
15 De plus, ceci peut être réalisé à l'aide d'un matériel standard préréglé une fois pour toutes et beaucoup plus simple et moins coûteux que les dispositifs de traitement du signal qu'on utilisait dans l'art antérieur pour faire la sélection entre les deux origines
20 des scintillations simultanées.

Un appareil de détection conforme à l'invention trouve un grand nombre d'applications possibles telles que par exemple les mesures simultanées qui font intervenir des interactions avec la matière,
25 des neutrons et des photons dans le domaine industriel, géologique et minier (jauges de densité/humidité, grammage/humidité, épaisseur/humidité, diagraphies neutrons et/ou gamma), la surveillance des mouvements des assemblages de combustible irradié dans les usines
30 de retraitement, la mesure du taux de combustion des assemblages irradiés et d'une manière générale toute mesure dans laquelle des neutrons et des photons sont associés avec un besoin de comptabilisation séparée.

REVENDICATIONS

1. Procédé de détection simultanée et sélective de neutrons et de photons X ou gamma à l'aide d'un détecteur comportant deux scintillateurs, l'un
5 sensible aux neutrons et l'autre sensible aux photons X ou gamma, et associé à un appareil du genre photomultiplicateur (6), caractérisé en ce que les caractéristiques physiques des deux scintillateurs (1,2) et/ou d'un éventuel convertisseur (7) de longueur
10 d'onde placé entre les scintillateurs et l'appareil photomultiplicateur, sont choisies pour que les scintillations dues aux neutrons et les scintillations dues aux photons X ou gamma se situent dans des bandes de longueurs d'onde nettement séparées d'une part
15 l'une de l'autre et, d'autre part du bruit de fond électronique de l'appareil.

2. Procédé de détection selon la revendication 1, caractérisé en ce que le convertisseur de longueur d'onde (7) est accordé sur la bande des longueurs d'onde moyennes des scintillations lumineuses
20 du scintillateur sensible aux photons pour la convertir en une bande similaire dans un domaine de longueur d'onde nettement séparé de la bande d'émission du scintillateur sensible aux neutrons et du bruit de
25 fond électronique de l'appareil.

3. Appareil de détection simultanée et sélective de neutrons et de photons X ou gamma selon le procédé des revendications 1 ou 2 précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte :

30 - un détecteur proprement dit comprenant un scintillateur sensible aux photons X ou gamma (2) logé dans un fourreau extérieur en verre dopé au ^6Li servant de scintillateur (1) sensible aux neutrons et de protection, vis-à-vis de ces mêmes neutrons,
35 du scintillateur X ou gamma ;

- 5 - un réflecteur (3) lumineux de faible épaisseur, transparent aux neutrons et aux photons X ou gamma, recouvrant le scintillateur en verre dopé au ^6Li et dont la surface réfléchissante est tournée vers ce dernier ;
- une enceinte de confinement optique (4) recouvrant le réflecteur lumineux et assurant l'étanchéité de l'ensemble du détecteur vis-à-vis de l'extérieur ;
- 10 - un dispositif photomultiplicateur (6) situé à la sortie des deux scintillateurs (1,2) et associé à ceux-ci au travers d'un coupleur optique (5) ;
- une chaîne de mesure spectrométrique (8) à deux canaux située à la sortie du dispositif photo-
- 15 - multiplicateur (6) et effectuant séparément dans chaque canal le comptage respectivement des scintillations dues aux neutrons et des scintillations dues aux photons X ou gamma.

4. Appareil de détection selon la revendication 3, caractérisé en ce que le scintillateur de photons X ou gamma utilise une matière scintillante choisie dans le groupe comprenant le germanate de bismuth (BGO), l'iodure de césium (CsI), le fluorure de césium (CsF), l'iodure de sodium (NaI) et l'orthosilicate de gadolinium (GSO).

5. Appareil de détection selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisé par la présence, entre les scintillateurs et le coupleur optique, d'un convertisseur de longueur d'onde (7), accordé sur la bande des scintillations dues aux photons X ou gamma et transférant cette bande dans un domaine de longueurs d'onde nettement séparé de la bande des scintillations dues aux neutrons ainsi que du bruit de fond, créant ainsi les deux canaux séparés dans lesquels travaille la chaîne de mesure spectrométrique.

6. Appareil de détection selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que l'appareil photomultiplicateur est une photodiode.

FIG. 1

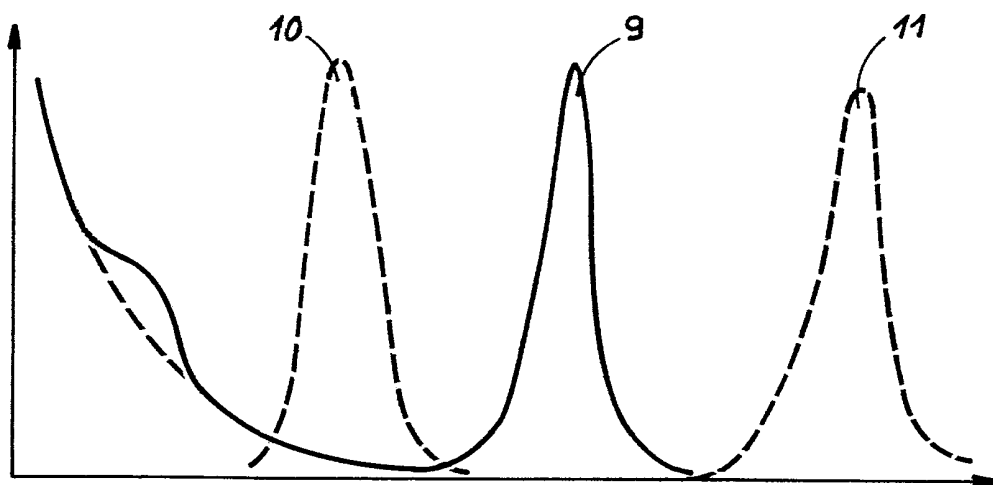
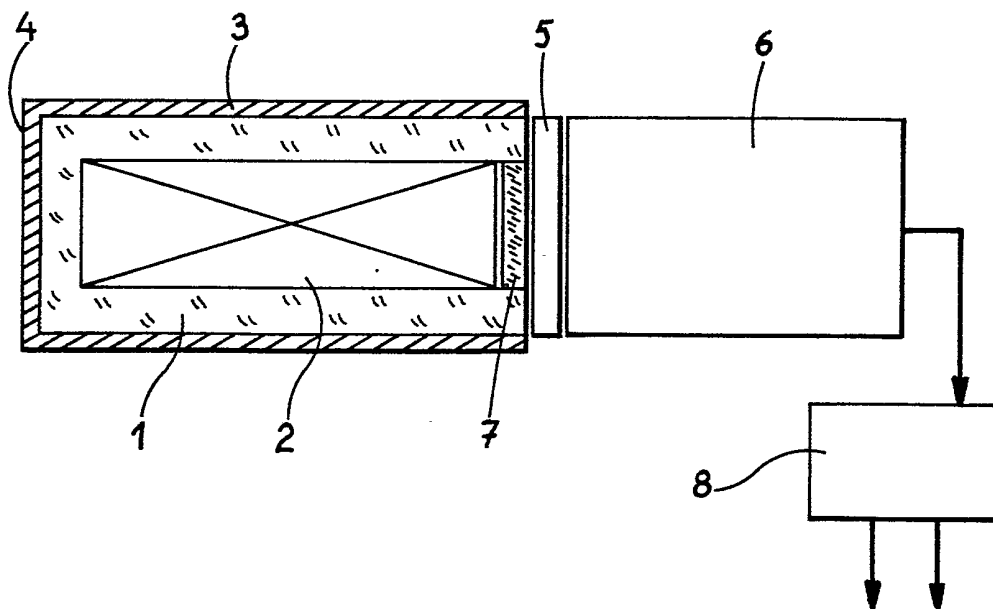


FIG. 2

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FR 9108542
FA 464861

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	US-A-2 994 769 (SUN et al.) * Colonne 2, lignes 57-66; colonne 2, ligne 67 - colonne 3, ligne 18; colonne 4, lignes 11-15,18-32,63-66; figures *	1,2
A	---	3,5
Y	US-H- 590 (CHILES et al.) * Abrégé; colonne 1, ligne 65 - colonne 2, ligne 4; colonne 2, ligne 58 - colonne 3, ligne 13; colonne 3, lignes 19-21; figures *	1,2
A	---	3,5
A	US-A-3 566 118 (PETERS) * Abrégé; colonne 1, ligne 50 - colonne 2, ligne 30; fig. *	1,3
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		G 01 T
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
10-04-1992		DATTA S.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

EPO FORM 1503 03.82 (P0413)