

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle  
Bureau international



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

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2010/103071 A1

- (51) Classification internationale des brevets :  
G01T 1/169 (2006.01) G01T 7/00 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2010/053104
- (22) Date de dépôt international :  
11 mars 2010 (11.03.2010)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
09 51594 13 mars 2009 (13.03.2009) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25 rue  
Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : GIRONES,  
Philippe [FR/FR]; Lieu dit "Grange Neuve", F-30200  
Venejan (FR). BRENNIS, Christophe [FR/FR]; 36  
route des Vignerons, F-30290 Saint Victor La Coste (FR).  
LAMADIE, Fabrice [FR/FR]; 82 rue Maurensac,
- (74) Mandataires : ILGART, Jean-Christophe et al.;  
Brevalex, 3, rue du Docteur Lancereaux, F-75008 Paris  
(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), eurasienn (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,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : DEVICE FOR X-RAY CHARACTERISATION PROTECTED AGAINST PARASITIC IONISING RADIATION SOURCES

(54) Titre : DISPOSITIF DE CARACTÉRISATION RADIOLOGIQUE PROTÉGÉ CONTRE DES SOURCES DE RAYONNEMENT IONISANT PARASITES

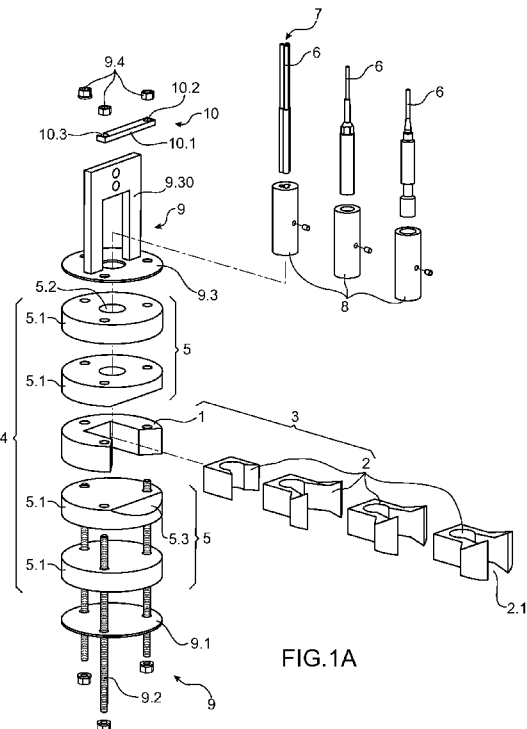


FIG. 1A

(57) Abstract : The invention relates to a device for X-ray characterisation, comprising at least one collimated X-ray measuring probe (6) having a sensitive end arranged in an interchangeable collimator (2) having an opening and a field of view. The collimator (2) is supported by a collimator holder (1), and the collimator and collimator holder assembly (3) is inserted into a stack between two shield screens (5), the shield screens (5) being interchangeable so as to adjust the thickness thereof, and the collimator and collimator holder assembly (11) and the shield screens (5) providing protection to the probe (6) against parasitic ionising radiation from ionising radiation sources located outside the field of view of the collimator (2).

(57) Abrégé : Il s'agit d'un dispositif de caractérisation radiologique comportant au moins une sonde de mesure radiologique (6) collimatée dont une extrémité sensible est placée dans un collimateur (2) interchangeable ayant une ouverture et un champ d'observation. Le collimateur (2) est porté par un porte-collimateur (1) l'ensemble collimateur et porte-collimateur (3) étant inséré dans un empilement entre deux écrans de blindage (5), les écrans de blindage (5) étant interchangeables de manière à ajuster leur épaisseur, l'ensemble collimateur et porte-collimateur (11) et les écrans de blindage (5) assurant une protection de la sonde (6) vis-à-vis de rayonnements ionisants parasites provenant de sources de rayonnement ionisant situées hors du champ d'observation du collimateur (2).

WO 2010/103071 A1

TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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

**DISPOSITIF DE CARACTÉRISATION RADIOLOGIQUE PROTÉGÉ  
CONTRE DES SOURCES DE RAYONNEMENT IONISANT PARASITES**

**DESCRIPTION**

**DOMAINE TECHNIQUE**

La présente invention concerne un dispositif de caractérisation radiologique protégé  
5 contre des sources de rayonnement ionisant parasites. Par caractérisation radiologique, on veut dire que l'on va pouvoir effectuer, avec le dispositif, des mesures quantitatives, c'est-à-dire de débit de dose, et des mesures sur la qualité des radioéléments présents grâce  
10 à la spectrométrie.

Les interventions en milieux hostiles sont fréquentes dans l'industrie nucléaire notamment dans les opérations de démantèlement d'installations nucléaires. Ces opérations sont bien sûr encadrées par  
15 des règles, des pratiques et des méthodes d'optimisation, par exemple par l'application du principe ALARA (as low as reasonably achievable soit aussi bas que raisonnablement possible). Ce principe a été mis en place par des industriels afin de réduire  
20 les expositions à des rayonnements ionisants de manière à ce qu'elles soient aussi basses que possible compte tenu des facteurs économiques et sociaux. Dans la pratique, les opérations techniques passent par la maîtrise du contexte et plus précisément par la  
25 caractérisation radiologique in situ, c'est-à-dire par une connaissance du niveau de concentration de la contamination et sa localisation ainsi que la qualité des radioéléments présents dans un lieu donné.

**ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE**

Il existe des dispositifs de caractérisation radiologique tels que ceux décrits dans la demande de brevet français FR 2 789 304 qui associent une gamma caméra avec un détecteur de spectrométrie gamma collimaté, le collimateur ayant un champ d'observation qui est inclus dans le champ d'observation de la gamma caméra. Dans ce dispositif, le collimateur est fixe et entoure le détecteur de spectrométrie gamma. Le document « Caractérisation et modélisation d'un site radioactif par usage combiné du scanner gamma unidirectionnel EDR et de l'outil de planification VISIPLAN 3D », F. Vermeersch et al., 2003 montre l'utilisation d'un analyseur gamma dans lequel un détecteur gamma de type cristal CsTi couplé à une photodiode est logé dans un boîtier en acier équipé en face avant d'un blindage tronconique, ce blindage étant prolongé par un collimateur en acier. Il apparait que pour mettre en évidence des sources de rayonnement ionisant de niveaux très différents, comme on peut en trouver dans des bâtiments en cours de démantèlement, il est nécessaire d'avoir à disposition des collimateurs de tailles différentes interchangeables.

On connaît aussi un dispositif de caractérisation radiologique appelé Radscan 600 et illustré sur la figure 1 du brevet US 7 095 030. Le dispositif possède une tête d'inspection qui inclut une caméra vidéo, un gamma détecteur collimaté et un dispositif de télémétrie laser. Dans ce dispositif le collimateur est interchangeable. L'inconvénient de ce dispositif est, qu'en fonctionnement, des points chauds

de moindre intensité risquent d'être masqués par des points chauds plus intenses hors du champ d'observation du collimateur

## 5 **EXPOSÉ DE L'INVENTION**

La présente invention a pour but de proposer un dispositif de caractérisation radiologique ne présentant pas les limitations et difficultés ci-dessus, et en particulier qui soit capable de  
10 caractériser des sources de rayonnement ionisant même d'intensité moindre en présence de sources de rayonnement ionisant plus intenses sans être gêné par du bruit parasite.

Un autre but de l'invention est de proposer  
15 un dispositif de caractérisation radiologique à collimateur ajustable.

Un autre but de l'invention est de proposer un dispositif de caractérisation radiologique à sonde de mesure radiologique interchangeable.

20 Pour y parvenir, la présente invention est un dispositif de caractérisation radiologique comportant au moins une sonde de mesure radiologique collimatée dont une extrémité sensible est placée dans un collimateur interchangeable ayant un champ  
25 d'observation et une ouverture. Le collimateur est porté par un porte-collimateur et l'ensemble collimateur et porte-collimateur est inséré dans un empilement entre deux écrans de blindage, les écrans assurant le blindage étant interchangeables de manière  
30 à ajuster leur épaisseur, l'ensemble collimateur et porte-collimateur et les écrans de blindage assurant

une protection de la sonde vis-à-vis de rayonnements ionisants parasites provenant de sources de rayonnement ionisant situées hors du champ d'observation du collimateur.

5 Des collimateurs ayant des ouvertures de tailles différentes peuvent être logés dans le porte-collimateur.

De manière avantageuse, la sonde de mesure est, elle aussi, interchangeable.

10 La sonde de mesure peut être une sonde de spectrométrie gamma ou une sonde de débit de dose.

Le dispositif de caractérisation radiologique comporte, de préférence, en outre, un porte-sonde amovible dans lequel est placée la sonde, 15 le porte-sonde, lorsqu'il est logé dans le collimateur, permettant de positionner l'extrémité sensible de la sonde dans le collimateur.

Lorsque le porte-sonde loge plusieurs sondes, elles sont agencées en faisceau.

20 Avantagement, chaque écran de blindage comporte une ou plusieurs plaques de blindage, lorsqu'il y a plusieurs plaques, elles sont en pile. Il est ainsi possible d'ajuster l'épaisseur de l'écran de blindage.

25 Le collimateur peut prendre sensiblement une forme de U avec une ouverture et une base.

Une plaque de blindage voisine du collimateur peut être chanfreinée à proximité de l'ouverture du collimateur pour augmenter son champ 30 d'observation.

L'un des écrans de blindage comporte un trou traversant dans lequel passe la sonde.

On peut prévoir des moyens de blocage en rotation et en translation des écrans de blindage par rapport au porte-collimateur et au collimateur.

Le dispositif de caractérisation radiologique peut comporter, en outre, une caméra visible ou infrarouge et/ou un dispositif de télémétrie solidaire des moyens de blocage et/ou un spot d'éclairage. Ils sont bien utiles lors de l'examen de scènes complexes.

Il est préférable de prévoir en outre des moyens de verrouillage de la sonde lorsqu'elle est en place dans le collimateur, de manière à pouvoir déplacer le dispositif de caractérisation sans soucis.

#### **BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS**

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

les figures 1A, 1B, 1C montrent respectivement en éclaté, en coupe et assemblé, un exemple de dispositif de caractérisation radiologique objet de l'invention ;

la figure 2A est un graphique illustrant le débit de fluence acquis par la sonde de mesure en fonction de l'énergie de la source de rayonnement ionisant observée et la figure 2B un graphique illustrant le signal rapport sur bruit apporté par le

collimateur en fonction de l'énergie de la source de rayonnement ionisant observée ;

les figures 3A, 3B illustrent, en vue de dessus, le pouvoir de collimation du collimateur du dispositif de caractérisation radiologique de l'invention en le comparant à un dispositif de caractérisation radiologique sans collimateur ;

les figures 4A à 4H illustrent la procédure à appliquer pour changer le collimateur du dispositif de caractérisation radiologique de l'invention ;

les figures 5A à 5C illustrent comment modifier l'enchaînement des figures 4 pour changer la sonde de mesure ;

les figures 6A, 6B, 6C illustrent en coupe transversale divers porte-sondes ;

les figures 7A, 7B, 7C sont des cartographies de débit de dose d'une case dans laquelle se trouve une cuve contenant ou ayant contenu des solutions de produits de fission, cette case étant soumise à une procédure d'assainissement.

Les différentes configurations représentées du dispositif de caractérisation radiologique doivent être comprises comme n'étant pas exclusives les unes des autres.

Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une



échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

### **EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS**

5                    On va se référer à la figure 1A qui est une vue, en éclaté, d'un exemple de dispositif de caractérisation radiologique selon l'invention. La figure 1B représente une coupe transversale du même dispositif de caractérisation radiologique selon  
10 l'invention. Il comporte un porte-collimateur 1 destiné à accueillir un collimateur 2. Le collimateur 2 est sensiblement en forme U avec un fond à partir duquel partent deux branches qui contribuent à délimiter l'ouverture 2.1 du collimateur 2. Le porte-collimateur  
15 1 peut être sensiblement en forme du U ou de C, le fond du U du collimateur venant se loger dans le porte-collimateur 1. Ainsi le collimateur 2 est interchangeable et le porte-collimateur 1 est apte à accueillir des collimateurs 2 ayant des ouvertures 2.1  
20 de taille différentes mais une même base. Sur la figure 1A, on a représenté un jeu de quatre collimateurs 2 qui peuvent être installés sur le porte-collimateur 1 chacun leur tour. Ces quatre collimateurs 2 ont des ouvertures 2.1 de taille différentes, correspondant par exemple à des angles compris entre  $10^\circ$  et  $90^\circ$ , ces angles étant représentés, sur la figure 1A, décroissants plus on s'éloigne du porte-collimateur 1. L'ensemble formé du collimateur 2 monté sur le porte-collimateur 1, que l'on appellera par la suite ensemble  
25 de collimation 3, est placé en sandwich dans un empilement 4 entre deux écrans de blindage 5. Les

écrans de blindage 5 sont de préférence, sensiblement plans. Les écrans de blindage 5 sont interchangeables, ce qui permet d'ajuster leur épaisseur en fonction de la localisation d'une source de rayonnement ionisant gamma à observer par rapport à une ou plusieurs sources de rayonnement ionisant gamma voisines et considérées comme parasites. Les sources de rayonnement ionisant ne sont pas représentées.

L'ouverture 2.1 du collimateur 2 se trouve au niveau d'un bord de l'empilement 4. Le dispositif de caractérisation radiologique comporte, de plus, au moins une sonde de mesure radiologique 6 ayant une partie sensible logée dans le collimateur 2 au niveau du fond du U, l'ouverture 2.1 du collimateur 2 étant libre. Cette sonde de mesure 6 est également interchangeable. Cette sonde de mesure 6 peut être une sonde de mesure de débit de dose, par exemple la sonde SHI de la société Saphymo. En variante, il peut s'agir d'une sonde de spectrométrie gamma à base de semi-conducteurs tels que par exemple du CdZnTe. Il est possible d'utiliser simultanément plusieurs sondes 6 de spectrométrie gamma agencées en faisceau 7 comme on le verra ultérieurement. On prévoit, de préférence, un porte-sonde 8 pour positionner, avec précision, la sonde 6 (ou les sondes) dans le collimateur 2, ce qui offre la possibilité d'utiliser des sondes de mesure 6 qui n'auraient pas les mêmes sections transversales. Le porte-sonde 8 est amovible et peut prendre la forme d'un manchon dans lequel est insérée la sonde de mesure 6 ou le faisceau 7 de sondes de mesure, l'ensemble porte-sonde 8, sonde de mesure 6 étant logé dans le

collimateur 2 au niveau du fond du U. Ce porte-sonde 8 peut être réalisé à base d'un matériau tel que le cuivre, ce qui permet de filtrer, en outre, des rayonnements ionisants d'énergies les plus basses.

5                   Le porte-sonde 8 peut être associé à une sonde de mesure 6 donnée, il a une section transversale extérieure qui correspond à l'espace délimité par le fond du collimateur 2 et une section transversale intérieure qui correspond à la section transversale de  
10 la sonde de mesure 6 ou du faisceau 7 de sondes de mesure. L'ensemble porte-sonde 8 - sonde de mesure 6 sera appelé par la suite ensemble de mesure 11. L'ensemble de mesure 11 vient en appui sur l'écran de blindage 5 surmontant l'ensemble de collimation 3.

15                   Les deux écrans de blindage 5 et l'ensemble de collimation 3 permettent de protéger la sonde de mesure 6 de tout rayonnement ionisant parasite provenant de sources de rayonnement ionisant placées hors du champ d'observation du collimateur 2. Les deux  
20 écrans de blindage 5 peuvent être formés chacun d'une ou plusieurs plaques 5.1, lorsqu'il y a plusieurs plaques 5.1, elles sont en pile. Les écrans de blindage 5 et le porte-collimateur 1 seront réalisés dans un matériau faisant obstacle au rayonnement ionisant tel  
25 que le plomb par exemple. Le collimateur 2 pourra être en tungstène par exemple.

L'un des écrans blindage 5 comporte un trou traversant 5.2 au travers duquel passe la sonde de mesure 6 et le porte-sonde 8 s'il existe.

Le nombre de plaques de blindage 5.1 n'est pas forcément le même d'un côté et de l'autre de l'ensemble de collimation 3.

Il est possible de prévoir qu'au moins une plaque de blindage 5.1, la plus proche possible du collimateur 2 ait un bord chanfreiné 5.3 au niveau de l'ouverture 2.1 du collimateur 2 de manière à augmenter le champ d'observation du collimateur 2.

On peut prévoir en outre des moyens de blocage 9 pour bloquer les différents constituants de l'empilement 4 aussi bien en rotation qu'en translation. Les moyens de blocage 9 comportent une platine inférieure 9.1 depuis laquelle se projettent trois tiges de centrage 9.2. Elles traversent les écrans de blindage 5 et le porte-collimateur 1. Ces tiges de centrage 9.2 empêchent une rotation d'un des constituants de l'empilement 4 par rapport aux autres. L'empilement 4 repose sur la platine inférieure 9.1. Dans l'exemple on a représenté trois tiges de centrage 9.2.

Ces moyens de blocage 9 comportent également une platine supérieure 9.3 au travers de laquelle passent les tiges de centrage 9.2. Elle est destinée à coiffer l'empilement 4. On trouve également des écrous 9.4 à visser sur les tiges de centrage 9.2 qui sont filetées au moins localement pour maintenir la platine supérieure 9.3 plaquée contre l'écran de blindage 5 qu'elle coiffe. On prévoit également des moyens de verrouillage 10 de la sonde de mesure 6 qui peuvent prendre la forme d'une barrette 10.1 dont une extrémité est pourvue d'un trou traversant 10.2 pour

l'enfiler sur une des tiges de centrage 9.2 et l'autre d'une encoche 10.3 destinée à se caler sur une autre tige de centrage 9.2. La barrette 10.1, lorsqu'elle est en position de verrouillage, est maintenue plaquée sur la platine supérieure 9.3 grâce aux écrous 9.4 qui sont  
5 vissés sur les tiges de centrage 9.2. Elle empêche que la sonde de mesure 6 se déplace en translation.

La platine supérieure 9.3 peut être dotée d'une poignée 9.30 pour faciliter le déplacement du dispositif de caractérisation et l'orientation  
10 angulaire du collimateur 2 et plus particulièrement de son ouverture 2.1.

L'empilement 4 a été représenté en forme de cylindre de révolution mais ce n'est pas limitatif. Les  
15 écrans de blindage 5 peuvent prendre, dans ce cas, la forme de disques.

Avec un tel dispositif, il est aisé de modifier le nombre de plaques de blindage 5.1 en fonction de la configuration de l'espace dans lequel on  
20 utilise le dispositif de caractérisation radiologique objet de l'invention. Il est ainsi possible de rajouter des plaques de blindage 5.1 entre la platine inférieure 9.1 et l'ensemble de collimation 3, si une source de rayonnement ionisant (non représentée) très intense est  
25 située sous le dispositif. Il serait bien sûr possible de les rajouter entre la platine supérieure 9.3 et l'ensemble de collimation 3, si la source de rayonnement ionisant très intense est située au dessus du dispositif. Ainsi, les deux écrans de blindage 5  
30 n'ont pas forcément la même épaisseur comme illustré sur les figures 5A à 5C. Ils ne possèdent pas forcément

le même nombre de plaques de blindage 5.1. Il est également possible que les plaques de blindage 5.1 n'aient pas toutes la même épaisseur. Sur les figures 5A à 5C, la plaque de blindage 5.1 qui repose sur la platine inférieure 9.1 est plus épaisse que les autres. Ce n'est qu'un exemple. On adaptera les longueurs des tiges de centrage 9.2 en fonction de l'épaisseur des deux écrans de blindage 5 mis en œuvre.

Sur la figure 1C, le dispositif de caractérisation radiologique objet de l'invention est montré en trois dimensions. Il comporte, en outre, monté sur la poignée 9.30 de la platine supérieure 9.3 une caméra infrarouge ou visible 21, en noir et blanc ou en couleurs et/ou un dispositif de télémétrie 22. La caméra 21 permet de prendre une photo visible ou infrarouge de la scène observée. Le dispositif de télémétrie 22 permet de mesurer la distance séparant le dispositif de caractérisation radiologique d'une source de rayonnement ionisant observée. Un spot d'éclairage repère 23 permet de d'éclairer la scène.

L'efficacité d'un ensemble de collimation 3 avec un collimateur 2 ayant une ouverture, c'est-à-dire un angle d'ouverture, de  $90^\circ$  a été vérifiée grâce à une série de calculs à l'aide du code de calcul avancé MERCURE 6.2. Il s'agit d'un code de calcul permettant d'évaluer, pour une source de rayonnement ionisant ayant une énergie donnée, le débit de fluence gamma au niveau du détecteur. On rappelle que la fluence est, en un point donné de l'espace, le quotient du nombre de particules qui pénètrent en un intervalle de temps donné dans une sphère convenablement petite centrée en

ce point, par l'aire du grand cercle de cette sphère. Le débit de fluence est lui le quotient de la variation de la fluence par unité de temps.

La source de rayonnement ionisant est de grand volume 10 mètres par 6 mètres par 2 mètres. La sonde de mesure de débit de dose est placée à 1 mètre de la source de rayonnement ionisant. On a donné à la source de rayonnement ionisant cinq valeurs discrètes d'énergie à savoir 100 keV, 500 keV, 1 MeV, 2 MeV, 10 MeV. On a effectué ces calculs de débit de fluence avec le dispositif de caractérisation radiologique de l'invention, le collimateur étant en place ou absent. Le graphique de la figure 2A montre le débit de fluence en fonction de l'énergie de la source de rayonnement ionisant, la courbe référencée (b) correspond au cas où le collimateur est absent dans le dispositif de caractérisation et la courbe référencée (a) correspond au cas où le collimateur est présent dans le dispositif de caractérisation. Les calculs faits avec le collimateur montrent que le débit de fluence varie en fonction de l'énergie de la source. Sans le collimateur, le débit de fluence est sensiblement constant.

En utilisant toujours, la même source de rayonnement ionisant et le dispositif de caractérisation radiologique objet de l'invention, on a essayé d'évaluer le rapport signal sur bruit apporté par l'ensemble de collimation. On se réfère à la figure 2B. Pour chacune des énergies discrètes évoquées plus haut, on a calculé la fluence, dans une première configuration, dans laquelle la source de rayonnement

ionisant est située dans le champ d'observation du collimateur et, dans une seconde configuration, dans laquelle la source de rayonnement ionisant est située strictement hors du champ d'observation du collimateur.

5 Le rapport signal sur bruit est une grandeur qui est proportionnelle au rapport des valeurs calculées dans la première configuration sur les valeurs calculées dans la seconde configuration. Le rapport signal sur bruit varie d'environ 2 à environ 1 et il décroît alors  
10 que les énergies augmentent. Le code de calcul MERCURE normalise la source à une activité volumique de  $1 \text{ Bq/cm}^3$ .

Sur les figures 3, on a représenté une modélisation du flux acquis par la sonde de mesure dans  
15 le cas où le collimateur est présent (figure 3A) et dans le cas où il est absent (figure 3B). Le dispositif de caractérisation radiologique est représenté partiellement en vue de dessus. Le flux acquis par la sonde de mesure 6 est bien plus petit en présence du  
20 collimateur.

On va maintenant, en se référant aux figures 4A à 4H, montrer comment il est possible de changer de collimateur 2. Sur la figure 4A, le dispositif de caractérisation radiologique comporte un  
25 collimateur 2 à grand champ d'observation. Il comporte également trois sondes de mesure 6 agencées en faisceau 7. Sur la figure 4B, on a déverrouillé l'ensemble de mesure 11, en libérant la barrette 10.1 de l'une des tiges de centrage 9.2.

30 Sur la figure 4C, on a extrait l'ensemble de mesure 11 du collimateur 2 en le soulevant. On peut



laisser l'ensemble de mesure 11 inséré dans l'écran de blindage 5 possédant le trou traversant 5.2. Sur la figure 4D, on a extrait le collimateur 2 du porte-collimateur 1, en le tirant comme un tiroir. Sur la figure 4E, on loge un nouveau collimateur 2 dans le porte-collimateur 1 en le poussant comme un tiroir. Sur la figure 4F, le nouveau collimateur 2 est en place. Il comporte un champ d'observation plus petit que celui qui a été ôté. Sur la figure 4G, on a remis en place l'ensemble de mesure 11 en le descendant dans l'écran de blindage 5 supérieur et le collimateur 2 jusqu'à ce qu'il bute sur l'autre écran de blindage 5 sur lequel repose l'ensemble de collimation 3. Il n'y a plus qu'à remettre en place la barrette de verrouillage 10.1 comme indiqué sur la figure 4H. Si on veut changer la sonde de mesure 6, il est possible d'effectuer les opérations suivantes. On effectue les opérations décrites aux figures 4A à 4C. On ôte alors complètement l'ensemble de mesure 11 comme sur la figure 5A et on le remplace par un autre comme sur les figures 5B, 5C. Sur la figure 5C, le nouvel ensemble de mesure 11 est en place. Il n'y a plus qu'à remettre en place la barrette de verrouillage 10.1 comme indiqué sur la figure 4H. Il est bien sûr possible, dans une succession d'étapes, de combiner à la fois le changement du collimateur 2 et celui de l'ensemble de mesure 11.

La sonde de mesure 6 reçoit le spectre gamma émis par la source de rayonnement ionisant (non représentée). Les signaux fournis par la sonde de mesure en réponse au spectre gamma reçu permettent d'estimer le débit de flux ou l'activité de chaque

radioélément émetteur de rayonnement ionisant présent dans le spectre. Ainsi l'interprétation du spectre gamma permet, par exemple lors d'une phase d'assainissement d'un local, le suivi « en ligne » de  
5 chaque radioélément présent dans le spectre reçu.

Les figures 6A, 6B, 6C montrent des coupes transversales de plusieurs porte-sonde 8. Les porte-sondes sont des cylindres de révolution dont le diamètre extérieur est le même quel que soit la sonde  
10 qu'il va accueillir. Le porte-sonde 8 de la figure 6A est destiné à accueillir un faisceau de plusieurs sondes de mesure de spectrométrie, dans l'exemple, on en prévoit trois (comme illustré sur la figure 4A part exemple) mais ce nombre n'est pas limitatif. Les trois  
15 sondes peuvent être les mêmes ou avoir des volumes différents. On pourrait par exemple prévoir des sondes de volume croissant, par exemple de  $1 \text{ mm}^3$ ,  $5 \text{ mm}^3$  et  $60 \text{ mm}^3$ . Les mesures réalisées permettent de couvrir une dynamique de mesure importante. En variante, il est  
20 possible d'utiliser des sondes de même volume et de sommer les spectres de rayonnement gamma acquis par chacune des sondes. Cette dernière configuration permet de conserver la résolution de la détection en utilisant un détecteur de faible volume tout en augmentant le  
25 rendement par rapport au cas où l'on utiliserait une seule sonde de volume triple. Sur les figures 6B, 6C le porte-sonde 8 est destiné à accueillir une seule sonde, le volume de la sonde devant être placée dans le porte-sonde de la figure 6B est plus important que celui de  
30 la sonde de mesure devant être placée dans le porte-sonde de la figure 6C.

Le dispositif de caractérisation radiologique objet de l'invention peut être utilisé en exploitant directement les signaux délivrés par la ou les sondes de mesure et en assurant le traitement de ces signaux « en ligne » à l'aide d'un simple constat ou d'un tableau. On utilise une méthode absolue de mesure. On déplace le dispositif de caractérisation radiologique sur au moins une verticale devant la scène à caractériser en le pendant à une perche et en lui donnant une ou plusieurs orientations angulaires par altitude. En fonction des signaux délivrés, on peut changer le collimateur, l'épaisseur de l'un, de l'autre ou des deux écrans de blindage ou même la sonde de mesure.

En variante, il est possible, de faire un traitement a posteriori. On utilise une méthode relative de mesure. Pour une source de rayonnement ionisant donnée et un collimateur donné, on va dresser une cartographie de la scène observée en termes de débits de dose. On va définir des angles d'orientation à faire prendre au dispositif de caractérisation et donc à la sonde de mesure, de part et d'autre d'un angle nul dans lequel l'axe de visée du collimateur est sensiblement normal à la scène observée. On définit également une pluralité d'altitudes. On mesure, par exemple, le débit de dose pour une altitude donnée et un certain nombre d'angles d'orientation. On peut ainsi tracer une première cartographie comme illustré sur la figure 7A. Elle délimite des points ou des zones de concentration de la contamination. Si la scène est ensuite assainie, on peut procéder à l'issue de cet

assainissement à une nouvelle série de mesures, et à la constitution d'une nouvelle cartographie avec les mêmes altitudes et les mêmes angles pour évaluer l'efficacité de la décontamination. On peut également en changeant la sonde de mesure pour utiliser une sonde de spectrométrie gamma estimer la qualité des radioéléments observés. On peut ensuite coupler la cartographie de débit de dose avec le spectre gamma pour estimer l'activité de la scène observée.

Les figures 7A, 7B, 7C sont des cartographies de débit de dose d'une case contenant une cuve de collecte et d'entreposage de solutions de produits de fission. Les mesures ont été faites à des profondeurs comprises entre -1 mètre et -5,25 mètres. Le balayage a été fait sur une plage d'angles allant de -90° à +90°. La case se trouve au sous-sol d'un bâtiment sous une dalle de béton 70. Ces cartographies correspondent à un état juste avant le début de l'assainissement (figure 7A), à un état en cours de l'assainissement (figure 7B) et à un état final de l'assainissement (figure 7C).

Sur la figure 7A, on distingue trois zones pour lesquelles le niveau de contamination est important. Il s'agit d'une zone n° 1, proche du plafond, d'une zone n° 2 intermédiaire et d'une zone n° 3 en fond de case. La zone n° 1 est attribuée à des tuyauteries telles qu'un pot de prise d'échantillons. La zone n° 2 est attribuée à une partie interne de la cuve de type éjecteur ou comme étant une zone de marnage. La zone n° 3 est attribuée au fond de la cuve qui contient encore des solutions actives.

Sur la figure 7B, on s'aperçoit que les débits de dose ont décru au moins pour les zones n° 2 et n° 3. L'inspection a lieu alors que des opérations d'assainissement ont débuté et que la cuve a été vidée.

5 Un nouvelle zone de contamination intense, dénommée zone n° 4 est apparue dans la partie gauche de la carte, à une altitude comprise entre environ -3,75 et -4,5 mètres. Elle correspond à des tuyauteries utilisées pour vider la cuve. La zone n° 1 est toujours

10 présente car le pot de prise d'échantillons n'a pas été traité.

Les opérations d'assainissement se sont poursuivies, la cuve a été rincée et l'efficacité du rinçage ne peut être niée sur la figure 7C. La zone

15 n° 4 a disparu, l'intensité de zone n° 3 a diminué. Seule subsiste de manière intense la zone n° 1 qui n'a pas été décontaminée. Les résultats de la cartographie et les constats d'efficacité de la contamination sont probants et précis.

20 On comprendra que différents changements et modifications peuvent être apportés au dispositif de caractérisation radiologique sans sortir du cadre de l'invention.

**REVENDICATIONS**

1. Dispositif de caractérisation radiologique comportant au moins une sonde de mesure radiologique (6) collimatée dont une extrémité sensible est placée dans un collimateur (2) interchangeable ayant un champ d'observation, caractérisé en ce que le collimateur (2) est porté par un porte-collimateur (1) l'ensemble collimateur et porte collimateur (3) étant inséré dans un empilement entre deux écrans de blindage (5), les écrans blindage (5) étant interchangeables de manière à ajuster leur épaisseur, l'ensemble collimateur et porte-collimateur (3) et les écrans de blindage (5) assurant une protection de la sonde (6) vis-à-vis de rayonnements ionisants parasites provenant de sources de rayonnement ionisant situées hors du champ d'observation du collimateur (2), le collimateur étant sensiblement en forme de U avec une ouverture (2.1) et un fond au niveau duquel est logée l'extrémité sensible de la sonde de mesure.

2. Dispositif de caractérisation radiologique selon la revendication 1, dans lequel le porte-collimateur (1) est destiné à loger des collimateurs (2) ayant des ouvertures (2.1) de tailles différentes.

3. Dispositif de caractérisation radiologique selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel la sonde de mesure (6) est interchangeable.

4. Dispositif de caractérisation radiologique selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la sonde de mesure (6) est une sonde de spectrométrie gamma ou une sonde de débit de dose.

5

5. Dispositif de caractérisation radiologique selon l'une des revendications 1 à 4, comportant, en outre, un porte-sonde (8) amovible dans lequel est placée la sonde (6), le porte-sonde (8) lorsqu'il est logé dans le collimateur (2) permettant de positionner l'extrémité sensible de la sonde (6) dans le collimateur (2).

6. Dispositif de caractérisation radiologique selon la revendication 5, dans lequel lorsque le porte-sonde (8) loge plusieurs sondes (6), elles sont agencées en faisceau (7).

7. Dispositif de caractérisation radiologique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque écran de blindage (5) comporte une ou plusieurs plaques de blindage (5.1), lorsqu'il y a plusieurs plaques (5.1), elles sont en pile.

25

8. Dispositif de caractérisation radiologique selon la revendication 7, dans lequel une plaque de blindage (5.1) voisine du collimateur (2) a un bord chanfreiné (5.3) à proximité de l'ouverture (2.1) du collimateur (2) pour augmenter son champ d'observation.

30

9. Dispositif de caractérisation radiologique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'un des écrans de blindage (5) comporte un trou traversant (5.2) dans lequel passe la sonde (6).

10. Dispositif de caractérisation radiologique selon la revendication 9 rattachée à la revendication 5, dans lequel le porte-sonde (8) passe à travers le trou traversant (5.2).

11. Dispositif de caractérisation radiologique selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre des moyens de blocage en rotation et en translation (9) des écrans de blindage (5) par rapport au porte-collimateur (1) et au collimateur (2).

12. Dispositif de caractérisation radiologique selon la revendication 11, comportant en outre une caméra visible ou infrarouge (21) et/ou un dispositif de télémétrie (22) solidaire des moyens de blocage (9) et/ou un spot d'éclairage (23).

13. Dispositif de caractérisation radiologique selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre des moyens de verrouillage (10) de la sonde (6) lorsqu'elle est en place dans le collimateur (2).



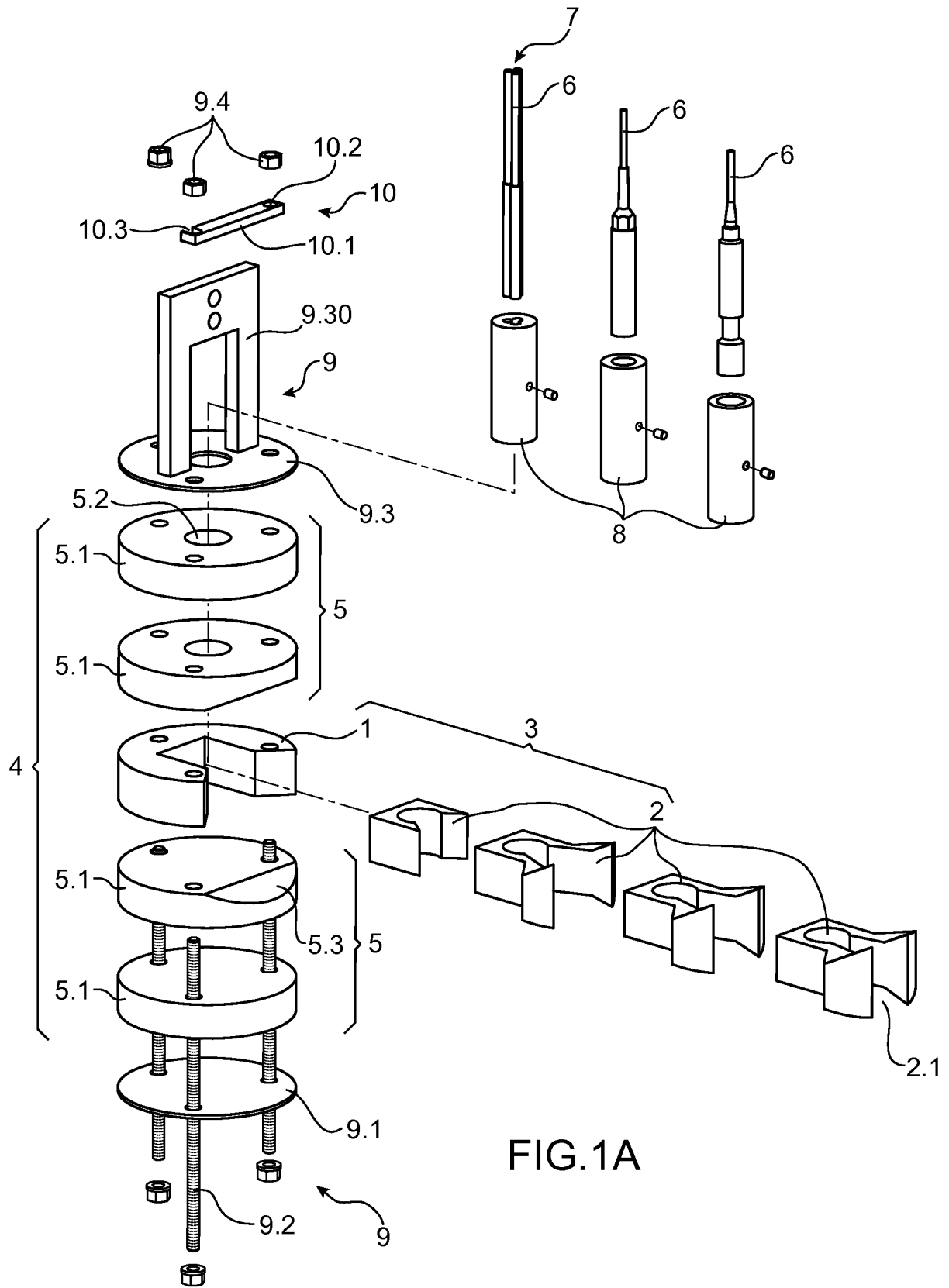


FIG.1A

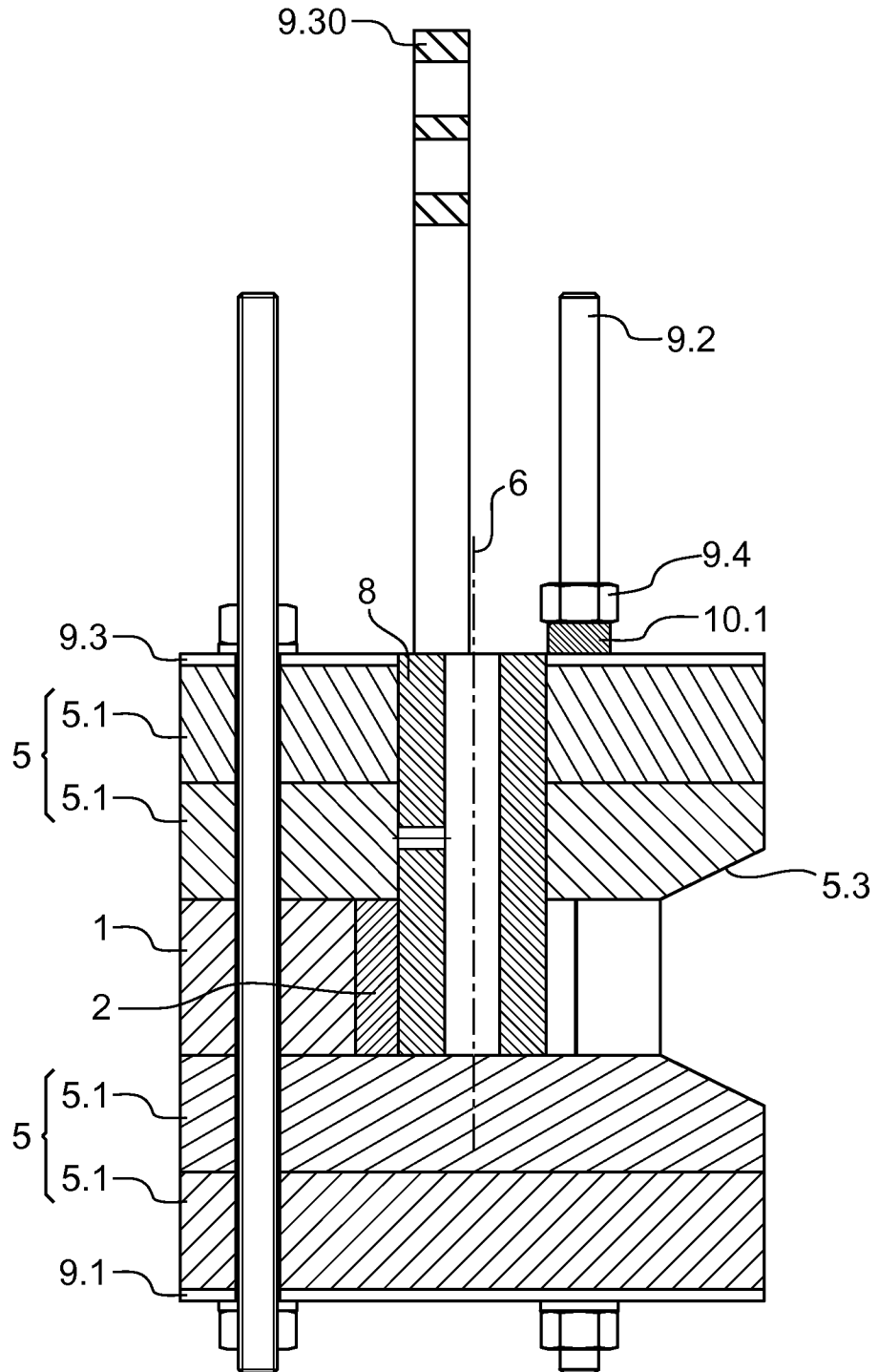


FIG. 1B

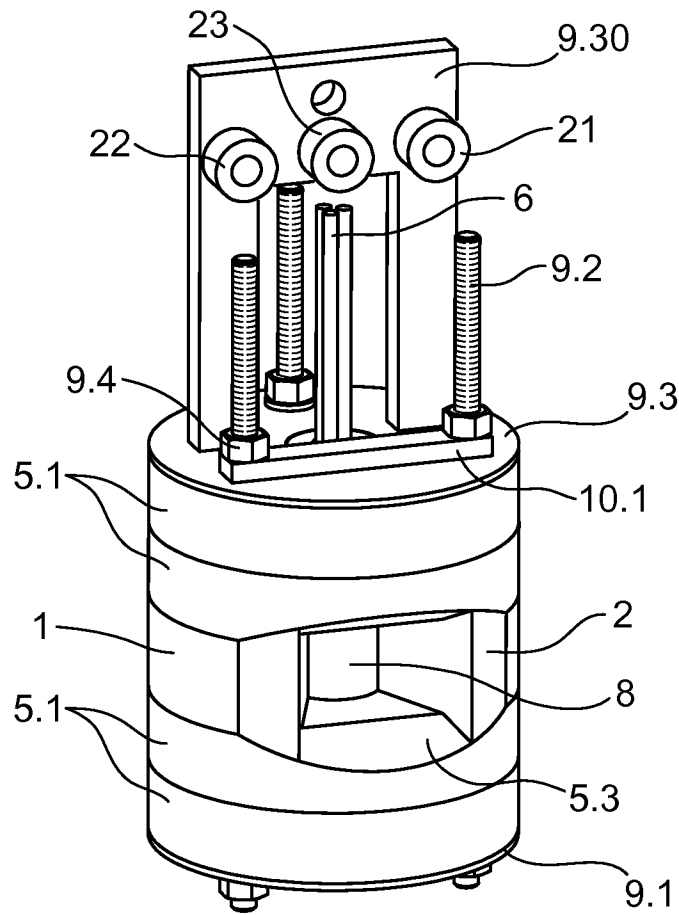


FIG.1C

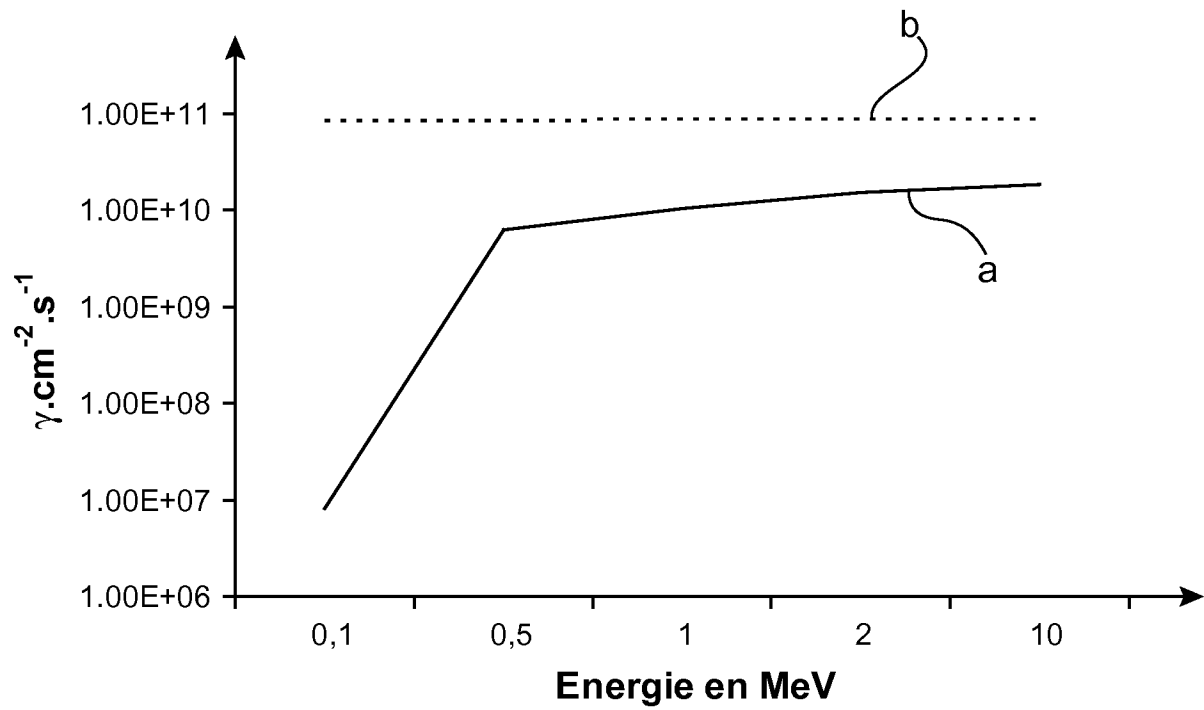


FIG.2A

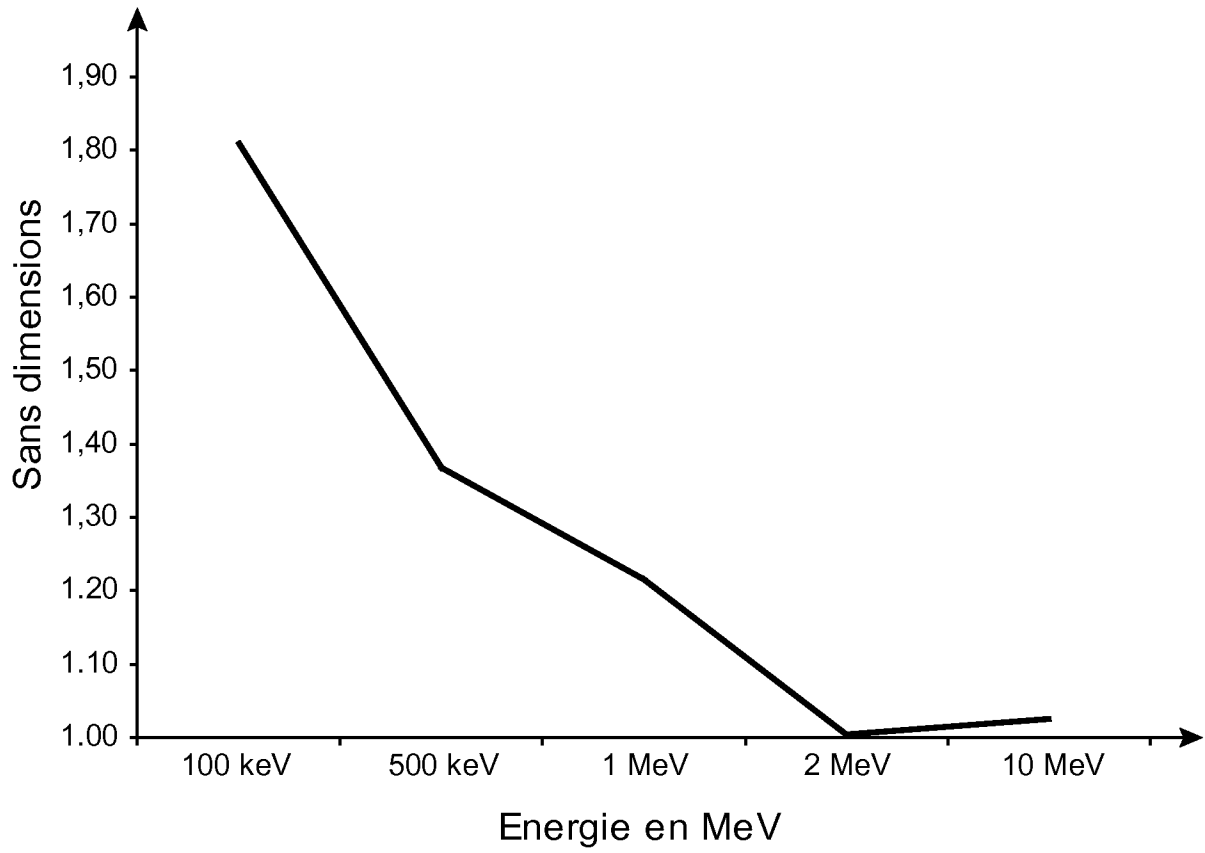


FIG.2B

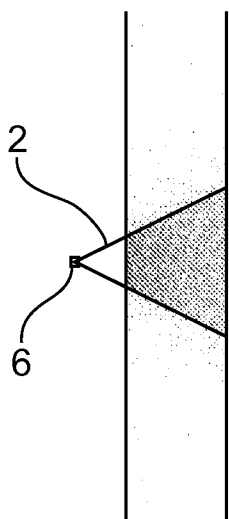


FIG.3A

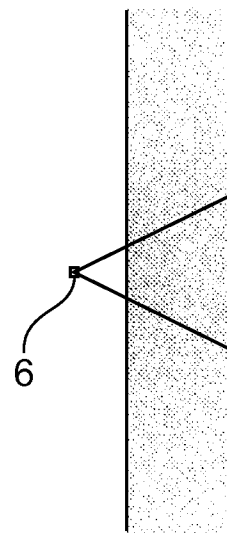


FIG.3B

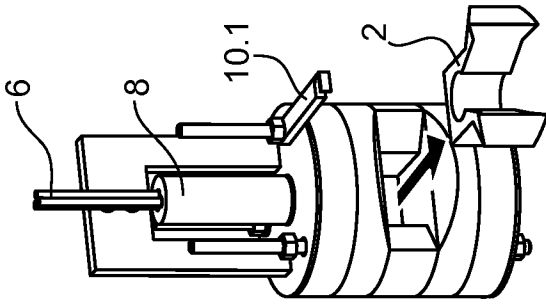


FIG. 4D

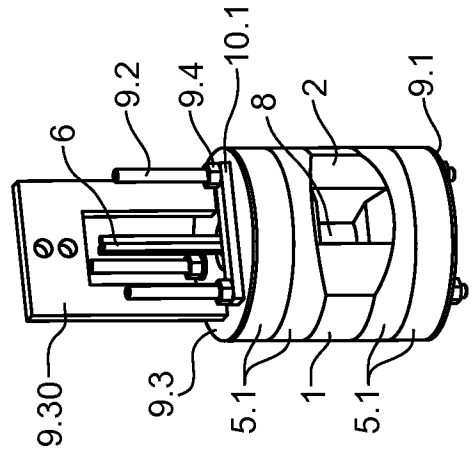


FIG. 4H

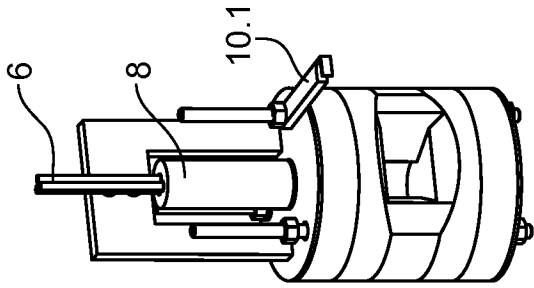


FIG. 4C

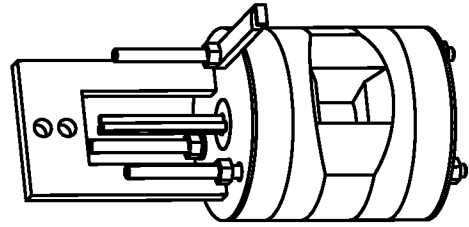


FIG. 4G

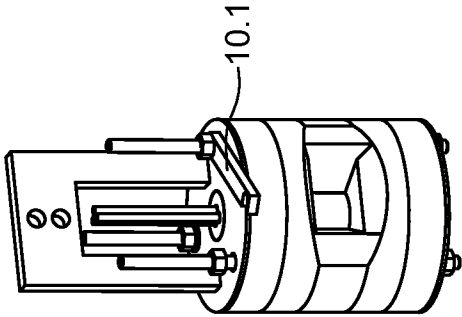


FIG. 4B

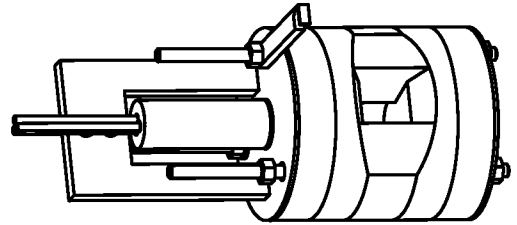


FIG. 4F

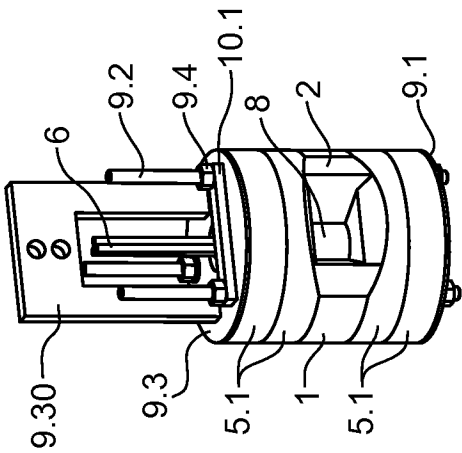


FIG. 4A

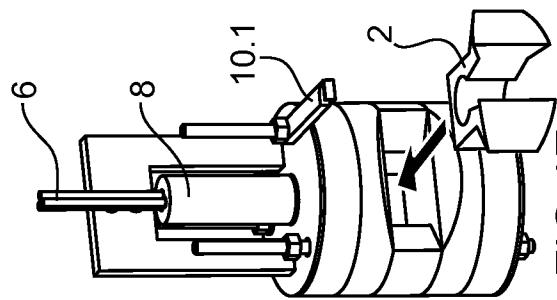


FIG. 4E

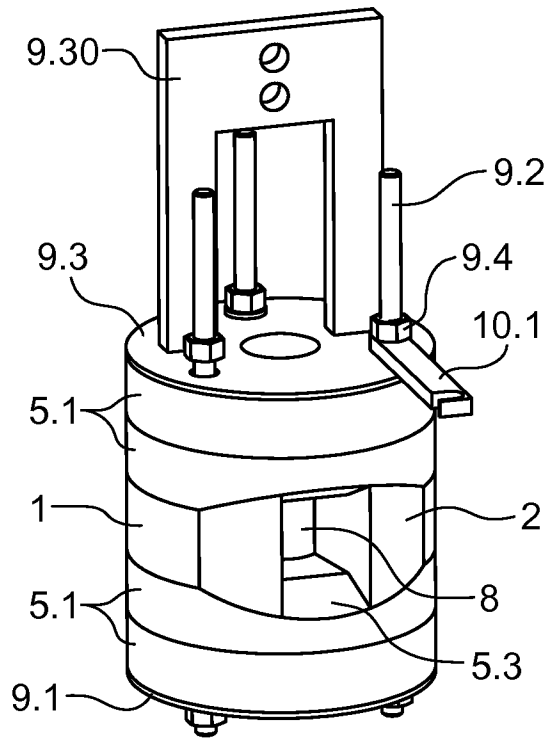


FIG. 5A

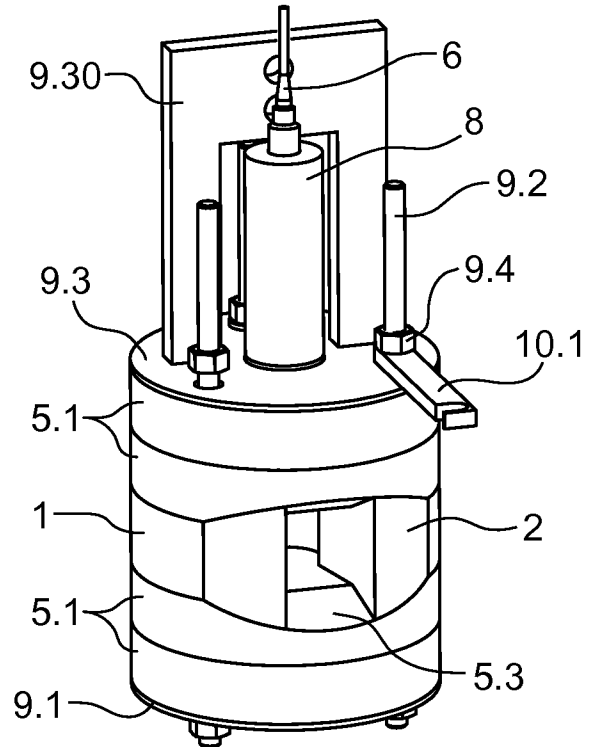


FIG. 5B

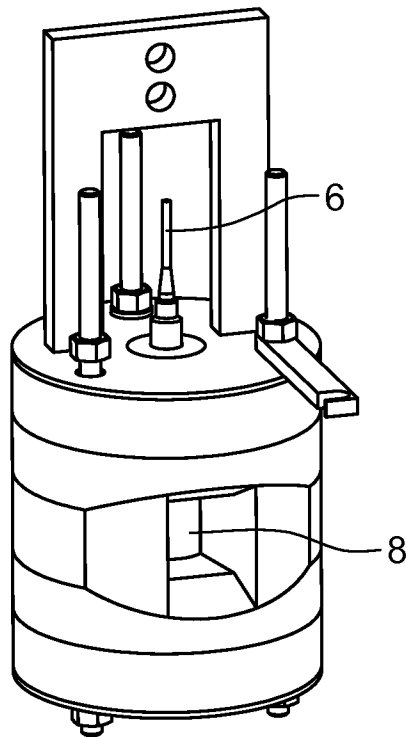


FIG. 5C

7/10

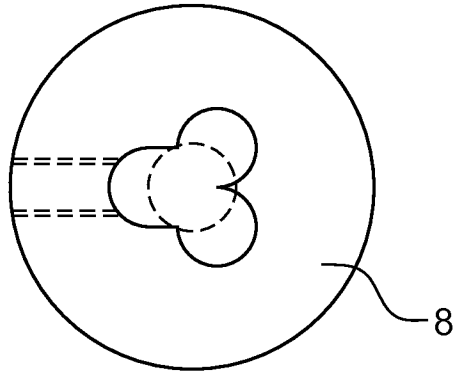


FIG. 6A

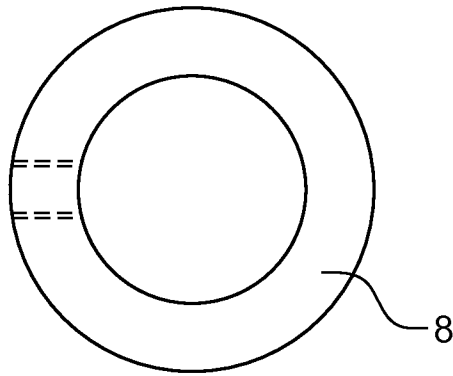


FIG. 6B

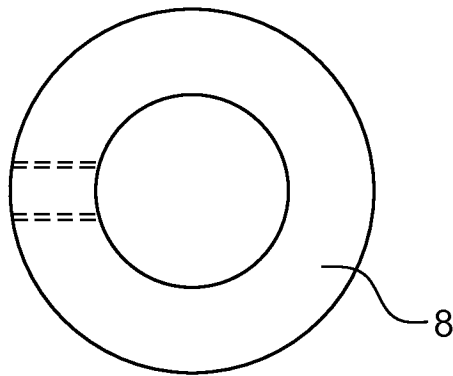


FIG. 6C

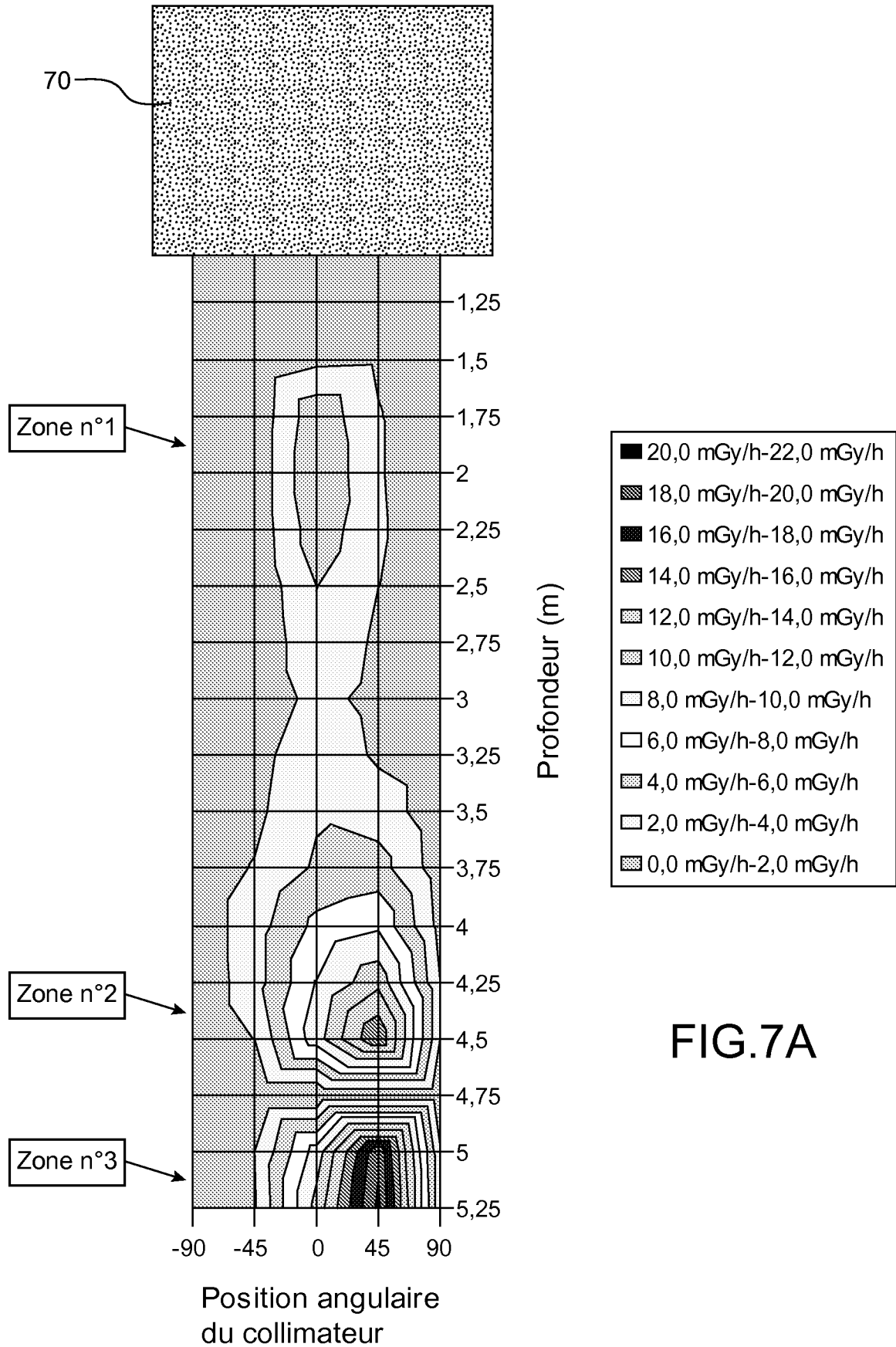


FIG.7A



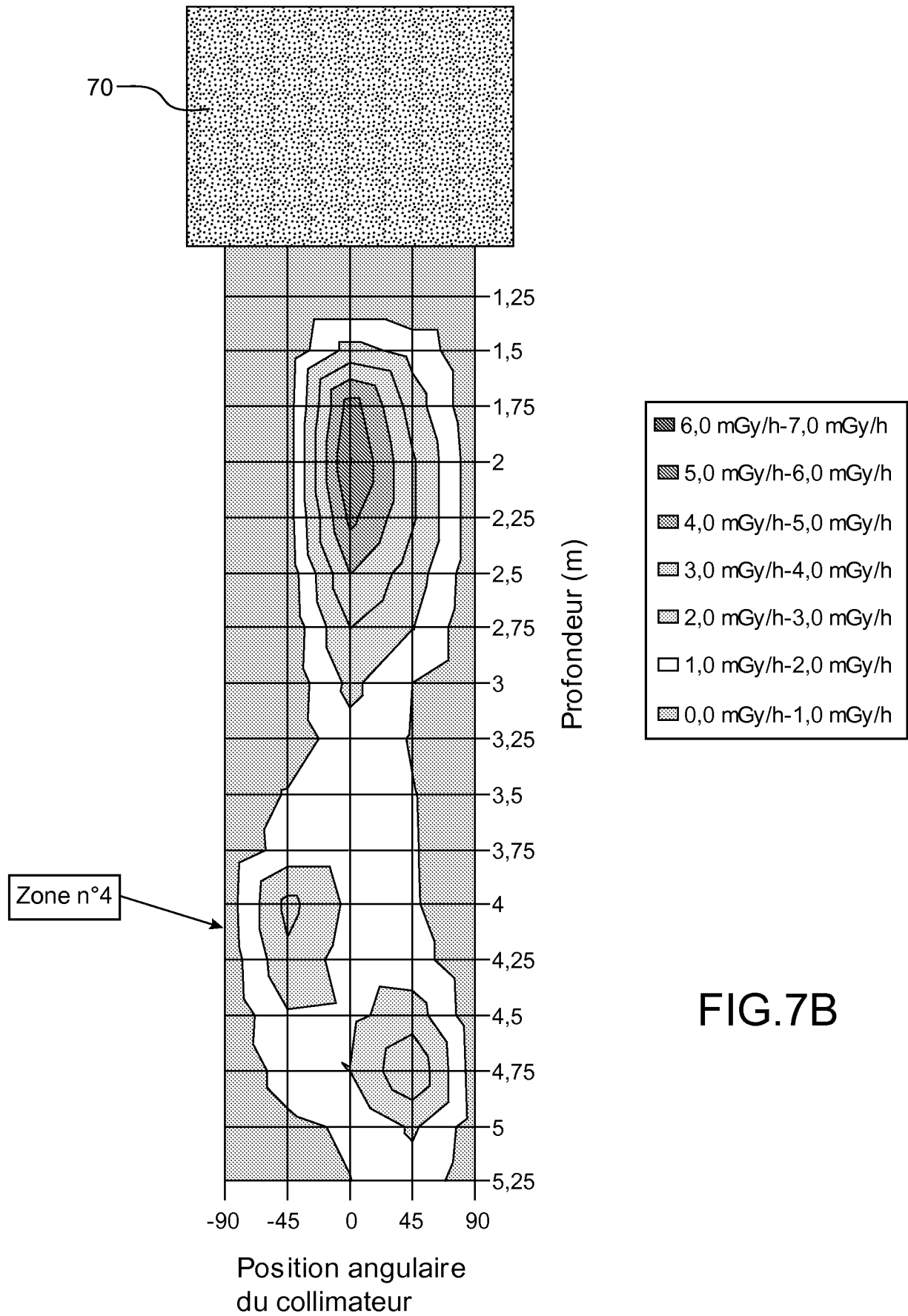


FIG.7B

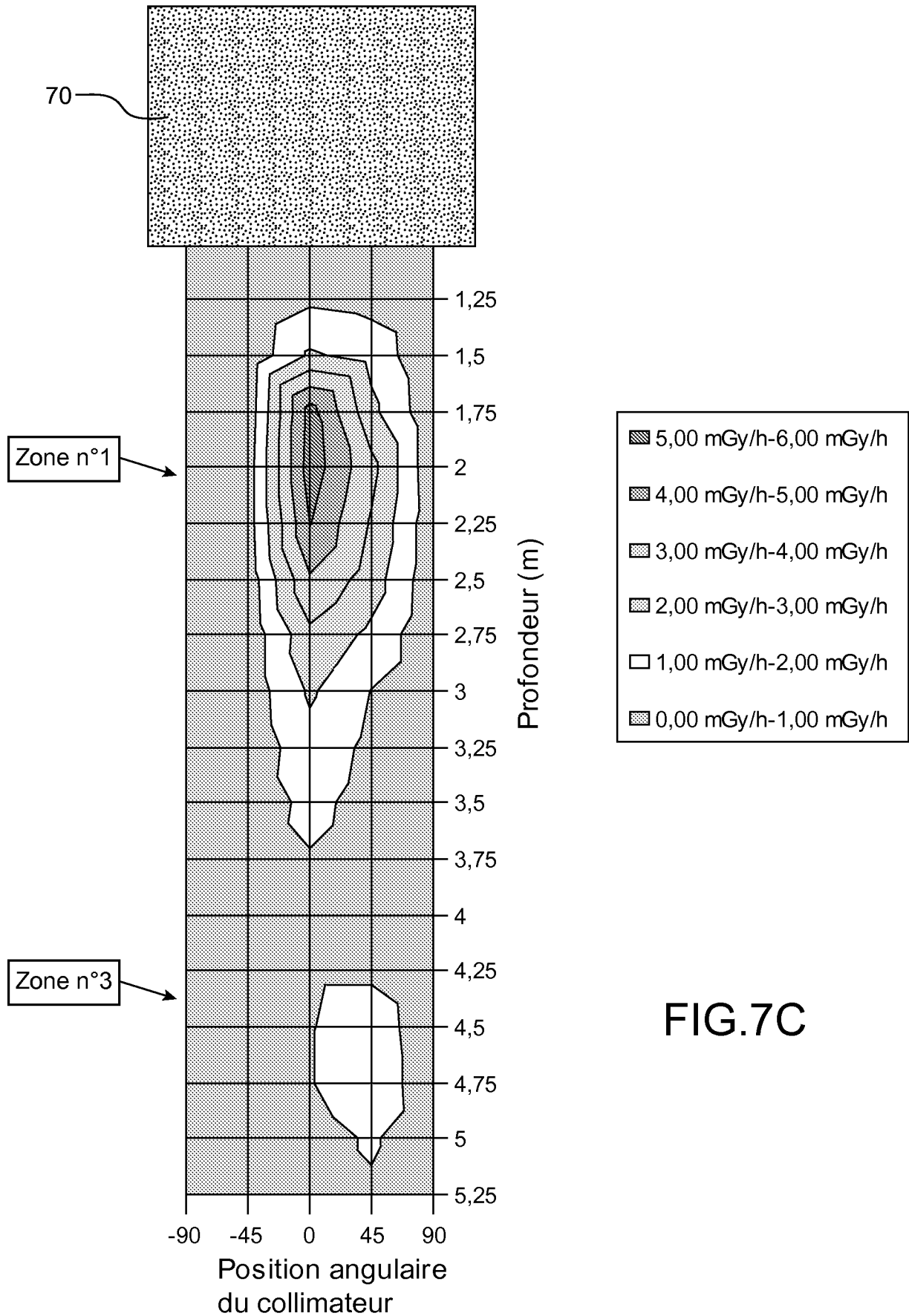


FIG.7C

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2010/053104

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
INV. G01T1/169 G01T7/00  
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

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 107 276 A (COHEN ABRAHAM E) 15 October 1963 (1963-10-15) column 2, lines 12-72; figure 2 -----	1-13
A	US 7 095 030 B2 (HUGHES KARL ANTHONY [GB] ET AL) 22 August 2006 (2006-08-22) cited in the application column 5, lines 26-41; figure 1 -----	1-13
A	EP 0 674 188 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 27 September 1995 (1995-09-27) column 1, line 12 - column 2, line 46; figures 1,2 -----	1-13
A	US 2005/230628 A1 (HIRAI TADAAKI [JP] ET AL) 20 October 2005 (2005-10-20) paragraphs [0030], [0032], [0037]; figures 1,3 -----	1-13

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

3 June 2010

Date of mailing of the international search report

09/06/2010

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

Wulveryck, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/053104

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3107276	A	15-10-1963	NONE
US 7095030	B2	22-08-2006	EP 1315004 A1 28-05-2003 US 2003164455 A1 04-09-2003
EP 0674188	A1	27-09-1995	CA 2143553 A1 22-09-1995 DE 69505031 D1 05-11-1998 DE 69505031 T2 12-05-1999 ES 2124505 T3 01-02-1999 FR 2717587 A1 22-09-1995 JP 3579112 B2 20-10-2004 JP 7294656 A 10-11-1995 RU 2138832 C1 27-09-1999 US 5557107 A 17-09-1996
US 2005230628	A1	20-10-2005	AU 2003257628 A1 11-03-2004 CN 1672063 A 21-09-2005 EP 1542038 A1 15-06-2005 WO 2004019060 A1 04-03-2004 JP 4153486 B2 24-09-2008 KR 20050058391 A 16-06-2005

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2010/053104

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> INV. G01T1/169 G01T7/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b>		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 3 107 276 A (COHEN ABRAHAM E) 15 octobre 1963 (1963-10-15) colonne 2, ligne 12-72; figure 2	1-13
A	US 7 095 030 B2 (HUGHES KARL ANTHONY [GB] ET AL) 22 août 2006 (2006-08-22) cité dans la demande colonne 5, ligne 26-41; figure 1	1-13
A	EP 0 674 188 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 27 septembre 1995 (1995-09-27) colonne 1, ligne 12 - colonne 2, ligne 46; figures 1,2	1-13
A	US 2005/230628 A1 (HIRAI TADAAKI [JP] ET AL) 20 octobre 2005 (2005-10-20) alinéas [0030], [0032], [0037]; figures 1,3	1-13
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> 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  <b>3 juin 2010</b>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  <b>09/06/2010</b>
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  <b>Wulveryck, J</b>

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2010/053104

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3107276	A	15-10-1963	AUCUN	
US 7095030	B2	22-08-2006	EP 1315004 A1 US 2003164455 A1	28-05-2003 04-09-2003
EP 0674188	A1	27-09-1995	CA 2143553 A1 DE 69505031 D1 DE 69505031 T2 ES 2124505 T3 FR 2717587 A1 JP 3579112 B2 JP 7294656 A RU 2138832 C1 US 5557107 A	22-09-1995 05-11-1998 12-05-1999 01-02-1999 22-09-1995 20-10-2004 10-11-1995 27-09-1999 17-09-1996
US 2005230628	A1	20-10-2005	AU 2003257628 A1 CN 1672063 A EP 1542038 A1 WO 2004019060 A1 JP 4153486 B2 KR 20050058391 A	11-03-2004 21-09-2005 15-06-2005 04-03-2004 24-09-2008 16-06-2005