

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/103049 A1

(43) Date de la publication internationale
16 septembre 2010 (16.09.2010)

(51) Classification internationale des brevets :
G01T 3/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2010/053049

(22) Date de dépôt international :
10 mars 2010 (10.03.2010)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0951495 10 mars 2009 (10.03.2009) FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) :
**COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET
AUX ENERGIES ALTERNATIVES** [FR/FR]; 25, rue
Leblanc Bâtiment Le Ponant D, F-75015 Paris (FR).
**STUDIECENTRUM VOOR
KERNENERGIE/CENTRE D'ETUDE DE
L'ENERGIE NUCLEAIRE** [BE/BE]; Avenue
Herrmann-Debroux 40, B-1160 Bruxelles (BE).

(72) Inventeurs; et

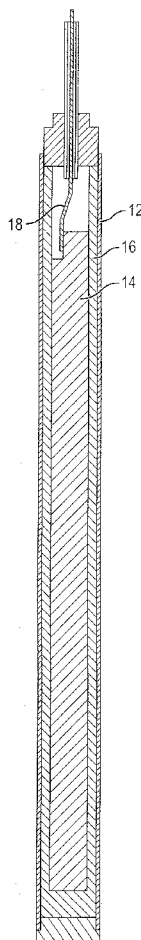
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
CARCREFF, Hubert [FR/FR]; 13, allée des Peupliers,
F-78114 Magny les Hameaux (FR). **BARBOT, Loïc** [FR/
FR]; 267, rue Lecourbe, F-75015 Paris (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : GAMMA RADIATION DETECTOR, AND ASSOCIATED METHOD FOR MAKING SAME AND USES THEREOF

(54) Titre : DETECTEUR DE RAYONNEMENT GAMMA, PROCEDE DE FABRICATION ET UTILISATION ASSOCIES

FIG. 1



(57) Abstract : The invention relates to a radiation detector (1), characterised in that said radiation detector comprises: an emitter (14) capable of emitting electrons in response to radiation; a collector (12; 121, 122) capable of collecting the electrons thus generated; and an insulator (16) separating the collector (12; 121, 122) and the emitter (14); wherein the emitter (14) can be obtained by casting a molten material and by later solidification so that the emitter (14) is in close contact with the insulator (16).

(57) Abrégé : Détecteur (1) de rayonnement, caractérisé en ce qu'il comprend : un émetteur (14) apte à émettre des électrons en réponse à un rayonnement, un collecteur (12; 121, 122) apte à collecter les électrons ainsi émis; et un isolant (16) séparant le collecteur (12; 121, 122) et l'émetteur (14); l'émetteur (14) étant susceptible d'être produit par coulage du matériau en fusion et solidification ultérieure, de sorte que l'émetteur (14) soit en contact intime avec l'isolant (16).

WO 2010/103049 A1



VERMEEREN, Ludo [BE/BE]; Bekaflaan 1, B-3200 Aarschot (BE).

(74) Mandataire : CALLON DE LAMARCK, Jean-Robert; Cabinet Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,

GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

DETECTEUR DE RAYONNEMENT GAMMA,
PROCEDE DE FABRICATION ET UTILISATION ASSOCIES

DOMAINE DE L'INVENTION

5 L'invention concerne le domaine de la mesure de rayonnement à l'intérieur de réacteurs nucléaires, et plus particulièrement le domaine de la mesure de rayonnement gamma à l'intérieur de réacteurs nucléaires.

10 ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

Aujourd'hui, afin de mesurer les flux gamma issus de sources radioactives, il est connu d'utiliser une chambre d'ionisation.

15 Dans une telle chambre d'ionisation, un volume de gaz donné est compris entre deux électrodes, une anode et une cathode. Sous l'effet de rayonnements gamma incidents, des charges électriques sont créées dans le volume de gaz. Les charges sont collectées par les électrodes polarisées par une tension électrique donnée. La charge totale récupérée par unité de temps peut être proportionnelle au flux de particules incidentes.

20 Cependant, dans un réacteur nucléaire en fonctionnement, le champ de rayonnement gamma est très intense et les chambres d'ionisation ne sont pas adaptées à tous les environnements de mesure.

25 Les méthodes de mesure calorimétrique constituent une deuxième façon de mesurer le rayonnement gamma dans un réacteur nucléaire.

Cependant, la calorimétrie est complexe et délicate à mettre en œuvre. En effet, celle-ci est basée sur une mesure précise d'une augmentation de température d'un petit noyau de matière. De plus,

les calorimètres sont assez volumineux et peuvent, de par leur encombrement, fournir une mesure qui ne soit pas locale.

Les mesures par détecteurs de rayonnement gamma, dit collectrons gamma, permettent des mesures locales et constituent
5 un moyen complémentaire de mesurer le rayonnement gamma dans un réacteur nucléaire.

On entend par collectron un détecteur de rayonnement gamma dans lequel les rayonnements gamma produisent par activation d'une partie du détecteur, appelée émetteur, un radionucléide à vie
10 courte dont l'émission fournit, sans l'aide d'une source d'énergie extérieure, un courant électrique utilisé pour la mesure.

Le courant électrique fourni est, en première approximation, proportionnel au flux de rayonnement gamma auquel le détecteur est soumis.

15 La principale différence avec les chambres d'ionisation et les calorimètres, est leur quasi insensibilité aux neutrons rapides.

En général, un isolant électrique sépare le collecteur et l'émetteur.

Lors de la fabrication du détecteur, l'émetteur, le collecteur et
20 l'isolant sont usinés et montés les uns dans les autres. La méthode de fabrication connue de ce type de détecteur, par assemblage mécanique, nécessite des pièces usinées avec une très grande précision. Néanmoins, les tolérances mécaniques sont inévitables pour pouvoir monter l'ensemble, entraînant un espace entre
25 l'émetteur et l'isolant dont l'effet est pénalisant sur la mesure.

Les contacts entre les éléments du détecteur ne sont donc pas satisfaisants. Comme le montre la figure 4a, le contact entre la surface de l'isolant 161 et la surface de l'émetteur 141 n'est pas continu.

En plus du jeu mécanique dû aux tolérances, l'usinage des pièces peut engendrer des défauts ou irrégularités à la surface de l'émetteur, dont certains sont susceptibles de se propager à l'intérieur du matériau et fragiliser l'émetteur, notamment lors de manipulations visant à monter le détecteur.

De plus, le courant peut présenter une instabilité.

Également, certains matériaux susceptibles d'être choisis pour former l'émetteur sont difficiles à usiner.

Dans un autre domaine technique, concernant la détection de rayonnement neutronique, on utilise un procédé de fabrication dans lequel l'émetteur et le collecteur sont usinés et montés l'un dans l'autre. L'isolant est réalisé par injection d'une poudre entre l'émetteur et le collecteur.

Cependant, la manipulation d'une poudre est peu aisée, et le contact entre les différents éléments du détecteur reste non optimal (proche de celui montré sur la figure 4a), car l'injection de poudre ne permet pas d'obtenir un isolant dont la structure est homogène. La qualité des mesures n'est donc pas optimale.

PRESENTATION DE L'INVENTION

L'invention a pour but de proposer un détecteur de rayonnement, notamment gamma, qui permet de pallier au moins un des inconvénients de la technique antérieure ci-dessus.

A cet effet, on propose, selon l'invention, un détecteur de rayonnement, caractérisé en ce qu'il comprend :

- un émetteur apte à émettre des électrons en réponse à un rayonnement,
- un collecteur apte à collecter les électrons ainsi émis ; et
- un isolant séparant le collecteur et l'émetteur ;

l'émetteur étant produit par coulage du matériau en fusion et solidification ultérieure, de sorte que l'émetteur soit en contact intime avec l'isolant .

Le contact entre les éléments du détecteur est amélioré, ce qui
5 a pour conséquence que le courant obtenu est stable.

Un avantage d'un tel détecteur de rayonnement est qu'il permet la mesure de flux de rayonnement, notamment gamma, très faible.

Un détecteur selon l'invention a l'avantage d'être simple, petit, robuste.

10 Un autre avantage est que le détecteur réagit de manière instantanée aux variations de flux de rayonnement.

D'autres caractéristiques optionnelles et non limitatives sont :

- l'émetteur, l'isolant et le collecteur sont concentriques. ;
- le collecteur est un tube à l'intérieur duquel sont situés l'isolant
15 et l'émetteur dans cet ordre, le collecteur étant en un matériau transparent au rayonnement ;
- le collecteur est composé d'un tube externe et d'une âme centrale, l'isolant séparant l'émetteur de l'âme centrale et du tube externe, le collecteur étant en un matériau transparent au
20 rayonnement, et l'âme centrale étant reliée électriquement au tube externe ;
- l'émetteur est en bismuth, le collecteur en inox et l'isolant en alumine.

On propose également, selon l'invention, un procédé de
25 fabrication d'un tel détecteur comprenant les étapes consistant à :

- fournir un tube formant au moins une partie du collecteur en un matériau transparent à un rayonnement ;
- fournir un isolant aux dimensions interne du tube de manière à recouvrir le collecteur sur une grande majorité de sa surface
30 interne et de manière à pouvoir recevoir l'émetteur ;

- couler l'émetteur en fusion à l'intérieur de l'isolant, l'émetteur étant en un matériau apte à émettre des électrons en réponse au rayonnement, et l'émetteur se solidifiant en refroidissant ;
le tube, l'isolant et l'émetteur étant concentriques.

5 D'autres caractéristiques optionnelles et non limitatives d'un tel procédé sont :

- le procédé comprend en outre l'étape consistant à fournir une âme centrale formant une autre partie du collecteur ;

- le collecteur est en inox, l'isolant en alumine et l'émetteur en bismuth.

10 Un des avantages de ce procédé est qu'il ne nécessite pas la manipulation d'une poudre, ni l'usinage de l'émetteur.

De plus, grâce au procédé de fabrication selon l'invention, le contact entre les différents éléments du détecteur est optimal, et la structure de l'isolant et de l'émetteur sont homogènes.

15 L'invention permet alors l'utilisation du bismuth pour un détecteur de rayonnement gamma, alors qu'il était jusque là peu utilisé, bien qu'il soit très avantageux pour cette application.

La sensibilité d'un émetteur au bismuth est suffisamment élevée
20 au rayonnement gamma. Ceci permet de mesurer des flux de rayonnement faibles tout en gardant des dimensions permettant de considérer la mesure comme locale.

PRESENTATION DES FIGURES

25 D'autres caractéristiques, buts et avantages sortiront de la description qui suit en référence aux dessins donnés à titre illustratif et non limitatif, parmi lesquels :

- la figure 1 est une coupe longitudinale d'un premier mode de réalisation d'un détecteur selon l'invention ;

- la figure 2 est une coupe longitudinale d'un deuxième mode de réalisation d'un détecteur selon l'invention ;

- la figure 3 est un schéma illustrant un exemple de procédé selon l'invention ;

5 - la figure 4a montre l'état de contact entre la surface d'un isolant et la surface d'un émetteur dans un détecteur selon l'art antérieur ;

10 - la figure 4b montre l'état du contact entre la surface d'un isolant et la surface d'un émetteur dans un détecteur selon l'invention ;

- la figure 5 est un graphe montrant le courant fourni par trois détecteurs selon un mode de réalisation de l'invention en fonction du temps ; et

15 - la figure 6 est un graphe montrant le courant mesuré aux bornes de deux détecteurs dit filaires de l'état de la technique antérieure.

Sur l'ensemble des figures, les éléments similaires portent des références numériques identiques.

20 DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

En référence aux figures 1 et 2, un détecteur 1 de rayonnement selon l'invention sera décrit ci-après.

25 Dans les développements qui suivent, le détecteur est avantageusement un détecteur de rayonnement gamma, mais on comprendra que l'invention peut s'appliquer également à un détecteur de rayonnement neutronique.

Le détecteur 1 de rayonnement gamma comprend principalement :

30 - un émetteur 14 apte à émettre des électrons en réponse à un rayonnement gamma,

- un collecteur 12 (figure 1) ou 121, 122 (figure 2) apte à collecter les électrons ainsi émis ; et
- un isolant 16 séparant le collecteur 12 ou 121, 122 et l'émetteur 14.

5 Le détecteur a, par exemple, une longueur de 64 mm pour un diamètre externe de l'ordre de 3 mm et pour un émetteur ayant un diamètre de l'ordre de 2 mm. La mesure peut donc être considérée comme ponctuelle.

10 En fonctionnement, le détecteur 1 est placé à l'intérieur d'un réacteur nucléaire où des rayonnements gamma sont émis. Lorsqu'un rayonnement gamma atteint l'émetteur 14, ce dernier interagit avec ce rayonnement et émet des électrons que le collecteur 12 ou 121, 122 collecte. L'émetteur 14 et le collecteur 12 ou 121, 122 jouent le rôle d'électrodes.

15 Un courant électrique, généré par la circulation d'électrons entre l'émetteur 14 et le collecteur 12 ou 121, 122, apparaît alors entre les électrodes.

20 Le détecteur 1 comprend également un câble 18 en deux parties. La première partie est connectée à l'émetteur 14 et la deuxième partie au collecteur 12 ou 121, 122. Ce câble 18 est relié à un appareil de mesure permettant de mesurer le courant délivré dont l'intensité est fonction du flux de rayonnement gamma.

25 L'émetteur 14 est en contact intime avec l'isolant 16. Pour obtenir ce contact intime, comme on le verra plus en détail dans la suite, l'émetteur 14 est produit par coulage du matériau en fusion et solidification ultérieure.

 Le contact intime entre l'émetteur 14 et l'isolant 16 permet une stabilité du courant produit jusque là impossible à obtenir avec ce type de détecteur.

Le coulage de l'émetteur permet également de s'affranchir des contraintes d'usinage et d'ajustement mécanique des pièces nécessaires pour la fabrication de détecteurs connus.

L'ajustement mécanique étant minimisé, ceci permet de
5 contrôler parfaitement les dimensions de l'émetteur 14.

L'émetteur 14, l'isolant 16 et le collecteur 12 ou 121, 122 peuvent être concentriques.

Ainsi, le détecteur 1 peut se présenter sous une forme coaxiale.

Selon un premier mode de réalisation, le collecteur 12 peut être
10 un tube à l'intérieur duquel sont situés l'isolant 16 et l'émetteur 14 dans cet ordre, le collecteur 12 étant en un matériau transparent au rayonnement gamma (voir figure 1). Ce premier mode de réalisation est dit « filaire ».

Selon un deuxième mode de réalisation, le collecteur 121, 122
15 est composé d'un tube 121 externe et d'une âme 122 centrale, l'isolant 16 séparant l'émetteur 14 de l'âme 122 centrale et du tube externe 121, le collecteur 121, 122 étant en un matériau transparent au rayonnement gamma (voir figure 2) et l'âme centrale 122 étant reliée électriquement au tube externe 121. Ce deuxième mode de
20 réalisation est dit « tubulaire ».

Bien que le premier mode de réalisation soit déjà satisfaisant, le deuxième mode de réalisation est avantageux, car il permet d'améliorer l'amplitude du courant tout en conservant un encombrement restreint.

25 Même si l'on souhaite augmenter l'amplitude du courant dans le détecteur (et par conséquent augmenter le volume de l'émetteur pour augmenter le nombre d'électrons émis), il est préférable de garder pour l'émetteur d'une part une longueur et d'autre part une grandeur caractéristique de la section transversale (le rayon dans le

cas d'un cylindre à base circulaire (figure 1) et l'épaisseur dans le cas d'un anneau (figure 2)) relativement faibles.

En effet, l'allongement de l'émetteur au-delà d'une certaine longueur ne permet plus des mesures locales.

5 L'augmentation de la grandeur caractéristique de la section transversale permet de conserver le caractère local de la mesure, mais une partie de l'émetteur est alors inutile. En effet, pour que le collecteur puisse collecter des électrons, encore faut-il que les électrons puissent sortir de l'émetteur. Ceci est possible quand la
10 grandeur caractéristique de la section de l'émetteur (par exemple le rayon pour une section circulaire) ne dépasse pas le parcours moyen des électrons créés. Lorsque cette grandeur caractéristique dépasse le parcours moyen de ces électrons, seule la matière en périphérie contribue à l'émission d'électrons.

15 Dans le deuxième mode de réalisation, les électrons ayant interagi avec le rayonnement gamma et se situant dans la matière de l'émetteur en périphérie sont collectés préférentiellement par le tube 121 externe et les électrons ayant interagi avec le rayonnement gamma se situant plus en profondeur dans l'épaisseur du tube et
20 émis vers l'intérieur sont collectés préférentiellement par l'âme 122 centrale.

Ainsi, pour une même quantité de matière pour l'émetteur 14, la géométrie du détecteur 1 (figure 2) du mode de réalisation « tubulaire » permet une sensibilité supérieure à celle de la
25 géométrie du détecteur 1 (figure 1) du mode de réalisation « filaire ». Il a été, par exemple, mesuré que ce rapport pouvait atteindre 1,8 environ.

L'émetteur 14 peut être de numéro atomique élevé, de préférence supérieur à 73. Par exemple, l'émetteur 14 peut être en

bismuth, en platine, en plomb, en tantale, en tungstène, ou en un alliage de plomb et calcium.

Le bismuth présente l'avantage par rapport aux autres matériaux possibles d'être moins sensible à un rayonnement neutronique, rayonnement également présent dans l'environnement dans lequel le détecteur 1 est utilisé. En effet, le bismuth 209 (^{209}Bi) est l'élément stable présentant le numéro atomique le plus élevé de la table de Mendeleïev. Il possède un coefficient d'atténuation de rayonnement gamma très élevé alors que sa section efficace de capture radiative pour les neutrons thermiques est très faible.

Le détecteur 1, dont l'émetteur 14 est en bismuth est donc peu sensible aux rayonnements neutroniques.

Le collecteur 12 peut être en inox de façon à obtenir une épaisseur faible tout en conservant une solidité suffisante.

L'isolant 16 peut être en un gaz, par exemple l'hélium, ou en alumine (Al_2O_3).

La figure 3 montre, en parallèle, deux mises en œuvre d'un procédé de fabrication du détecteur 1 selon l'invention.

Ces mises en œuvre du procédé comprennent les étapes consistant à :

- fournir E1 un tube formant le collecteur 12 dans le cas du premier mode de réalisation du détecteur ou au moins une partie 121 du collecteur dans le cas du deuxième mode de réalisation du détecteur ;
- fournir E3 un isolant 16 aux dimensions interne du tube 12 ou 121, 122, de manière à recouvrir le collecteur 12 ou 121, 122 sur une grande majorité de sa surface interne et de manière à pouvoir recevoir l'émetteur 14 ;
- couler E4 l'émetteur 14 en fusion à l'intérieur de l'isolant 16, l'émetteur 14 étant en un matériau apte à émettre des électrons en

réponse au rayonnement gamma, et l'émetteur 14 se solidifiant en refroidissant.

- finaliser E5 le détecteur 1 en fournissant un câble 18 en deux parties, la première partie étant connectée à l'émetteur 14 et la
- 5 deuxième partie au collecteur 12 ou 121, 122.

Comme illustré sur la figure 4b, le coulage de l'émetteur 14 à l'intérieur de l'isolant 16 permet d'obtenir un contact intime entre la surface 161 de l'isolant 16 et la surface 141 de l'émetteur 14. Dans ce contact intime, la surface 141 de l'émetteur 14 épouse

10 parfaitement et intimement la surface 161 de l'isolant 16 sur une majeure partie de l'isolant 16 et de manière continue.

Il n'y a pas de défauts et l'émetteur est homogène.

L'isolant 16, à la fois sous forme gazeuse et alumine, est de structure homogène. Le coulage de l'émetteur 14 dans l'isolant 16

15 n'engendre pas de propagation de défauts à l'intérieur de l'isolant 16.

Le tube 12, 121, l'isolant 16 et l'émetteur 14 sont concentriques. La deuxième mise en œuvre comprend en outre l'étape consistant à :

- fournir E2 une âme centrale 122 formant une autre partie 122 du collecteur pour un détecteur selon le deuxième mode de

20 réalisation.

Le détecteur 1 de rayonnement gamma selon l'invention peut être utilisé pour la mesure locale de rayonnement gamma à l'intérieur d'un réacteur nucléaire et est particulièrement adapté aux mesures de sécurité voire de sûreté dans les cœurs de réacteurs.

25 La figure 5 montre le courant fourni par trois détecteurs selon le deuxième mode de réalisation de l'invention. Les courants fournis sont supérieurs à $9 \cdot 10^{-8} \text{A}$. De plus, il n'y a pas de variation importante de l'amplitude des courants pendant tout le temps de la mesure (ici 18 heures).

La figure 6 montre le courant fourni par deux détecteurs filaires de la technique antérieure à l'invention. Les courants fournis sont inférieurs à 6.10^{-8} A. Aussi, il y a une décroissance relativement importante de l'amplitude du courant en début d'utilisation (de 0 à 3
5 heures environ). Cette décroissance est supérieure à 15% par rapport à l'amplitude initiale.

Cette comparaison montre que les détecteurs selon l'invention présentent l'avantage sur ceux de la technique antérieure de fournir des courants d'amplitudes plus importantes et plus constantes. Ils
10 réagissent de manière quasi instantanée aux variations de flux de rayonnement.

Bien que la description ait été rédigée en rapport avec un détecteur de rayonnement gamma, celle-ci peut être aisément adaptée par l'homme du métier à un détecteur de rayonnement
15 neutronique.

REVENDICATIONS

1. Détecteur (1) de rayonnement, caractérisé en ce qu'il comprend :

- 5 - un émetteur (14) apte à émettre des électrons en réponse à un rayonnement,
- un collecteur (12 ; 121, 122) apte à collecter les électrons ainsi émis ; et
- un isolant (16) séparant le collecteur (12 ; 121, 122) et
- 10 l'émetteur (14);

l'émetteur (14) étant produit par coulage du matériau en fusion et solidification ultérieure, de sorte que l'émetteur (14) soit en contact intime avec l'isolant (16).

- 15 2. Détecteur (1) selon la revendication 1, dans lequel l'émetteur (14), l'isolant (16) et le collecteur (12 ; 121, 122) sont concentriques.

3. Détecteur (1) selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel le collecteur (12) est un tube à l'intérieur duquel sont situés
- 20 l'isolant (16) et l'émetteur (14) dans cet ordre, le collecteur (12) étant en un matériau transparent au rayonnement.

4. Détecteur (1) selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel le collecteur (121, 122) est composé d'un tube (121) externe
- 25 et d'une âme (122) centrale, l'isolant (16) séparant l'émetteur (14) de l'âme (122) centrale et du tube (121) externe, le collecteur (121, 122) étant en un matériau transparent au rayonnement, et l'âme centrale (122) étant reliée électriquement au tube externe (121).

5. Détecteur (1) de rayonnement selon les revendications 1 à 4, dans lequel l'émetteur (14) est en bismuth, le collecteur en inox et l'isolant (16) en alumine.

5 6. Procédé de fabrication d'un détecteur (1) de rayonnement selon l'une des revendications 1 à 5, comprenant les étapes consistant à :

 - fournir (E1) un tube (12, 121) formant au moins une partie du collecteur (12 ; 121, 122) en un matériau transparent à un
10 rayonnement ;

 - fournir (E3) un isolant (16) aux dimensions interne du tube (12 ; 121, 122), de manière à recouvrir le collecteur (12 ; 121, 122) sur une grande majorité de sa surface interne et de manière à pouvoir recevoir l'émetteur (14) ;

15 - couler (E4) l'émetteur (14) en fusion à l'intérieur de l'isolant (16), l'émetteur étant en un matériau apte à émettre des électrons en réponse au rayonnement, et l'émetteur se solidifiant en refroidissant ;
 le tube (12, 121), l'isolant (16) et l'émetteur (14) étant concentriques.

20

7. Procédé selon la revendication 6, comprenant en outre l'étape consistant à :

 - fournir E2 une âme centrale (122) formant une autre partie du collecteur (121, 122).

25

8. Procédé selon l'une des revendications 6 ou 7, dans lequel le collecteur (12 ; 121, 122) est en inox, l'isolant en alumine et l'émetteur (14) en bismuth.

9. Utilisation d'un détecteur (1) de rayonnement selon l'une des revendications 1 à 5 pour la mesure locale de rayonnement à l'intérieur d'un réacteur nucléaire.

- 5 10. Utilisation selon la revendication 9 d'un détecteur (1) de rayonnement selon la revendication 5, pour la mesure locale de rayonnement gamma à l'intérieur d'un réacteur nucléaire.

FIG. 1

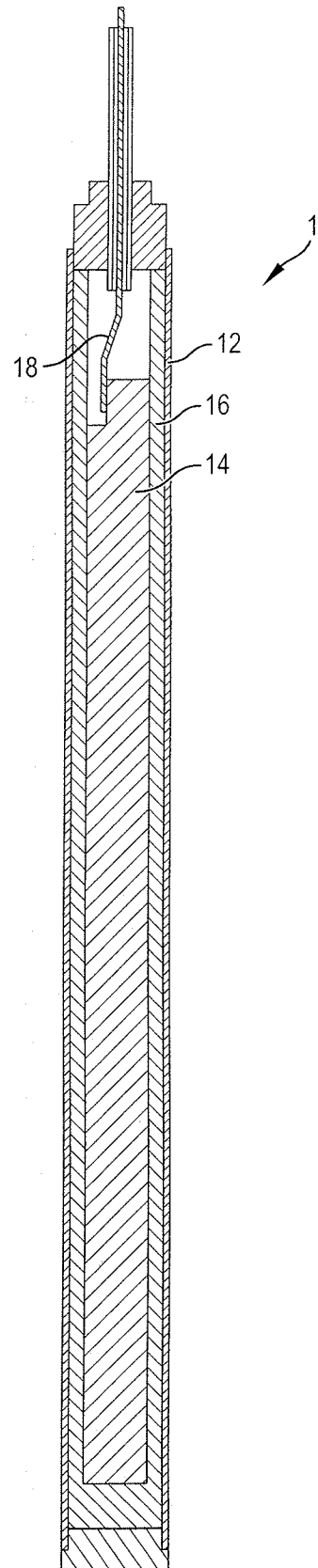
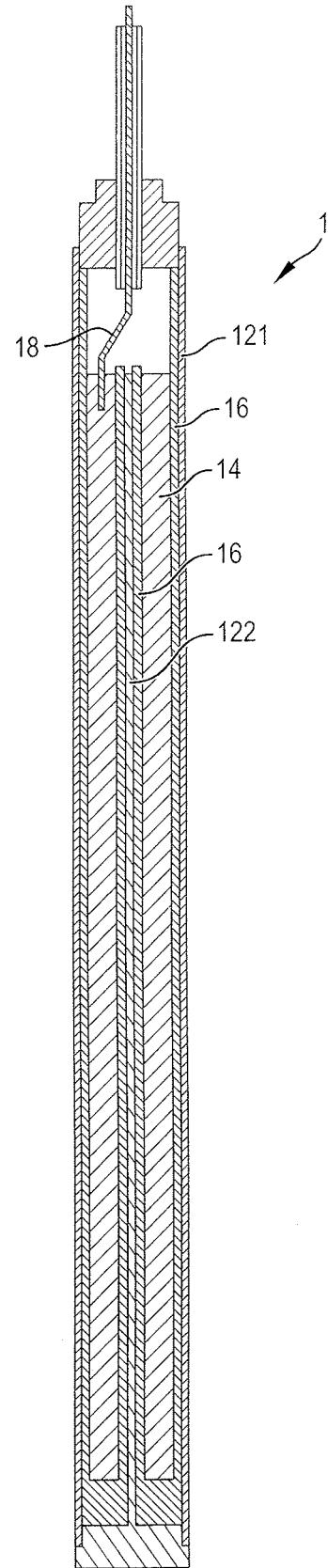
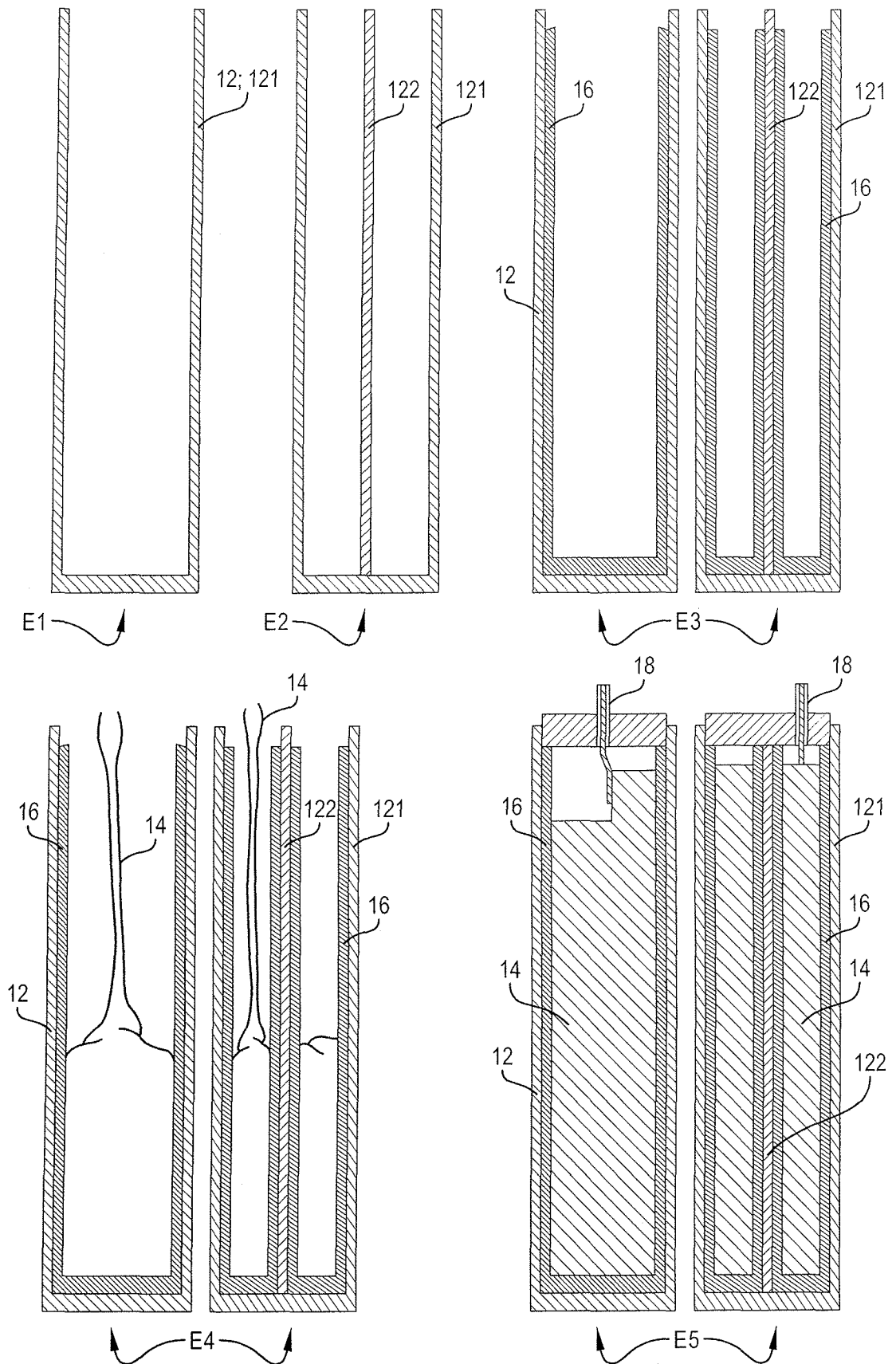


FIG. 2



2/4

FIG. 3



3/4

FIG. 4a

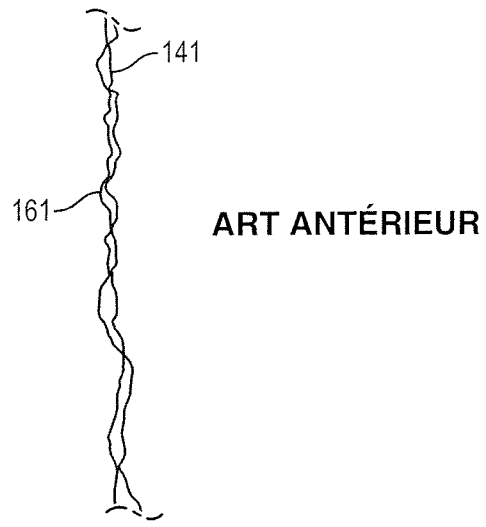
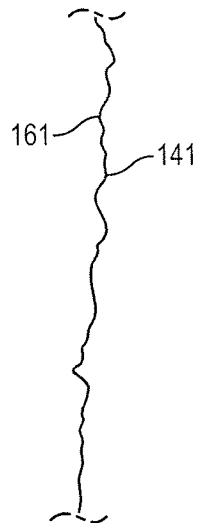


FIG. 4b



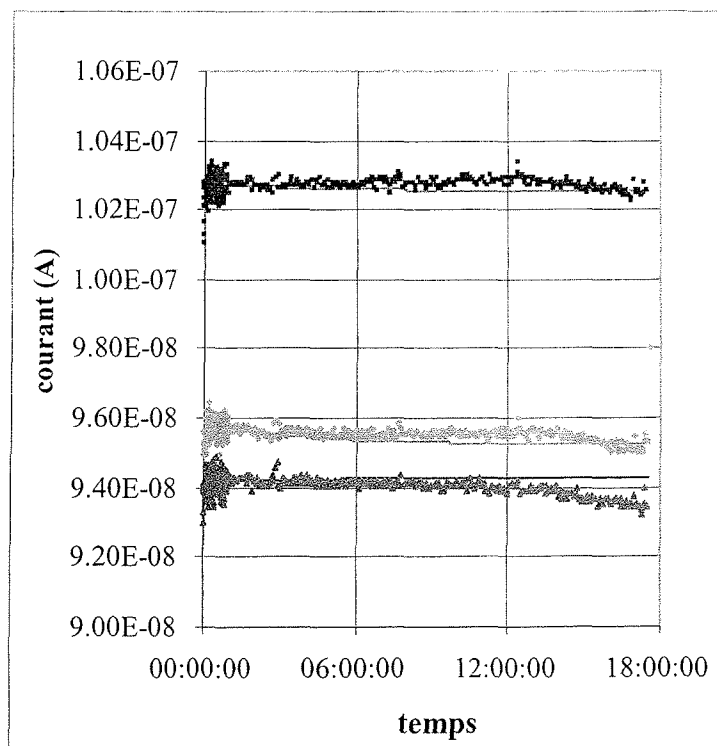


FIG. 5

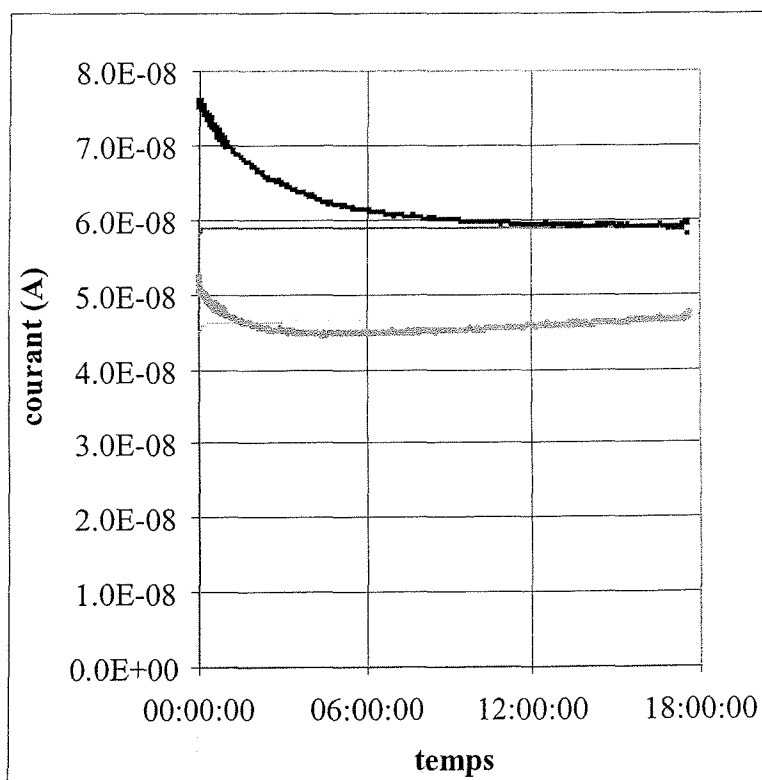


FIG. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/053049

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01T3/00

ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ALEX M ET AL: "Development of bismuth self-powered detector" NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, SECTION - A:ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 523, no. 1-2, 1 May 2004 (2004-05-01), pages 163-166, XP004502387 ISSN: 0168-9002	1-3,9
Y	* abstract; figures page 164, paragraph 2.	10
X	KR 2006 0086493 A (WISE CONTROL CO LTD [KR]) 1 August 2006 (2006-08-01)	1-4,9
Y	* abstract; figures	10
A		6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 July 2010

Date of mailing of the international search report

14/07/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Eberle, Katja

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/053049

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 091 029 A1 (INTERATOM [DE]; KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH [DE]) 12 October 1983 (1983-10-12)	1-4,9
Y	page 1, line 14 - line 20 page 5, line 28 - page 6, line 6; figures -----	10
X	GB 2 022 921 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 19 December 1979 (1979-12-19)	1-3,5
Y	page 1, line 3 - line 5 page 1, line 78 - line 109; figures -----	10
X	GB 2 096 387 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 13 October 1982 (1982-10-13)	1-3
A	page 1, line 7 - line 11; figures page 1, line 33 - line 56 page 2, line 33 - line 39 -----	6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/053049

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
KR 20060086493 A	01-08-2006	NONE	
EP 0091029 A1	12-10-1983	DE 3213078 A1	20-10-1983
GB 2022921 A	19-12-1979	CA 1122336 A1	20-04-1982
		DE 2920919 A1	13-12-1979
		FR 2427616 A1	28-12-1979
		JP 55000499 A	05-01-1980
		US 4238676 A	09-12-1980
GB 2096387 A	13-10-1982	CA 1177632 A1	13-11-1984
		DE 3210582 A1	11-11-1982
		ES 8700448 A1	01-01-1987
		FR 2503380 A1	08-10-1982
		JP 57171278 A	21-10-1982
		US 4396839 A	02-08-1983

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2010/053049

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. G01T3/00

ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

G01T

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	ALEX M ET AL: "Development of bismuth self-powered detector" NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, SECTION - A:ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 523, no. 1-2, 1 mai 2004 (2004-05-01), pages 163-166, XP004502387 ISSN: 0168-9002	1-3,9
Y	* abrégé; figures page 164, alinéa 2.	10
X	KR 2006 0086493 A (WISE CONTROL CO LTD [KR]) 1 août 2006 (2006-08-01)	1-4,9
Y	* abrégé; figures	10
A		6
	----- -/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

E document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

L document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

O document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

P document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

& document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

7 juillet 2010

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

14/07/2010

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Eberle, Katja

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 091 029 A1 (INTERATOM [DE]; KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH [DE]) 12 octobre 1983 (1983-10-12)	1-4, 9
Y	page 1, ligne 14 - ligne 20 page 5, ligne 28 - page 6, ligne 6; figures -----	10
X	GB 2 022 921 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 19 décembre 1979 (1979-12-19)	1-3, 5
Y	page 1, ligne 3 - ligne 5 page 1, ligne 78 - ligne 109; figures -----	10
X	GB 2 096 387 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 13 octobre 1982 (1982-10-13)	1-3
A	page 1, ligne 7 - ligne 11; figures page 1, ligne 33 - ligne 56 page 2, ligne 33 - ligne 39 -----	6

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2010/053049

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
KR 20060086493 A	01-08-2006	AUCUN	
EP 0091029 A1	12-10-1983	DE 3213078 A1	20-10-1983
GB 2022921 A	19-12-1979	CA 1122336 A1	20-04-1982
		DE 2920919 A1	13-12-1979
		FR 2427616 A1	28-12-1979
		JP 55000499 A	05-01-1980
		US 4238676 A	09-12-1980
GB 2096387 A	13-10-1982	CA 1177632 A1	13-11-1984
		DE 3210582 A1	11-11-1982
		ES 8700448 A1	01-01-1987
		FR 2503380 A1	08-10-1982
		JP 57171278 A	21-10-1982
		US 4396839 A	02-08-1983