

19



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

11 Numéro de publication:

**0 167 417**  
**A1**

12

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 85400849.7

51 Int. Cl.<sup>4</sup>: F 22 B 1/06

22 Date de dépôt: 30.04.85

30 Priorité: 04.05.84 FR 8406942

43 Date de publication de la demande:  
08.01.86 Bulletin 86/2

84 Etats contractants désignés:  
BE CH DE GB IT LI LU NL

71 Demandeur: NOVATOME  
La Boursidière R.N. 186  
F-92357 Le Plessis Robinson(FR)

72 Inventeur: Baudouin, André  
8 Grande Rue  
F-78160 Marly Le Roi(FR)

72 Inventeur: Traiteur, René  
19 rue des Capucines  
F-91130 Ris Orangis(FR)

74 Mandataire: Moncheny, Michel et al,  
c/o Cabinet Lavoix 2 Place d'Estienne d'Orves  
F-75441 Paris Cedex 09(FR)

54 **Perfectionnement aux générateurs de vapeur à corps central du type sodium-eau.**

57 L'invention a pour objet un perfectionnement aux générateurs de vapeur à corps central du type sodium-eau.

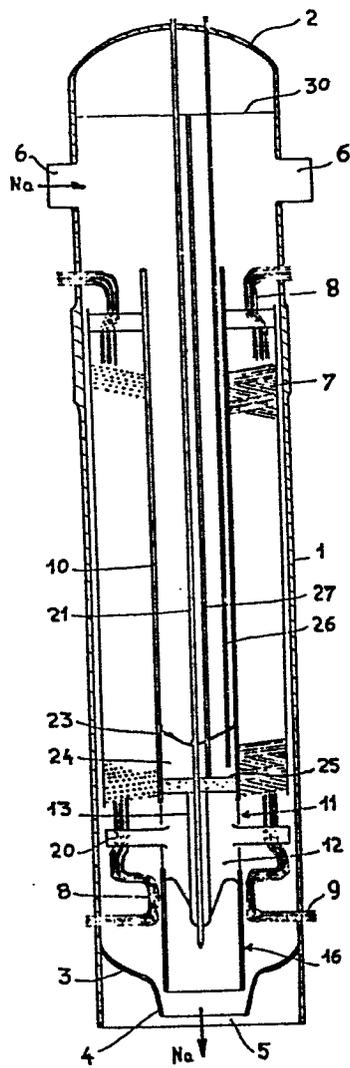
Suivant l'invention, le corps central (10) de générateur de vapeur rempli de sodium liquide dans sa partie supérieure et moyenne comporte à sa partie inférieure -d'une part un fond bombé (23) sous lequel est injecté un gaz inerte pour constituer une poche (24) qui contient un petit volume de gaz et définit une surface de séparation (25) gaz-liquide servant à la réflexion et à l'atténuation d'une onde de pression en cas de réaction sodium-eau, et -d'autre part une pièce en étoile (11) qui relie l'extrémité inférieure du corps central (10) à une pièce terminale (16) munie d'une partie tronconique (17) s'emboîtant avec un jeu annulaire dans la tubulure (5) pour la sortie du sodium liquide qui a traversé le faisceau tubulaire (7).

Application notamment aux centrales nucléaires.

EP 0 167 417 A1

/...

FIG:1



Perfectionnement aux générateurs de vapeur à corps central du type  
sodium-eau

La présente invention a pour objet un perfectionnement aux générateurs de vapeur du type sodium-eau utilisés notamment dans les centrales nucléaires.

Dans les centrales électriques, une chaudière apporte de la chaleur au fluide d'un circuit en boucle fermée, ce fluide échauffé circulant  
5 alors dans un générateur de vapeur afin de céder sa chaleur à de l'eau qui est transformée en vapeur, cette vapeur étant ensuite envoyée dans les turbines de la centrale.

Certaines centrales nucléaires, notamment du type à neutrons rapides, utilisent comme fluide servant au transport des calories depuis la  
10 chaudière vers le générateur de vapeur, du sodium liquide. Dans ce cas le générateur de vapeur est constitué d'un échangeur de chaleur dont le circuit primaire renferme du sodium liquide et dont le circuit secondaire renferme de l'eau transformée en vapeur.

Ces générateurs de vapeur comportent une enveloppe cylindrique à  
15 axe vertical fermée par des fonds bombés à l'intérieur de laquelle est disposé le faisceau tubulaire. Ce faisceau, lorsqu'il est constitué par des tubes enroulés en hélice, occupe une partie seulement de la section transversale du volume interne de l'enveloppe et ne s'étend que sur une partie de  
20 la hauteur de l'enveloppe. Au-dessus du faisceau, est ménagée une zone dans laquelle débouche au moins une conduite d'arrivée de sodium liquide échauffé, alors qu'à la partie inférieure du générateur de vapeur est prévue une conduite de sortie du sodium liquide refroidi.

Le sodium liquide circule, entre son entrée et sa sortie de l'enveloppe du générateur de vapeur, en contact avec la surface externe des tubes du faisceau tubulaire à l'intérieur desquels circule de l'eau qui se vaporise par échange de chaleur avec le sodium liquide.

La partie centrale du volume interne de l'enveloppe est occupée par un corps central cylindrique fermé à sa partie supérieure, coaxial à  
30 l'enveloppe du générateur de vapeur, depuis la partie inférieure dudit générateur jusqu'à la zone supérieure dans laquelle arrive le sodium liquide. Le faisceau tubulaire occupe la partie périphérique du volume interne de l'enveloppe, autour du corps central, sur toute la hauteur de celui-ci, à l'exception de sa partie inférieure dans laquelle des ouvertures permettent  
35 la sortie du sodium liquide après sa traversée du faisceau sans créer de

perturbation d'écoulement au niveau des lyres de sortie des tubes du faisceau.

L'alimentation en sodium et la circulation de celui-ci dans le générateur de vapeur sont réglées de façon que le niveau supérieur de ce sodium dans l'enveloppe du générateur se situe un peu au-dessus de l'arrivée de sodium, dans la partie supérieure de l'enveloppe. L'espace compris entre le niveau supérieur du sodium et le fond supérieur du générateur est rempli par un gaz neutre tel que l'argon.

Dans de tel générateurs de vapeur, des précautions doivent être prises pour éviter tout contact entre le sodium liquide du circuit primaire et l'eau du circuit secondaire. En effet, on sait que le mélange de sodium et d'eau à haute température provoque des réactions chimiques très violentes, avec dégagement de gaz et augmentation brutale de la pression régnant dans le sodium liquide. Ces réactions brutales accidentelles qui peuvent s'apparenter à une explosion à l'intérieur du générateur, peuvent provoquer la détérioration partielle de certains organes, mais aussi, du fait de la propagation de l'onde de pression dans les canalisations du circuit secondaire, l'endommagement des échangeurs intermédiaires, ou l'endommagement des pompes de circulation ou toute autre installation située sur ce circuit secondaire. Il est donc nécessaire de favoriser la propagation des ondes de pression vers un niveau libre du sodium liquide où ces ondes sont amorties.

Jusqu'à présent, en cas de réaction sodium-eau, l'onde de pression qui se dirige vers le haut reçoit un amortissement important sur la surface libre supérieure du sodium, par contre celle qui se dirige vers le bas ne rencontre pas une telle surface libre.

La présente invention vise à pallier principalement ces différents inconvénients tout en permettant la sortie du sodium liquide qui a traversé le faisceau tubulaire sans entraîner d'écoulements tourbillonnaires au niveau des lyres de sortie des tubes.

Suivant l'invention le corps central rempli de sodium liquide dans sa partie supérieure et moyenne comporte à sa partie inférieure - d'une part un fond bombé sous lequel est injecté un gaz inerte pour constituer une poche qui contient un petit volume de gaz et définit une surface de séparation gaz-liquide servant à la réflexion et à l'atténuation d'une onde de pression en cas de réaction sodium-eau, et - d'autre part une pièce en étoile qui relie l'extrémité inférieure du corps central à une pièce terminale munie d'une partie tronconique s'emboîtant avec un jeu annulaire dans une tubulure pour la sortie du sodium liquide qui a traversé le fais-

ceau tubulaire.

On décrira à présent, à titre d'exemple non limitatif, une forme de réalisation préférée de l'invention, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

5 La figure 1 représente une vue en coupe par un plan vertical de symétrie du générateur de vapeur.

La figure 2 représente une vue en coupe à plus grande échelle de la partie inférieure du générateur de vapeur.

10 La figure 3 représente une demi-vue en coupe selon AA de la figure 2.

Le générateur de vapeur comporte une enveloppe cylindrique 1 de grande longueur par rapport à son diamètre et disposée verticalement, remplie de sodium liquide en circulation constituant le circuit primaire. Cette enveloppe 1 est fermée par deux fonds bombés 2 et 3 à son extrémité  
15 supérieure et à son extrémité inférieure, respectivement.

Le fond inférieur 3 est muni d'un prolongement 4 légèrement conique pour former une tubulure 5 de sortie du sodium. Le sodium liquide arrivant au générateur de vapeur, est introduit dans la chambre d'entrée par des orifices 6 radiaux à l'enveloppe 1, puis circule de haut en bas à l'in-  
20 térieur de ladite enveloppe, et parvient à la zone de sortie située à la partie inférieure du générateur de vapeur d'où il est évacué par la tubulure 5.

A l'intérieur de l'enveloppe 1 est fixé un corps cylindrique creux 10, coaxialement à ladite enveloppe. Le générateur de vapeur comporte  
25 un circuit secondaire constitué par un faisceau tubulaire 7 enroulé en hélice dans l'espace annulaire existant entre le corps central 10 et l'enveloppe 1. Ce faisceau hélicoïdal se termine par des lyres de dilatation 8, chaque tube 9 traversant ensuite radialement l'enveloppe externe 1. L'eau est introduite par la partie inférieure des tubes 9 et ressort par la partie su-  
30 périeure sous forme de vapeur.

En se reportant plus particulièrement aux figures 2 et 3, on voit qu'une pièce en étoile 11 formée par huit ailettes radiales 12 portant un petit tube central 13 est soudée sur la partie inférieure du corps central 10 par l'intermédiaire d'une collerette supérieure 14. Cette pièce en étoi-  
35 le 11 comporte également une collerette inférieure 15 sur laquelle est soudée une pièce terminale 16 qui s'achève par une partie tronconique 17 s'emboîtant avec un jeu assez important dans la tubulure conique 5. Ce jeu permet un certain débit de sodium, environ 10 %, entre l'enveloppe 1 et la fin

du corps cylindrique de manière à balayer les lyres de dilatation 8, évitant tout sodium stagnant nuisible. Les ailettes 12 forment donc huit secteurs 18 qui, au niveau de la fin du faisceau hélicoïdal 7 et du début des lyres 8, communiquent chacun par une ouverture 19 avec l'espace périphérique du générateur de vapeur disposé autour du corps central 10. La pièce en étoile 11 réalisée par exemple en fonderie comporte également au milieu de chaque ailette 12, un bras 20 destiné à centrer le corps central 10 par rapport à l'enveloppe extérieure et maintenir ce corps en cas de sollicitations radiales par exemple lors de séisme ; il y a donc autant de bras que d'ailettes. Une sonde de niveau 21 maintenue par le petit tube central 13 est montée dans l'axe du corps cylindrique 10.

Légèrement au-dessus de la collerette supérieure 14 de la pièce en étoile 11, le corps cylindrique 10 est fermé par un fond bombé 23 de manière à constituer une poche 24 contenant un petit volume de gaz inerte par exemple de l'argon et définissant une surface de séparation 25 gaz-liquide ; la partie supérieure du corps cylindrique 10 située au-dessus de ce fond bombé étant remplie de sodium liquide. La partie centrale du fond bombé 23 est traversée par la sonde de niveau 21. Un petit conduit 26 amène dans la poche 24 le volume de gaz nécessaire, et un tube 27 s'étend entre la surface de séparation 25 et le niveau libre 30 supérieur de sodium. Ce tube 27 permet de conserver un niveau de sodium constant dans la poche 24 remplie de gaz, tout surplus s'échappant vers le niveau libre supérieur 30 du générateur de vapeur. Le fond bombé 23 comporte également un tube 22 pour la vidange du corps central 10, notamment en cas de vidange rapide du générateur de vapeur.

Avant la mise en service du générateur de vapeur, l'enveloppe 1 de celui-ci est remplie de sodium liquide jusqu'au niveau 30. On envoie alors l'argon à l'intérieur de la poche 24 par le petit conduit 26. Le niveau de sodium dans la poche 24 s'établit au niveau de la partie inférieure du tube 27.

Si dans le générateur de vapeur tel que décrit précédemment une fuite se produit dans le faisceau tubulaire transportant l'eau, l'onde de pression consécutive à la réaction violente sodium-eau rencontre très rapidement un niveau libre sodium argon si bien qu'elle est considérablement amortie à l'intérieur même du générateur de vapeur. En effet, l'onde de pression, qui se dirige vers le haut, rencontre le niveau libre supérieur 30 où elle est considérablement amortie. Il en est de même pour l'onde de pression qui se dirige vers le bas, car elle rencontre très rapidement la

surface de séparation 25 gaz-liquide où elle est également amortie, du fait de l'élasticité de la poche de gaz 24, évitant ainsi que cette onde de pression ne se propage dans des proportions importantes par la canalisation de sortie du sodium, en direction des autres appareils situés dans ce circuit, 5 c'est-à-dire principalement les pompes de circulation et surtout les échangeurs intermédiaires.

D'autre part, en cas de fuite d'un tube du faisceau, la sonde de niveau permet, avec d'autres appareillages spécialisés, de détecter le niveau où se situe la fuite par abaissement successif du niveau de sodium du 10 générateur de vapeur.

On voit que le principal avantage du dispositif selon l'invention est de permettre un amortissement rapide des ondes de pression, après l'apparition de celles-ci, et quel que soit leur sens de propagation. Ce résultat est obtenu par une conception simple des dispositifs de réalisation 15 d'un niveau libre à la base du générateur de vapeur.

L'invention ne se limite pas au mode de réalisation qui vient d'être décrit, elle en comporte au contraire toutes les variantes et l'on peut modifier les points de détail sans pour autant sortir du cadre de l'invention. Il est possible par exemple d'appliquer les dispositions propres à 20 la présente invention à un générateur de vapeur dont les tubes du circuit secondaire seraient disposés autrement que hélicoïdalement.

REVENDEICATIONS

1.- Perfectionnement aux générateurs de vapeur du type sodium-eau notamment pour centrales nucléaires comprenant :

- une enveloppe cylindrique à axe vertical remplie de sodium liquide et fermée par deux fonds bombés à son extrémité supérieure et à son  
5 extrémité inférieure, ledit fond inférieur étant muni d'un prolongement légèrement conique pour former une tubulure de sortie du sodium,
- un corps central creux, ouvert à sa partie supérieure, disposé à l'intérieur et coaxialement à l'enveloppe cylindrique,
- 10 - et un circuit secondaire constitué par un faisceau tubulaire de circulation d'eau s'étendant dans l'espace annulaire entre le corps central et l'enveloppe cylindrique,  
caractérisé par le fait que le corps central (10) rempli de sodium liquide dans sa partie supérieure et moyenne comporte à sa partie inférieure -d'une  
15 part un fond bombé (23) sous lequel est injecté un gaz inerte pour constituer une poche (24) qui contient un petit volume de gaz et définit une surface de séparation (25) gaz-liquide servant à la réflexion et à l'atténuation d'une onde de pression en cas de réaction sodium-eau, et -d'autre part une pièce en étoile (11) qui relie l'extrémité inférieure du corps central  
20 (10) à une pièce terminale (16) munie d'une partie tronconique (17) s'emboîtant avec un jeu annulaire dans la tubulaire (5) pour la sortie du sodium liquide qui a traversé le faisceau tubulaire (7).

2.- Perfectionnement selon la revendication 1,  
caractérisé par le fait que la poche (24) contenant un petit volume de gaz  
25 comporte un petit conduit (26) d'alimentation en gaz et un tube vertical (27) reliant ladite poche à la partie supérieure du générateur de vapeur pour permettre d'évacuer le gaz en excès et maintenir le niveau gaz-sodium constant.

3.- Perfectionnement selon la revendication 1,  
30 caractérisé par le fait que la pièce en étoile (11), réalisée en fonderie, est formée par des ailettes radiales (12) portant un petit tube central (13) pour le maintien d'une sonde de niveau (21) et comporte une collerette supérieure (14) et une collerette inférieure (15) qui sont respectivement soudées sur le corps central (10) et sur la pièce terminale (16).

35 4.- Perfectionnement selon la revendication 3,  
caractérisé par le fait que les ailettes radiales (12) déterminent dans la pièce en étoile (11) des secteurs (18) communiquant chacun par une ouverture (19) avec l'espace annulaire compris entre le corps central (10) et l'en-

veloppe (1).

5.- Perfectionnement selon les revendications 3 et 4, caractérisé par le fait que chaque ailette radiale (12) se prolonge sur une partie de sa hauteur par des bras (20) sensiblement jusqu'à l'enveloppe (1) pour le centrage et le maintien radial du corps central (10) par rapport à l'enveloppe (1).

FIG:1

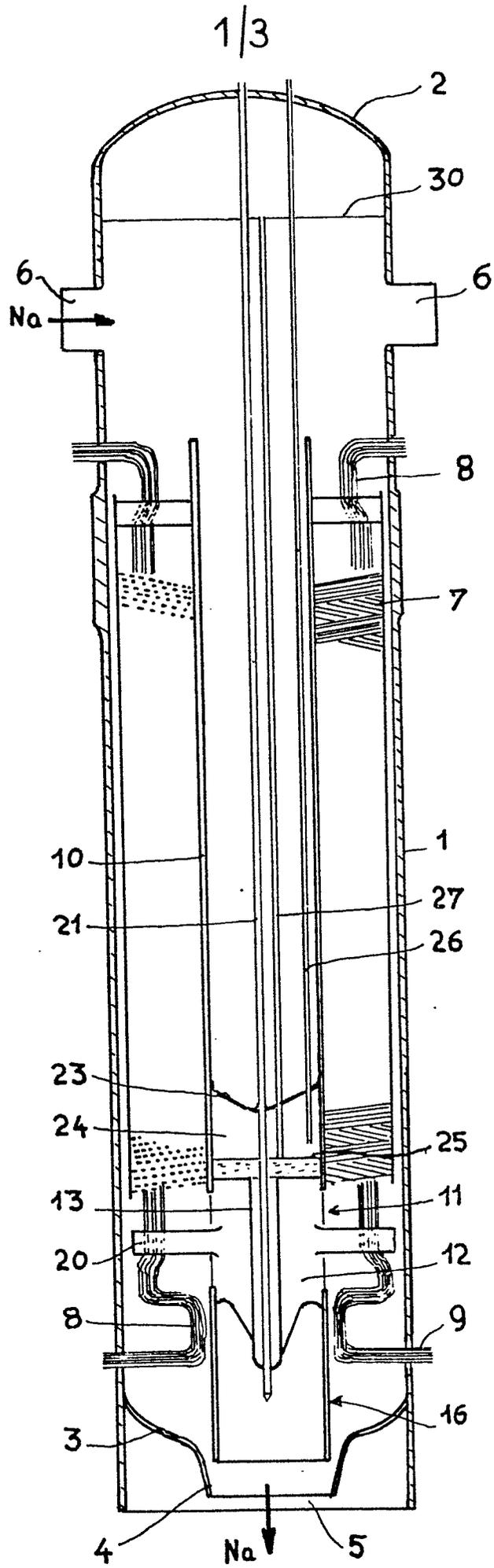


FIG:2

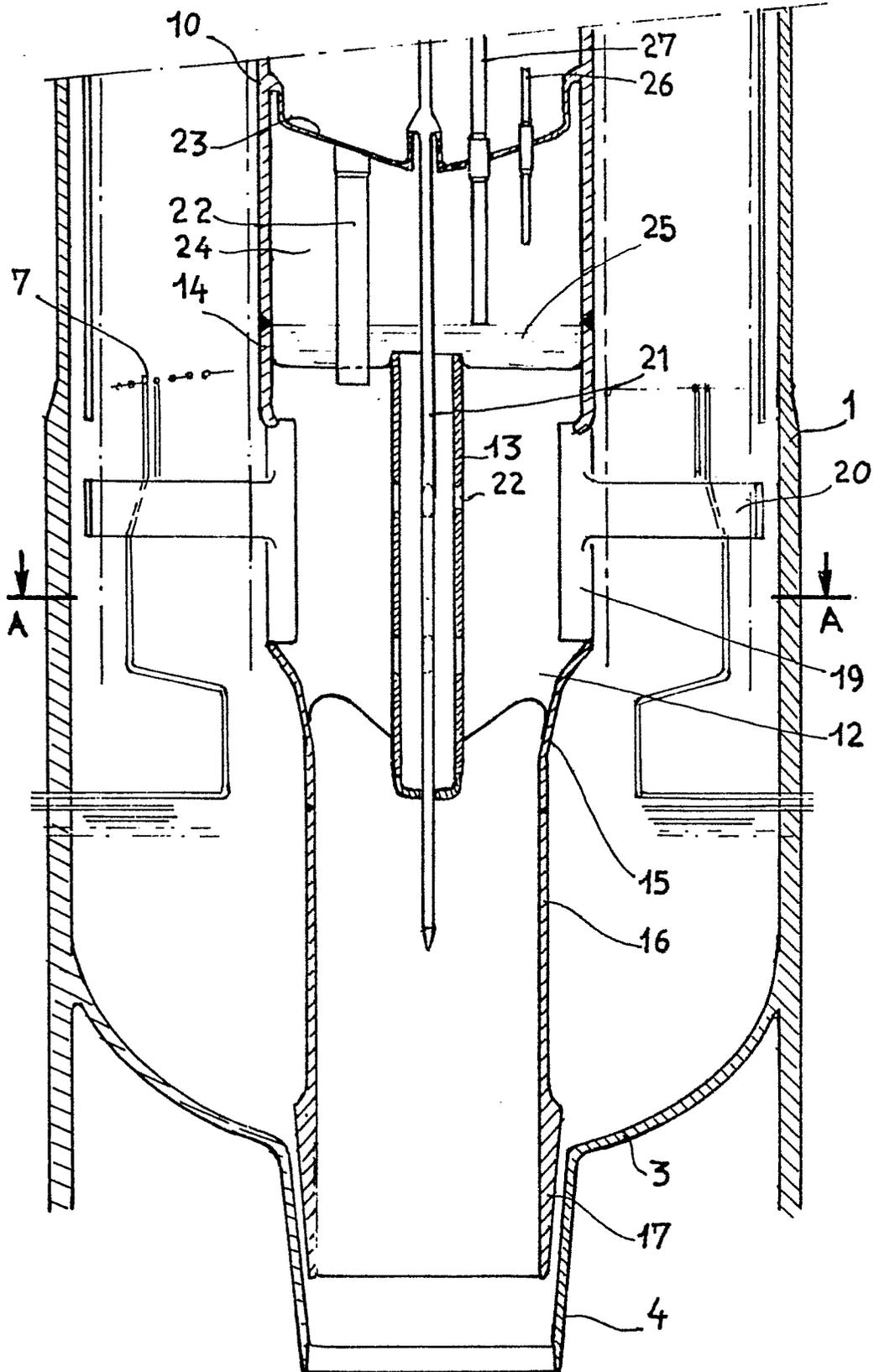
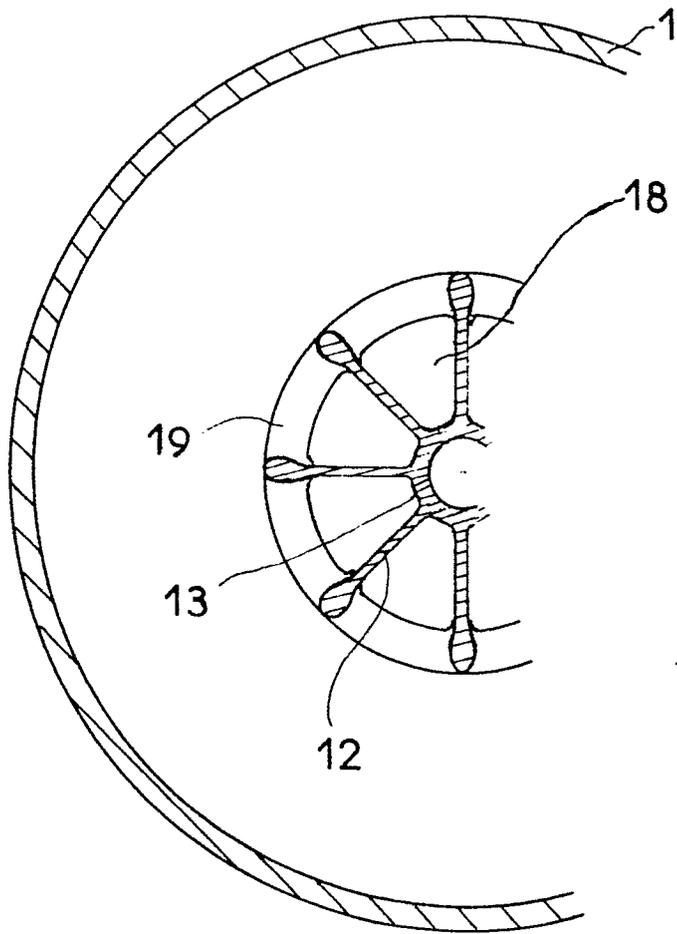


FIG: 3





Office européen  
des brevets

**RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE**

0167417

Numero de la demande

EP 85 40 0849

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)
A	EP-A-0 105 781 (NOVATOME) * Page 17, ligne 34 - page 22, ligne 26; figure 3 *	1,2	F 22 B .1/06
A	EP-A-0 089 869 (NOVATOME) * Pages 4-9; figures *	1,2	
A	EP-A-0 070 775 (CREUSOT)		
A	US-A-3 924 675 (ESSEBAGGERS)		
A	FR-A-2 363 772 (COMMISSARIAT)		
A	US-A-3 279 439 (AMMON)		
A	FR-A-2 295 388 (HITACHI)		
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 16-08-1985	Examinateur VAN GHEEL J.U.M.
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></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> <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</p> <p>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			