



12

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt : 93401075.2

51 Int. Cl.<sup>5</sup> : F22B 1/02, F22B 37/22

22 Date de dépôt : 26.04.93

30 Priorité : 28.04.92 FR 9205219

72 Inventeur : Pascal, Yves  
50, Square des Groues  
F-92000 Nanterre (FR)

43 Date de publication de la demande :  
03.11.93 Bulletin 93/44

74 Mandataire : Poulin, Gérard et al  
Société BREVATOME 25, rue de Ponthieu  
F-75008 Paris (FR)

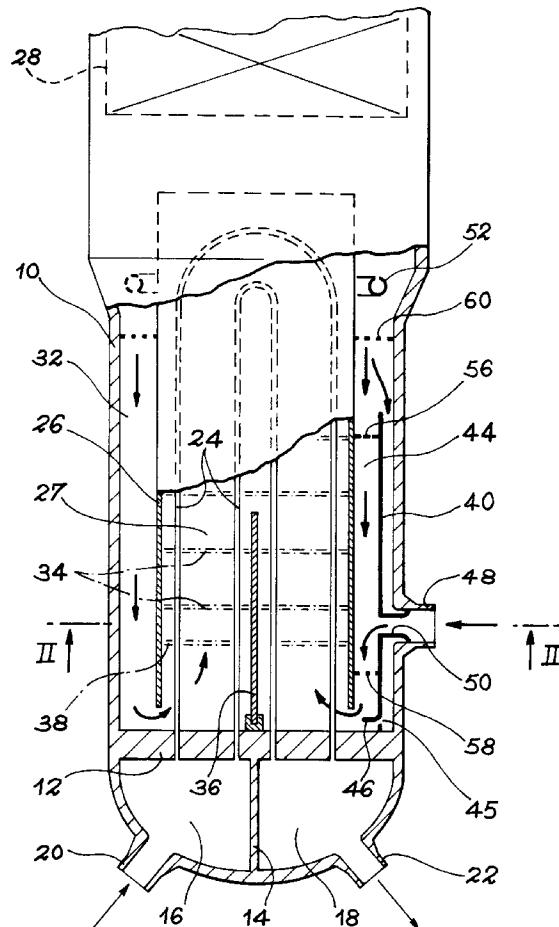
84 Etats contractants désignés :  
BE DE SE

71 Demandeur : FRAMATOME  
Tour Fiat Cédex 16  
F-92084 Paris-la-Défense (FR)

54 Générateur de vapeur à dispositif de distribution et de répartition de l'eau alimentaire et de l'eau de recirculation dans la partie secondaire.

57 Dans un générateur de vapeur utilisé dans un réacteur nucléaire, l'alimentation en eau secondaire s'effectue par au moins une tubulure (48) qui débouche directement dans le bas d'un espace annulaire (32) formé entre l'enveloppe extérieure (10) et une enveloppe intérieure (26) entourant des tubes en U inversé (24), du côté des branches froides de ces tubes. Une collierette perforée (56) placée dans l'espace annulaire (32), au-dessus de la tubulure (48), crée une perte de charge ou une limitation de débit qui empêche la remontée d'eau alimentaire et contrôle la répartition circonférentielle de l'eau de recirculation qui descend des séparateurs (28).

FIG. 1



L'invention concerne un générateur de vapeur conçu pour être utilisé dans un réacteur nucléaire à eau pressurisée et dans lequel sont prévus des moyens pour assurer une répartition contrôlée de l'eau alimentaire injectée dans le bas du générateur de vapeur et de l'eau de recirculation provenant de la condensation de la vapeur d'eau secondaire, dans la partie supérieure du générateur.

Comme l'illustre notamment le document FR-A-2 477 265, un générateur de vapeur équipant une centrale nucléaire comprend habituellement une enveloppe extérieure, d'axe vertical, dont l'espace intérieur est divisé en deux parties, dans le sens de la hauteur, par une plaque horizontale appelée "plaqué à tubes" (en anglais "tube sheet"). Les extrémités des tubes d'un faisceau de tubes en U inversé sont fixées sur la plaque à tubes et débouchent en dessous de celle-ci respectivement dans un collecteur d'admission et dans un collecteur d'évacuation de l'eau circulant dans le circuit primaire du réacteur, appelée "eau primaire". L'eau circulant dans le circuit secondaire du réacteur, appelée "eau secondaire" ou "eau alimentaire" est injectée dans la partie du générateur de vapeur située au-dessus de la plaque à tubes.

Dans le générateur de vapeur décrit plus précisément dans le document FR-A-2 477 265, l'injection de l'eau alimentaire est assurée par un collecteur d'alimentation principale de forme semi-torique, situé au-dessus d'un espace annulaire de recirculation formé entre l'enveloppe extérieure et une enveloppe intérieure coiffant le faisceau de tubes et dont le bord inférieur est espacé de la plaque à tubes.

L'eau alimentaire introduite dans le générateur de vapeur par le collecteur d'alimentation principal descend dans cet espace annulaire, puis remonte entre les tubes du faisceau à l'intérieur de l'enveloppe intérieure. La chaleur prélevée à l'eau primaire circulant à l'intérieur des tubes a alors pour effet de vaporiser l'eau alimentaire lorsqu'elle parvient dans la région supérieure de l'enveloppe intérieure. La vapeur ainsi formée traverse alors des séparateurs et des sécheurs qui abaissent le taux d'humidité de la vapeur avant que celle-ci ne s'échappe vers les turbines du circuit secondaire servant à entraîner les générateurs électriques de la centrale.

L'eau de condensation retenue dans les séparateurs, généralement appelée "eau de recirculation", redescend par gravité dans l'espace annulaire de recirculation, afin d'effectuer un nouveau passage dans l'enveloppe intérieure du générateur.

La localisation du collecteur d'alimentation principal du générateur de vapeur au-dessus de l'espace annulaire de recirculation conduit, comme l'illustre le document FR-A-2 477 265, à équiper ce collecteur de tubes en forme de J inversé, pour éviter des sautes de pression et des coups de bâlier qui pourraient se produire lors du redémarrage des pompes du circuit secondaire, par suite d'un dénoyage du collecteur

d'alimentation. Cependant, cette technique a pour inconvénient de compliquer la fabrication du générateur de vapeur et, par conséquent, d'allonger la durée et le coût de cette fabrication.

Par ailleurs et comme l'illustrent notamment les documents US-A-3 804 069, 3 896 770 et 3 916 843, on a aussi envisagé d'assurer l'alimentation en eau alimentaire d'un générateur de vapeur en raccordant directement une tubulure d'admission de l'eau alimentaire sur une partie basse de l'enveloppe intérieure, de façon à faire pénétrer l'eau alimentaire directement à la base des branches froides des tubes du faisceau. Des déflecteurs placés en face de la tubulure d'admission et autour des branches froides forment alors un dispositif de préchauffage de l'eau alimentaire circulant entre les tubes.

Si la solution décrite dans ces derniers documents évite les inconvénients posés par l'implantation du collecteur d'alimentation principal en partie haute, elle a pour inconvénient de soumettre les parties basses des branches froides des tubes à des écoulements transverses importants et de ne pas permettre une répartition contrôlée du débit de l'eau alimentaire sur la section du générateur de vapeur.

De plus, si des corps migrants tels que des objets (baguettes de soudure, vis, boulons, etc.) introduits par inadvertance dans le circuit secondaire lors de leur fabrication pénètrent dans le générateur de vapeur par la tubulure d'admission de l'eau alimentaire, ils peuvent rester coincer entre les tubes du faisceau et donc endommager ces tubes.

En outre, les générateurs de vapeur existants dans lesquels l'introduction de l'eau alimentaire s'effectue dans le bas de la partie secondaire ne permettent pas d'effectuer une répartition contrôlée de la distribution d'eau alimentaire et d'eau de recirculation sur la périphérie du générateur de vapeur, alors que cette répartition contrôlée serait souhaitable pour concilier au mieux certains impératifs contradictoires parmi lesquels on citera principalement :

- l'obtention d'un rendement maximal du générateur de vapeur en fonctionnement normal ;
- la nécessité d'assurer un fonctionnement satisfaisant du générateur de vapeur lors d'un incident nécessitant l'utilisation d'un collecteur d'alimentation de secours, généralement placé au-dessus de l'espace annulaire de recirculation ; et
- la limitation à des valeurs aussi faibles que possible des contraintes thermiques subies notamment par l'enveloppe extérieure et la plaque à tubes du générateur de vapeur.

L'invention a précisément pour objet un générateur de vapeur dont la conception originale voit le collecteur d'alimentation principal localisé dans le bas de la partie secondaire, tout en assurant une répartition contrôlée de la distribution d'eau alimentaire et d'eau de recirculation sur la périphérie de la partie secon-

daire du générateur et en permettant un piégeage éventuel des corps migrants issus du circuit d'eau alimentaire, susceptibles de pénétrer dans le faisceau de tubes et d'endommager ces derniers.

Conformément à l'invention, ce résultat est obtenu au moyen d'un générateur de vapeur comportant :

- une enveloppe extérieure, d'axe vertical ;
- une plaque tubulaire horizontale fixée de façon étanche à l'intérieur de l'enveloppe extérieure ;
- un faisceau de tubes en U inversé comprenant des branches chaudes et des branches froides et ayant chacun deux extrémités fixées sur la plaque à tubes et débouchant en dessous de cette dernière, respectivement dans un collecteur d'admission et dans un collecteur d'évacuation de fluide primaire ;
- une enveloppe intérieure coiffant le faisceau de tubes, dont un bord inférieur est espacé de la plaque à tubes, et formant avec l'enveloppe extérieure un espace annulaire de recirculation ;
- des moyens d'alimentation en eau secondaire ; et
- des moyens de séparation d'eau de recirculation apte à redescendre par ledit espace et de vapeur secondaire apte à être extraite du générateur de vapeur, ces moyens de séparation étant situés au-dessus de l'enveloppe intérieure ;

caractérisé par le fait que les moyens d'alimentation en eau secondaire comprennent au moins une tubulure d'alimentation débouchant directement dans l'espace annulaire de recirculation, au moins une colerette perforée étant placée dans l'espace annulaire de recirculation, à un niveau supérieur à celui de la tubulure d'alimentation, de façon à s'opposer à une remontée d'eau secondaire dans ledit espace et à assurer une répartition circonférentielle contrôlée de l'eau de recirculation descendant dans cet espace.

La colerette perforée qui est placée dans l'espace annulaire de recirculation au-dessus de la tubulure d'alimentation engendre une limitation de débit ou une perte de charge suffisamment élevée pour imposer à l'eau alimentaire qui pénètre dans l'espace annulaire un mouvement descendant et pour contrôler la proportion d'eau de recirculation qui pénètre dans cet espace, notamment dans la région située au-dessus de la tubulure d'alimentation.

De préférence, afin d'éviter que des corps migrants issus du circuit secondaire et pénétrant dans le générateur de vapeur par la tubulure d'alimentation ne parviennent jusqu'au tube du faisceau, des premiers moyens de piégeage de corps migrants sont placés dans l'espace annulaire de recirculation, à un niveau inférieur à celui de la tubulure d'alimentation.

Dans le même esprit, lorsqu'un collecteur d'alimentation de secours est placé au-dessus de l'espace annulaire de recirculation, des deuxièmes moyens

de piégeage de corps migrants sont placés dans l'espace annulaire de recirculation, en dessous de ce collecteur d'alimentation de secours.

5 Afin de contribuer à l'orientation vers le bas de l'eau alimentaire qui pénètre dans le générateur de vapeur par la tubulure d'alimentation, un déflecteur est avantageusement placé à l'intérieur de l'espace annulaire de recirculation, dans le prolongement de cette tubulure d'alimentation.

10 L'invention peut s'appliquer indifféremment à des générateurs de vapeur à économiseur ou à des générateurs de vapeur de type bouilleur.

Dans le cas d'un générateur de vapeur à économiseur comprenant une jupe intermédiaire doublant au moins en partie l'enveloppe intérieure autour des branches froides des tubes, de façon à délimiter avec l'enveloppe intérieure une zone de surchauffe appartenant à l'espace annulaire de recirculation, la tubulure d'alimentation débouche directement dans cette zone de surchauffe et la colerette perforée est également placée dans cette zone de surchauffe.

15 Dans le cas d'un générateur de vapeur à économiseur dépourvu de jupe intermédiaire et dans lequel l'espace annulaire de recirculation est séparé en une première région entourant les branches froides des tubes et une deuxième région entourant les branches chaudes des tubes par des cloisons verticales, la tubulure d'alimentation débouche dans la première région et la colerette perforée est placée au-dessus de cette première région.

20 Enfin, dans le cas d'un générateur de vapeur de type bouilleur ne comportant aucune séparation entre les branches chaudes et froides des tubes, la tubulure d'alimentation débouche dans l'espace annulaire de recirculation, du côté des branches froides des tubes, la colerette perforée s'étendant sur toute la circonférence de cet espace annulaire. Une colerette de distribution présentant des perforations de section variable 25 s'étend alors sur toute la circonférence de l'espace annulaire, à un niveau inférieur à celui de la tubulure d'alimentation.

25 De façon optionnelle, la colerette perforée peut également assurer la fonction de piégeage des corps migrants introduits dans le générateur de vapeur par le collecteur d'alimentation de secours. Cette colerette présente alors des perforations ayant un diamètre maximal inférieur à une distance minimale entre les tubes des faisceaux.

30 De façon comparable, la colerette de distribution utilisée dans le cas d'un générateur de vapeur de type bouilleur peut aussi assurer de façon optionnelle la fonction de piégeage des corps migrants. Les perforations de cette colerette de distribution ont alors un diamètre maximal inférieur à la distance minimale entre les tubes du faisceau.

35 On décrira à présent, à titre d'exemples non limitatifs, différents modes de réalisation de l'invention, en se référant aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe verticale illustrant schématiquement un générateur de vapeur à économiseur et à jupe intermédiaire réalisé conformément l'invention ;
- la figure 2 est une vue en coupe selon la ligne II-II de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue en coupe verticale comparable à la figure 1, illustrant un générateur de vapeur à économiseur dépourvu de jupe intermédiaire et réalisé conformément à l'invention ;
- la figure 4 est une vue en coupe selon la ligne IV-IV de la figure 3 ;
- la figure 5 est une vue en coupe verticale comparable aux figures 1 et 3, représentant schématiquement un générateur de vapeur de type bouilleur réalisé conformément à l'invention ; et
- la figure 6 est une ligne en coupe selon la ligne VI-VI de la figure 5.

Sur la figure 1, la référence 10 désigne l'enveloppe extérieure de révolution, d'axe vertical, d'un générateur de vapeur prévu pour assurer le transfert de chaleur entre le circuit d'eau primaire et le circuit secondaire eau-vapeur d'un réacteur nucléaire à eau pressurisée. De façon plus précise, le générateur de vapeur illustré schématiquement sur la figure 1 est un générateur de vapeur à économiseur et à jupe intermédiaire.

L'enveloppe extérieure 10 délimite un espace intérieur clos qui est séparé en une zone inférieure primaire et une zone supérieure secondaire par une plaque à tubes horizontale 12 raccordée de façon étanche sur l'enveloppe extérieure 10.

Une cloison verticale 14 divise la zone inférieure primaire, habituellement appelée "boîte à eau", en un collecteur d'admission 16 et un collecteur d'évacuation 18 de l'eau circulant dans le circuit primaire du réacteur. Des tubulures 20 et 22 font partie de la boîte à eau et raccordent respectivement les collecteurs 16 et 18 à ce circuit primaire.

Un faisceau de tubes en U inversé 24 est raccordé de façon étanche sur la plaque à tubes 12, dans la zone supérieure secondaire délimitée par cette dernière. Plus précisément, chacun des tubes comprend une branche verticale chaude dont l'extrémité inférieure débouche dans le collecteur d'admission 16 et une branche verticale froide dont l'extrémité inférieure débouche dans le collecteur d'évacuation 18.

Le faisceau de tubes 24 est entouré et coiffé par une enveloppe intérieure 26 disposée coaxialement dans l'enveloppe extérieure 10. La partie supérieure de cette enveloppe intérieure 26 communique avec des séparateurs eau-vapeur 28, qui débouchent à leurs extrémités supérieures dans des sécheurs (non représentés) raccordés sur une tubulure d'évacuation de vapeur (non représentée) située au sommet de l'enveloppe extérieure 10. Le bord inférieur de l'enve-

loppe intérieure 26 est placé à une distance déterminée au-dessus de la plaque à tubes 12, de façon à former un passage entre un espace annulaire de recirculation 32 délimité entre les enveloppes 10 et 26 et l'espace 27 intérieur à l'enveloppe intérieure 26.

Des plaques entretoises horizontales 34, régulièrement espacées sur toute la hauteur du faisceau de tubes 24, assurent le maintien de ces tubes à l'intérieur de l'enveloppe intérieure 26.

Dans le générateur de vapeur à économiseur et à jupe intermédiaire illustré sur les figures 1 à 2, une cloison verticale 36 s'élève dans le faisceau de tubes, à partir de la plaque à tubes 12, entre les branches chaudes et froides des tubes 24, de façon à séparer physiquement ces deux branches sur toute la partie inférieure de l'espace 27 délimité dans l'enveloppe intérieure 26.

De part et d'autre de cette cloison verticale 36 et en dessous des plaques entretoises 34 est placée une plaque de distribution 38 présentant une perméabilité différente du côté des branches chaudes et du côté des branches froides, de façon à assurer un balayage efficace de la plaque à tubes 12 et une répartition aussi homogène que possible de l'eau alimentaire, mélée à l'eau de recirculation, qui remonte à l'intérieur de l'enveloppe intérieure 26.

Le générateur de vapeur des figures 1 et 2 comprend de plus une jupe intermédiaire 40 qui encercle au moins en partie l'enveloppe intérieure 26, du côté des branches froides des tubes 24, comme l'illustre la figure 2. Les deux extrémités circonférentielles de cette jupe 40 sont reliées à l'enveloppe intérieure 26 par deux cloisons d'extrémité 42 (figure 2), de façon à former dans l'espace annulaire de recirculation 32 une zone de surchauffe 44, délimitée entre l'enveloppe intérieure 26, la jupe 40 et les cloisons 42.

La jupe intermédiaire 40 est raccordée à son extrémité inférieure sur la plaque à tubes 12 et comporte de préférence, à proximité de cette plaque, des ouvertures 45, comme l'illustre schématiquement la figure 1. On voit également sur cette figure, que la jupe 40 peut supporter immédiatement au-dessus des ouvertures 45 un déflecteur horizontal 46 permettant au courant d'eau alimentaire descendant à l'intérieur de la zone de surchauffe 44 d'être dévié vers la partie centrale du générateur de vapeur, lorsqu'il arrive à proximité de la plaque à tubes 12.

La jupe intermédiaire 40 s'élève dans l'espace annulaire de recirculation 32 jusqu'à un niveau suffisant au-dessus de la plaque à tubes 12, comme l'illustre la figure 1.

Dans le mode de réalisation illustré sur les figures 1 et 2, l'entrée de l'eau alimentaire dans le générateur de vapeur s'effectue, du côté des branches froides du faisceau de tubes 24, par au moins une tubulure d'alimentation 48 raccordée sur l'enveloppe extérieure 10 du générateur de vapeur et prolongée par une man-

chette thermique 50 raccordée directement sur la jupe intermédiaire 40. Ainsi, la tubulure d'alimentation 48 débouche directement dans la zone de surchauffe 44.

Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 1, le générateur de vapeur comprend également un collecteur d'alimentation de secours 52, de forme torique, placé autour de l'enveloppe intérieure 26, dans la partie haute de l'espace annulaire de recirculation 32. Ce collecteur de secours 52 peut être alimenté, en cas d'incident dans le circuit secondaire, par une tubulure d'alimentation (non représentée) qui traverse de façon étanche l'enveloppe extérieure 10. Il débouche à l'intérieur du générateur de vapeur par des perforations formées sur sa génératrice supérieure.

Conformément à l'invention, une collerette perforée 56 est placée dans la zone de surchauffe 44, à proximité du bord supérieur de la jupe intermédiaire 40, c'est-à-dire à un niveau sensiblement supérieur à celui de la tubulure d'alimentation 48. Dans le mode de réalisation représenté, la collerette perforée 56 est une collerette plate et horizontale qui s'étend sur toute la section de la zone de surchauffe 44. En variante, cette collerette peut prendre une forme et une orientation quelconques, telles qu'une forme curviligne et/ou une orientation inclinée.

La collerette perforée 56 présente des perforations 57 (figure 2) dont la forme, le nombre et la répartition permettent de contrôler la répartition de la distribution de l'eau alimentaire et de l'eau de recirculation dans la partie secondaire du générateur de vapeur.

Ainsi, dans le cas d'un générateur de vapeur à économiseur tel qu'illustré sur les figures 1 à 3, on peut donner à la collerette perforée 56 des caractéristiques permettant de contenir dans l'espace 44 la totalité de l'eau alimentaire du côté des branches froides du faisceau de tubes 24, ce qui assure l'obtention d'un rendement maximal pour le générateur de vapeur. Ce résultat est obtenu en donnant à la limitation de débit ou à la perte de charge induite par la collerette perforée 56 une valeur suffisante pour empêcher pratiquement que l'eau alimentaire introduite dans la zone de surchauffe 44 ne puisse remonter au-delà du bord supérieur de la jupe intermédiaire 40.

Par ailleurs, cette limitation de débit ou cette perte de charge a également pour conséquence de faire redescendre préférentiellement l'eau recirculée dans la partie de l'espace annulaire de recirculation 32 extérieure à la zone de surchauffe 44 plutôt que dans cette zone de surchauffe. Cela favorise, en combinaison avec les ouvertures 45 ménagées dans le bas de la jupe 40, l'écoulement de l'eau de recirculation plus chaude le long de l'enveloppe extérieure 10 et de la plaque à tubes 12, ce qui améliore l'équilibre thermique de l'enveloppe extérieure et de la plaque à tubes. Concrètement et uniquement à titre d'exemple, la limitation de débit ou la perte de charge induite par la

collerette perforée 56 peut conduire à ne laisser passer dans la zone de surchauffe 44 qu'environ 10 % de l'eau de recirculation.

Enfin, ces mêmes caractéristiques ne sont pas contradictoires avec la nécessité d'assurer une circulation vers le bas de l'eau alimentaire du côté des branches froides des tubes 24 lorsqu'un incident conduit à introduire l'eau alimentaire dans le générateur de vapeur par le collecteur d'alimentation de secours 52.

Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 1, le générateur de vapeur comprend également un premier dispositif 58 de piégeage des corps migrants, placé dans la zone de surchauffe 44, à un niveau inférieur à celui de la tubulure d'alimentation 48. Ce dispositif 58 a essentiellement pour fonction d'empêcher que des corps migrants risquant de se bloquer entre les tubes 24 du faisceau ne pénètrent jusqu'à ces tubes. A l'inverse de la collerette perforée 56, il est conçu de façon à entraîner une limitation de débit ou une perte de charge aussi faible que possible, afin de ne pas réduire le rendement de l'appareil. A cet effet, ce dispositif peut notamment se présenter sous la forme d'une grille ou d'un système équivalent, ménageant un très grand nombre de passages dont les dimensions sont inférieures à la distance minimale séparant les tubes 24.

De façon comparable, un deuxième dispositif de piégeage de corps migrants 60, comparable à ce dispositif 58, est placé dans le haut de l'espace annulaire de recirculation 32, en dessous du collecteur d'alimentation de secours 52, afin d'empêcher que des corps migrants introduits dans le générateur de vapeur par ce collecteur ne puissent venir se coincer entre les tubes 24 du faisceau. Les caractéristiques et la structure de ce dispositif 60 sont par ailleurs comparables à celles du dispositif 58. Au droit de ces dispositifs de piégeage des corps migrants 58 et 60, des ouvertures de visite peuvent être pratiquées dans l'enveloppe de pression 10 et dans la jupe 40 afin de prélever les éventuels objets migrants piégés.

Dans le générateur de vapeur qui vient d'être décrit en se référant aux figures 1 à 3, l'eau alimentaire qui pénètre dans la zone de surchauffe 44 par la tubulure d'alimentation 48 descend dans cette zone, notamment sous l'effet de la limitation de débit ou de la perte de charge induite par la collerette perforée 56, comme l'illustrent les flèches sur la figure 1. L'eau alimentaire remonte ensuite autour des tubes 24, à l'intérieur de l'enveloppe intérieure 26, en se mélançant à l'eau de recirculation qui descend en majorité dans les régions de l'espace annulaire 32 distinctes de la zone de surchauffe 44, là encore sous l'effet de la limitation de débit ou de la perte de charge induite par la collerette perforée 56.

Il est à noter que la perméabilité de la collerette perforée 56 peut varier circonférentiellement, de façon à permettre un contrôle local précis des écoule-

ments.

Sur les figures 3 et 4, on a représenté un générateur de vapeur à économiseur, dépourvu de jupe intermédiaire. Ce générateur de vapeur présente de nombreuses caractéristiques identiques au précédent, de sorte que seules les caractéristiques qui en diffèrent vont à présent être décrites.

Tout d'abord et comme l'illustre la figure 4, la cloison verticale 36 qui sépare les branches chaudes et froides des tubes 24 du faisceau au-dessus de la plaque à tubes 12 est prolongée dans l'espace intermédiaire de recirculation 32, par deux cloisons verticales complémentaires 62.

Par ailleurs, en raison de la disparition de la jupe intermédiaire, la ou les tubulures d'alimentation 48 débouchent directement dans l'espace annulaire de recirculation 32, du côté des branches froides des tubes 24.

Dans ce cas, la collerette perforée 56 est placée directement dans l'espace annulaire de recirculation 32, à un niveau sensiblement supérieur à celui de la tubulure d'alimentation 48. La collerette perforée 56 s'étend sur toute la largeur de l'espace 32 et sur la moitié de la circonférence de cet espace située du côté des branches froides des tubes 24, comme le montre la figure 3, jusqu'aux cloisons verticales 62, qui s'élèvent à cet effet sur une hauteur supérieure à celle de la cloison verticale 36 séparant les branches chaudes et froides des tubes.

Comme précédemment, la collerette perforée 56 induit une limitation de débit ou une perte de charge suffisante pour éviter que l'eau alimentaire introduite par la tubulure d'alimentation 48 ne remonte au-dessus des bords supérieurs des cloisons 62.

Dans ce cas, la perte de charge ou limitation de débit peut cependant être légèrement inférieure au cas précédent, afin que le balayage de l'enceinte extérieure 10 par l'eau de recirculation soit suffisant du côté des branches froides pour éviter que des contraintes thermiques trop importantes ne soient engendrées entre ce côté et le côté opposé du générateur de vapeur.

Comme dans le premier mode de réalisation, un dispositif de piégeage des corps migrants 58 est placé à un niveau inférieur à celui de la tubulure d'alimentation 48, dans la partie de l'espace annulaire de recirculation 32 entourant les branches froides des tubes 24, entre les cloisons 62.

Un deuxième dispositif de piégeage des corps migrants 60 est également placé dans le haut de l'espace annulaire de recirculation 32, sur toute la périphérie de cet espace, juste en dessous du collecteur d'alimentation de secours 52.

Les caractéristiques et les structures des dispositifs de piégeage des corps migrants 58 et 60 sont identiques à celles qui ont été décrites dans le premier mode de réalisation.

Enfin, on décrira à présent en se référant aux fi-

gures 5 et 6 un générateur de vapeur de type bouilleur réalisé conformément à l'invention. Ce générateur de vapeur se distingue essentiellement de celui qui vient 5 d'être décrit en se référant aux figures 3 et 4 par le fait qu'il ne comporte aucune des cloisons 36 et 62.

Le générateur de vapeur de type bouilleur illustré sur les figures 5 et 6 présente pour l'essentiel des caractéristiques similaires à celles des générateurs de vapeur décrits précédemment, de sorte que seules 10 les caractéristiques qui distinguent ce générateur des précédents vont à présent être décrites.

Comme dans le mode de réalisation des figures 3 et 4, la tubulure d'alimentation 48 débouche directement dans l'espace annulaire de recirculation 32. Cependant, on a placé dans ce cas un déflecteur 64 dans le prolongement de cette tubulure 48, afin d'infléchir vers le bas dès son entrée dans l'espace 32 l'écoulement de l'eau alimentaire introduite par la tubulure 48.

Par ailleurs, étant donné que l'espace annulaire de recirculation 32 n'est pas séparé en deux parties semi-annulaires comme dans le cas des figures 3 et 4, la collerette perforée 56 qui est placée dans le haut 25 de l'espace annulaire de recirculation, à un niveau supérieur à celui de la tubulure d'alimentation 48, occupe toute la périphérie de cet espace.

Dans ce cas, la collerette perforée 56 a principalement pour fonction d'assurer la répartition souhaitée de l'eau recirculée qui s'écoule dans l'espace 32, entre les parties de cet espace entourant les branches froides des tubes 24 et les parties de cet espace entourant les branches chaudes. A cet effet, les perforations réalisées dans la collerette perforée 56 peuvent assurer une distribution préférentielle de l'eau de recirculation du côté des branches chaudes ou, au contraire, une distribution sensiblement uniforme de l'eau de recirculation sur toute la périphérie de l'espace annulaire 32.

Comme dans le mode de réalisation des figures 3 et 4, un premier dispositif de piégeage des corps migrants 58 est placé dans l'espace annulaire de recirculation 32, à un niveau inférieur à celui de la tubulure d'alimentation 48. Dans ce cas, ce dispositif 58 40 s'étend cependant sur toute la périphérie de l'espace 32.

En outre, ce dispositif de piégeage des corps migrants 58 se présente avantageusement sous la forme d'une collerette de distribution dont les perforations ont un diamètre maximal inférieur à la distance minimale entre les tubes 24 du faisceau. De plus, ces perforations présentent des sections variables sur toute la périphérie du dispositif 58, de façon à engendrer des limitations de débit ou des pertes de charge 50 variables permettant de contrôler la répartition des débits d'eau alimentation et d'eau de recirculation pénétrant à l'intérieur de l'enveloppe intérieure 26, à la base du faisceau de tubes.

Dans ce cas, la collerette perforée 56, qui est pla-

cée en dessous du collecteur d'alimentation de secours 52, peut également constituer un deuxième dispositif de piégeage des corps migrants éventuellement introduits par ce collecteur 52. Pour cela, les perforations qui sont réalisées dans la collerette 56 présentent un diamètre maximal inférieur à la distance maximale entre les tubes 24 du faisceau.

A titre d'illustration non limitative, l'effet combiné du déflecteur 64 et de la collerette de distribution formant le dispositif de piégeage des corps migrants 58 peut conduire à distribuer l'eau alimentaire introduite dans le générateur par la tubulure d'alimentation 48 selon une proportion d'environ 80 % du côté des branches froides des tubes 24 et d'environ 20 % du côté des branches chaudes.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation qui viennent d'être décrits à titre d'exemples, mais en couvre toutes les variantes. Ainsi, le déflecteur 64 décrit en se référant à la figure 6 peut être utilisé dans les autres modes de réalisation. Par ailleurs, le générateur de vapeur peut comprendre plusieurs tubulures d'alimentation 48 sans sortir du cadre de l'invention.

## Revendications

### 1. Générateur de vapeur comportant :

- une enveloppe extérieure (10), d'axe vertical ;
  - une plaque tubulaire horizontale (12) fixée de façon étanche à l'intérieur de l'enveloppe extérieure ;
  - un faisceau de tubes en U inversé (24) comprenant des branches chaudes et des branches froides et ayant chacun deux extrémités fixées sur la plaque à tubes et débouchant en dessous de cette dernière, respectivement dans un collecteur d'admission (16) et dans un collecteur d'évacuation (18) de fluide primaire ;
  - une enveloppe intérieure (26) coiffant le faisceau de tubes, dont un bord inférieur est espacé de la plaque à tubes, et formant avec l'enveloppe extérieure un espace annulaire de recirculation (32) ;
  - des moyens d'alimentation en eau secondaire ; et
  - des moyens (28,30) de séparation d'eau de recirculation apte à redescendre par ledit espace et de vapeur secondaire apte à être extraite du générateur de vapeur, ces moyens de séparation étant situés au-dessus de l'enveloppe intérieure ;
- caractérisé par le fait que les moyens d'alimentation en eau secondaire comprennent au moins une tubulure d'alimentation (48) débouchant directement dans l'espace annulaire de recircula-

tion, au moins une collerette perforée (56) étant placée dans l'espace annulaire de recirculation, à un niveau supérieur à celui de la tubulure d'alimentation, de façon à s'opposer à une remontée d'eau secondaire dans ledit espace et à assurer une répartition circonférentielle contrôlée de l'eau de recirculation descendant dans cet espace.

- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
6. Générateur de vapeur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que, une partie inférieure de l'espace annulaire de recirculation (32) étant séparée en une première région entourant les branches froides des tubes et une deuxième région entourant les branches chaudes des tubes par des cloisons verticales (62), la tubulure d'alimentation (48) débouche dans la première région et la collerette perforée (56) est placée au-dessus de cette première région.
7. Générateur de vapeur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait

que la tubulure d'alimentation (48) débouche dans l'espace annulaire de recirculation, du côté des branches froides des tubes, la colllerette perforée (56) s'étendant sur toute la circonférence de cet espace annulaire, et une colllerette de distribution (58) présentant des perforations de section variable s'étendant sur toute la circonférence de l'espace annulaire, à un niveau inférieur à celui de la tubulure d'alimentation. 5

8. Générateur de vapeur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la colllerette perforée (56) présente des perforations ayant un diamètre maximal inférieur à une distance minimale entre les tubes du faisceau. 15
9. Générateur de vapeur selon la revendication 7, caractérisé par le fait que les perforations de la colllerette de distribution (58) ont un diamètre maximal inférieur à une distance minimale entre les tubes du faisceau. 20

25

30

35

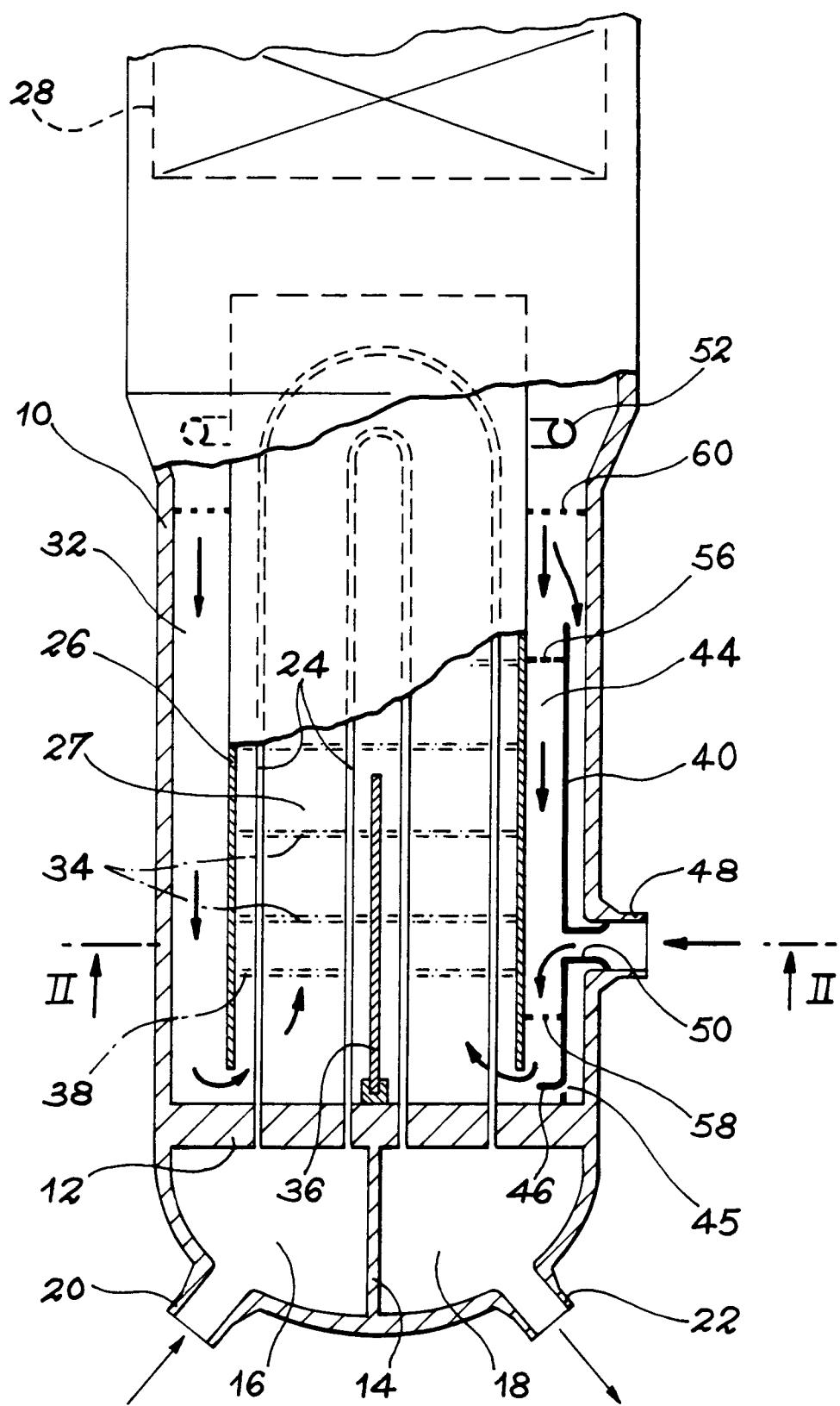
40

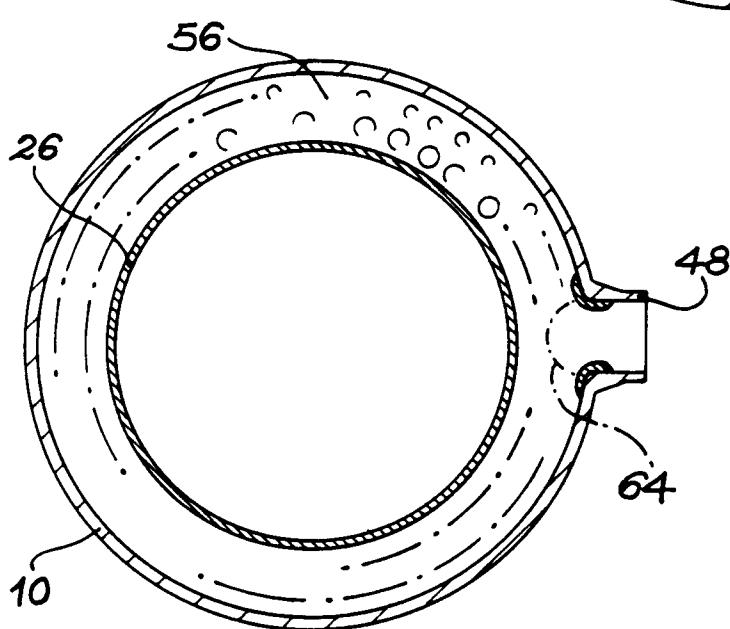
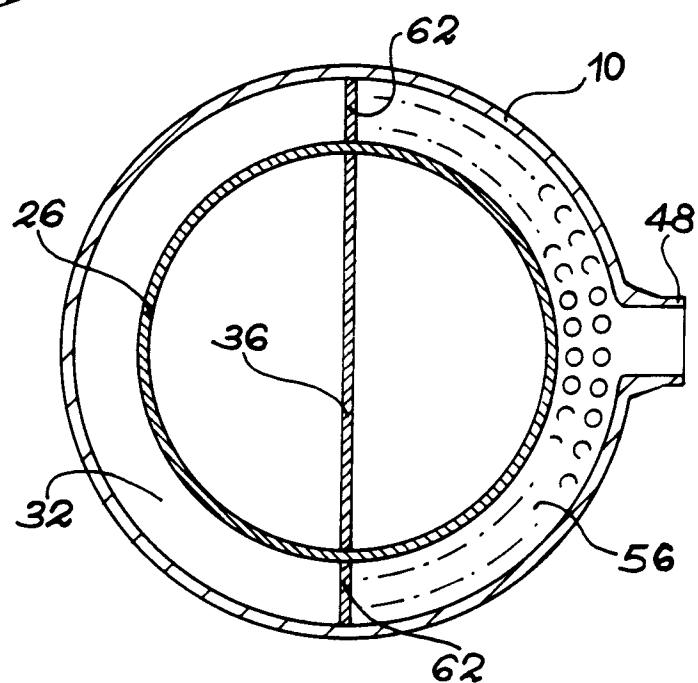
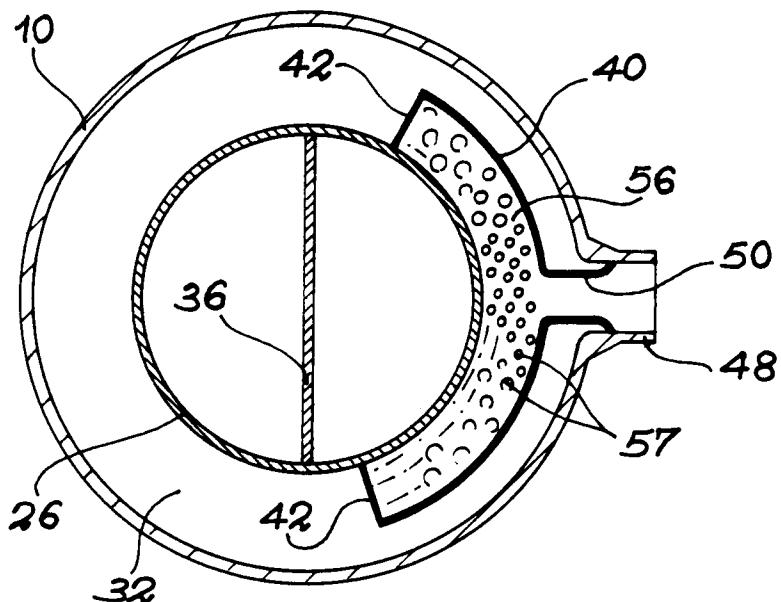
45

50

55

FIG. 1





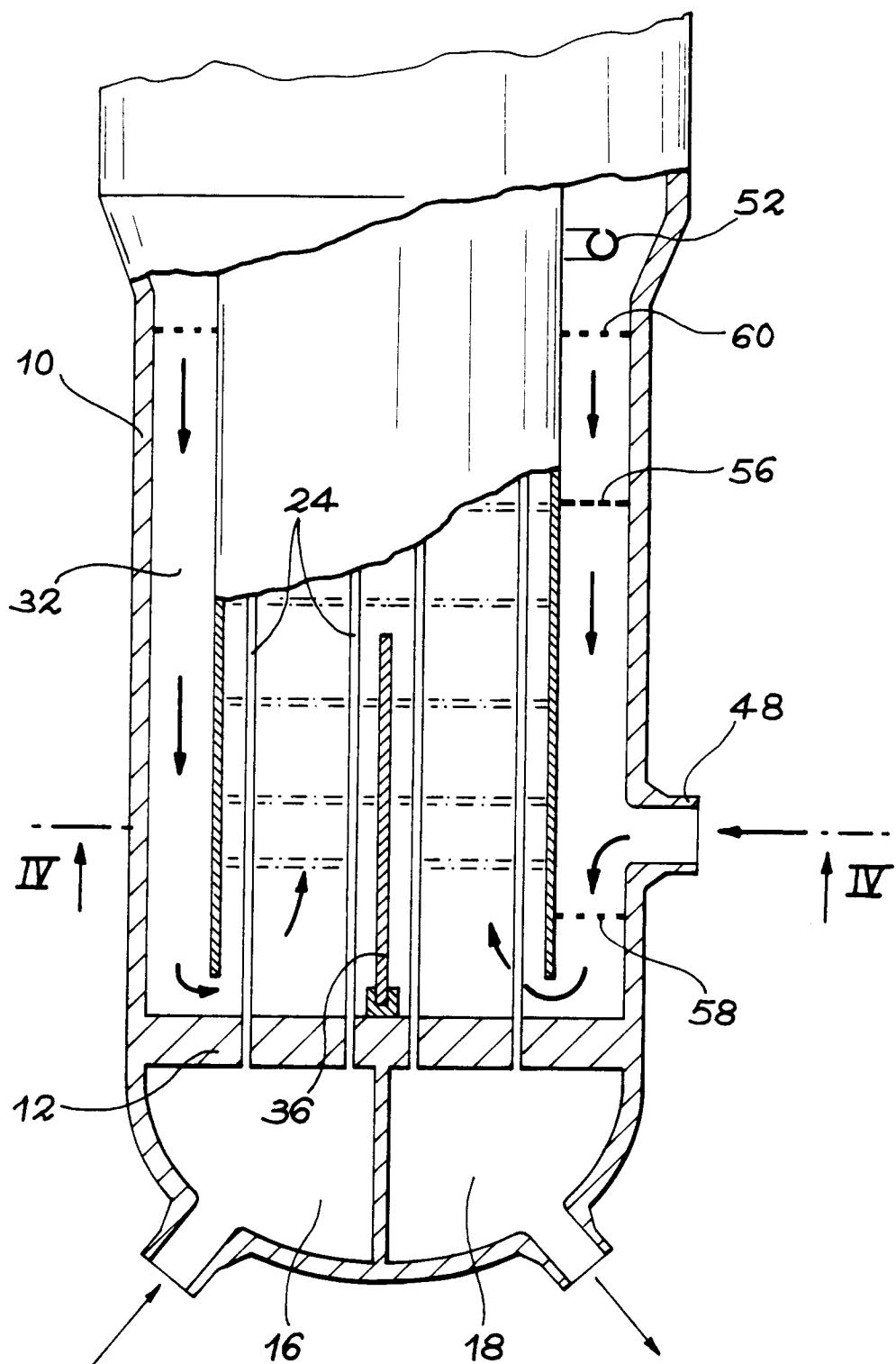


FIG. 3

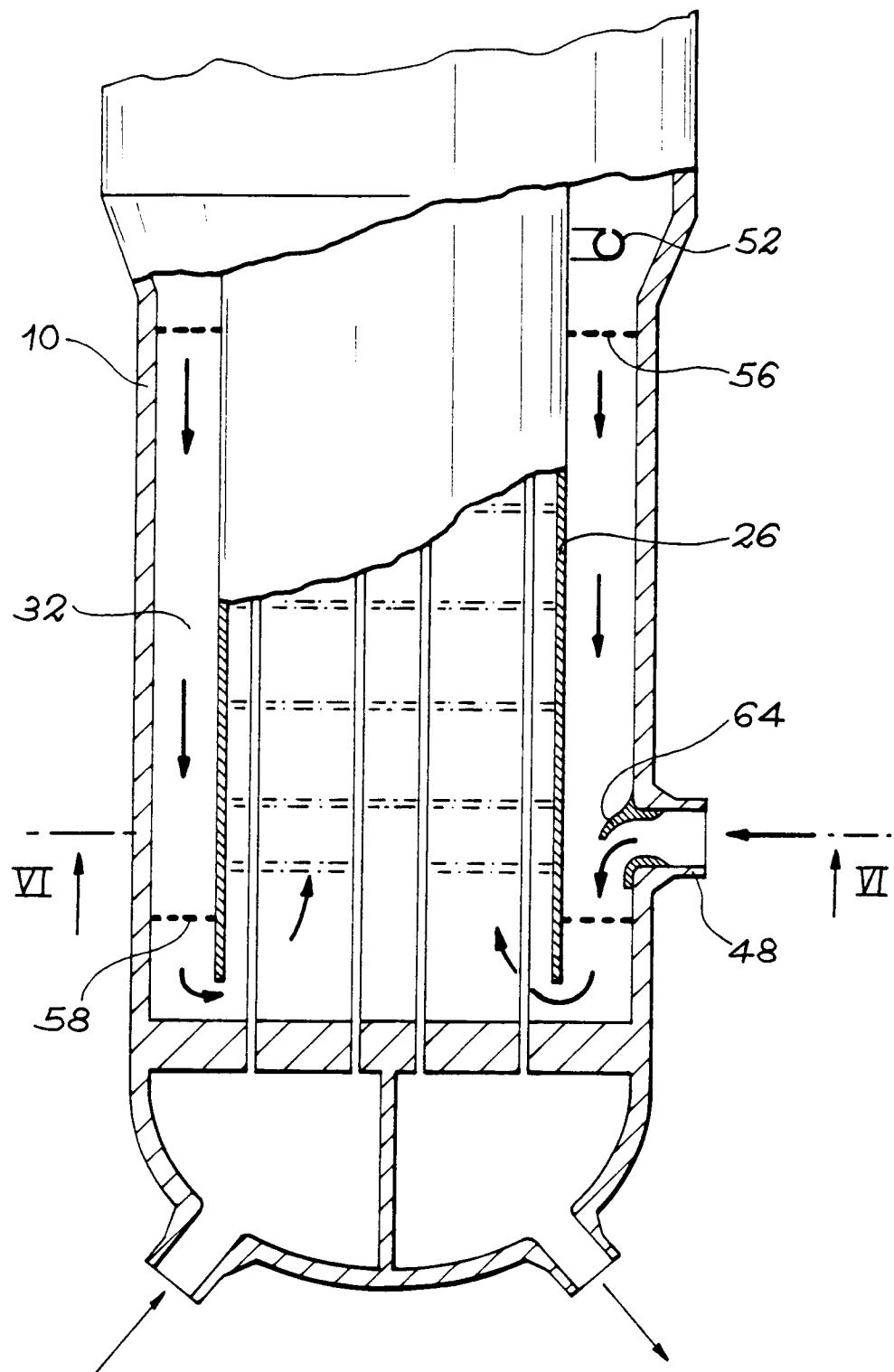


FIG. 5



Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 93 40 1075

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.5)
A	FR-A-2 244 129 (KRAFTWERK UNION) * page 3, ligne 24 - page 5, ligne 7; figures *	1	F22B1/02 F22B37/22
A	EP-A-0 183 049 (WESTINGHOUSE) ---		
A	GB-A-1 126 306 (WESTINGHOUSE) ---		
A	US-A-3 916 844 (CASSELL) -----		
DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)			
F22B			
<p>Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications</p>			
Lieu de la recherche <b>LA HAYE</b>	Date d'achèvement de la recherche <b>28 JUILLET 1993</b>	Examinateur <b>VAN GHEEL J.U.M.</b>	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		<p>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 ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>	
<p>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</p>			