(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 982 992**

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **11 60623**

(51) Int Cl[8] : ***G 21 K 4/00*** *(2013.01)*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 22.11.11.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 24.05.13 Bulletin 13/21.

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

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** SIMON ERIC.

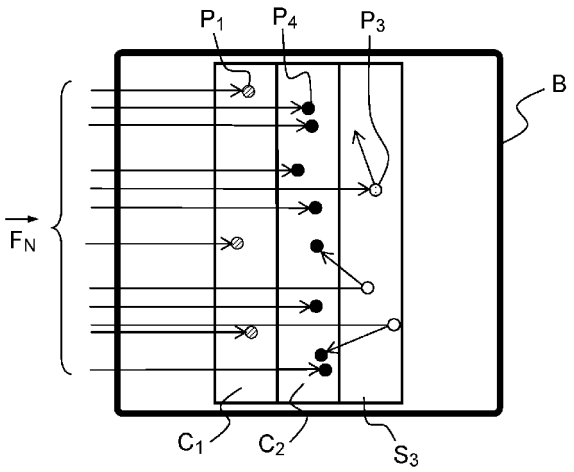
(73) **Titulaire(s) :** COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES.

(74) **Mandataire(s) :** MARKS & CLERK FRANCE Société en nom collectif.

(54) DISPOSITIF DESTINE A DE L'IMAGERIE NEUTRONIQUE EN MILIEU IMMERGE ET PROCEDE D'IMAGERIE UTILISANT LEDIT DISPOSITIF.

(57) L'invention a pour objet un dispositif destiné à être utilisé pour réaliser de l'imagerie neutronique en immersion dans un milieu contenant des espèces à analyser, caractérisé en ce qu'il comprend un premier convertisseur comprenant un premier matériau capable de convertir un rayonnement de neutrons thermiques en rayonnement bêta rémanent et un second convertisseur comprenant un second matériau capable de convertir un rayonnement bêta rémanent en rayonnement lumineux, ledit second convertisseur étant en contact avec ledit premier convertisseur.

L'invention a aussi pour objet un procédé d'imagerie neutronique en milieu immergé et utilisant ledit dispositif.



FR 2 982 992 - A1

Dispositif destiné à de l'imagerie neutronique en milieu immergé et procédé d'imagerie utilisant ledit dispositif.

Le domaine de l'invention est celui du contrôle non destructif d'objets irradiants et utilisant l'imagerie neutronographique.

La neutronographie est une technique de contrôle non destructif analogue dans son principe à la radiographie aux rayons X. Un faisceau de neutrons mis en forme à partir d'une source est utilisé pour fournir une image par transparence de l'objet examiné.

Une installation classique de neutronographie peut être schématisée par la figure 1 qui met en évidence : une source de neutrons S_N placée dans un milieu modérateur, destiné à abaisser l'énergie des neutrons qui sont produits. A une distance calculée de cette source est disposée la fenêtre d'entrée d'un collimateur C qui met en forme le faisceau. Sur cette figure, on a représenté un collimateur de forme divergente. Le collimateur est équipé d'un filtre F en matériau devant faire barrage au rayonnement gamma pouvant accompagner l'émission neutronique. Le collimateur comporte des parois internes absorbant les neutrons et un gaz de remplissage transparent aux neutrons. A la sortie du collimateur, les neutrons interagissent avec l'objet en examen Ob, ceux qui sont transmis à travers celui-ci sont absorbés par un détecteur D_{ect} pour former l'image. L'utilisation d'un élément modérateur est en effet nécessaire dans la mesure généralement où les sources neutroniques émettent un spectre de neutrons rapides qui est très rarement adapté pour faire de l'imagerie. Il convient alors de ralentir les neutrons dans un milieu appelé modérateur entourant la source rapide. Ce procédé entraîne malheureusement des pertes considérables d'intensité car le modérateur n'est pas totalement transparent aux neutrons et des captures parasites s'y produisent toujours. Dans le modérateur, les neutrons sont ralentis par chocs successifs accompagnés de transferts d'énergie aux atomes du milieu.

L'objet ainsi analysé et traversé par un flux neutronique génère une image qui lui est propre. En effet, l'interaction des neutrons dans la matière se caractérise par des phénomènes de diffusion et d'absorption. Les neutrons ont en particulier la capacité de détecter des atomes d'hydrogène

dans des milieux à travers des structures métalliques, l'analyse peut être menée par l'atténuation spatiale et temporelle du faisceau de neutrons.

Les réacteurs nucléaires de recherche, producteurs de flux neutroniques très importants sont les installations les mieux placées pour produire des neutronographies de très bonne qualité. De fait, ils occupent une très grande place parmi les installations ayant une vocation de contrôle non destructif de production.

Les neutrons étant des particules indirectement ionisantes, leur détection directe est assez difficile. Pour pallier ce handicap, on utilise au niveau du détecteur, un matériau à très haute section efficace (probabilité d'interaction) de capture neutronique pour avoir un bon rendement, cette capture s'accompagnant d'une émission secondaire de particules ionisantes pouvant exciter les détecteurs traditionnels : films photographiques, scintillateurs (matériau qui émet de la lumière suite à l'interaction d'un rayonnement ionisant (photon ou particule chargée). En effet la lumière de scintillation est produite non seulement par absorption mais aussi par d'autres types d'interactions de rayonnements ionisants comme la diffusion, par exemple

Dans le domaine nucléaire, deux types d'installations de neutronographie existent : la neutronographie en piscine réacteur, dans laquelle le système d'imagerie est installé au plus près du cœur du réacteur au sein même de la piscine (le système est immergé, c'est le cas par exemple du système de neutronographie d'OSIRIS en France ou du HFR à Petten aux Pays-Bas) et la neutronographie hors réacteur, dans laquelle le faisceau de neutrons est extrait du réacteur pour former un faisceau sortant de la piscine réacteur (système de neutronographie de ORPHEE par exemple).

OSIRIS est un réacteur expérimental d'une puissance thermique de 70 mégawatts. C'est un réacteur de type piscine à eau légère et à coeur ouvert dont le but principal est d'effectuer des essais et d'irradier sous haut flux de neutrons des éléments combustibles et des matériaux de structure des centrales électronucléaires de puissance ainsi que de produire des radioéléments.

Dans le cas de l'examen de combustibles irradiés, le système neutronographique adapté est une neutronographie immergée, pour des raisons évidentes liées au caractère irradiant de l'objet examiné.

La contrainte forte associée à ce type d'imagerie neutronographique immergée en piscine réacteur d'objets fortement irradiants est liée au type de détecteur utilisé pour former l'image neutronographique. Du fait de l'environnement radiatif, ce dernier doit être insensible au rayonnement gamma pour ne conserver que le signal utile (interactions des neutrons thermiques). Actuellement, le dispositif utilisé dans le cadre d'OSIRIS et ce pour réaliser l'analyse de neutronographie et mise en place sur le fond de la piscine est constitué de trois parties principales :

- un collimateur pyramidal dont le sommet est légèrement tronqué où on trouve une plaque d'alliage d'aluminium constituant la plage d'entrée des neutrons ;
- à l'arrière du collimateur, se trouve la chambre qui accueille l'objet à examiner ;
- le support situé à l'arrière de la chambre reçoit une cassette métallique contenant un convertisseur capable de convertir un flux neutronique en rayonnement β. La cassette assure une fonction de caisson d'isolement vis-à-vis du convertisseur de neutrons destiné à être immergé au cours de la phase d'irradiation.

L'ensemble est mobile et peut avancer ou reculer vers le coeur du réacteur. La technique est dite de transfert car l'image radiographique est obtenue à la suite de deux séquences consécutives :

- l'irradiation du convertisseur ;
- l'exposition d'un film photographique après transfert de la cassette hors de la piscine pour imager l'activité de rayonnement β du convertisseur.

Cette méthode permettant de ne conserver que le signal neutronique est ainsi fondée sur une production de l'image en deux temps, après un transfert d'une partie du système hors piscine réacteur : un convertisseur activable est exposé au flux neutronique en aval de l'objet inspecté, puis ce convertisseur est transféré hors piscine pour imager son activité (activité bêta), ce qui fournit une image en transmission de l'absorption neutronique de l'objet inspecté. Elle présente les avantages de pouvoir contrôler un objet directement au voisinage du coeur sans le sortir de la piscine et de pouvoir imager des objets hautement radioactifs car le film photographique n'est jamais au voisinage de ceux-ci. Ainsi les crayons combustibles irradiés dans

un dispositif expérimental OSIRIS peuvent subir une neutronographie avant et après irradiation ce qui permet de voir les modifications de l'état du combustible et l'effet de l'irradiation.

Néanmoins, les systèmes permettant la production d'images neutronographiques dans ces conditions, nécessitent l'emploi d'un système transférable hors piscine réacteur de type cassette d'irradiation constituée en alliage d'aluminium ou autre matériau métallique (activable). L'activation de cette cassette impose des contraintes fortes sur le processus de mesure (retour d'expérience OSIRIS) : délais de manipulation, dosimétrie pour l'opérateur.

En outre, les méthodes de neutronographie par transfert actuellement utilisées, imposent l'application d'un convertisseur primaire de neutrons en rayonnement bêta rémanent, sur un second système permettant de produire l'image (film radiographique ou écran radio luminescent à mémoire), impliquant la nécessité d'une mise en contact la plus parfaite possible entre les deux éléments afin d'optimiser la résolution de l'image (utilisation d'une boîte à vide, ...) et de nombreuses manipulations de l'opérateur.

C'est pourquoi et dans un contexte plus général de contrôle par des moyens non destructifs d'objets irradiants et utilisant l'imagerie neutronographique, la présente invention a pour objet un nouveau type de dispositif destiné à être immergé pour réaliser des opérations de contrôle non destructif par une imagerie neutronique perfectionnée d'espèces et notamment de combustibles nucléaires irradiés.

La présente invention peut avantageusement concerner la neutronographie immergée en piscine réacteur (visant notamment une application au futur système de neutronographie du réacteur RJH) en proposant un dispositif permettant l'obtention d'une image neutronographique de haute résolution, dans un milieu à haut flux neutronique et haut flux gamma, en piscine réacteur, et ce par un système transférable hors piscine, en garantissant une activation minimale des structures associées pour assurer la meilleure radioprotection de l'opérateur manipulant ledit système d'imagerie transféré.

Plus précisément la présente invention a pour objet un dispositif destiné à être utilisé pour réaliser de l'imagerie neutronique en immersion

dans un milieu contenant des espèces à analyser, caractérisé en ce qu'il comprend un premier convertisseur comprenant un premier matériau capable de convertir un rayonnement de neutrons en rayonnement bêta rémanent et un second convertisseur comprenant un second matériau capable de convertir un rayonnement bêta rémanent en rayonnement lumineux, ledit second convertisseur étant en contact permanent avec ledit premier convertisseur.

Selon une variante de l'invention, ledit dispositif comprend en outre un support comprenant des espèces hydrogénées sur lequel sont positionnés lesdits premier et second convertisseurs, ledit support étant transparent audit rayonnement lumineux.

Selon une variante de l'invention, le premier matériau comprend du dysprosium.

Selon une variante de l'invention, ledit second convertisseur comprend un matériau scintillateur qui est un composé à base de gadolinium pouvant être de type Gd_2O_2S (Tb) (pouvant être dopé avec du terbium).

Selon une variante de l'invention, le matériau scintillateur est mélangé à un liant organique.

Selon une variante de l'invention, l'épaisseur du premier convertisseur est de l'ordre d'une centaine de microns.

Selon une variante de l'invention, l'épaisseur du second convertisseur est de l'ordre d'une dizaine de microns.

Selon une variante de l'invention, le support transparent comprenant des espèces hydrogénées est de type polymétacrylate de méthyle, pouvant avoir une épaisseur de l'ordre de quelques millimètres.

L'invention a aussi pour objet un système étanche comprenant un caisson étanche audit milieu, incorporant le dispositif selon l'invention.

Selon une variante de l'invention, le caisson est en matériau faiblement activable par un flux neutronique, pouvant être un alliage d'aluminium.

L'invention a encore pour objet un procédé d'imagerie neutronique en milieu immergé et utilisant le système étanche de l'invention caractérisé en ce qu'elle comprend les étapes suivantes :

- l'immersion dudit système étanche dans un milieu liquide comprenant des espèces à analyser ; ;

- l'irradiation dudit système par un flux de neutrons ;
- le retrait dudit système dudit milieu liquide ;
- le retrait dudit caisson étanche ;
- l'enregistrement de la scintillation générée par le second convertisseur.

Avantageusement, l'objet à analyser ne se trouve pas lui-même directement dans le milieu liquide qui peut-être de l'eau, il est introduit dans une chambre, située entre le bout d'un collimateur et la cassette d'irradiation. Cette chambre est remplie d'air comprimé pour y chasser l'eau.

Selon une variante de l'invention, les espèces à analyser sont des combustibles nucléaires irradiés ou non dans le cas d'examens neutronographiques réalisés avant irradiation. L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre donnée à titre non limitatif et grâce aux figures parmi lesquelles :

- la figure 1 illustre un dispositif d'imagerie neutronique selon l'art connu ;
- la figure 2 illustre un système étanche selon l'invention et incorporant un premier convertisseur et un second convertisseur ;
- la figure 3 illustre une étape d'enregistrement de la scintillation issue du second convertisseur dans un procédé d'imagerie neutronique selon l'invention.

La présente invention va être décrite dans le cadre de l'analyse par imagerie neutronique d'objets irradiants en réacteur piscine mais peut aussi bien être déclinée dans le cas de contrôle non destructif d'espèces immergé dans un milieu.

La figure 2 illustre un exemple de dispositif utilisé dans la présente invention et destiné à être immergé dans la piscine d'un réacteur produisant des neutrons. Le dispositif comprend un premier convertisseur C_1, un second convertisseur C_2, en contact avec le premier convertisseur. Selon cet exemple, le second convertisseur est à la surface d'un support S_3. Lorsqu'un flux de neutrons F_N traverse l'ensemble du dispositif, il rencontre des sites de captures neutroniques P_1 dans le premier matériau du premier convertisseur, des sites de capture neutroniques P_2 dans le second matériau du second

convertisseur C_2 et des sites de ralentissement neutronique P_3 dans le matériau du support S_3.

Le matériau du premier convertisseur est tel qu'il est susceptible de générer un rayonnement β rémanent de durée de déclin typiquement de quelques heures.

Le premier convertisseur est collé en contact étroit avec un second convertisseur bêta-lumière (scintillateur) qui possède en outre une forte absorption neutronique. Ce second convertisseur a ainsi un rôle triple :

- lorsque positionné en piscine réacteur dans la cassette d'irradiation lors de l'irradiation neutronographique, réduire l'activation de la cassette par l'absorption du flux neutronique thermique résiduel ayant traversé le convertisseur primaire (environ 85% du flux), il est alors utilisé comme un blindage neutronique de protection des structures activables situées en aval du flux neutronique (face arrière de la cassette d'irradiation) ;
- toujours lors de l'irradiation neutronographique, réduire le bruit sur l'image finale et ainsi améliorer la qualité de l'image par l'absorption du flux neutronique parasite provenant d'éventuelles diffusions ayant eu lieu en aval du convertisseur primaire ;
- une fois transféré hors piscine et hors flux neutronique, fournir une image neutronographique via la conversion des rayonnements bêta émis par le convertisseur primaire activé et l'enregistrement de son signal de scintillation. Son contact intime avec le convertisseur primaire permet d'assurer une homogénéité et une résolution spatiale de l'image optimales.

L'ensemble convertisseur primaire et convertisseur secondaire sont de plus appliqués sur un support rigide transparent, ce support rigide transparent possède un rôle triple :

- permettre la manipulation aisée de l'ensemble en apportant une rigidité à la plaque de grande dimensions mais de très faible épaisseur ;
- réduire l'impact de l'activation de la cassette d'irradiation par les neutrons rapides en ralentissant les neutrons rapides via ses composés hydrogénés ;

- assurer une protection biologique renforcée lors de la manutention de l'ensemble par l'absorption du rayonnement bêta résiduel provenant du convertisseur primaire et sans absorber le signal lumineux issu du convertisseur secondaire.

Le dispositif ainsi réalisé est intégré dans un caisson étanche B comme illustré en figure 2 de manière à constituer un système parfaitement étanche permettant l'immersion de l'ensemble des deux convertisseurs sans dégradation et interaction avec le milieu d'immersion. Le rôle de l'étanchéité est aussi d'éviter que les neutrons ne rencontrent de l'eau sur leur trajet entre le début du collimateur et le convertisseur, sans quoi pas d'image correcte possible.
Sont donc étanches et remplis de gaz (hélium ou air) : le collimateur, la chambre accueillant l'objet inspecté et la cassette accueillant les convertisseurs.

Pour réaliser l'enregistrement de la scintillation, le caisson étanche est extrait du milieu d'immersion et le support et convertisseurs en sont retirés.

La figure 3 illustre l'étape d'enregistrement de la scintillation par un dispositif de type caméra E_r, l'image est en effet produite par l'enregistrement de la scintillation produite par le convertisseur secondaire, ladite caméra étant positionnée en vue directe de la surface du support transparent recouvrant le convertisseur secondaire, sans avoir recours à un système de renvoi d'image, simplifiant efficacement ce type de méthodes de lecture appliquées couramment en neutronographie par méthode directe qui imposent l'utilisation d'un miroir (utilisé pour protéger l'électronique de la caméra du rayonnement neutron ou gamma résiduel en la positionnant hors-axe).

La figure 3 met en évidence le rayonnement bêta rémanent F_β, en raison du temps de déclin de ce rayonnement de plusieurs heures au niveau des centres de captures P_1, l'émission de ce rayonnement bêta rémanent, permettant à son tour de générer au niveau des centres de scintillation P_4, un rayonnement lumineux F_L.

Le premier matériau du premier convertisseur peut être constitué de Dysprosium par exemple, l'épaisseur du convertisseur pouvant être de l'ordre de 150 µm.

Le second matériau du second convertisseur peut comprendre du $Gd_2O_2S(Tb)$ (Gadox) mélangé à un liant organique par exemple. L'épaisseur du second convertisseur peut être de l'ordre de 10 µm.

Le support transparent peut être constitué de Plexiglas® (polymétacrylate de méthyle ou PMMA) d'épaisseur 5 mm.

Le rôle de blindage de la cassette d'irradiation et d'absorbant de neutrons diffusés est ainsi assuré à la fois par le convertisseur neutrophage C_2 et le support S_3. La solution proposée à l'avantage de permettre de réduire le coût du système par l'utilisation d'un élément jouant plusieurs rôles, tout en évitant l'emploi de matériaux neutrophages toxiques (Cadmium) en contact de l'opérateur.

La mise en contact étroit des deux convertisseurs et du support hydrogéné transparent rigide lors de la fabrication permet d'assurer l'obtention d'une très bonne résolution spatiale, grâce à l'épaisseur réduite nécessaire pour le convertisseur secondaire (environ 10 µm, sans avoir besoin de couche superficielle additionnelle entre les surfaces des deux convertisseurs). Un gain d'un facteur 2 sur la résolution spatiale est ainsi atteignable par rapport à la méthode actuelle permettant la meilleure résolution spatiale (transfert d'un convertisseur primaire sur un film radiographique de faible épaisseur).

Elle a également l'avantage de réduire considérablement la durée du processus de mesure en éliminant le recours à une mise en contact de deux éléments (utilisation de boîte à vide, ...).

En outre, la capacité d'absorption des neutrons du convertisseur C_2 participe avantageusement à l'obtention d'une image de bonne qualité par la suppression des neutrons parasites rétrodiffusés depuis l'arrière du dispositif vers le convertisseur C_1.

L'utilisation d'un support hydrogéné transparent non activable permet avantageusement de réduire l'activation de la cassette qui serait due à des réactions de neutrons rapides (réactions d'activation nucléaires de type (n,p) ou (n,2n)) (n thermalisant la partie rapide du spectre des neutrons incidents,

ce qui permet d'utiliser un spectre neutronique comportant des neutrons de toutes énergies.

Ces réactions sont des réactions de types de réactions d'activation produisant des éléments radioactifs à partir de neutrons rapides incidents et correspondant respectivement :

- (n,p) à la production d'un isotope ayant un numéro atomique inférieur de 1, avec conservation du nombre de masse ;
- (n,2n) production d'un isotope conservant le même numéro atomique, mais avec un nombre de masse inférieur de 1 ;

Ces réactions n'existent qu'au-delà d'une certaine énergie des neutrons, les neutrons énergétiques, rapides.

La protection biologique du support hydrogéné transparent contre les rayonnements bêta issus du convertisseur primaire après transfert hors piscine offre la possibilité d'une manipulation pas ou très peu dosante pour l'opérateur.

La transparence du support hydrogéné vis-à-vis de la lumière de scintillation émise par le convertisseur secondaire permet d'imager directement la totalité de la surface correspondant au convertisseur primaire sans avoir à utiliser une optique complexe et sans nécessiter une étape additionnelle de numérisation comme c'est le cas dans les méthodes utilisées actuellement.

REVENDICATIONS

1 . Dispositif destiné à être utilisé pour réaliser de l'imagerie neutronique en immersion dans un milieu contenant des espèces à analyser, caractérisé en ce qu'il comprend un premier convertisseur (C_1) comprenant un premier matériau capable de convertir un rayonnement de neutrons thermiques en rayonnement bêta rémanent par son activation neutronique et un second convertisseur (C_2) comprenant un second matériau capable d'absorber un rayonnement de neutrons thermiques par capture et capable de convertir un rayonnement bêta rémanent en rayonnement lumineux, ledit second convertisseur étant en contact avec ledit premier convertisseur.

2. Dispositif destiné à être utilisé en imagerie neutronique selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit dispositif comprend en outre un support (S_3) comprenant des espèces hydrogénées sur lequel est positionné ledit second convertisseur, ledit support étant transparent audit rayonnement lumineux.

3. Dispositif destiné à être utilisé en imagerie neutronique selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le premier matériau comprend du dysprosium.

4. Dispositif destiné à être utilisé en imagerie neutronique selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit second convertisseur comprend un matériau scintillateur qui est un composé à base de gadolinium, pouvant être de type Gd_2O_2S (dopé Tb).

5. Dispositif destiné à être utilisé en imagerie neutronique selon la revendication 4, caractérisé en ce que le matériau scintillateur est mélangé à un liant organique.

6. Dispositif destiné à être utilisé en imagerie neutronique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'épaisseur du premier convertisseur est de l'ordre d'une centaine de microns.

7. Dispositif destiné à être utilisé en imagerie neutronique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'épaisseur du second convertisseur est de l'ordre d'une dizaine de microns.

8. Dispositif destiné à être utilisé en imagerie neutronique selon l'une des revendications 2 à 7, caractérisée en ce que le support comprend un matériau transparent, avec des espèces hydrogénées, de type polymétacrylate de méthyle, ledit support pouvant avoir une épaisseur de l'ordre de quelques millimètres.

9. Système étanche destiné à être utilisé en imagerie neutronique en milieu immergé caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif selon l'une des revendications 2 à 8 et un caisson étanche (B) audit milieu, incorporant le premier convertisseur (C_1), le second convertisseur (C_2), et le support (S_3).

10. Procédé d'imagerie neutronique en milieu immergé et utilisant un système selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'elle comprend les étapes suivantes :

- l'immersion dudit système dans un milieu liquide comprenant des espèces à analyser ;
- l'irradiation dudit système par un flux de neutrons ;
- le retrait dudit système dudit milieu liquide ;
- le retrait desdits convertisseurs dudit caisson étanche ;
- l'enregistrement de la scintillation générée par le second convertisseur (C_2).

11. Procédé d'imagerie neutronique selon la revendication 10, caractérisé en ce que les espèces à analyser sont des combustibles nucléaires.

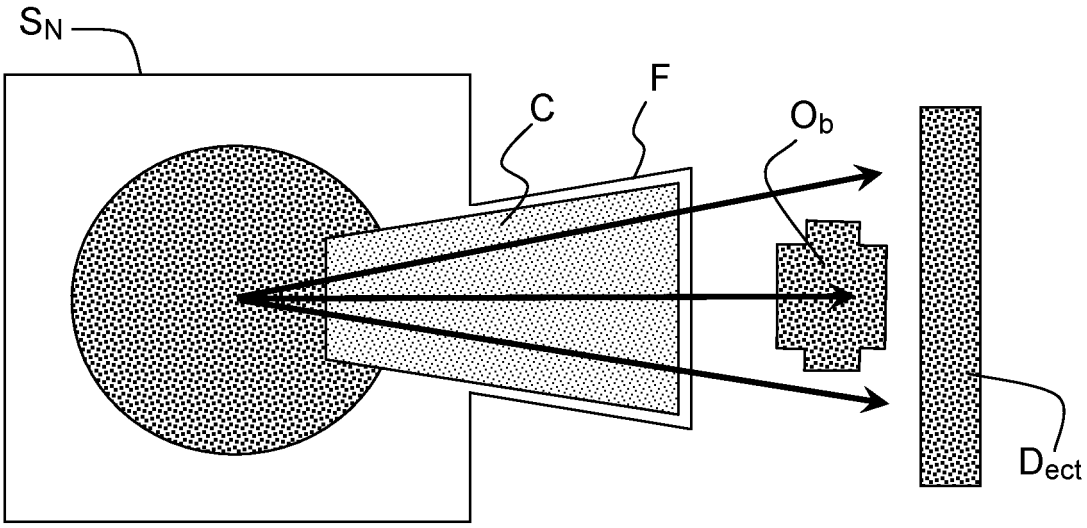


FIG.1

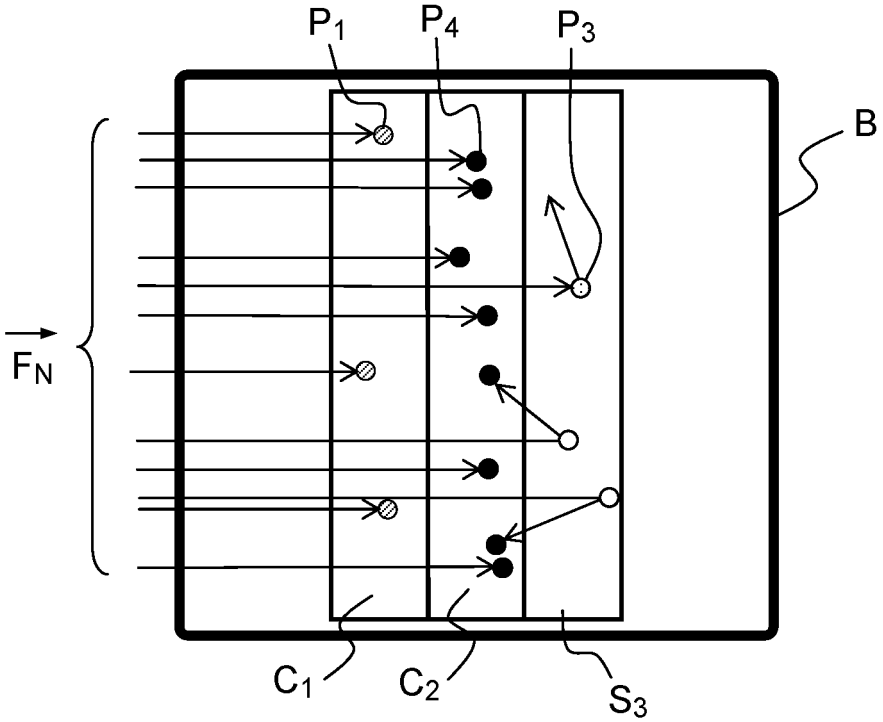


FIG.2

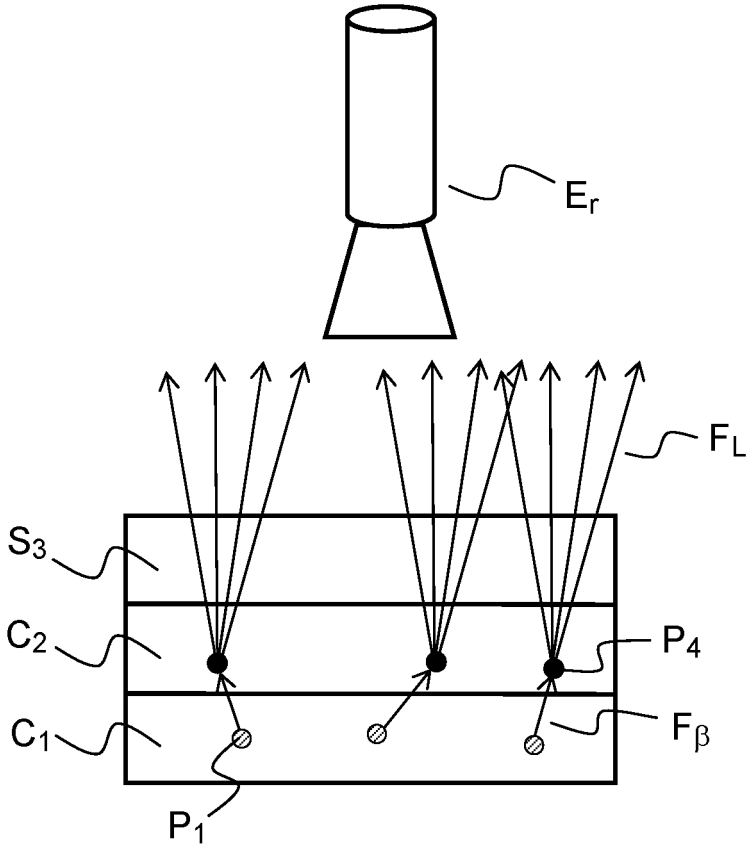


FIG.3

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement national

FA 764181
FR 1160623

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 3 891 852 A (BOLLEN ROMAIN HENRI ET AL) 24 juin 1975 (1975-06-24) * colonne 3, ligne 21-24, 46-47; revendications 1,6,8-11,13, 14,24; figure 1 * * colonne 4, ligne 15-18, 30-32, 50-60 * * colonne 5, ligne 54-60 * * colonne 6, ligne 6-13, 19-22 * * colonne 20, ligne 52-57 * * colonne 22, ligne 1-20, 38-42, 62-68 * -----	1-8	G21K4/00
X	US 2003/155530 A1 (ADNANI NABIL [CA] ET AL) 21 août 2003 (2003-08-21) * alinéas [0101], [0103], [0133], [0137]; figure 8 * -----	1-8	
X	DE 196 44 522 A1 (SIEMENS AG [DE]) 7 mai 1998 (1998-05-07) * le document en entier * -----	1-8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			C09K G21K G01N G01T

Date d'achèvement de la recherche: 8 octobre 2012

Examinateur: Vanier, Cécile

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

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

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1160623 FA 764181

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 08-10-2012
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3891852 A	24-06-1975	BE 806545 A2	26-04-1974
		DE 2354354 A1	16-05-1974
		FR 2205674 A1	31-05-1974
		GB 1461386 A	13-01-1977
		JP 1124112 C	30-11-1982
		JP 49088580 A	23-08-1974
		JP 57017476 B	10-04-1982
		US 3891852 A	24-06-1975
US 2003155530 A1	21-08-2003	AU 2820501 A	24-07-2001
		CA 2396928 A1	19-07-2001
		US 2003155530 A1	21-08-2003
		WO 0151124 A2	19-07-2001
DE 19644522 A1	07-05-1998	AUCUN	

EPO FORM P0465