

ROYAUME DE BELGIQUE

BREVET D'INVENTION



MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

NUMERO DE PUBLICATION : 1000462A4

NUMERO DE DEPOT : 8700421

Classif. Internat.: G21C

Date de délivrance : 13 Décembre 1988

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la Convention de Paris du 20 Mars 1883 pour la Protection de la propriété industrielle;

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d' invention, notamment l' article 22;

Vu l' arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d' invention, notamment l' article 28;

Vu le procès verbal dressé le 17 Avril 1987 à 14h05
à l' Office de la Propriété Industrielle

ARRETE:

ARTICLE 1.- Il est délivré à : ANSALDO S.p.A.
Piazza Carignano 2, Gênes (ITALIE)

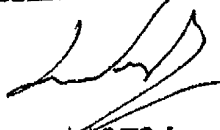
représenté(e)(s) par : DELLERE Robert, BUREAU VANDER HAEGHEN, Avenue de la Tolson d'Or, 63 - 1060 BRUXELLES.

un brevet d' invention d' une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : BLOC DE REACTEUR D' UN REACTEUR RAPIDE POUR EVACUER, PAR CIRCULATION NATURELLE, LA PUISSANCE RESIDUELLE DU COEUR.

Priorité(s) 21.04.86 ITA 1246886

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l' invention, sans garantie du mérite de l' invention ou de l' exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeur(s).

Bruxelles, le 13 Décembre 1988
PAR DELEGATION SPECIALE :


WUYTS L.
Directeur.

"Bloc de réacteur d'un réacteur rapide pour évacuer, par circulation naturelle, la puissance résiduelle du coeur"

L'invention concerne un bloc de réacteur d'un réacteur rapide pour évacuer, par circulation naturelle, la puissance résiduelle du coeur.

5 Il est bien connu que dans des réacteurs rapides, il est nécessaire de dissiper la puissance résiduelle sans que se produisent des phénomènes thermiques transitoires considérables quelconques dans le cas d'une mise à l'arrêt du réacteur.

10 A cette fin, on prévoit un certain nombre d'échangeurs sodium-sodium dont le faisceau de tubes est immergé dans le collecteur chaud dont le sodium en circulation constitue le fluide primaire ; le fluide secondaire, par contre, est refroidi par circulation naturelle d'air dans une cheminée convenable.

15 Dans le cas de la circulation naturelle, cette solution d'ingénierie crée dans le collecteur chaud des stratifications de sodium à température relativement basse, qui bloquent la circulation du sodium du coeur au collecteur chaud, en empêchant une utilisation convenable de la circulation du sodium primaire.

20 Il est par conséquent difficile d'assurer l'absence de phénomènes thermiques transitoires dangereux.

25 L'invention vise à résoudre ces problèmes et ceci s'obtient en plongeant le faisceau de tubes des échangeurs de chaleur utilisés pour la dissipation de la puissance résiduelle, non plus dans le collecteur

chaud, mais dans le collecteur froid.

Suivant l'invention, ces échangeurs sont également entourés par un ou plusieurs anneaux qui les séparent du sodium du collecteur chaud.

5 Sur les dessins ci-annexés:

- la figure 1 montre schématiquement la coupe d'un réacteur nucléaire rapide traditionnel. Sur cette figure, les parties qui se réfèrent au système d'évacuation de la puissance résiduelle se détachent ;

10 - la figure 2 est semblable à la figure 1, mais se rapporte à l'installation de l'échangeur de chaleur utilisé suivant l'invention ;

15 - les figures 3/A et 3/B montrent schématiquement les échangeurs auxiliaires de type connu et suivant l'invention, respectivement, dans un état d'attente ;

20 - les figures 4/A et 4/B sont semblables aux figures 3/A et 3/B mais se réfèrent à la situation existant dans les échangeurs auxiliaires, suivant l'état de la technique et suivant l'invention, respectivement, quelque temps après la mise à l'arrêt du réacteur.

25 Comme montré à la figure 1, le bloc du réacteur est divisé en une région inférieure connue comme collecteur froid 1, et en une région supérieure et centrale 2, connue comme le collecteur chaud.

Ces deux régions sont séparées l'une de l'autre par une ou plusieurs structures de séparation hydraulique 3,4.

30 Le sodium circule normalement du collecteur froid au collecteur chaud, à travers le coeur 5 du réacteur, en s'échauffant, et du collecteur chaud au collecteur froid à travers les échangeurs intermédiaires 6, en se refroidissant. Dans des conditions normales, la circulation est assurée par des pompes 70

35

plongées dans le collecteur froid 1 et qui, par des conduits convenables 7, conduisent le sodium liquide sous la grille 71 qui soutient les éléments de combustible formant le coeur 5.

5 Lorsqu'il se présente une situation de mise à l'arrêt, la dissipation de la puissance résiduelle reste confiée aux échangeurs auxiliaires sodium-sodium 8, connus convenablement sous le nom d'échangeurs pour l'évacuation de la puissance résiduelle. Le so-
10 dium secondaire de ces échangeurs auxiliaires, à son tour, cède la chaleur absorbée à un courant d'air dans une cheminée convenable.

 Ce second échangeur de chaleur du système de dissipation de la puissance résiduelle est normalement
15 appelé l'échangeur sodium-air.

 Les pompes 70 travaillent en général toutes ; suivant une première solution connue, les choses sont
20 telles que même dans des conditions de mise à l'arrêt de l'installation, une ou plusieurs de ces pompes restent en fonctionnement.

 Dans ce cas, dans les conditions de mise à l'arrêt du réacteur, le sodium du collecteur chaud 2
25 est refroidi par les échangeurs auxiliaires 8, ensuite, à travers les échangeurs intermédiaires 6, il passe dans le collecteur froid 1 d'où il est forcé, par les pompes 70 et par les conduits 7, de traverser le coeur 5 où il absorbe de la chaleur, pour revenir une fois de plus au collecteur chaud.

 Si, par contre, dans les conditions de mise
30 à l'arrêt du réacteur, on envisage que la puissance fournie à toutes les pompes puisse être coupée, le sodium doit continuer à circuler naturellement. Cependant, l'arrangement habituel des échangeurs auxi-
35 liaires 8, comme représenté à la figure 1, ne garantit pas une circulation efficace du sodium entre le collec-

teur chaud et le collecteur tiède lorsque toutes les pompes 70 sont à l'arrêt.

5 En fait, l'arrangement montré à la figure 1 permet le refroidissement du sodium dans le collecteur chaud, mais empêche la circulation du sodium dans le coeur : en réalité, directement au-dessus du coeur, le sodium refroidi par les échangeurs auxiliaires 8 se stratifie et ce sodium relativement froid tend à tomber vers le fond, c'est-à-dire vers le coeur 5.

10 Par conséquent, le débit du sodium à travers le coeur 5 est instable et difficile à évaluer et il peut conduire à des températures élevées dans les éléments de combustible du coeur.

15 La figure 2 représente la solution suivant l'invention ; dans un but de simplicité, les parties correspondantes de cette figure ont été désignées par les mêmes notations de référence.

20 Dans ce cas, les échangeurs auxiliaires sodium-sodium 8 du circuit de dissipation de la puissance résiduelle sont installés dans le collecteur froid 1 ; les échangeurs auxiliaires 8, cependant, sont installés à la hauteur du collecteur froid 2.

25 A cette fin, les échangeurs auxiliaires 8 sont entourés par des anneaux, dans ce cas spécifique par deux anneaux cylindriques 9 et 10, reliés en bas aux structures de séparation hydraulique 3 et 4 entre les collecteurs chaud et froid.

30 Cette solution n'a pas de contre-indication lorsque l'installation fonctionne dans des conditions normales : dans ce cas, le sodium dans le collecteur froid a une température d'environ 400°C, alors que le sodium dans le collecteur chaud a une température d'environ 550°C.

35 Les échangeurs auxiliaires 8 enlèvent une petite fraction de puissance du sodium du collecteur froid

et la cèdent à l'atmosphère à travers les échangeurs sodium-air mentionnés plus haut.

5 Cette perte de chaleur a cependant un effet positif en ce sens qu'elle sert à abaisser la température de la couche de sodium contenue entre les structures 9 et 10 et par conséquent entre les structures 3 et 4 dont les structures 9 et 10 sont le prolongement entourant les échangeurs 8.

10 De cette façon, le sodium contenu dans l'anneau le plus intérieur 10 est maintenu à une température franchement proche de 400°C , en dépit de la contribution de chaleur par conduction due au sodium du collecteur chaud entourant.

15 De cette façon, au surplus, les circuits d'évacuation de puissance résiduelle sont maintenus dans des conditions de travail normales, dans un état d'attente, à une température d'environ 400°C , alors que, suivant la solution connue, illustrée à la figure 1, dans les conditions d'attente, ils restent à une température d'environ 550°C .

20 Cette situation est illustrée aux figures 3/A et 3/B se rapportant toutes deux à la situation qui existe dans un état d'attente dans les échangeurs auxiliaires 8 et dans les échangeurs sodium-air 80.

25 Comme déjà mentionné, la figure 3/A se réfère à la solution connue de la figure 1, tandis que la figure 3/B se réfère à la solution suivant l'invention, comme la figure 2.

30 Après la mise à l'arrêt du réacteur, par suite de l'inertie des pompes qui continuent à tourner pendant un certain temps, la température entre les collecteurs chaud et froid tend à devenir uniforme à une valeur intermédiaire et cette situation est montrée schématiquement aux figures 4/A et 4/B.

35 La figure 4/A se réfère à la solution connue,

tandis que la figure 4/B se réfère à la solution suivant l'invention. On peut voir clairement à la figure 4/A que le sodium secondaire présent dans l'échangeur auxiliaire 8 a une température inférieure à celle du sodium secondaire dans l'échangeur sodium-air 80, à une hauteur plus grande ; par conséquent, suivant la solution connue, jusqu'au moment où la température à l'intérieur du collecteur chaud commence à s'élever de nouveau, l'établissement de la circulation naturelle du sodium secondaire entre l'échangeur auxiliaire 8 et l'échangeur sodium-air 80 placé au-dessus est retardée.

Au contraire, suivant le système représenté à la figure 4/B, l'échangeur auxiliaire 8 et 10 et l'échangeur sodium-air 80 sont trouvés l'un à une température légèrement supérieure à celle de l'autre et ainsi l'établissement de la circulation naturelle du sodium secondaire est favorisée.

Par conséquent, suivant l'invention, dans les conditions de mise à l'arrêt, l'intervention des échangeurs auxiliaires et des échangeurs sodium-air est plus rapide.

On verra plus loin que, suivant l'invention, même après qu'une circulation naturelle ait commencé à l'intérieur des échangeurs auxiliaires, la dissipation de la puissance résiduelle est exécutée plus efficacement.

L'évacuation de la puissance résiduelle au moyen de la circulation du sodium primaire est due à la puissance motrice engendrée dans les éléments de combustible.

Pendant la phase de dissipation de la puissance résiduelle au moyen de la circulation naturelle du sodium primaire, le sodium primaire passe du coeur 5 au collecteur chaud 2.

De là, il entre dans les échangeurs intermédiaires 6 par les fenêtres supérieures 61 et il s'en va par les fenêtres inférieures 62 dans le collecteur froid 1.

5 A travers les pompes 70 et les tuyaux 7, il retourne alors dans le coeur 5 pour suivre à nouveau la trajectoire indiquée ci-dessus.

10 Suivant l'invention, le sodium chaud venant des fenêtres inférieures 62 des échangeurs intermédiaires 6 se stratifie dans la partie supérieure du collecteur froid 1 (en plus, naturellement, de se mélanger au sodium froid qui s'y trouve), et par conséquent pénètre à l'intérieur de l'anneau 10 qui entoure l'échangeur auxiliaire 8.

15 Ainsi, il pénètre à travers les fenêtres supérieures 81 de l'échangeur auxiliaire 8 et, s'étant refroidi à l'intérieur de celui-ci, encore en circulation naturelle, il le quitte par les fenêtres inférieures 82 ; de là, il est aspiré par les pompes 70
20 et les conduits 7 vers le coeur 5.

 On observera que pour assurer la circulation naturelle du sodium primaire à l'intérieur du coeur 5, il est nécessaire que le bord supérieur 63 des fenêtres inférieures 62 des échangeurs intermédiaires 6
25 soit plus élevé que le centre thermique (q) du coeur 5.

 La solution proposée par l'invention, lorsque la séparation entre le collecteur froid et le collecteur chaud est faite avec au moins deux structures 9 et 10, comme montré sur la figure, permet le refroidissement par circulation naturelle des éléments de
30 combustible épuisés, arrangés intérieurement autour du coeur 5.

 Avec la solution de l'installation suivant l'invention, ce refroidissement a lieu dans n'importe
35 quelle condition de fonctionnement du réacteur.

A cette fin, la partie supérieure de l'anneau extérieur 9 qui entoure les échangeurs auxiliaires 8 est équipée de trous calibrés 15.

5 A travers ces trous calibrés, le sodium du collecteur chaud 2 pénètre dans l'espace intermédiaire existant entre les deux anneaux 9 et 10 et, par conduction, cède de la chaleur au sodium du collecteur froid contenu entre l'anneau intérieur 10 et la paroi extérieure de l'échangeur auxiliaire 8.

10 Cette chaleur est à son tour cédée au sodium secondaire de l'échangeur auxiliaire 8 et, au moins partiellement, par celui-ci, à l'environnement, par l'échangeur sodium-air.

15 Une seconde fraction de cette chaleur est cédée au sodium du collecteur froid dans la région qui se trouve en dessous des échangeurs auxiliaires 8.

20 Le sodium qui descend dans l'espace intermédiaire existant entre les anneaux 9 et 10 continue son parcours dans l'espace intermédiaire 16 existant entre les deux structures 3 et 4 pour la séparation hydraulique entre les collecteurs froid et chaud.

25 De cette façon, le sodium qui circule dans l'espace intermédiaire 16, déjà refroidi sur la base du mécanisme décrit plus haut, ne crée pas de gradients thermiques excessifs dans l'épaisseur de la structure 3.

L'écoulement du sodium qui circule dans l'espace intermédiaire 16 se termine en refroidissant les éléments de combustible 14 qui sont arrangés autour du coeur 5.

30 Suivant une forme de réalisation différente, les échangeurs auxiliaires 8 peuvent être situés à l'extérieur des éléments de séparation hydraulique 3 et 4.

35 Dans ce cas, les échangeurs auxiliaires 8 peuvent être introduits dans le collecteur 3, sans les

structures de confinement 9 et 10 prévues dans la solution déjà représentée.

5 Dans ce cas, les structures 3 et 4 doivent présenter des boucles circonférentielles pour laisser l'espace nécessaire pour l'installation des échangeurs sodium-sodium. Cette solution structurelle fait qu'il est possible d'éliminer la structure 90 confinant le sodium qui vient du collecteur froid (figure 1).

10 Cette structure confinante 90 a pour rôle de guider un petit pourcentage du courant total de sodium primaire froid pour qu'il lèche le réservoir principal pour le refroidir.

15 En fait, la présence d'échangeurs sodium-sodium 8 à l'extérieur de la structure de séparation 3 fait qu'il est possible d'absorber la chaleur transmise au sodium dans la partie supérieure du collecteur froid par conduction à travers les structures 3 et 4 dont il est question plus haut.

20 Bien que pour des raisons de description, l'invention soit basée sur les descriptions et les représentations données plus haut, beaucoup de changements et de variations peuvent être apportés à la forme de réalisation de l'invention sans pour autant sortir du cadre de celle-ci.

REVENDEICATIONS

1.- Bloc de réacteur d'un réacteur rapide pour l'évacuation, par circulation naturelle, de la puissance résiduelle dans des conditions de mise à l'arrêt, du type prévoyant :

- un réservoir contenant le sodium primaire ;
- un coeur d'éléments de combustible ;
- au moins une structure de séparation hydraulique qui divise, en même temps qu'avec le coeur, le volume du réservoir en :

- un collecteur supérieur chaud; et
- un collecteur inférieur froid ;
- des échangeurs intermédiaires traversant la structure de séparation hydraulique, ainsi que
- des pompes pour faire avancer le sodium contenu dans le collecteur froid vers le bas du coeur des éléments de combustible ;

dans lequel on a prévu les dispositions suivantes pour dissiper la puissance résiduelle dans le cas d'une mise à l'arrêt du réacteur :

- des échangeurs sodium-sodium auxiliaires dont le fluide primaire consiste en sodium contenu dans le réservoir précité et dont le fluide secondaire cède de la chaleur, à son tour, à l'air de l'environnement au moyen d'échangeurs sodium-air convenables, caractérisé en ce que les échangeurs auxiliaires sont plongés dans le collecteur froid à la hauteur du collecteur chaud dont ils sont séparés par au moins un anneau.

2.- Bloc de réacteur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les échangeurs auxiliaires traversent la structure de séparation hydraulique entre le collecteur chaud et le collecteur froid et sont séparés du collecteur chaud par au moins un anneau.

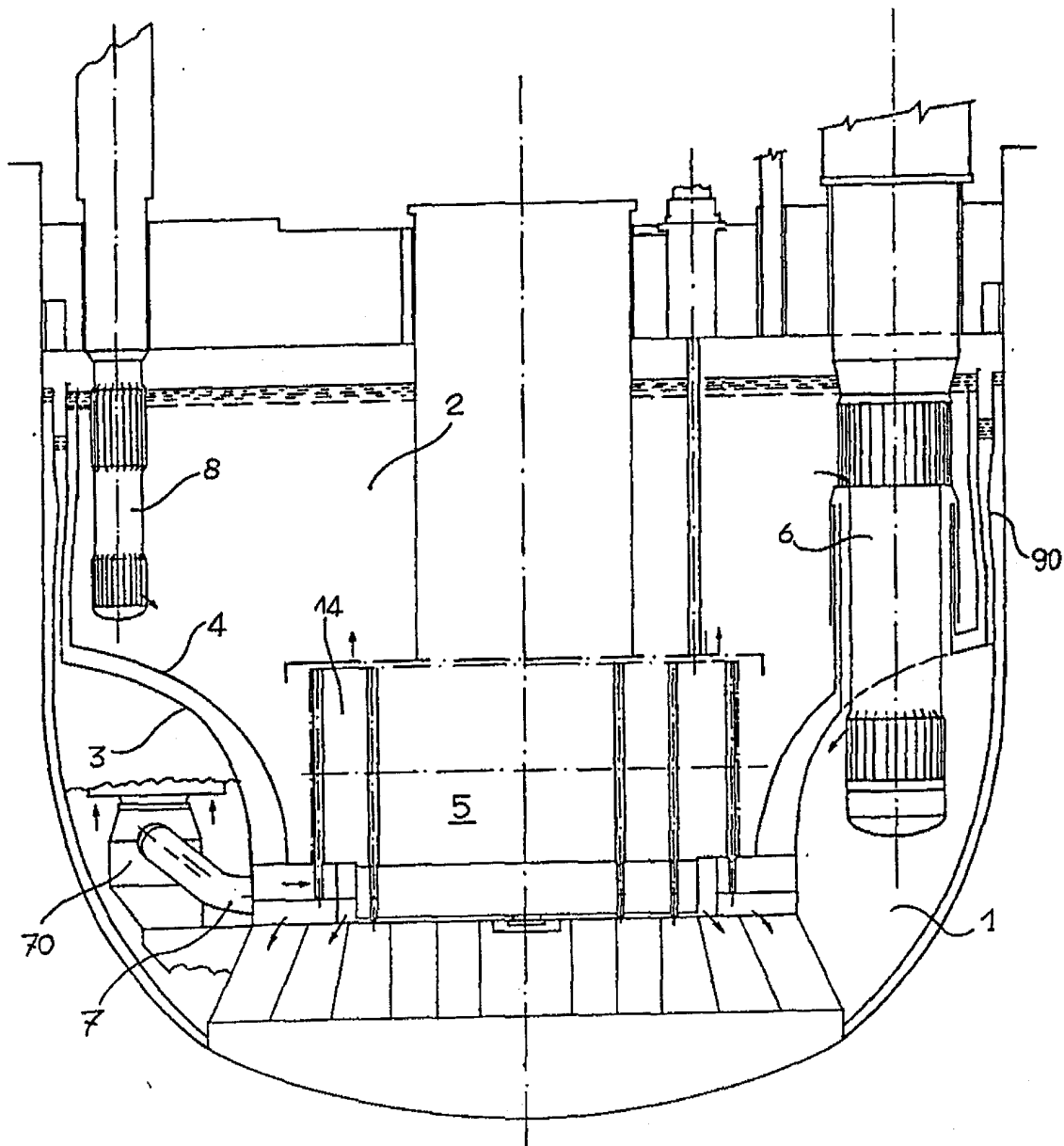
3.- Bloc de réacteur suivant la revendication 1,

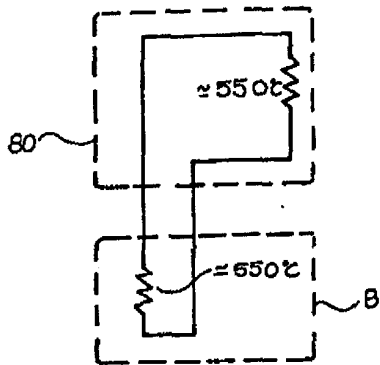
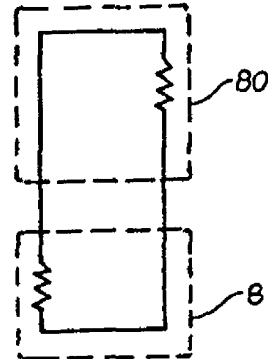
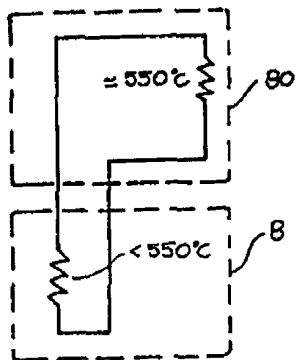
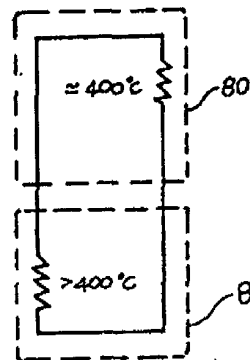
5 caractérisé en ce que la structure de séparation hydraulique comporte deux éléments qui définissent un espace intermédiaire entre eux , dans lequel ces éléments s'étendent tous deux sous forme d'anneaux autour des échangeurs intermédiaires.

10 4.- Bloc de réacteur suivant les revendications précédentes, caractérisé en ce que l'anneau extérieur entourant chaque échangeur auxiliaire présente dans sa partie supérieure un nombre convenable de trous calibrés.

15 5.- Bloc de réacteur suivant les revendications précédentes, équipé d'échangeurs intermédiaires qui ont une coque cylindrique entourant chaque échangeur intermédiaire, dans lequel ladite coque a des fenêtres supérieures pour l'entrée du sodium qui est dans le collecteur chaud et des fenêtres inférieures pour la sortie du sodium vers le collecteur froid, caractérisé en ce que les bords supérieurs de ces fenêtres inférieures sont situés à une hauteur supérieure à
20 celle du centre thermique du coeur.

25 6.- Bloc de réacteur suivant les revendications précédentes, caractérisé en ce que, dans le cas d'une mise à l'arrêt du réacteur et dans le cas du refroidissement du combustible par circulation naturelle, les moyens de sortie du sodium venant du collecteur chaud sont situés plus haut que le centre thermique du coeur.

FIG. 1

FIG. 3/AFIG. 3/BFIG. 4/AFIG. 4/B



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE

établi en vertu de l'article 21 § 1 et 2
de la loi belge sur les brevets d'invention
du 28 mars 1984

Numero de la demande
nationale

BE 8700421

BO

217

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)
Y	EP-A-0 068 913 (CEA) * Page 7, ligne 20 - page 8, ligne 21; page 12, ligne 33 - page 13, ligne 12; figures 1,5 *	1	G 21 C 15/18
Y	FR-A-2 555 794 (CEA) * Page 7, ligne 14 - page 8, ligne 12; figure 1 *	1	
A	---	2,4	
Y	FR-A-2 357 987 (CEA) * Page 4, ligne 20 - page 5, ligne 24; figure 1 *	1	
A	---	3-5	
Y	US-A-4 367 194 (SCHENEWERK) * Colonne 5, ligne 39 - colonne 6, ligne 19; figures 1,2 *	1	
A	---	5,6	
A	EP-A-0 162 337 (INTERATOM) * Page 5, lignes 4-15; figure unique *	1,3	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
	-----		G 21 C 15/00 G 21 C 1/00
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
30-05-1988		JANDL F.	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET BELGE NO.**

BE 8700421
BO 217

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 14/06/88
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP-A- 0068913	05-01-83	FR-A, B 2506498	26-11-82
		JP-A- 57198893	06-12-82
		US-A- 4487742	11-12-84
FR-A- 2555794	31-05-85	Aucun	
FR-A- 2357987	03-02-78	BE-A- 855951	17-10-77
		NL-A- 7707351	10-01-78
		DE-A- 2730124	12-01-78
		CH-A- 602995	15-08-78
		US-A- 4115192	19-09-78
		GB-A- 1537225	29-12-78
		JP-A- 53006797	21-01-78
		SE-A- 7707090	07-01-78
US-A- 4367194	04-01-83	Aucun	
EP-A- 0162337	27-11-85	DE-A- 3416398	07-11-85
		JP-A- 60238789	27-11-85
		DE-A- 3561567	10-03-88

EPO FORM P0463

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82