



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

0 038 748
A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 81400599.7

(51) Int. Cl.³: F 22 B 37/32
B 04 C 5/28

(22) Date de dépôt: 15.04.81

(30) Priorité: 18.04.80 FR 8008734

(71) Demandeur: Framatome
Tour Fiat 1 place de la Coupole
F-92400 Courbevoie(FR)

(43) Date de publication de la demande:
28.10.81 Bulletin 81/43

(72) Inventeur: Yazidjian, Jean-Claude
10-12, rue Ivan Tourguenoff
F-78380 Bougival(FR)

(84) Etats contractants désignés:
BE CH DE GB IT LI NL SE

(74) Mandataire: Bouget, Lucien et al,
CREUSOT-LOIRE 15 rue Pasquier
F-75383 Paris Cedex 08(FR)

(54) Dispositif de séparation d'eau et de vapeur à la sortie d'enceinte de vaporisation d'un générateur de vapeur.

(57) Le dispositif est constitué par un ensemble de tubes cylindriques verticaux (10) renfermant des éléments déflecteurs permettant la séparation de l'eau et de la vapeur. Ces séparateurs verticaux ou cyclones (10) sont groupés par sous-ensembles. Chacun des cyclones (10) d'un sous-ensemble est fixé à la partie supérieure d'une structure de support commune, comportant de bas en haut, une colonne tubulaire (14) fixée verticalement sur la partie supérieure de l'enceinte de vaporisation (6) et une structure (15) en forme d'enceinte évasée vers le haut en communication d'une part avec la colonne tubulaire (14) et d'autre part avec les cyclones (10) fixés à sa partie supérieure. Le dispositif de réparation est ainsi réalisé sous forme modulaire.

L'invention s'applique en particulier aux générateurs de vapeur des réacteurs nucléaires à eau sous pression.

EP 0 038 748 A1

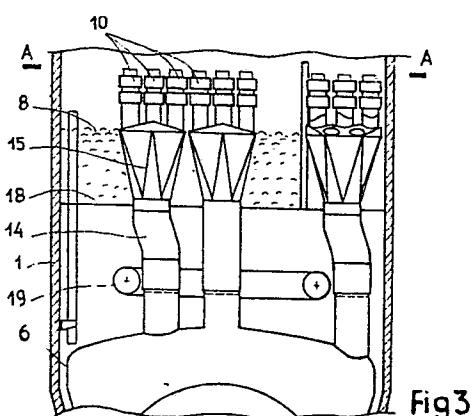


Fig3

"Dispositif de séparation d'eau et de vapeur à la sortie d'enceinte de vaporisation d'un générateur de vapeur"

L'invention concerne un dispositif de séparation d'eau et de vapeur à la sortie d'un générateur de vapeur à recirculation, tel qu'un générateur de vapeur utilisé dans une centrale nucléaire.

Les générateurs de vapeur utilisés dans les centrales nucléaires par exemple dans les centrales nucléaires à eau sous pression, sont généralement constitués par une enveloppe résistant à la pression cylindrique de grande hauteur à l'intérieur de laquelle est disposée une enceinte secondaire coiffant un faisceau tubulaire parcouru par l'eau sous pression qui constitue le fluide d'échange amenant la chaleur du cœur du réacteur au générateur de vapeur, pour la production de vapeur.

L'eau alimentaire est amenée dans le générateur de vapeur au-dessus de l'enceinte secondaire ou enceinte de vaporisation, circule vers le bas à l'extérieur de cette enceinte avant de pénétrer dans l'enceinte de vaporisation par sa partie inférieure pour entrer en contact avec le faisceau tubulaire et être vaporisée.

Un mélange d'eau et de vapeur de plus en plus riche en vapeur circule à l'intérieur de l'enceinte de vaporisation vers le haut et sort par la partie supérieure de cette enceinte de vaporisation pour pénétrer dans le dôme de vapeur du générateur de vapeur compris entre la partie supérieure de l'enceinte de vaporisation et la partie supérieure de l'enveloppe en pression du générateur de vapeur.

Dans ce dôme de vapeur, sont placés des dispositifs de séparation de l'eau et de la vapeur permettant de sécher la vapeur produite dans l'enceinte de vaporisation au contact du faisceau tubulaire avant sa sortie du générateur de vapeur par la partie supérieure du dôme de vapeur.

Ces dispositifs de séparation d'eau et de vapeur comportent généralement un premier étage disposé en sortie de l'enceinte de vaporisation constitué par des tubes cylindriques verticaux renfermant des déflecteurs permettant de donner un mouvement hélicoïdal à la vapeur à l'intérieur des tubes lorsque cette vapeur chargée d'eau sort de l'enceinte de vaporisation, si bien que l'eau présente dans la vapeur est séparée par force centrifuge et réincorporée à l'eau alimentaire amenée dans le générateur de vapeur au-dessus de l'enceinte de vaporisation.

Au-dessus de ces dispositifs de séparation primaires, dans la partie supérieure du dôme de vapeur sont également disposés des séparateurs secondaires ou sècheurs réalisés à l'aide de tôles à chevrons qui

achèvent de sécher la vapeur avant sa sortie du générateur de vapeur par une conduite reliée à ce générateur à la partie la plus haute du dôme.

Les tubes cylindriques à déflecteur en spirale encore appelés cyclones, permettent la séparation de la plus grande partie de l'eau entraînée par la vapeur et la recirculation de cette eau avec l'eau alimentaire amenée par un tore disposé à un niveau légèrement inférieur au niveau des cyclones.

En marche normale, le niveau de l'eau alimentaire dans le générateur de vapeur est tel que le tore d'alimentation est entièrement noyé dans l'eau alimentaire cependant que les cyclones émergent au-dessus de cette eau alimentaire.

Des études récentes ont montré qu'il était très avantageux d'utiliser des séparateurs cyclones de faible diamètre ce qui permet d'accroître les performances du séparateur et de mieux utiliser le volume disponible dans le dôme de vapeur.

Pour une section donnée de ce dôme, on obtient des performances de séparation plus élevées ou encore, à performances constantes, on peut obtenir une réduction du diamètre du dôme de vapeur.

Cependant, une diminution de la taille des séparateurs cyclones s'accompagne d'une augmentation de leur nombre. Par exemple, pour un générateur de vapeur de 900 MWth fonctionnant à 75 bars, il faut environ 120 à 140 séparateurs d'un diamètre de 200 mm.

Par ailleurs, pour des considérations de charge motrice dans la boucle de recirculation ou de réserve d'eau dans les générateurs de vapeur, on peut être amené à fixer le niveau libre de l'eau alimentaire dans le dôme de vapeur à environ 2 ou 3 mètres au-dessus du faisceau tubulaire.

Comme les séparateurs cyclones doivent être au-dessus de ce niveau il faut alors disposer ces séparateurs cyclones à l'extrémité d'un conduit d'entrée vertical de grande hauteur reliant le séparateur à l'enceinte de vaporisation.

L'emploi de séparateurs de petit diamètre complique donc la construction du générateur de vapeur à cause du nombre élevé des conduits d'entrée d'autre part, si l'on veut conserver la structure compacte du dispositif installé dans le dôme de vapeur, l'accessibilité aux différents dispositifs séparateurs, par exemple pour leur entretien ou leur réparation est extrêmement difficile. Enfin, l'utilisation d'un grand nombre de tubes de petit diamètre et de grande longueur, n'est

pas favorable en ce qui concerne la tenue mécanique et impose une structure de maintien.

Le but de l'invention est donc de proposer un dispositif de séparation d'eau et de vapeur à la sortie de l'enceinte de vaporisation d'un générateur de vapeur à recirculation, tel qu'un générateur utilisé dans une centrale nucléaire, constitué par un ensemble de tubes cylindriques verticaux à l'intérieur desquels sont disposés des éléments déflecteurs donnant à la vapeur un parcours hélicoïdal permettant la séparation de l'eau par force centrifuge, lorsque la vapeur chargée d'eau avant sa sortie à la partie supérieure du générateur, parcourt ces tubes disposés au-dessus de l'enceinte de vaporisation placée dans l'enveloppe sous pression du générateur de vapeur, à l'intérieur de laquelle se produit la vaporisation de l'eau, ce dispositif de séparation devant permettre une construction facilitée du générateur de vapeur, une meilleure accessibilité aux dispositifs de séparation pour leur réparation ou leur entretien et d'améliorer la tenue mécanique de l'ensemble constitué par les tubes séparateurs de vapeur.

Dans ce but, les tubes cylindriques ou cyclones sont groupés par sous-ensembles, chacun des cyclones d'un sous-ensemble étant fixé à la partie supérieure d'une structure de support commune à tous les cyclones du sous-ensemble comportant de bas en haut, une colonne tubulaire fixée sur la partie supérieure de l'enceinte de vaporisation, prolongeant celle-ci vers le haut et en communication par sa partie interne avec l'intérieur de cette enceinte et une structure en forme d'enceinte évasée vers le haut en communication d'une part avec la partie interne de la colonne et d'autre part avec les cyclones fixés à sa partie supérieure, l'enceinte évasée et les cyclones du sous-ensemble correspondant, constituant un module unitaire du dispositif de séparation.

Afin de bien faire comprendre l'invention on va maintenant décrire, en se référant aux figures jointes en annexe un mode de réalisation d'un dispositif de séparation suivant l'invention, dans le cas d'un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

La figure 1 représente une vue en coupe par un plan vertical de symétrie d'un générateur de vapeur comportant des dispositifs séparateurs d'eau et de vapeur suivant l'art antérieur.

La figure 2 représente une vue en coupe analogue à la vue de la figure 1 d'un générateur de vapeur comportant des séparateurs eau-vapeur suivant l'invention.

La figure 3 représente une vue agrandie de la partie du dôme de vapeur du générateur de vapeur représenté à la figure 2, contenant le dispositif de séparation d'eau et de vapeur suivant l'invention.

La figure 4 représente une vue suivant A-A de la figure 3.

Sur la figure 1, on voit un générateur de vapeur dont l'enveloppe externe 1 résistant à la pression renferme dans sa partie inférieure de plus faible diamètre, un faisceau tubulaire 2 comportant un ensemble de tubes coudés parcourus par l'eau sous pression introduite dans le générateur de vapeur sous la plaque tubulaire 3 par une tubulure d'entrée 4, l'eau sous pression parcourant les tubes du faisceau tubulaire puis revenant sous la plaque tubulaire 3 pour sortir du générateur de vapeur par la tubulure 5.

Le faisceau tubulaire 2 est entouré jusqu'au voisinage de sa partie inférieure par une enveloppe secondaire 6 constituant l'enceinte de vaporisation à l'intérieur de laquelle l'eau alimentaire en contact avec le faisceau tubulaire parcouru par l'eau sous pression à haute température venant du cœur du réacteur, se vaporise progressivement en s'élevant à l'intérieur de l'enceinte de vaporisation 6 jusqu'à son extrémité supérieure, à la base du dôme de vapeur de diamètre plus important que la partie inférieure du générateur de vapeur.

A la partie la plus haute du dôme de vapeur 1b est prévue une tubulure 7 permettant la sortie de la vapeur vers la turbine.

Un dispositif d'aménée d'eau alimentaire non représenté permet de maintenir le niveau 8 de l'eau alimentaire dans le générateur de vapeur à une certaine distance au-dessus du faisceau tubulaire 2, cette distance étant de l'ordre de 2 à 3 mètres, et en dessous des cyclones 10 constitués par des tubes verticaux à l'intérieur desquels sont disposés des déflecteurs hélicoïdaux permettant de faire effectuer un parcours tourbillonnant à la vapeur amenée depuis la partie supérieure de l'enceinte de vaporisation 6 jusqu'à ces cyclones 10 par des colonnes tubulaires 11 de faible diamètre et de grande hauteur.

A sa sortie du cyclone 10, la vapeur qui a abandonné la plus grande partie de l'eau entraînée en sortie de l'enceinte 6, passe dans des séparateurs secondaires 12 constitués par des chicanes permettant un séchage plus complet de la vapeur avant sa sortie par la tubulure 7.

Les colonnes tubulaires 11 sont fixées rigidement au sommet de l'enceinte de vaporisation 6 et mettent en communication les tubes cylindriques 10 constituant les cyclones avec la partie interne de l'enveloppe 6 à l'intérieur de laquelle l'eau alimentaire est vaporisée.

Sur la figure 1, il apparaît tout à fait clairement que l'accessibilité des colonnes tubulaires 11 disposées en très grand nombre les unes au voisinage des autres est mauvaise et qu'en conséquence les 5 opérations de montage, d'entretien et de réparation de ces colonnes tubulaires sont assez difficile. De même, la construction de cette partie du générateur de vapeur suppose un grand nombre d'opérations de mise en place et de fixation par soudage et il est très difficile d'assurer une tenuemécanique suffisante de l'ensemble de ces générateurs de 10 vapeur fixés à l'extrémité supérieure de colonnes de grande hauteur et de faible diamètre.

Sur la figure 2 on a représenté un générateur de vapeur où les différents éléments identiques aux éléments représentés sur la figure 1 portent les mêmes repères.

15 On voit que les séparateurs cyclones 10 sont dans ce mode de réalisation correspondant à l'invention fixés à la partie supérieure d'un ensemble comportant une colonne 14 fixée à la partie supérieure de l'enceinte de vaporisation 6 et une structure 15 de forme évasée vers le haut qui sera décrite plus en détails en se référant aux figures 3 et 4.

20 Sur les figures 3 et 4, on voit que les séparateurs cyclones 10 sont groupés par sous-ensembles comportant 7 unités fixés à la partie supérieure d'une structure 15 constituée par une enceinte évasée vers le haut dont la section par un plan de section droite est hexagonale.

25 Les tubes constituant les séparateurs sont fixés par soudage à la partie supérieure de ces enceintes 15 de façon que le volume interne de l'enceinte 15 communique avec l'alésage interne des tubes 10 renfermant les dispositifs déflecteurs permettant de donner un parcours hélicoïdal à la vapeur.

30 Chaque enceinte 15 sur laquelle sont fixés 7 séparateurs à cyclone constitue un module qui peut être fabriqué séparément avant montage du générateur de vapeur.

D'autre part, les colonnes tubulaires 14 sont disposées à la 35 partie supérieure de l'enceinte de vaporisation 6 de façon que leur alésage intérieur soit en communication avec le volume interne de cette enceinte secondaire 6.

Au moment, du montage final du générateur de vapeur, on relie la partie inférieure de chacune des enceintes 15 avec la partie supérieure d'une colonne 14.

L'ensemble des colonnes 14 peut être maintenu à l'intérieur du générateur de vapeur par une ossature de maintien 18 fixée aux colonnes au niveau de leur partie supérieure.

De cette façon l'ensemble de la structure de support des cyclones 10 est susceptible de résister aux sollicitations mécaniques rencontrées dans le générateur de vapeur.

La section droite de chacune des colonnes 14 est d'autre part inférieure à la somme des sections droites des tubes 10, si bien qu'il est possible de prévoir un très bon remplissage de la section droite du générateur de vapeur par des séparateurs à cyclone tout en ménageant entre les colonnes 14 de soutien des modules un espace suffisant permettant par exemple de disposer le tore d'alimentation d'eau 19 entre ces colonnes.

Pour permettre la disposition du tore d'alimentation d'eau, on pourra par exemple provoquer une légère déflexion dans un sens et dans l'autre des colonnes au voisinage desquelles passe le tore d'alimentation 19.

En fonctionnant le système de régulation du générateur de vapeur permet de maintenir le niveau de l'eau dans le générateur un peu en-dessous des séparateurs 10, c'est-à-dire au niveau de la partie supérieure des enceintes 15.

Ce niveau 8 a été représenté sur la figure 3.

Le fait que la section de la colonne 14 soit inférieure à la section totale des séparateurs 10 qu'elle alimente, n'introduit pas une perte de charge supplémentaire notable car la perte de charge est principalement due au déflecteur en hélice situé à l'intérieur du cyclone.

La diminution de l'encombrement des colonnes permet d'améliorer l'accessibilité dans la zone comprise entre les modules constitués par les enceintes 15 et les séparateurs 10 et le sommet de l'enceinte de vaporisation 6.

D'autre part, la diminution du diamètre des colonnes augmente la section disponible pour l'eau de recirculation dans le générateur de vapeur si bien qu'on augmente la masse d'eau totale dans le générateur de vapeur ce qui est bénéfique pour le comportement de ce générateur de vapeur en cas d'accident.

La section disponible pour l'eau de recirculation dans le générateur de vapeur étant augmentée, la vitesse de descente de cette eau est plus faible ce qui améliore le dégazage dans le cas d'entraînement de vapeur à la sortie.

des séparateurs par l'eau recyclée.

Enfin, les mesures de niveau sont plus facilement interprétables car on diminue les effets perturbateurs de la vitesse sur les prises de pression permettant le contrôle du niveau dans le générateur de vapeur.

5 On voit donc que les principaux avantages du dispositif selon l'invention sont de permettre d'augmenter les performances du générateur de vapeur sans modifier ses dimensions, de faciliter la construction du générateur de vapeur, grâce à la réalisation sous forme modulaire des dispositifs de séparation d'eau et de vapeur et de permettre une meilleure accessibilité dans l'espace compris entre le sommet de l'enceinte de vaporisation et les modules comportant les séparateurs cyclones.

10 Mais l'invention ne se limite pas au mode de réalisation qui vient d'être décrit elle en comporte au contraire toutes les variantes.

15 C'est ainsi qu'on peut imaginer des enceintes évasées vers le haut constituant la partie des modules sur laquelle sont fixés les séparateurs cyclones d'une forme et d'une construction tout à fait différente de celle qui a été décrite. La section de ces modules peut en particulier être différente d'une section hexagonale et le nombre de séparateurs associés à chacun des modules peut être différent de 7.

20 La position et la répartition des colonnes à la partie supérieure de l'enceinte de vaporisation 6 peut être tout à fait différente de celle qui a été représentée.

25 Les séparateurs à cyclone constituant le dispositif de séparation de l'eau et de la vapeur peuvent être associés à un dispositif de séparation secondaire différent d'un sécheur à chicane, comme dans l'exemple qui a été décrit.

30 Enfin, le dispositif selon l'invention s'applique non seulement dans le cas des générateurs de vapeur des réacteurs nucléaires à eau sous pression mais également dans le cas d'autres générateurs utilisant un ensemble de cyclones disposés verticalement au-dessus d'une enceinte de vaporisation, pour la séparation primaire de la vapeur et de l'eau entraînée par cette vapeur.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de séparation d'eau et de vapeur à la sortie d'une enceinte de vaporisation d'un générateur de vapeur à recirculation tel qu'un générateur de vapeur utilisé dans une centrale nucléaire, constitué par un ensemble de tubes cylindriques verticaux à l'intérieur desquels sont disposés des éléments déflecteurs, appelés cyclones, donnant à la vapeur un parcours hélicoïdal permettant la séparation de l'eau par force centrifuge lorsque la vapeur, chargée d'eau avant sa sortie à la partie supérieure du générateur, parcourt ces tubes disposés au-dessus d'une enceinte de vaporisation placée dans l'enveloppe extérieure résistant à la pression du générateur de vapeur, à l'intérieur de laquelle se produit la vaporisation de l'eau, caractérisé par le fait que les cyclones {10} sont groupés par sous ensembles, chacun des cyclones d'un sous-ensemble étant fixé à la partie supérieure d'une structure de support commune à tous les cyclones du sous-ensemble comportant de bas en haut, une colonne tubulaire {14} fixée verticalement sur la partie supérieure de l'enceinte de vaporisation {6} prolongeant celle-ci vers le haut et en communication par sa partie interne avec l'intérieur de cette enceinte et une structure {15} en forme d'enceinte évasée vers le haut, en communication d'une part avec la partie interne de la colonne tubulaire {14} et d'autre part avec les cyclones {10} fixés à sa partie supérieure, l'enceinte évasée {15} et les cyclones {10} du sous-ensemble correspondant constituant un module unitaire du dispositif de séparation.

2. Dispositif de séparation suivant la revendication 1 caractérisé par le fait que les colonnes {14} des structures de support des sous-ensembles de cyclones {10} présentent une section inférieure à la somme des sections des cyclones {10} tubulaires du sous-ensemble correspondant.

3. Dispositif de séparation suivant la revendication 2 caractérisé par le fait que le dispositif d'alimentation d'eau du générateur de vapeur est constitué par une conduite torique {19} disposée entre certaine des colonnes de support {14} des séparateurs cyclones {10}.

4. Dispositif de séparation suivant l'une quelconque des revendications 1 - 2 et 3 caractérisé par le fait que les enceintes {15} de forme évasée sur lesquelles sont fixés les séparateurs cyclones {10} ont une section hexagonale par un plan de section droite du générateur de vapeur

les séparateurs-cyclones étant disposés suivant un réseau à maille hexagonale à l'intérieur de la section droite du générateur de vapeur.

5. Dispositif de séparation suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé par le fait que chaque sous-ensemble comporte 7 séparateurs-cyclones{10}.

1/2

Fig1

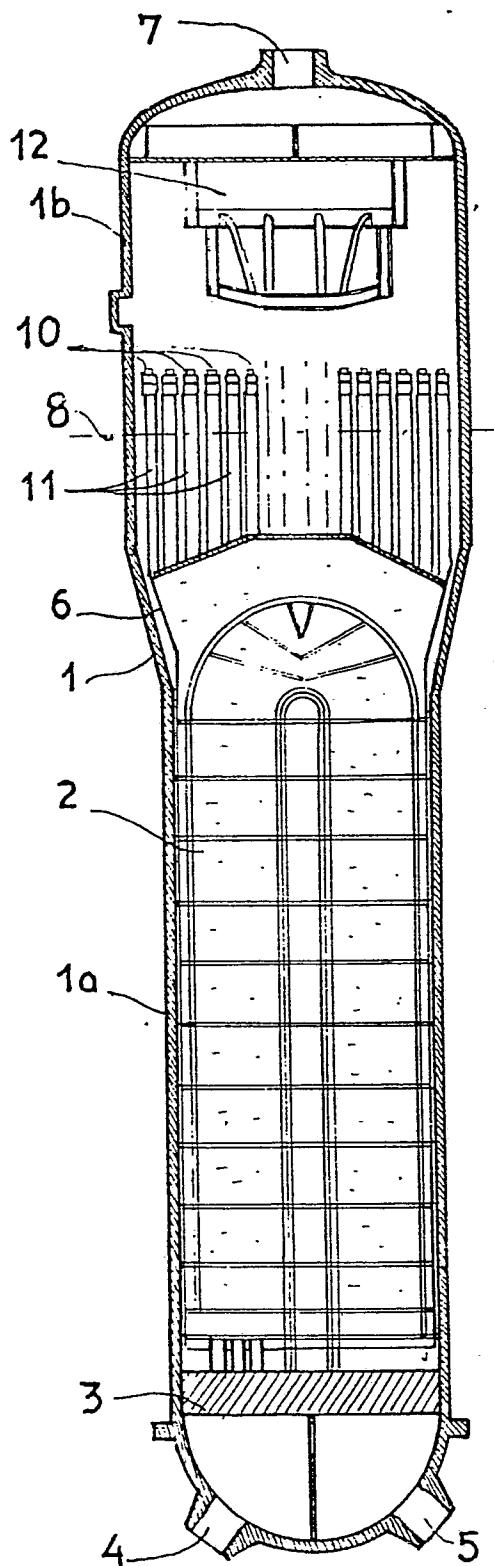
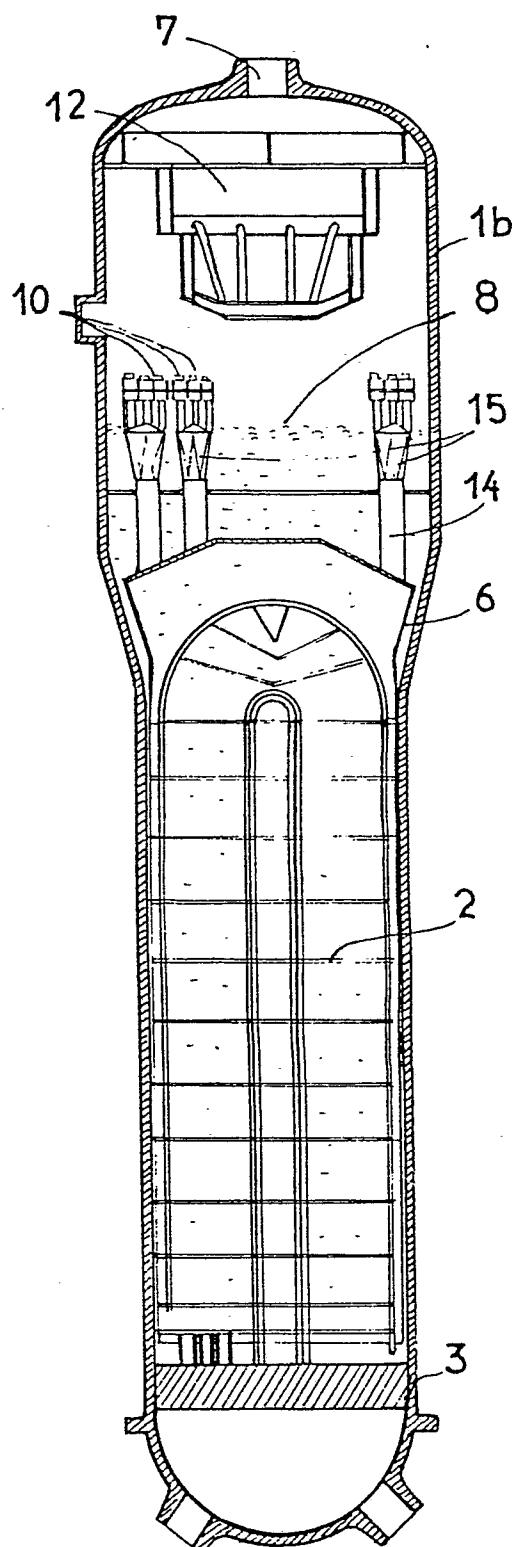


Fig2



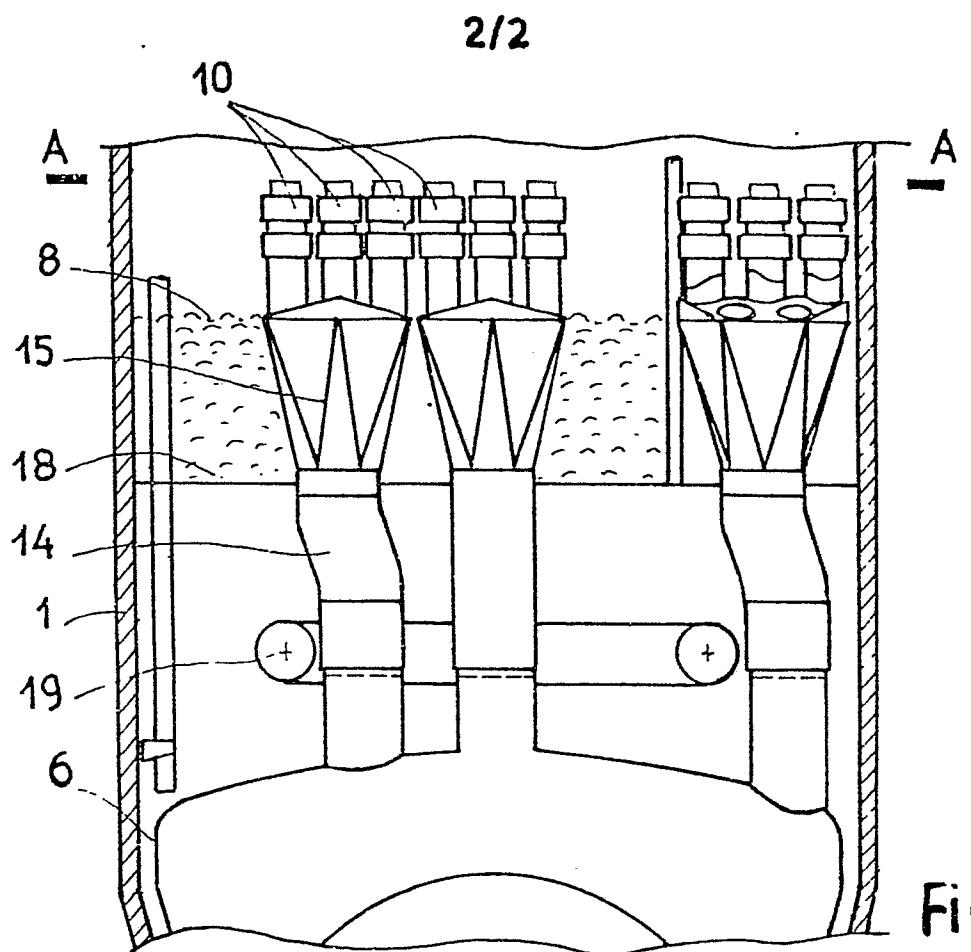


Fig 3

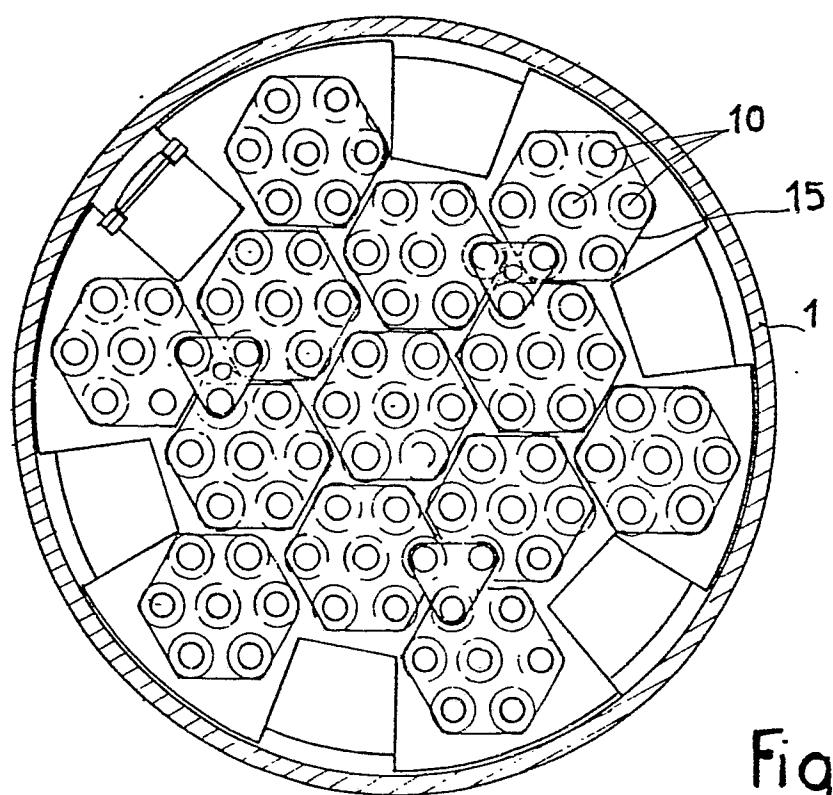


Fig 4



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0038748

Numéro de la demande

EP 81 40 0599

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.º)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
A	<p><u>FR - A - 2 027 434 (COMBUSTION ENGINEERING)</u></p> <p>* Page 1, lignes 1-7; page 2, lignes 5-19; page 4, lignes 22-37; page 5, lignes 1-22; figure 1 *</p> <p>---</p>	1	F 22 B 37/32 B 04 C 5/28
A	<p><u>GB - A - 937 549 (CLARKE)</u></p> <p>* Page 1, lignes 68-70; page 2, lignes 109-130; page 3, lignes 1-33; figures 7,8 *</p> <p>---</p>	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.º)
A	<p><u>GB - A - 1 533 482 (CLARKE)</u></p> <p>* Page 2, lignes 114-130; page 3, lignes 1-11, 20-30; figures 1,2 *</p> <p>-----</p>	1	F 22 B B 04 C
			CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES
			<p>X: particulièrement pertinent</p> <p>A: arrière-plan technologique</p> <p>O: divulgation non-écrite</p> <p>P: document intercalaire</p> <p>T: théorie ou principe à la base de l'invention</p> <p>E: demande faisant interférence</p> <p>D: document cité dans la demande</p> <p>L: document cité pour d'autres raisons</p> <p>&: membre de la même famille</p> <p>document correspondant</p>
		Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications	
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
La Haye		17-07-1981	JORIS