(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
9 août 2012 (09.08.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/104269 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G21C 1/03 (2006.01) *G21C 17/007* (2006.01)
G21C 9/016 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2012/051490

(22) Date de dépôt international :
31 janvier 2012 (31.01.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1150870 3 février 2011 (03.02.2011) FR

(71) Déposant *(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).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **LO PINTO, Pierre** [FR/FR]; 16 rue des Genêts, Le Défend, F-13490 Jouques (FR). **ALLEGRE, Pierre** [FR/FR]; 61 boulevard Carnot, F-13100 Aix-en-Provence (FR).

(74) Mandataires : **ILGART, Jean-Christophe** et al.; Brevalex, 95 rue d'Amsterdam, F-75378 Paris Cedex 8 (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, QA, RO, RS, RU, RW, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : DEVICE FOR INTER-VESSEL CORIUM RECOVERY FOR A NUCLEAR REACTOR AND NUCLEAR REACTOR IMPLEMENTING SUCH A DEVICE

(54) Titre : DISPOSITIF RECUPERATEUR DE CORIUM DANS L' INTERCUVE D'UN REACTEUR NUCLEAIRE REACTEUR NUCLEAIRE METTANT EN OEUVRE UN TEL DISPOSITIF

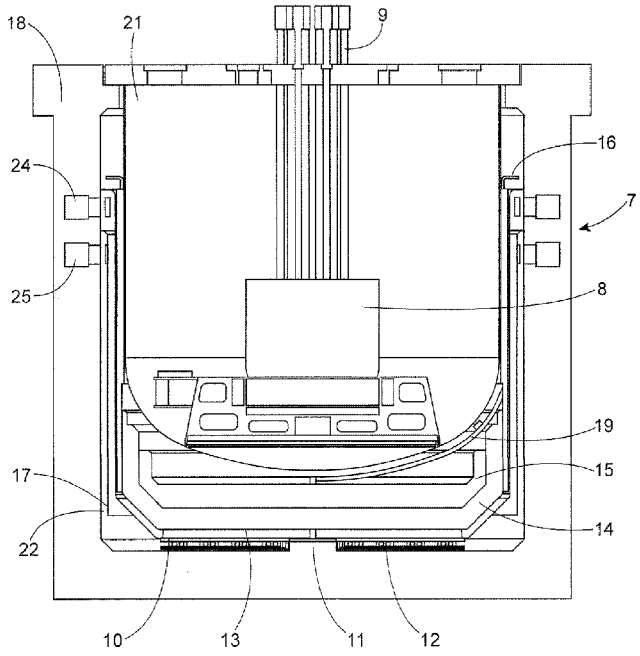


FIG.1

(57) Abstract : The invention relates to an inter-vessel corium recovery device for a nuclear reactor (7), which is placed in the reactor pit outside the main vessel (21) and which comprises radioactive-containment and cooling means, and means for inspecting the bottom of the main vessel (21).

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif récupérateur de corium dans l 'intercuve d'un réacteur nucléaire (7), qui est posé dans le puits de cuve du réacteur à l'extérieur de la cuve principale (21), et qui comprend des moyens de refroidissement et de confinement radioactif, et des moyens d'inspection du fond de la cuve principale (21).

WO 2012/104269 A1

LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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))*

DISPOSITIF RECUPERATEUR DE CORIUM DANS L'INTERCUVE D'UN REACTEUR NUCLEAIRE ET REACTEUR NUCLEAIRE METTANT EN OEUVRE UN TEL DISPOSITIF

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

L'invention concerne un dispositif récupérateur de corium dans l'intercuve d'un réacteur nucléaire, et un réacteur nucléaire mettant en œuvre un tel dispositif.

Dans la suite de la description, on considère, à titre d'exemple, un réacteur nucléaire à caloporteur sodium.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

La prise en compte d'un éventuel accident grave de fusion généralisée du cœur d'un réacteur nucléaire à caloporteur sodium conduit à disposer un récupérateur de débris au fond de la cuve principale de ce réacteur, ce qui est le cas pour le réacteur Super-Phenix par exemple. Mais une telle solution présente les inconvénients suivants. L'intégrité d'un tel récupérateur peut être affectée par le mode d'arrivée du corium, ou magma résultant de la fusion des éléments du réacteur nucléaire, sur le récupérateur : jet fragmenté ou non …. L'ajout d'une couche sacrificielle sur un tel récupérateur est difficilement envisageable, car elle entraînerait des inconvénients pour le fonctionnement normal du réacteur : compatibilité avec le sodium ; entraînement de particules avec risques de bouchage …. Par ailleurs, un risque de défaillance des

fonctions de sûreté (confinement, refroidissement, mitigation) liée à une même cause (mode commun) existe potentiellement au-delà d'un certain niveau d'accident énergétique : déformation d'une seconde barrière de sécurité et de la cuve principale ; impact sur la géométrie du récupérateur ; chargement mécanique des échangeurs d'évacuation de puissance résiduelle.

Un accident énergétique, d'autant plus si celui-ci est sévère, peut ainsi avoir des répercussions sur les systèmes de sauvegarde : récupérateur, échangeurs de refroidissement à l'arrêt. Un récupérateur intercuve, disposé en dehors de la cuve principale, a pour objet de protéger ces systèmes de sauvegarde, dont on attend une grande fiabilité sur une durée très longue (récupération, refroidissement post-accident), et de minimiser le surcoût d'investissement en permettant une amélioration de la sûreté.

Le document référencé [1] en fin de description décrit ainsi un tel récupérateur pour un réacteur nucléaire à neutrons rapides et à refroidissement par métal liquide, comportant un sommier de support du cœur de réacteur, porté par un platelage reposant contre le fond de la cuve principale contenant le cœur et le métal liquide de refroidissement. Ce dispositif comporte un plateau unique de grande surface disposé sous le cœur et une surface d'appui pour ledit plateau s'étendant sensiblement parallèlement au fond de la cuve, ladite surface d'appui étant reliée au platelage de support du sommier par des tôles, le fond de la cuve délimitant avec le platelage et le sommier un espace clos qui

contient le plateau et dans lequel est emprisonné un volume déterminé de métal liquide.

De nombreux problèmes techniques ne sont pas résolus dans les dispositifs de l'art connu et notamment : risque de percement du récupérateur si le jet de matériaux avec combustible fondu n'est pas fragmenté avant d'arriver sur celui-ci ; chemin hydraulique entre le récupérateur et les échangeurs de refroidissement mal défini car on ne dispose plus de chemin hydraulique à travers le coeur après sa dégradation ; nécessité d'un encombrement radial important en fond de cuve (vis-à-vis de la non recriticité) dans une zone étroite déjà encombrée et peu inspectable.

Le dispositif de l'invention a pour objet de résoudre ces différents problèmes techniques, en améliorant la gestion post-accidentelle d'un accident grave de fusion d'un cœur de réacteur nucléaire, de façon à mieux garantir le maintien des fonctions de sûreté, notamment récupération des débris du cœur sans risque de recriticité, intégrité du récupérateur et des moyens de refroidissement, et confinement radioactif, tout en permettant une meilleure inspectabilité des systèmes de sauvegarde pendant la vie du réacteur, sans augmenter de façon significative le coût d'investissement.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention concerne un dispositif récupérateur de corium dans l'intercuve, espace compris entre la cuve principale et la cuve de sécurité d'un

réacteur nucléaire, caractérisé en ce que ce dispositif est posé dans le puits de cuve du réacteur à l'extérieur de la cuve principale, et en ce qu'il comprend des moyens de refroidissement et de confinement radioactif, et des moyens d'inspection du fond de la cuve principale.

Avantageusement, ce dispositif comprend :

- la cuve de sécurité,qui est posée de manière centrée sur un plot en béton solidaire de l'infrastructure du réacteur, et qui repose sur des rouleaux d'axe de rotation horizontal mobiles sur un plan horizontal également solidaire de cette infrastructure, à même de tenir compte de la dilatation de la dite cuve de sécurité exposée à la chaleur du corium, la surface intérieure de cette cuve de sécurité étant recouverte par :

  • un plateau récupérateur métallique à large diamètre,

  • une première couche en matériau réfractaire à forte inertie thermique, protégeant la cuve de sécurité,

  • une seconde couche en matériau à forte inertie thermique, neutrophage et diluant, visant à maintenir le corium sous-critique à la puissance résiduelle, disposée au-dessus de la première couche,

- un circuit de refroidissement redondant, interne à la cuve de sécurité, permettant l'évacuation de la puissance résiduelle du corium,

- un circuit de refroidissement complémentaire,

- un dispositif d'aide à l'inspection de l'état du fond de la cuve principale du réacteur à l'aide d'un

robot de contrôle, ce qui permet de pallier de manière tout à fait originale à la modification de la géométrie intercuve.

Avantageusement, la cuve de sécurité a, dans sa partie haute, une découpe particulière en forme d'onde. Avantageusement, elle est en acier inoxydable. La partie inférieure de celle-ci forme une double enveloppe dans laquelle débouchent des tubes d'échange latéraux du circuit de refroidissement. La première couche est positionnée dans le fond de la cuve de sécurité et remonte le long de ses bords latéraux, le matériau de cette première couche étant compatible avec le sodium.

Avantageusement, le circuit de refroidissement comprend des tubes latéraux isolables individuellement, dans lesquels circule un fluide compatible avec le caloporteur du réacteur, qui sont positionnés le long de la paroi intérieure de la cuve de sécurité. Ce fluide peut être du sodium ou un mélange Plomb-Bismuth. Le circuit de refroidissement complémentaire comprend deux galeries circulaires disposées en parallèle et intégrées à l'infrastructure du réacteur constituant le puits de cuve, et un flasque déflecteur métallique. Ce flasque déflecteur peut comprendre une virole ancrée en partie supérieure dans la paroi du puits de cuve.

Avantageusement, le dispositif d'aide à l'inspection comprend un rail de guidage pivotant à 360° ; sur lequel peut circuler le robot de contrôle. Avantageusement ce dispositif d'aide à l'inspection comprend une poutre cintrée suivant le profil de la

cuve principale dont une extrémité est équipée de galets s'appuyant sur l'intérieur de la cuve de sécurité et dont l'autre extrémité est fixée à un pivot centré dans l'axe de la cuve principale, le robot de contrôle venant se positionner sur cette poutre.

L'invention concerne également un réacteur nucléaire comprenant un tel dispositif. Ce réacteur nucléaire peut être un réacteur nucléaire à caloporteur sodium.

Le dispositif de l'invention permet d'améliorer la sûreté du réacteur nucléaire, et de réduire ses coûts de construction et d'exploitation du fait de l'absence de structure baignant dans le sodium, ce qui permet également de répondre aux souhaits des exploitants. L'ensemble des éléments constituant le dispositif récupérateur de l'invention est, en effet, situé hors sodium, gage d'inspectabilité, de fiabilité, de facilité d'intervention et de démantèlement en fin de vie du réacteur. Le choix de ces éléments s'en trouve élargi. Il n'y a donc pas de risque de contamination en cas de fuite ou dilution d'un des matériaux utilisés dans le sodium. Ces matériaux doivent seulement ne pas être incompatibles avec le sodium pour éviter des réactions parasites et/ou violentes lors d'un hypothétique accident.

Dans le dispositif de l'invention, la cuve de sécurité intervient comme une seconde barrière efficace, puisqu'elle est protégée, et qu'elle impose moins de contraintes au niveau de la dalle de fermeture.

Le dispositif de l'invention permet également d'obtenir un gain important en termes de sécurité, puisqu'il autorise la fusion complète du coeur du réacteur, sans pour autant présenter un risque d'endommagement du dispositif récupérateur et des échangeurs dû à des déformations internes à la cuve principale lors d'un accident énergétique. Il permet un gain important en terme d'inspectabilité, de fiabilité et d'efficacité puisque l'implantation du dispositif de l'invention dispose de toute la place nécessaire, sans pénaliser la taille de la cuve principale du réacteur. Il permet donc d'obtenir un meilleur rapport efficacité/coût.

Dans le dispositif de l'invention, le circuit de refroidissement permet de refroidir le réacteur, le cœur étant intact, en cas de défaut des systèmes normaux d'évacuation de la puissance, et de refroidir le corium en situation d'accident grave. Il n'y a plus de risque d'entrainement de matière par le sodium primaire, qui entraîne un choix des matériaux sacrificiels. Un tel degré de liberté est complété par le fait que l'on peut envisager un changement de la nature des matériaux employés, pendant la durée de vie du réacteur (environ 60 ans) en fonction du vieillissement de ces matériaux, de l'état des avancées techniques ou réglementaires. Enfin, lors du démantèlement du réacteur, le dispositif de l'invention situé hors sodium est très facile à retraiter, voire à réutiliser.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La figure 1 illustre une coupe verticale schématique d'un réacteur nucléaire avec le dispositif récupérateur de l'invention.

La figure 2 illustre une vue isométrique schématique d'un réacteur nucléaire avec le dispositif récupérateur de l'invention.

La figure 3 illustre une vue du dispositif récupérateur de l'invention, avec un puits de cuve transparent.

Les figures 4A à 4H illustrent le dispositif récupérateur de l'invention avec ses différents éléments, dans l'ordre chronologique d'implantation de ceux-ci.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Dans le cas d'un dysfonctionnement sévère, le coeur 8 d'un réacteur nucléaire 7, constitué de plusieurs centaines d'assemblages et de barres de contrôle 9, peut être endommagé par son propre dégagement d'énergie et, au terme d'un processus complexe, fondre avec tout ou partie de la structure en acier environnante comprenant notamment les structures de fond de la cuve principale de ce réacteur. Le dispositif récupérateur de l'invention permet de stopper l'évolution d'un tel mélange, appelé corium, et d'en assurer le confinement et le refroidissement dans le temps. Le dispositif récupérateur de corium de l'invention est un dispositif intercuve, espace compris entre la cuve principale et la cuve de sécurité de ce réacteur, posé dans l'infrastructure du réacteur

constituant le puits de cuve, qui permet de récupérer les débris du cœur sans risque de recriticité, et sans se dégrader. Ce dispositif comprend des moyens de réfroidissement et de confinement radioactif et des moyens d'inspection du fond de cuve. Ce dispositif est situé à l'extérieur de la cuve principale du réacteur et non en fond de cuve principale, pour éviter d'encombrer ce fond de cuve, comme dans les dispositifs de l'art connu.

Comme illustré sur les figures 1 et 2, le dispositif récupérateur de corium de l'invention comprend notamment :

- une cuve de sécurité 10 qui est posée de manière centrée sur un plot en béton 11 solidaire de l'infrastructure du réacteur, et qui repose sur des rouleaux 12 d'axe de rotation horizontal mobiles sur un plan horizontal également solidaire de cette infrastructure de manière à tenir compte de la dilatation de celle-ci lorsqu'elle est exposée à la chaleur du corium, la surface intérieure de cette cuve de sécurité étant recouverte de :

  - un plateau récupérateur 13 métallique de large diamètre,
  - une première couche de matériau réfractaire 14 à forte inertie thermique, protégeant la cuve de sécurité,
  - une seconde couche de matériau 15 à forte inertie thermique, neutrophage et diluant, disposée au-dessus de la première couche, permettant, lors d'un accident, de maintenir le corium sous-critique à la puissance résiduelle,

- un circuit de refroidissement 16 redondant avec un fluide compatible avec le caloporteur du réacteur, interne à cette cuve de sécurité 10, permettant l'évacuation de la puissance résiduelle du corium,

- un circuit de refroidissement complémentaire 22 comprenant un flasque déflecteur 17 situé entre la cuve de sécurité 10 et l'infrastructure du réacteur constituant le puit de cuve 18, qui a pour fonction de canaliser le flux d'air permettant le refroidissement par convection naturelle du corium, pour une longue durée,

- un dispositif pivotant 19 permettant l'inspection par robot de contrôle 20 de l'état du fond de la cuve principale 21 du réacteur, permettant de pallier à la modification de la géométrie intercuve.

La figure 3 illustre une vue de dessous des éléments implantés sur le dispositif récupérateur de corium de l'invention. Le dispositif récupérateur de l'invention, situé sous la cuve principale 21, sert de zone de sécurité en cas de fusion du coeur du réacteur et du percement de la cuve principale 21. Ce dispositif est donc situé hors de la cuve principale, et de ce fait n'est pas affecté par les cycles subis par les différents équipements introduits dans la cuve principale. A la grande différence des dispositifs de l'art connu, il est possible d'inspecter et d'intervenir sur ce dispositif puisque celui-ci est en atmosphère inerte et non sous sodium.

Fonctionnement du dispositif de l'invention

En fonctionnement normal du réacteur, seul le dispositif pivotant 19 dédié à l'inspection de cuve principale 21 est utilisé. Après introduction du robot de contrôle 20 dans l'espace intercuve, celui-ci emprunte un rail de guidage disposé sur le dispositif pivotant 19 qui lui permet de parcourir ainsi la partie tori-sphérique de la cuve principale, comme illustré sur la figure 3, en conjuguant translation le long du rail et rotation de celui-ci.

Dans le cas, improbable, où le coeur du réacteur fond et perce la cuve principale 21, le dispositif récupérateur de l'invention peut entrer en action. De par sa grande surface et ses bords relevés, la seconde couche 15, qui est la couche supérieure, s'amalgame au corium, absorbant ainsi une partie de sa chaleur et brisant toute réaction en chaine. Dans le même temps, la première couche 14, qui est la couche inférieure, protége la structure en acier inoxydable constituant le plateau récupérateur 13 de la cuve de sécurité 10. Le sodium primaire vient alors occuper l'espace intercuve, y compris sous le plateau récupérateur 13. De plus, comme illustré sur la figure 2, un ensemble 28 constitué d'une soupape reliée à un filtre T.H.E (Très Haute Efficacité) intégré au circuit actuel de gestion du gaz intercuve élimine la surpression de cet espace due à l'arrivée du corium et à l'élévation de la température. Cette montée en température amène la structure du dispositif de l'invention à se dilater. La dilatation radiale est facilitée par la présence de rouleaux 12 sous le supportage de la cuve de sécurité 10 et la dilatation

axiale est absorbée par la découpe particulière en forme d'onde de cette cuve de sécurité 10, dans sa partie haute. La densité de puissance du corium ne peut se maintenir à sa valeur initiale du fait de son interaction avec la seconde couche 15. Le sodium primaire sert alors de couplant thermique avec les tubes d'échange latéraux du circuit de refroidissement 16, isolables individuellement en cas de défaillance, situés dans l'intercuve. L'évacuation de la chaleur du corium vers une source froide (sol, air, eau, …), est donc assurée par ces tubes latéraux, dans lesquels circule un fluide par exemple du sodium, ou tout autre mélange, de type Plomb-Bismuth par exemple.

Le circuit de refroidissement complémentaire 22 fonctionne par circulation naturelle d'air en mode permanent, lors de la marche normale du réacteur. Il comprend une première galerie circulaire 25, intégrée à l'infrastructure du réacteur constituant le puits de cuve 18, qui amène de l'air à température ambiante, un flasque déflecteur métallique 17 guidant ce même air vers le fond du puits de cuve et une seconde galerie circulaire 24 parallèle à la première galerie circulaire 25, permettant d'évacuer l'air réchauffé par convection naturelle, après avoir circulé le long de la cuve de sécurité 10. Le fonctionnement de ce circuit de refroidissement peut être modifié par le passage en circuit fermé, avec source froide externe et injection de gaz inerte. Après inspection de l'installation et vérification du confinement, on peut alors rebasculer sur le mode de refroidissement en air par convection naturelle, dans l'attente

(éventuellement plusieurs dizaines d'années) de la décroissance radioactive nécessaire à l'intervention humaine pour conditionner les déchets.

La configuration du dispositif récupérateur de l'invention avec ses différents éléments est détaillée dans les figures 4A à 4H, dans l'ordre chronologique d'implantation de ceux-ci.

Exemple de réalisation du dispositif de l'invention

Le puits de cuve 18, qui fait partie de l'infrastructure du réacteur, incorpore deux galeries circulaires superposées 24 et 25. La galerie inférieure 25 permet d'alimenter en air à température ambiante l'interstice compris entre le puits de cuve 18 et le flasque déflecteur 17. La galerie supérieure 24 permet d'évacuer vers l'extérieur ou vers un échangeur, en cas de problème de confinement, l'air réchauffé par la paroi de la cuve de sécurité 10. Le flasque déflecteur 17 comprend une simple virole métallique ancrée en partie supérieure dans la paroi du puits de cuve 18.

La cuve de sécurité 10 est fabriquée en acier inoxydable et repose sur l'infrastructure du réacteur par l'intermédiaire des rouleaux 12 permettant la dilatation radiale due à l'élévation de température. Le plot central en béton 11 assure le maintien en place de la cuve de sécurité 10 en cas de séisme. La dilatation axiale est reprise par l'onde supérieure de la cuve qui est ancrée dans l'infrastructure du puits de cuve, assurant ainsi l'étanchéité. La partie inférieure de la cuve de sécurité 10 forme une double enveloppe 26 dans laquelle débouchent les tubes

d'échange latéraux. Le sodium primaire sert de couplant, car la différence de densité entre le corium et le sodium fait que le corium se dépose dans le dispositif récupérateur et que le sodium plus léger surnage et déborde dans la double enveloppe. Le matériau réfractaire de la première couche 14 est un matériau compatible avec le sodium. Il est positionné dans le fond de la cuve de sécurité 10, et remonte le long des bords latéraux, protégeant ainsi la partie inférieure des tubes d'échange latéraux et de la cuve de sécurité 10. Le matériau absorbant de la seconde couche 15 est un matériau sacrificiel remontant sur les bords de la première couche 14 pour permettre au corium de toujours entrer en contact avec ce matériau, quelque soit l'endroit de la brèche de la cuve principale 21. Ce matériau absorbant atténue, voire étouffe toute réaction en chaîne.

L'ensemble des tubes d'échange du circuit de refroidissement 16, parcourus par du sodium ou un mélange de type plomb-bismuth par exemple, est positionné le long de la paroi intérieure de la cuve de sécurité 10, ce qui permet d'atténuer la température de celle-ci lors d'un fonctionnement normal du réacteur, d'éliminer l'impact d'une situation accidentelle sur le dispositif récupérateur et la cuve de sécurité en faisant écran, et enfin d'évacuer la puissance dégagée par le corium lors de la phase initiale de l'accident. Dans les cas accidentels de défaillance des systèmes d'évacuation de la puissance résiduelle, pouvant aller jusqu'au percement de la cuve principale, les tubes

d'échange contribuent à refroidir le réacteur, lorsque le coeur est intact.

Le dispositif d'aide à l'inspection 19 constitué d'un rail pivotant à 360° est équipé d'une poutre cintrée suivant le profil de la cuve principale dont une extrémité est équipée de galets s'appuyant sur l'intérieur de la cuve de sécurité 10 et dont l'autre extrémité est fixée à un pivot centré dans l'axe de la cuve principale. Le robot de contrôle 20 vient se positionner sur la poutre, qui assure son guidage longitudinal, se déplace le long de celle-ci et la fait pivoter par ses propres moyens. Ce dispositif 19 sert à la fois à inspecter le fond de la cuve principale 21 et le dispositif récupérateur.

L'augmentation du volume intercuve, par l'implantation du dispositif récupérateur de l'invention, peut entrainer un niveau plus bas du sodium dans la cuve principale 21, en cas de fuite de celle-ci, sans accident du coeur. Mais ce phénomène est résolu par le choix des structures et des composants, notamment les modules de Refroidissement du Réacteur à l'Arrêt, ou RRA, pouvant être implantés pour baigner dans le sodium froid, au plus près du fond de la cuve principale 21, ce qui permet ainsi leur fonctionnement dans des situations dégradées.

REFERENCES

[1] FR 2 395 567 ou GB 2000357

REVENDICATIONS

1. Dispositif récupérateur de corium dans l'intercuve, espace compris entre la cuve principale (21) et la cuve de sécurité (10) d'un réacteur nucléaire (7), caractérisé en ce qu'il est posé dans le puits de cuve du réacteur à l'extérieur de la cuve principale (21), et en ce qu'il comprend des moyens de refroidissement et de confinement radioactif, et des moyens d'inspection du fond de cette cuve principale.

2. Dispositif selon la revendication 1, qui comprend :

- la cuve de sécurité (10), qui est posée de manière centrée sur un plot en béton (11) solidaire de l'infrastructure du réacteur, qui repose sur des rouleaux (12) d'axe de rotation horizontal mobiles sur un plan horizontal également solidaire de cette infrastructure, et dont la surface intérieure est recouverte par :
  - un plateau récupérateur (13) métallique,
  - une première couche (14) en matériau réfractaire à forte inertie thermique, protégeant la cuve de sécurité (10),
  - une seconde couche (15) en matériau à forte inertie thermique, neutrophage et diluant, disposée au-dessus de la première couche,
- un circuit de refroidissement (16), interne à la cuve de sécurité (10),
- un circuit de refroidissement complémentaire (22),

- un dispositif (19) d'aide à l'inspection de l'état du fond de la cuve principale (21) du réacteur à l'aide d'un robot de contrôle (20).

3. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel la cuve de sécurité (10) a, dans sa partie haute, une découpe particulière en forme d'onde.

4. Dispositif selon la revendication 2 ou 3, dans lequel la cuve de sécurité (10) est en acier inoxydable.

5. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel la partie inférieure de la cuve de sécurité (10) forme une double enveloppe (26) dans laquelle débouchent des tubes d'échange latéraux du circuit de refroidissement (16).

6. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 5, dans lequel la première couche (14) est positionnée dans le fond de la cuve de sécurité (10) et remonte le long de ses bords latéraux.

7. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 6, dans lequel le matériau de la première couche (14) est compatible avec le sodium.

8. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel le circuit de refroidissement (16) comprend des tubes latéraux isolables individuellement, dans lesquels circule un fluide compatible avec le

caloporteur du réacteur, qui sont positionnés le long de la paroi intérieure de la cuve de sécurité (10).

9. Dispositif selon la revendication 8, dans lequel ce fluide est du sodium ou un mélange Plomb-Bismuth.

10. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel le circuit de refroidissement complémentaire (22) comprend deux galeries circulaires (24) (25) disposées en parallèle et intégrées à l'infrastructure du réacteur constituant le puits de cuve (18), et un flasque déflecteur (17) métallique.

11. Dispositif selon la revendication 10, dans lequel le flasque déflecteur (17) comprend une virole ancrée en partie supérieure dans la paroi du puits de cuve (18).

12. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel le dispositif d'aide à l'inspection (19) comprend un rail de guidage pivotant à 360° sur lequel peut circuler le robot de contrôle (20).

13. Dispositif selon la revendication 12, dans lequel le dispositif d'aide à l'inspection (19) comprend une poutre cintrée suivant le profil de la cuve principale dont une extrémité est équipée de galets s'appuyant sur l'intérieur de la cuve de sécurité et dont l'autre extrémité est fixée à un pivot centré dans l'axe de la cuve principale (21), le robot

de contrôle (20) venant se positionner sur cette poutre.

14. Réacteur nucléaire comprenant un dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes.

15. Réacteur nucléaire selon la revendication 14, qui est un réacteur nucléaire à caloporteur sodium.

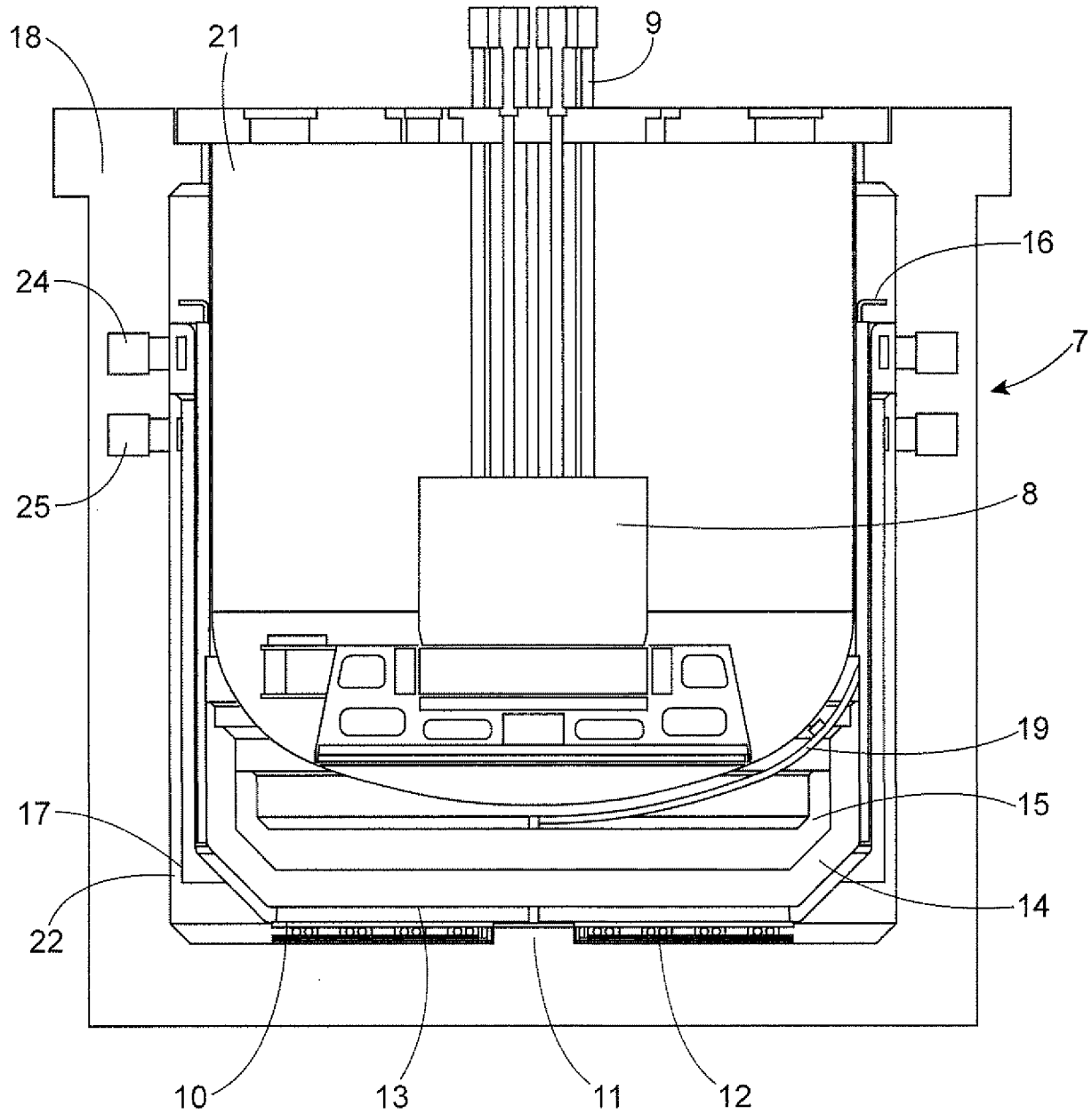


FIG.1

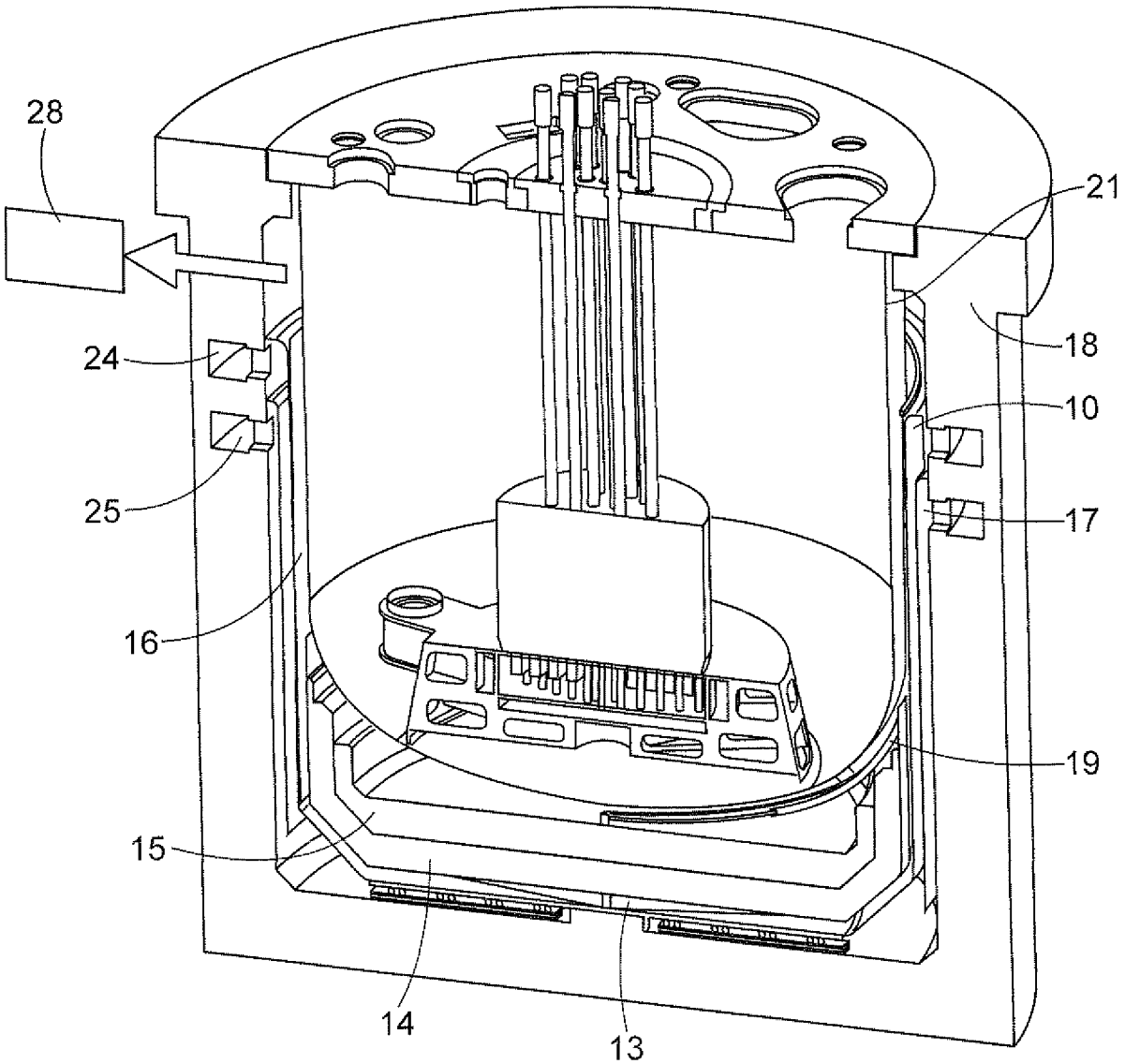


FIG.2

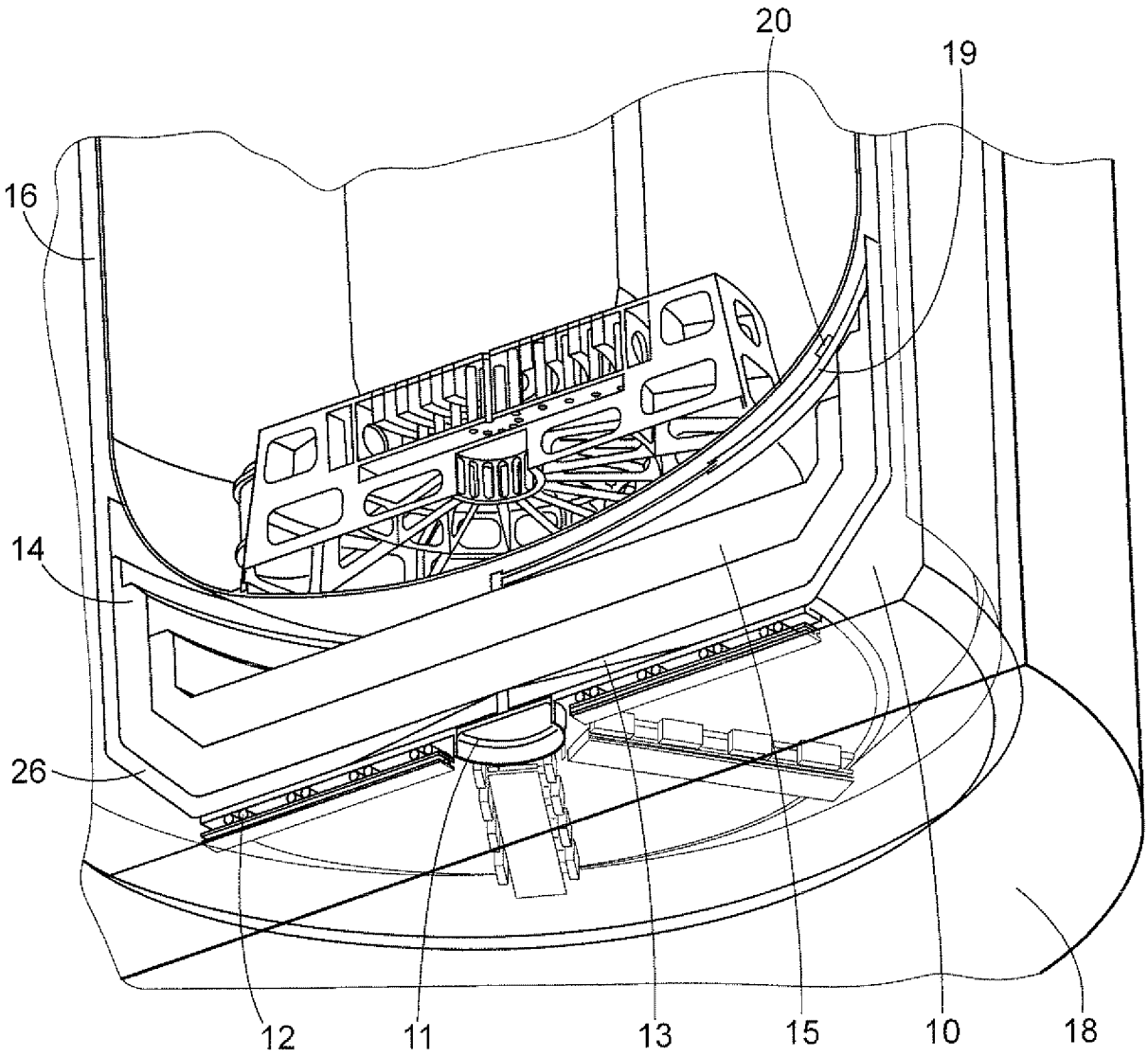


FIG.3

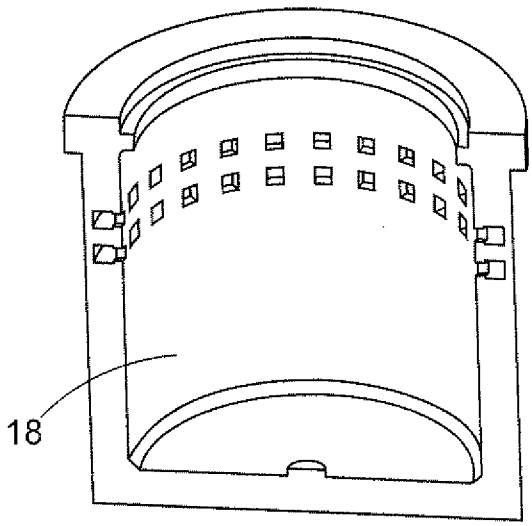


FIG.4A

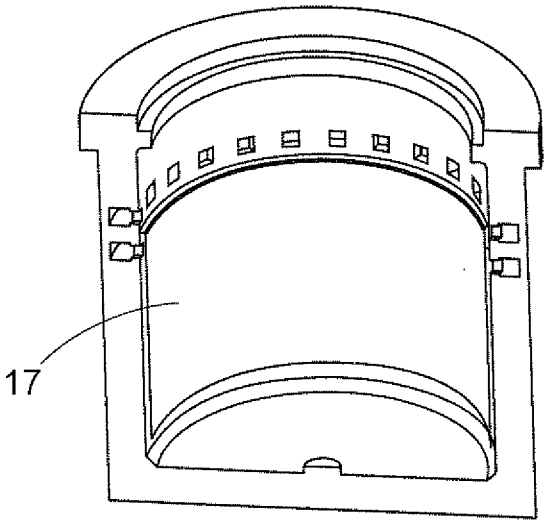


FIG.4B

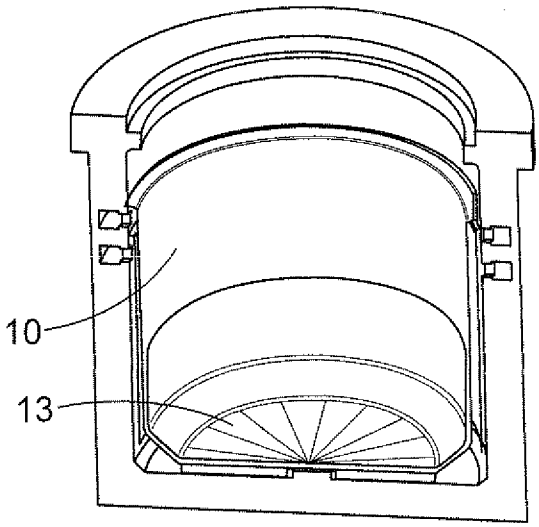


FIG.4C

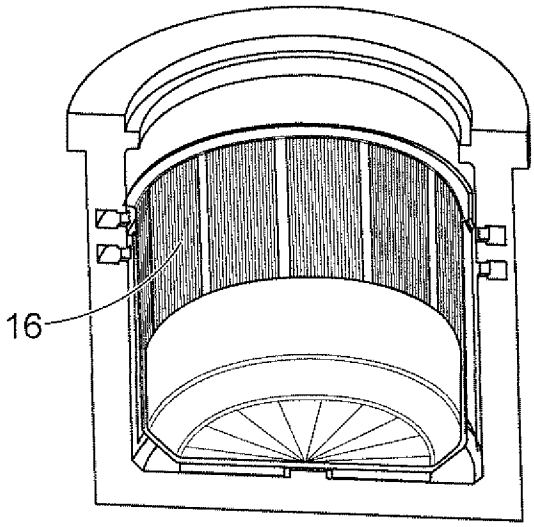


FIG.4D

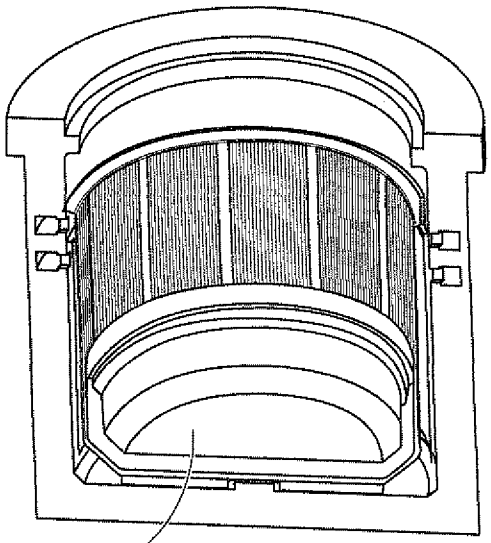


FIG.4E

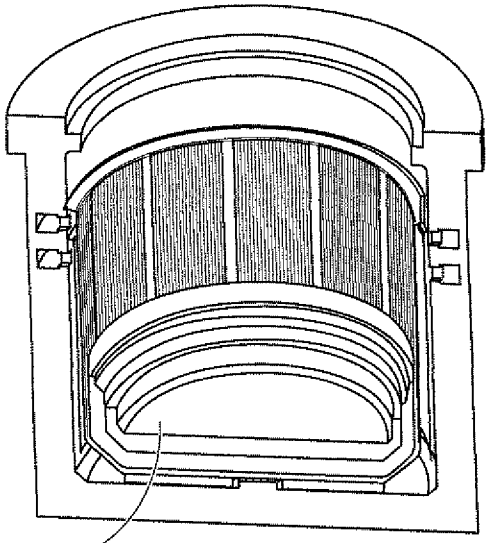


FIG.4F

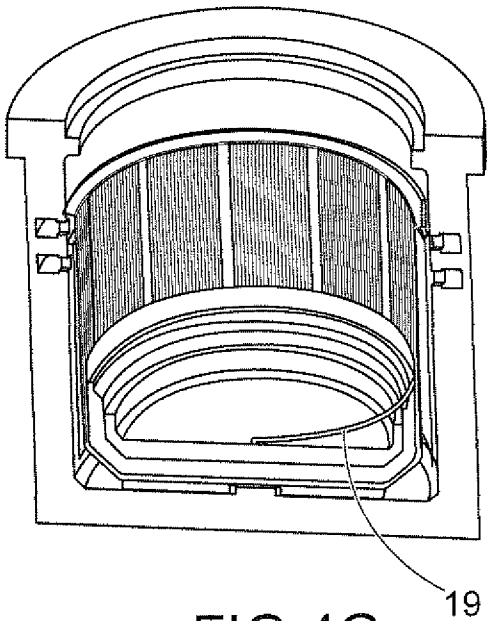


FIG.4G

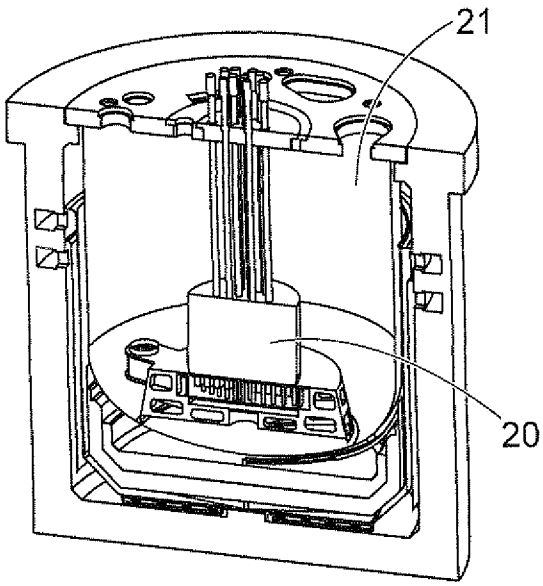


FIG.4H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/051490

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G21C1/03 G21C9/016 G21C17/007
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)
G21C

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 practicable, 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.
X	EP 0 762 432 A1 (ATEA [FR]) 12 March 1997 (1997-03-12)	1
A	column 4, lines 28-40; figures 1, 2 column 5, lines 10-44	2-15

X	EP 0 055 963 A2 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 14 July 1982 (1982-07-14)	1,14,15
A	page 2, lines 13-21; figure 1 page 6, line 18 - page 7, line 18 page 5, lines 1-24 page 13, line 22 - page 14, line 3	2-13

A	FR 2 307 338 A1 (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP [US]) 5 November 1976 (1976-11-05) page 4, lines 7-38; figures 1-7 page 7, line 36 - page 8, line 15	1-15

☐ 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 application or patent 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	Date of mailing of the international search report
23 May 2012	01/06/2012

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Sewtz, Michael

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2012/051490

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0762432 A1	12-03-1997	CA 2185249 A1	12-03-1997
		CN 1150310 A	21-05-1997
		EP 0762432 A1	12-03-1997
		FR 2738662 A1	14-03-1997
		JP 9138293 A	27-05-1997
		US 5712886 A	27-01-1998
EP 0055963 A2	14-07-1982	DE 3170065 D1	23-05-1985
		EP 0055963 A2	14-07-1982
		FR 2497388 A1	02-07-1982
		JP 57133379 A	18-08-1982
		US 4671922 A	09-06-1987
FR 2307338 A1	05-11-1976	DE 2614187 A1	21-10-1976
		FR 2307338 A1	05-11-1976
		GB 1519703 A	02-08-1978
		JP 1240026 C	13-11-1984
		JP 51123496 A	28-10-1976
		JP 59016675 B	17-04-1984
		US 4036688 A	19-07-1977

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2012/051490

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G21C1/03 G21C9/016 G21C17/007
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)
G21C

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

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 762 432 A1 (ATEA [FR]) 12 mars 1997 (1997-03-12)	1
A	colonne 4, ligne 28-40; figures 1, 2 colonne 5, ligne 10-44	2-15

X	EP 0 055 963 A2 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 14 juillet 1982 (1982-07-14)	1,14,15
A	page 2, ligne 13-21; figure 1 page 6, ligne 18 - page 7, ligne 18 page 5, ligne 1-24 page 13, ligne 22 - page 14, ligne 3	2-13

A	FR 2 307 338 A1 (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP [US]) 5 novembre 1976 (1976-11-05) page 4, ligne 7-38; figures 1-7 page 7, ligne 36 - page 8, ligne 15	1-15

☐ 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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
23 mai 2012	01/06/2012

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Sewtz, Michael

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/EP2012/051490

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0762432 A1	12-03-1997	CA 2185249 A1	12-03-1997
		CN 1150310 A	21-05-1997
		EP 0762432 A1	12-03-1997
		FR 2738662 A1	14-03-1997
		JP 9138293 A	27-05-1997
		US 5712886 A	27-01-1998
EP 0055963 A2	14-07-1982	DE 3170065 D1	23-05-1985
		EP 0055963 A2	14-07-1982
		FR 2497388 A1	02-07-1982
		JP 57133379 A	18-08-1982
		US 4671922 A	09-06-1987
FR 2307338 A1	05-11-1976	DE 2614187 A1	21-10-1976
		FR 2307338 A1	05-11-1976
		GB 1519703 A	02-08-1978
		JP 1240026 C	13-11-1984
		JP 51123496 A	28-10-1976
		JP 59016675 B	17-04-1984
		US 4036688 A	19-07-1977