

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt: 79400389.7

⑤① Int. Cl.³: **F 28 F 9/00, F 28 F 13/06,**
F 28 F 27/02, F 22 B 37/20

㉔ Date de dépôt: 13.06.79

㉓ Priorité: 22.06.78 FR 7818711

⑦① Demandeur: **COMMISSARIAT A L'ENERGIE**
ATOMIQUE Etablissement de Caractère Scientifique
Technique et Industriel, 31/33, rue de la Fédération,
F-75015 Paris (FR)

④③ Date de publication de la demande: 09.01.80
Bulletin 80/1

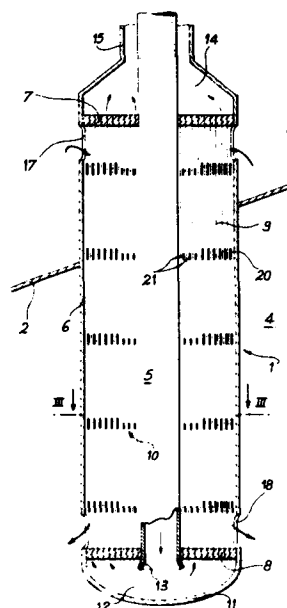
⑦② Inventeur: **Jogand, Patrick, Les 3 Moulins - Bat.A,**
F-13100 Aix en Provence (FR)

⑧④ Etats contractants désignés: **BE DE GB IT NL**

⑦④ Mandataire: **Mongredien, André et al, c/o**
Brevatome 25, rue de Ponthieu, F-75008 Paris (FR)

⑤④ **Echangeur intermédiaire pour réacteur nucléaire à neutrons rapides.**

⑤⑦ Echangeur intermédiaire pour réacteur nucléaire à neutrons rapides comportant une virole interne (5) cylindrique à axe vertical, une virole externe (6) coaxiale à la virole interne (5), deux plaques à tubes annulaires (7, 8), un faisceau de tubes droits (9) s'étendant entre les plaques à tubes (7, 8) selon des nappes entrecroisées mutuellement par des ceintures transversales (10), des collecteurs d'admission (12) et d'évacuation (14) d'un fluide secondaire, et des fenêtres d'entrée (17) et de sortie (18) réparties autour de l'axe de la virole externe (6) pour l'admission et l'évacuation, au voisinage des plaques à tubes (7, 8), d'un fluide primaire échangeant des calories avec le fluide secondaire. Le faisceau de tubes (9) comporte des moyens aptes à réaliser une alimentation plus importante dans la région occupée par les tubes des nappes internes que dans la région occupée par les tubes des nappes externes.



La présente invention se rapporte aux réacteurs, dans lesquels le refroidissement du coeur est assuré par circulation continue d'un métal liquide, habituellement du sodium, contenu à l'intérieur d'une cuve principale où est immergé le coeur, les calories acquises par le métal liquide à la traversée de ce dernier au contact des assemblages combustibles étant transférées à un fluide secondaire, également du sodium, parcourant intérieurement les tubes d'un échangeur intermédiaire plongeant dans la cuve, le métal liquide de refroidissement du coeur jouant le rôle de fluide primaire circulant à l'extérieur de ces tubes, en relation d'échange thermique avec le fluide secondaire. De façon connue, le fluide secondaire qui est ainsi échauffé, est ensuite renvoyé à l'extérieur de la cuve du réacteur vers un générateur apte à fournir de la vapeur d'eau sous pression directement détendue dans une installation de production d'électricité.

La présente invention se rapporte plus particulièrement à un aménagement de la structure interne d'un tel échangeur intermédiaire, comportant, de façon connue, une virole interne cylindrique à axe vertical, une virole externe coaxiale à la virole interne, deux plaques à tubes annulaires horizontales disposées au voisinage des extrémités supérieure et inférieure desdites viroles, un faisceau de tubes droits s'étendant entre les plaques à tubes selon des nappes cylindriques coaxiales aux viroles, ces nappes étant entretoisées mutuellement par des ceintures transversales formées de bandes horizontales portant des éléments d'entretoisement en général creux logés entre les tubes des nappes et en contact avec ceux-ci, des collecteurs d'admission et d'évacuation du fluide secondaire circulant à l'intérieur des tubes étant respectivement prévus sous la plaque inférieure et au-dessus de la plaque supérieure, la virole interne formant conduit d'amenée du fluide secondaire au collecteur d'admission tandis que la virole externe est prolongée vers le haut par un conduit de sortie du même fluide secondaire recueilli dans le collecteur d'évacuation après passage dans les tubes, et

des fenêtres d'entrée et de sortie réparties autour de l'axe de la virole externe pour l'admission et l'évacuation, au voisinage des plaques à tubes d'un fluide primaire échangeant des calories avec le fluide secondaire à travers la paroi des tubes.

Dans une structure classique de ce genre, le fluide primaire pénètre donc transversalement dans l'échangeur par les fenêtres d'entrée, en se répandant dans l'espace compris entre les viroles externes et internes, afin de circuler après un premier changement de direction sensiblement à 90° au contact des tubes du faisceau, l'écoulement s'effectuant sur la majeure partie de la longueur de ces tubes à contre-courant du fluide secondaire, le fluide primaire subissant un second changement de direction à nouveau de 90° pour s'évacuer hors de l'échangeur par ses fenêtres de sortie.

On conçoit dès lors aisément que, par suite de ce double changement de direction, on puisse constater un écart notable des températures du fluide secondaire à la sortie des tubes du faisceau dans le collecteur d'évacuation, les nappes cylindriques disposées au plus près de la virole interne laissant sortir un fluide secondaire plus froid que les tubes des nappes proches de la virole externe, l'échange de chaleur avec le fluide primaire ayant été dans ces dernières nappes internes moins efficace. Cet écart est notamment dû à une alimentation moins importante des tubes des nappes internes par le fluide primaire, en particulier au niveau des fenêtres d'entrée et de sortie. Il en résulte des dilatations différentielles importantes entre les viroles internes et externes, ce qui engendre des contraintes mécaniques élevées qui sont préjudiciables à la bonne tenue de l'échangeur.

La présente invention a pour but de pallier cet inconvénient, en assurant une répartition plus homogène du fluide primaire chaud à l'entrée dans l'échangeur à travers les tubes du faisceau, notamment entre les nappes de tubes internes et externes.

A cet effet, l'échangeur selon l'invention se caractérise en ce que le faisceau de tubes comporte des moyens aptes à réaliser une alimentation plus importante dans la région occupée par les tubes des nappes internes que dans la région occupée par les tubes des nappes externes, lesdits moyens créant, dans la circulation du fluide primaire à l'intérieur de l'échangeur, une perte de charge variable.

Selon un premier mode de mise en oeuvre, les moyens pour réaliser ladite alimentation consistent dans des éléments d'entretoisement solidaires des ceintures d'entretoisement des tubes, ces éléments étant creux ou pleins et définissant au moins deux zones concentriques à pertes de charge différentes.

Dans un autre mode de mise en oeuvre, les tubes du faisceau sont répartis selon au moins deux zones avec, dans les nappes internes, un pas radial et/ou circonférentiel plus réduit que dans les nappes externes.

D'autres caractéristiques d'un échangeur intermédiaire pour réacteur nucléaire à neutrons rapides établies conformément à l'invention, apparaîtront encore à travers la description qui suit de plusieurs exemples de réalisation, donnés à titre indicatif et non limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la Fig. 1 est une vue schématique en coupe axiale d'un échangeur intermédiaire selon l'invention, conforme à un premier mode de réalisation,

- la Fig. 2 est une vue de détail en perspective d'une des ceintures d'entretoisement des tubes de l'échangeur selon la Fig. 1,

- la Fig. 3 est une vue en coupe de l'échangeur de la Fig. 1 selon la ligne III-III de cette dernière,

- les Fig. 4 et 5 sont respectivement des demi-vues en coupe axiale, illustrant deux autres variantes de réalisation.

- la Fig. 6 est une vue partielle en coupe horizontale d'un échangeur montrant un autre mode de réalisation des pertes de charge.

On a repris sur ces figures des chiffres de référence identiques pour désigner des organes semblables de l'une à l'autre.

Sur la Fig. 1, la référence 1 désigne dans son ensemble, un échangeur intermédiaire selon l'invention, destiné à être monté à l'intérieur d'une cuve (non représentée) d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides, comportant notamment un redan transversal 2 traversé par le corps de l'échangeur. Ce redan délimite à l'intérieur de la cuve, deux régions, respectivement 3 et 4, la région 3 recevant le métal liquide de refroidissement sortant du coeur du réacteur, donc ayant acquis des calories au contact des assemblages combustibles, ce sodium après traversée de l'échangeur intermédiaire 1 étant recueilli sous le redan 2 dans la région 4, à une température nettement inférieure, par suite de l'échange thermique réalisé dans l'échangeur avec un fluide secondaire. De préférence, les fluides primaire et secondaire sont constitués par du sodium liquide.

L'échangeur 1 se compose principalement d'une virole interne cylindrique 5, à axe vertical, et d'une virole externe également cylindrique 6, coaxiale à la première, ces deux viroles étant réunies, respectivement au voisinage de leurs extrémités supérieure et inférieure, par deux plaques à tubes horizontales 7 et 8. Entre ces plaques 7 et 8, s'étendent les tubes 9 d'un faisceau de tubes droits, à l'intérieur desquels circule le fluide secondaire échangeant des calories avec le fluide primaire, lui-même s'écoulant dans l'échangeur à l'extérieur des tubes 9. Dans le faisceau, les tubes 9 sont convenablement entretoisés entre eux pour constituer des nappes cylindriques, coaxiales aux viroles et dans lesquelles les tubes sont maintenus à un écartement déterminé par l'intermédiaire de ceintures transversales 10 dont le détail apparaît plus clairement sur la vue partielle de la Fig. 2. A son extrémité inférieure, l'échangeur comporte un fond 11 qui délimite avec la plaque tubulaire 8 un collecteur d'admission 12 pour le fluide secondaire, amené dans l'échangeur par l'inté-

rieur de la virole interne 5, cette dernière comportant une extrémité inférieure ouverte 13. Le fluide secondaire ainsi admis à l'intérieur du collecteur 12 s'écoule dans les tubes 9 du faisceau et il est finalement recueilli dans un collecteur supérieur 14 délimité entre la virole interne 5 et un prolongement 15 de la virole externe 6.

Le fluide primaire chaud dans la région 3 pénètre à l'intérieur de l'échangeur intermédiaire par des fenêtres d'entrée 17, régulièrement réparties autour de l'axe de l'échangeur, dans la virole externe 6. Ce fluide primaire s'écoule alors de haut en bas au contact des tubes 9 du faisceau sur la majeure partie de la longueur de ces derniers, à contre-courant du fluide secondaire qui passe à l'intérieur de ces mêmes tubes du bas vers le haut. A la sortie de l'échangeur, le fluide primaire s'écoule hors de la virole externe 6 par des fenêtres de sortie 18, également régulièrement réparties autour de l'axe de cette virole.

La Fig. 2 illustre avec plus de détails la réalisation pratique des ceintures d'entretoisement 10, permettant de maintenir les tubes 9 du faisceau avec un écartement déterminé, en même temps que d'assurer une protection de ces tubes vis-à-vis des vibrations dues à la circulation du fluide primaire. A cet effet, les ceintures 10 sont notamment constituées au moyen de bandes horizontales 19 contre lesquelles sont soudés des éléments de tubes creux, tels que 20 et 21.

Selon l'invention et dans une première variante de réalisation, précisément illustrée sur les Fig. 1 à 3, des éléments d'entretoisement qui sont constitués ici par les éléments de tubes 20 et 21 des ceintures d'entretoisement 10 prévues entre les viroles 5 et 6, sont déterminés de telle sorte qu'ils présentent des longueurs différentes, en particulier telles que les éléments creux 20, de plus grande longueur, soient disposés dans les nappes externes du faisceau, alors que les éléments 21 de plus petite longueur sont prévus dans les nappes internes.

Grâce à ces dispositions, on réalise en effet une suralimentation en fluide primaire des nappes internes dans la partie intermédiaire de l'échangeur, notamment dans la région où ce fluide primaire, après avoir pénétré transversalement par les fenêtres d'entrée 17 et avoir subi un premier changement de direction à 90° , s'écoule parallèlement à la direction des tubes à contre-courant du fluide secondaire à l'intérieur de ces derniers. Cette suralimentation ainsi créée entre les tubes 9 augmente sensiblement l'échange de chaleur pour les tubes concernés dans leur partie centrale et réalise un meilleur équilibre global dans l'échange thermique entre les différentes zones ou régions des tubes, notamment en permettant de rétablir à la sortie de ceux-ci dans le collecteur 14, une température à peu près uniforme.

Bien entendu, la solution précédente peut être améliorée, en réalisant un plus grand nombre de zones par exemple trois ou quatre comportant dans chacune, des éléments creux de longueurs différentes, variant graduellement depuis les nappes externes vers les nappes internes.

Selon la variante de réalisation représentée sur la Fig. 6 les différentes zones concentriques sont réalisées en donnant à la section droite horizontale des éléments d'entretoisement portant la référence générale 30 des formes ou contours adéquates pour créer des pertes de charge différentes, la perte de charge diminuant lorsqu'on va de la périphérie vers le centre. On trouve une première zone avec des éléments d'entretoisement 30a qui sont constitués par des portions de tubes d'épaisseur e_1 . On trouve ensuite une deuxième zone dans laquelle les éléments d'entretoisement 30b sont encore des portions de tubes d'épaisseur e_2 supérieure à e_1 les tubes ayant même diamètre extérieur que les tubes 30a. Dans la troisième zone les éléments d'entretoisement 30c sont constitués par des tiges pleines dont le diamètre extérieur est égal à celui des tubes 30a et 30b.

Enfin les éléments d'entretoisement 30d sont constitués par l'association d'une tige pleine 30'd semblable

à la tige 30c et d'un prolongement 30"d s'insérant entre les tubes d'échange 9.

On voit qu'ainsi la perte de charge va en augmentant lorsqu'on passe de la zone centrale vers la zone périphérique.

Bien entendu les éléments 30d pourraient avoir une section droite présentant un autre contour. De même les différentes zones pourraient être définies uniquement par des portions de tubes (30a, 30b) d'épaisseurs différentes. Enfin pour adapter la perte de charge dans chaque zone on peut jouer à la fois sur la longueur des éléments d'entretoisement et sur le contour de leur section droite horizontale.

Dans une autre variante de réalisation illustrée sur la Fig.4, la suralimentation des régions occupées par les nappes externes d'une part et les nappes internes d'autre part, peut être obtenue en décalant, selon la longueur de ces tubes, les ceintures d'entretoisement 10, de telle sorte que les éléments d'entretoisement 22 qui sont fixés sur celles-ci, disposés au contact de ces tubes, créent dans ces nappes un effet d'entonnoir, avec formation d'une composante de vitesse horizontale dans l'écoulement du fluide primaire en direction du centre de l'appareil, améliorant notablement l'alimentation des nappes internes. De préférence les éléments 22 sont creux.

On comprend que chaque élément creux crée une perte de charge localisée et que c'est le décalage progressif des éléments creux selon la direction axiale qui réalise l'effet d'entonnoir et donc la composante horizontale de la vitesse d'écoulement du fluide.

Selon un deuxième mode de mise en oeuvre, illustré sur la Fig.5, les tubes du faisceau sont disposés selon deux zones, respectivement 9a et 9b, où ils présentent des pas radiaux et circonférentiels différents, les tubes 9a au voisinage de la virole interne 5 présentant des pas plus réduits que les tubes 9b au voisinage de la virole externe 6. Avantageusement, les deux zones précédentes sont

séparées par une jupe interne 23, coaxiale aux viroles 5 et 6. On voit donc que dans ce mode de mise en oeuvre, la meilleure distribution du fluide est obtenue par création de pertes de charge différentes dans un même plan horizontal.

5 Dans ce mode de mise en oeuvre, on facilite la pénétration du fluide primaire dans la région des tubes proches de la virole interne 5 et on obtient ainsi un échange de chaleur plus efficace dans ladite région.

10 A noter que pour équilibrer les pertes de charge entre les deux zones, on peut également placer, dans ces dernières, des ceintures anti-vibratoires créant, comme dans les exemples des Fig. 1 et 4, des pertes de charge différenciées, afin de contrebalancer la perte de charge linéaire plus faible due au pas plus important des tubes 9b.

REVENDICATIONS

1. Echangeur intermédiaire comportant une virole interne cylindrique à axe vertical, une virole externe coaxiale à la virole interne, deux plaques à tubes annulaires horizontales disposées au voisinage des extrémités supérieure et inférieure desdites viroles, un faisceau de tubes droits s'étendant entre les plaques à tubes selon des nappes cylindriques coaxiales aux viroles, ces nappes étant entretoisées mutuellement par des ceintures transversales formées de bandes horizontales portant des éléments d'entretoisement logés entre les tubes des nappes et en contact avec ceux-ci, des collecteurs d'admission et d'évacuation d'un fluide secondaire circulant à l'intérieur des tubes étant respectivement prévus sous la plaque inférieure et au-dessus de la plaque supérieure, la virole interne formant conduit d'amenée du fluide secondaire au collecteur d'admission tandis que la virole externe est prolongée vers le haut par un conduit de sortie du même fluide secondaire recueilli dans le collecteur d'évacuation après passage dans les tubes, et des fenêtres d'entrée et de sortie réparties autour de l'axe de la virole externe pour l'admission et l'évacuation, au voisinage des plaques à tubes, d'un fluide primaire échangeant des calories avec le fluide secondaire à travers la paroi des tubes, caractérisé en ce que le faisceau de tubes comporte des moyens aptes à réaliser une alimentation plus importante dans la région occupée par les tubes des nappes internes que dans la région occupée par les tubes des nappes externes, lesdits moyens créant, dans la circulation du fluide primaire à l'intérieur de l'échangeur, une perte de charge variable.

2. Echangeur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens pour réaliser ladite alimentation consistent dans lesdits éléments d'entretoisement eux-mêmes.

3. Echangeur selon la revendication 2, caractérisé en ce que les éléments d'entretoisement sont disposés dans une pluralité de plans horizontaux, la perte de charge variable étant réalisée par la géométrie
5 différente desdits éléments d'entretoisement selon leur position radiale dans un même plan horizontal, réalisant ainsi au moins deux zones annulaires concentriques à pertes de charges différentes.

4. Echangeur selon la revendication 3, caractérisé en ce que les éléments d'entretoisement sont des
10 tubes et présentent des longueurs différentes.

5. Echangeur selon la revendication 3, caractérisé en ce que les éléments d'entretoisement ont des épaisseurs différentes.

6. Echangeur selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'au moins certains des éléments d'entretoisement sont des cylindres pleins à génératrices verticales, la section droite des éléments d'entretoisement pleins d'un même niveau ayant des formes adaptées pour réaliser
20 des pertes de charge différentes.

7. Echangeur selon la revendication 2, caractérisé en ce que les éléments d'entretoisement sont décalés selon la longueur des tubes pour réaliser un effet d'entonnoir, facilitant l'augmentation du débit du fluide
25 primaire entre les tubes des nappes internes, en créant une composante de vitesse horizontale complémentaire dans l'écoulement du fluide primaire.

3. Echangeur selon la revendication 7, caractérisé en ce que lesdits éléments d'entretoisement sont des
30 tubes.

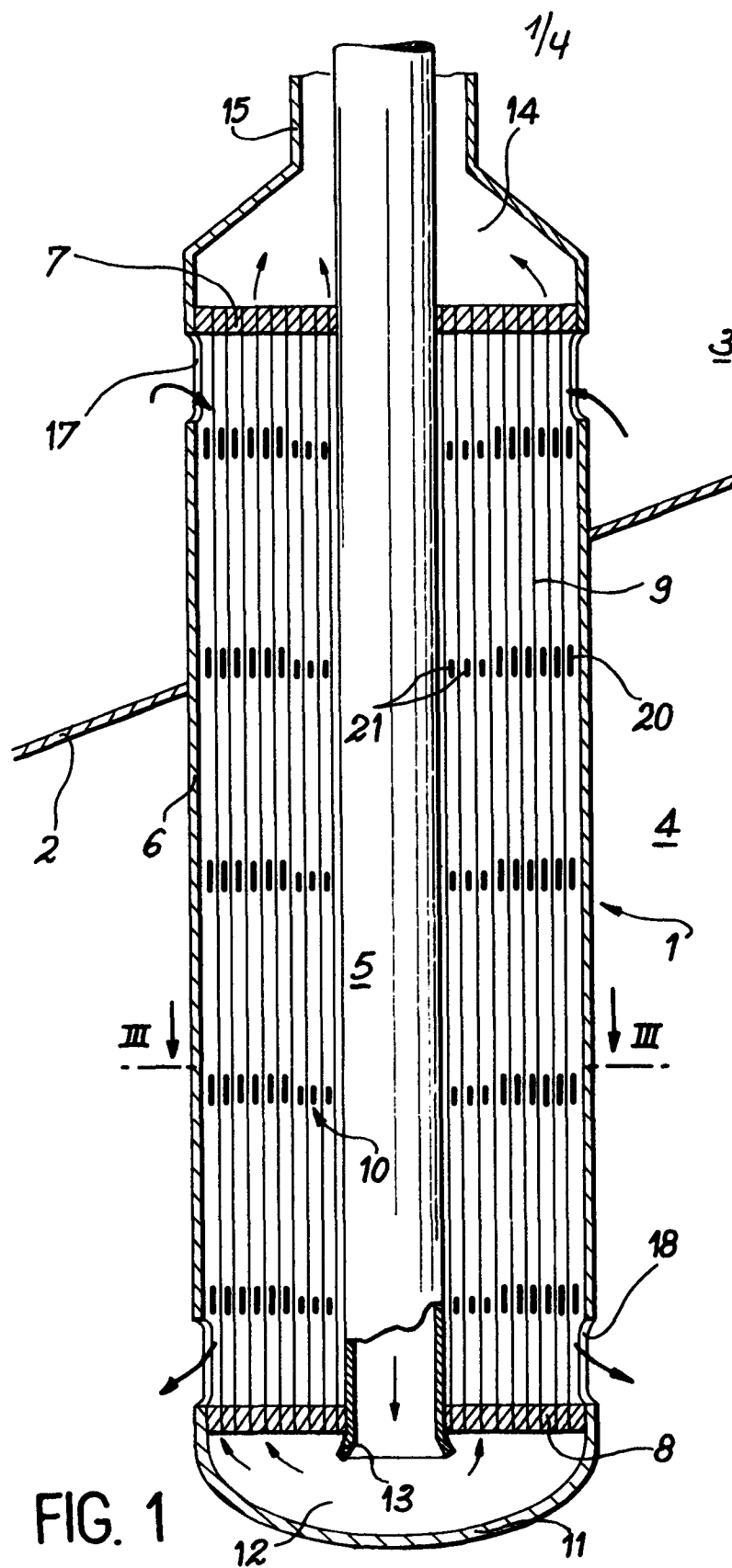
9. Echangeur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les tubes du faisceau sont répartis selon au moins deux zones avec, dans les nappes internes, un pas radial et/ou circonférentiel plus réduit que dans les
35 nappes externes.

ORIGINAL : Par procuration du COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

DRONNE Guy



B. 6.477-3 GD



O R I G I N A L : Par procuration du COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
 DRONNE Gay

l h f

2/4

FIG. 2

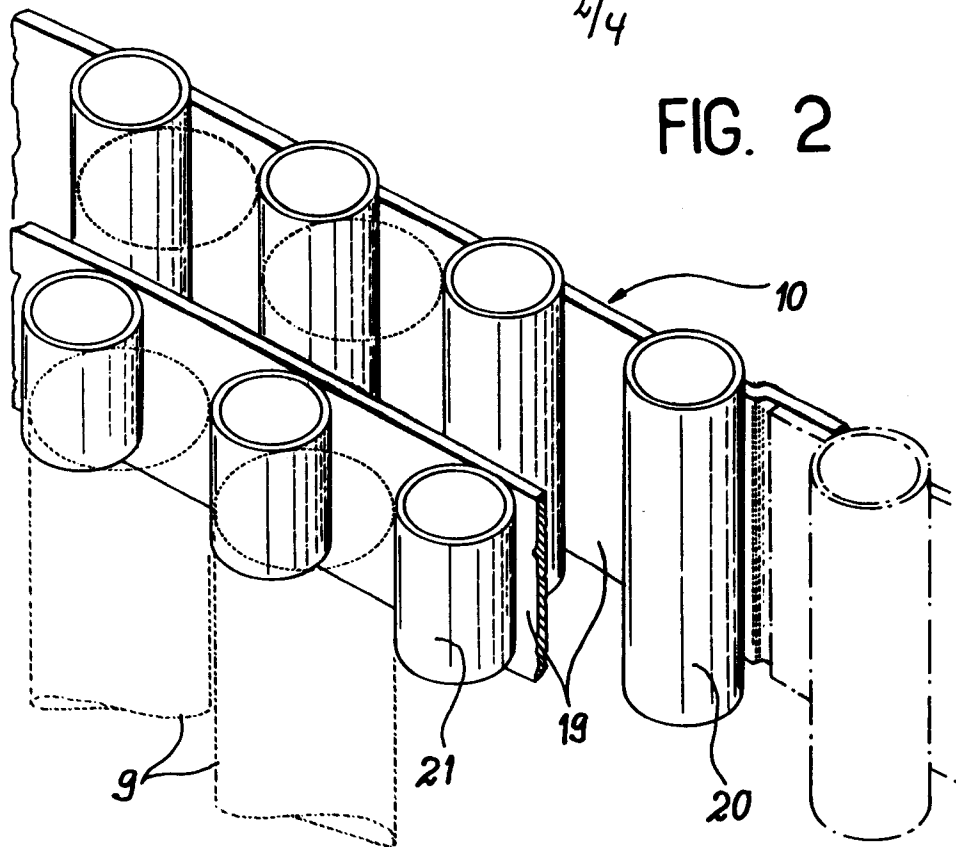
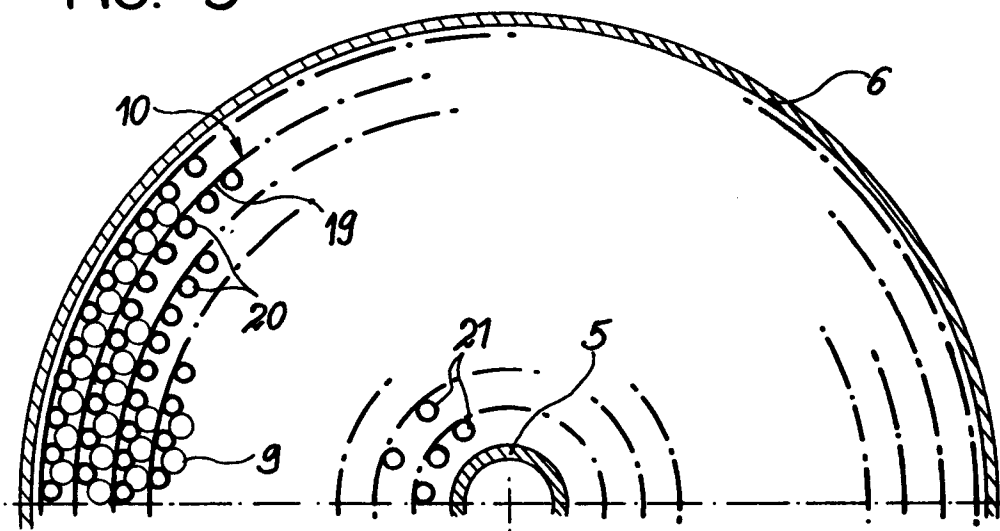
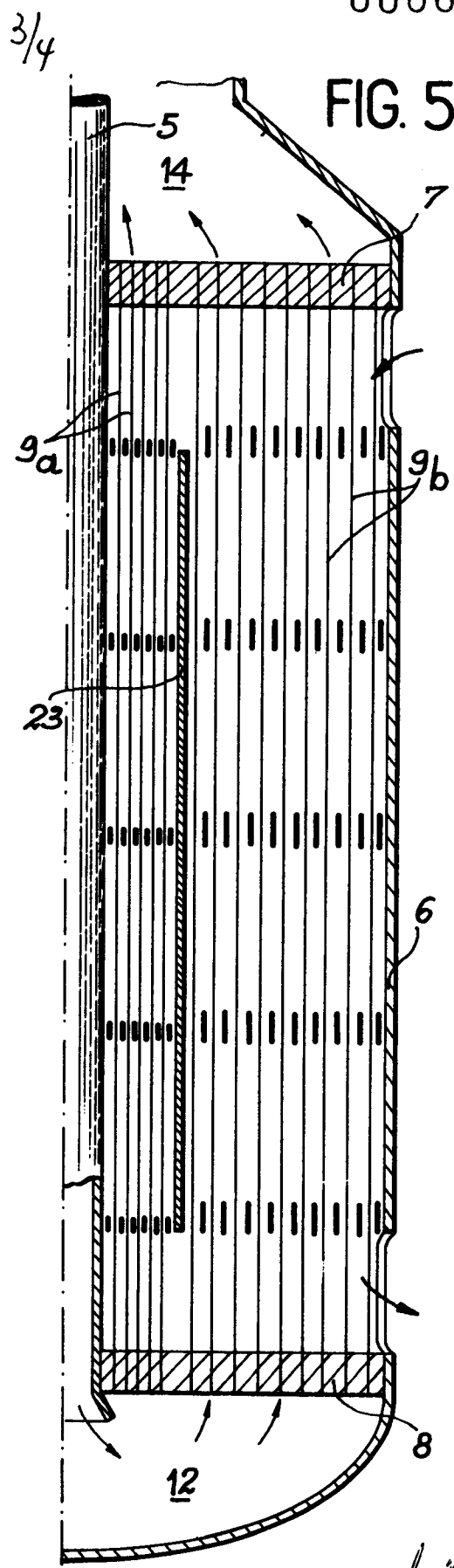
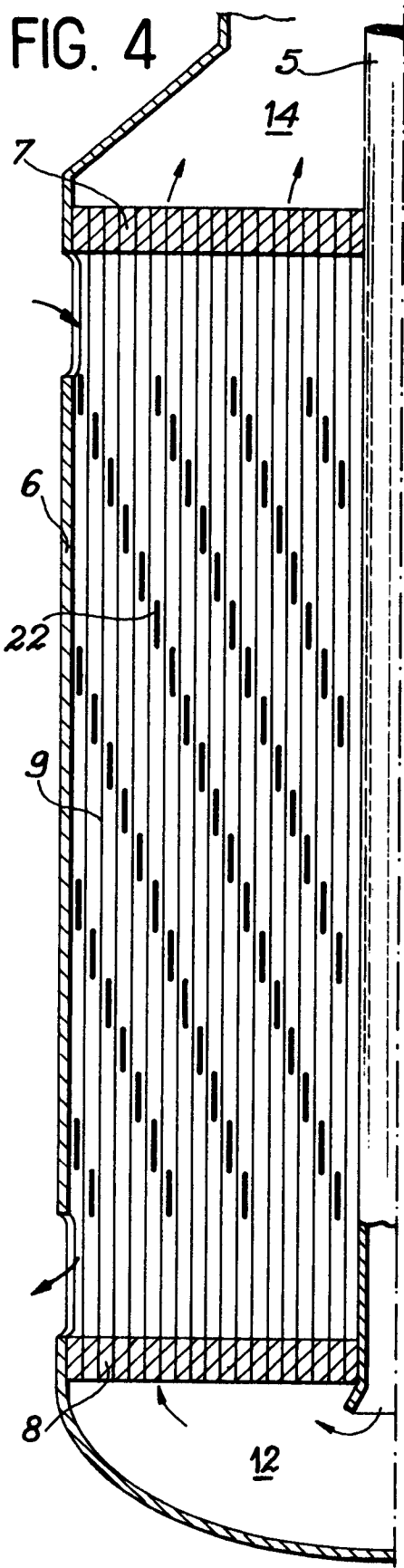


FIG. 3



O R I G I N A L : Par procuration du COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
 DRONNE Guy



4/4

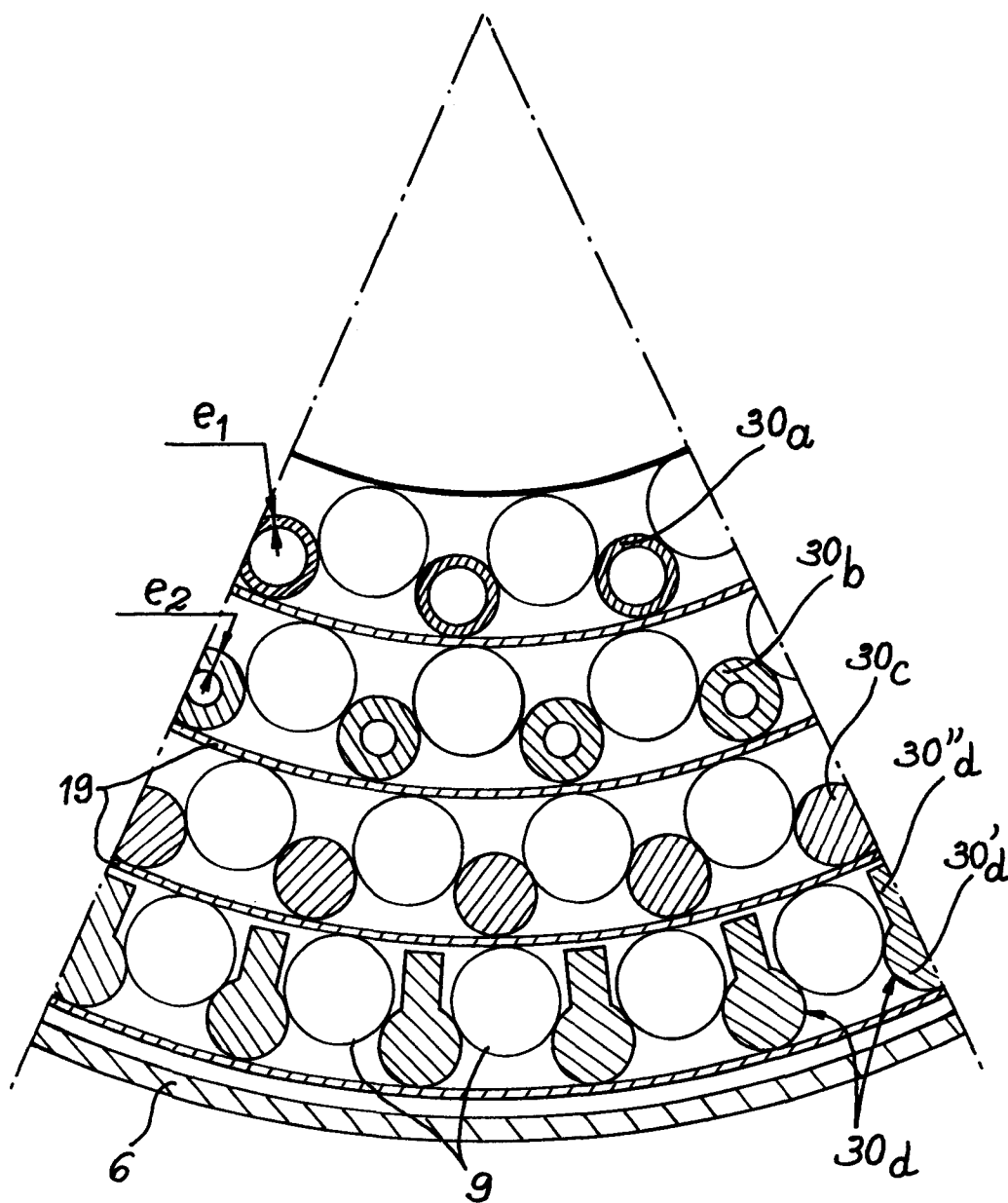


FIG. 6

O R I G I N A L : Par procuration du COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

DRONNE Guy



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0006795
Numéro de la demande

EP 79 40 0389

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ²)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
	<u>US - A - 3 292 691</u> (WELTER) * Colonne 1, lignes 11-18, 48-66; colonne 2, lignes 1-8, 36-48; figures 1 et 2 * -- <u>FR - A - 2 003 749</u> (DEGGENDORFER) * Page 3, lignes 5-16; figure 1 * ----	1,7,8 1	F 28 F 9/00 F 28 F 13/06 F 28 F 27/02 F 22 B 37/20
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ²)
			F 28 F F 28 D F 22 B G 21 D
			CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES
			X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: demande faisant interférence D: document cité dans la demande L: document cité pour d'autres raisons
			&: membre de la même famille, document correspondant
☒ Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 14-09-1979	Examineur CRAB