

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 11.04.12.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 18.10.13 Bulletin 13/42.

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

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : COSTES DIDIER — FR.

⑦② Inventeur(s) : COSTES DIDIER.

⑦③ Titulaire(s) : COSTES DIDIER.

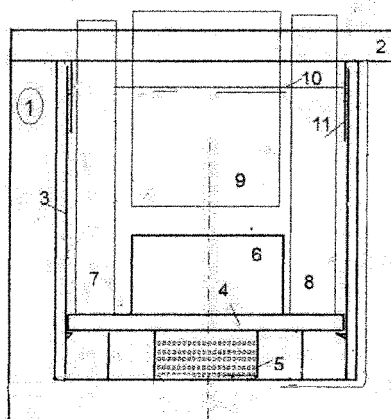
⑦④ Mandataire(s) : COSTES DIDIER.

⑤④ REACTEUR NUCLEAIRE A CUVE POSEE, REFROIDI AU SODIUM.

⑤⑦ Réacteur nucléaire à cuve posées, refroidi au sodium
Un réacteur nucléaire refroidi au sodium a été proposé,
comportant une cuve posée sur le fond d'une enceinte de
sécurité en béton inscrite dans le sol, et des composants in-
ternes posés sur ce fond. Le sommet de cuve, soumis aux
dilatations, doit se raccorder de manière étanche à cette en-
ceinte, si possible en ajoutant une rigidité latérale pour
mieux résister aux séismes et aux accidents. Selon l'inven-
tion, une jupe en acier concentrique est fixée sous le cou-
vercle rigide de la cuve de sécurité et plonge dans le
sodium, assurant l'étanchéité pour le « ciel » gazeux du
réacteur. A faible écart avec le sommet de cuve, elle main-
tient horizontalement celui-ci lors d'accidents ou de
séismes, grâce à l'inertie du sodium interposé dans l'espace
annulaire mince.

La cuve ainsi raccordée est prévue à fond froid posé sur
le béton, la paroi cylindrique croissant en température vers
le haut. Soustraite aux tensions verticales apparaissant
dans les cuves usuelles suspendues, elle permet une plus
haute température au sommet. La dalle de sommier suppor-
tant le cœur nucléaire, posée sur le fond par l'intermédiaire
de supports, peut recevoir, outre le poids du cœur, celui
d'un nombre important d'éléments combustibles usés et
d'éléments de protection.

La cuve ainsi raccordée peut être doublée pour per-
mettre l'introduction dans le double fond d'appareils d'ins-
pection visuelle.



L'invention concerne un réacteur nucléaire refroidi au sodium, qui peut être du type intégré, contenant dans une même cuve cylindrique en acier le sodium primaire refroidissant le cœur nucléaire, les pompes agissant sur ce sodium, et des échangeurs primaires transmettant la chaleur à un circuit de fluide caloporteur
5 circulant à l'extérieur, notamment un circuit de sodium secondaire. Ce réacteur peut aussi être du type à boucles, les pompes et échangeurs étant placés en circuits extérieurs. Selon des propositions antérieures, le fond en acier de la cuve à sodium est posé sur le fond d'une cuve de sécurité en béton reposant sur le sol et de
10 préférence enfoncée dans le sol. Un circuit de refroidissement dans le béton maintient « froid » le fond en acier, à moins de 98°C, température de gel du sodium. Au dessus, jusqu'au sommet « tiède » à environ 400°C portant le cœur nucléaire, le sodium liquide est stabilisé quasi immobile en gradient thermique. Les températures continuent à croître dans l'espace « chaud » supérieur de circulation, jusqu'à environ 550°C, très au dessous de l'ébullition du sodium, 883°C à la pression atmosphérique.
15 Le béton du fond froid reçoit en toute sécurité les poids de la cuve, du sodium, et, par l'intermédiaire de supports verticaux, du sommet portant les éléments verticaux constituant le cœur et des éléments périphériques. Les pompes et échangeurs sont suspendus sous le couvercle de la cuve de sécurité, qui porte également le bloc de commande des barres absorbantes plongeant dans le cœur, et le dispositif de
20 transfert des éléments combustibles.

La paroi en acier de cette cuve posée n'est ainsi soumise qu'à la faible tension horizontale due au sodium contenu, à la pression atmosphérique. Au dessus du sommet, cette paroi n'a donc pas à être refroidie à 400°C comme dans le cas des cuves suspendues sous le couvercle. Celles-ci doivent recevoir une circulation de
25 sodium tiède dans des écrans ou « baffles », fragiles, onéreux, et inefficaces après perte accidentelle du débit de sodium.

Le fond de la cuve à sodium, par sa fixation au fond de la cuve de sécurité, est maintenu vis-à-vis des sollicitations sismiques. Son sommet, soumis aux dilatations, doit être raccordé de manière étanche au sommet de la cuve de sécurité,
30 et si possible lui aussi maintenu en cas de séisme. On pourrait envisager un raccordement par soufflet en acier, mais alors de très grandes dimensions et difficile à réaliser.

Selon l'invention, une solide jupe en acier fixée sous le couvercle, concentrique et intérieure à la cuve, pénètre dans le sodium, ne laissant entre elle et
35 la paroi de cuve qu'un mince espace annulaire, où s'établit un niveau libre de sodium, recouvert par le gaz inerte garnissant l'espace entre les deux cuves. En cas de

2

séisme, cette couche de sodium, par son inertie en s'appuyant sur la jupe, entrave le déplacement relatif du sommet de cuve. Au dessus de cette couche, un faible débit de gaz est prélevé pour épuration et recyclage.

Cette invention peut être ainsi appliquée pour la cuve directement posée sur le fond en béton. La variante ci-dessous permet l'introduction d'appareils d'inspection visuelle du fond. Le fond de la cuve principale à sodium repose alors sur le fond d'une cuve de doublage posée sur le béton, par l'intermédiaire de supports répartis reprenant les poids appliqués par les supports du cœur au dessus,. Pour le fonctionnement du réacteur, l'espace entre les cuves est rempli de sodium secondaire, assurant le maintien des gradients thermiques et ainsi la limitation des contraintes. Il existe donc au sommet, en fonctionnement, deux espaces annulaires de faible épaisseur, avec des niveaux de sodium voisins, chacun avec prélèvement de gaz pour épuration et recyclage, ces niveaux assurant par l'inertie du liquide une limitation des déplacements relatifs. L'espace entre les cuves est vidangé pour l'introduction autour de la cuve principale d'appareils d'inspection visuelle en bouts de câble, ensuite déplacés entre les deux fonds. Cette vidange implique le report du poids du sodium sur les supports répartis indiqués plus haut.

La Figure 1 concerne un réacteur du type intégré à cuve directement posée, avec la nomenclature suivante :

1. cuve de sécurité en béton, encastrée dans le sol,
2. couvercle fixé au dessus de la cuve 1,
3. cuve à sodium primaire, avec fond posé,
4. sommier sous le cœur, avec collecteur en périphérie,
5. supports verticaux entre le fond et le sommier,
6. cœur nucléaire et éléments périphériques,
7. colonne de pompe, pénétrant verticalement dans le collecteur,
8. colonne d'échangeur de chaleur, pénétrant dans le collecteur,
9. ensemble des appareils surmontant le cœur,
10. niveau de sodium dans la cuve, surmonté d'argon,
11. jupe en acier selon l'invention..

La Figure 2 représente les mêmes composants, et ceux relatifs à la variante avec cuve de doublage, selon la nomenclature suivante :

12. cuve de doublage,
13. supports sous la cuve de doublage, reprenant les poids sous les supports 6,
14. niveau de sodium dans la cuve de doublage, en fonctionnement,
15. appareil d'inspection (cuve de doublage vidée).

-3-

L'épaisseur de l'espace entre la jupe 11 et la cuve 3 est aussi faible que possible, par exemple 2 cm, compte tenu de la précision de la construction et des différences de température à prévoir en exploitation.

Cet espace annulaire est rempli de sodium immobile, jusqu'à un niveau qui peut
5 être inférieur à celui dans la cuve, si l'on choisit, dans l'espace entre cuve 1 et cuve 3, pour éviter des sorties de produits radioactifs, une pression d'argon supérieure à celle du ciel gazeux sur le sodium. Ce niveau laisse dans l'espace annulaire une certaine hauteur de sodium, qui par son inertie amortit en cas de séisme ou d'accident les oscillations du sommet de la cuve par rapport à la jupe, encastrée dans le couvercle
10 refroidi et rigide. Des variations constatées sur cette hauteur peuvent permettre de déceler des anomalies.

La cuve 3, ainsi maintenue sur le fond en béton et au sommet, et enserrant le sommier, contient efficacement les éventuels efforts sismiques ou accidentels.

Revendication 1. Réacteur nucléaire comprenant un dispositif de raccordement entre la paroi supérieure d'une cuve de révolution (3) à sodium, à température croissant vers le haut, posée sur le fond d'une cuve de sécurité (1), et un couvercle (2) traversé par des appareils assurant le refroidissement, le contrôle et le rechargement du cœur nucléaire, caractérisé en ce qu'une jupe (11) est fixée sous le couvercle (2), concentrique à la cuve (3), et plonge dans le sodium à l'intérieur de la cuve (3), avec un écart limité par les conditions de fonctionnement.

Revendication 2. Réacteur selon revendication 1, caractérisé en ce que, au dessus du niveau de sodium dans l'espace annulaire entre la cuve (3) et la jupe (11), un débit du gaz remplissant l'espace entre la cuve de sécurité (1) et la cuve (3) est prélevé pour épuration et recyclage.

Revendication 3. Réacteur selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la cuve primaire (3) est doublée par une cuve (12) formant un double-fond reposant sur le fond de la cuve de sécurité (1), ce double-fond traversé par des supports reprenant les poids transmis par les supports des organes du réacteur dans la cuve (3), ce double-fond et l'espace annulaire entre les cuves donnant passage à des appareils d'inspection des surfaces métalliques, introduits depuis le haut en bout de câbles.

Revendication 4. Réacteur selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le volume entre les cuves peut être rempli de sodium secondaire jusqu'à un niveau voisin de celui du sodium dans la cuve primaire (3).

Fig 1

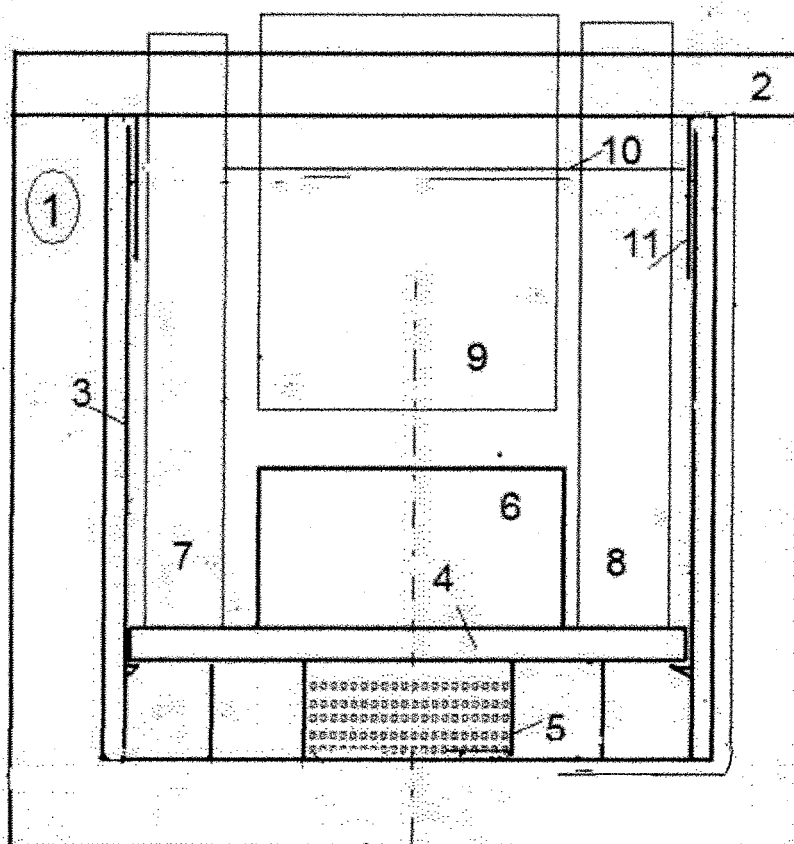
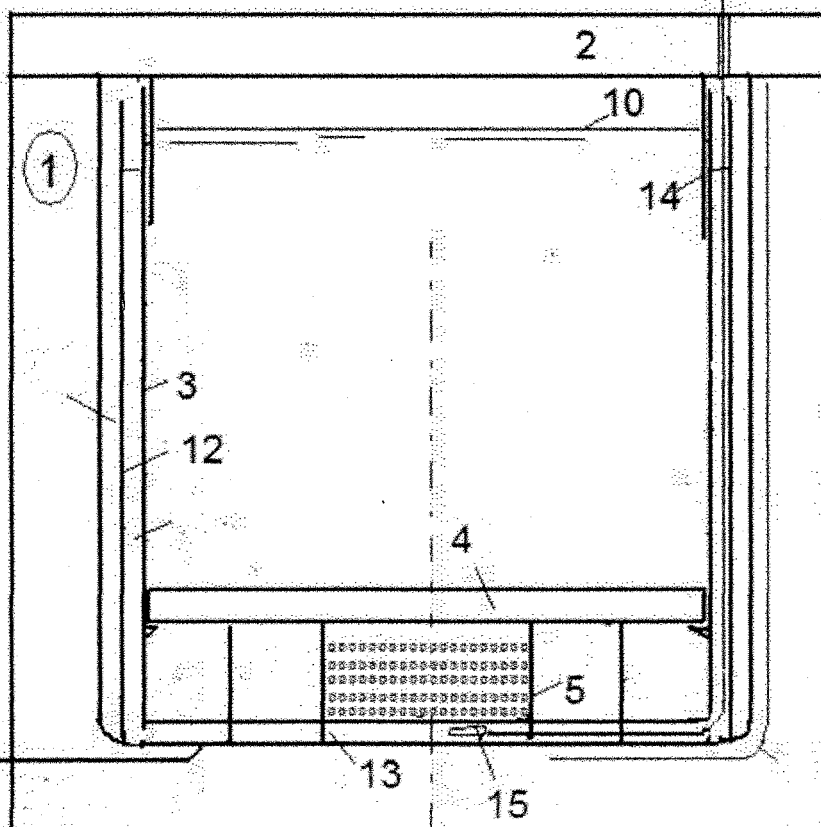


Fig 2





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 765622
FR 1201065

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 0 043 767 A1 (ELECTRICITE DE FRANCE [FR]) 13 janvier 1982 (1982-01-13) * page 18, ligne 22 - page 21, ligne 12; figure 1 *	1-4	G21C1/00
A	EP 0 020 143 A1 (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP [US]) 10 décembre 1980 (1980-12-10) * page 2, ligne 24 - page 5, ligne 4; figures 1-3 *	1-4	
A	EP 0 029 781 A1 (NOVATOME [FR]) 3 juin 1981 (1981-06-03) * page 3, ligne 13 - page 4, ligne 24; figure 1 *	1-4	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G21C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 novembre 2012		Sewtz, Michael	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1201065 FA 765622

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **02-11-2012**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP 0043767	A1	13-01-1982	CA	1184322 A1	19-03-1985
			DE	3172703 D1	28-11-1985
			EP	0043767 A1	13-01-1982
			ES	8600554 A1	01-01-1986
			FR	2486296 A1	08-01-1982
			JP	1723563 C	24-12-1992
			JP	3022598 B	27-03-1991
			JP	57044885 A	13-03-1982
			US	4608224 A	26-08-1986

EP 0020143	A1	10-12-1980	DE	3066363 D1	08-03-1984
			EP	0020143 A1	10-12-1980
			JP	55159191 A	11-12-1980
			US	4341732 A	27-07-1982

EP 0029781	A1	03-06-1981	DE	3061924 D1	17-03-1983
			EP	0029781 A1	03-06-1981
			FR	2470433 A1	29-05-1981
			US	4363777 A	14-12-1982
