



⑫

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑳ Numéro de dépôt: **82400166.3**

⑥① Int. Cl.<sup>3</sup>: **F 22 B 1/06, F 28 D 7/00,**  
**F 28 F 9/02**

㉑ Date de dépôt: **29.01.82**

③⑩ Priorité: **02.02.81 FR 8101954**

⑦① Demandeur: **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE**  
**Etablissement de Caractère Scientifique Technique et**  
**Industriel, 31/33, rue de la Fédération, F-75015 Paris (FR)**  
Demandeur: **STEIN INDUSTRIE Société anonyme dite:**  
**19-21, Avenue Morane Saulnier B.P. 74,**  
**F-78141 Velizy-Villacoublay (FR)**

④③ Date de publication de la demande: **11.08.82**  
**Bulletin 82/32**

⑦② Inventeur: **Pouderoux, Pierre, 12, Avenue de Celle,**  
**F-92360 Meudon la Forêt (FR)**  
Inventeur: **Salon, Guy, 9, rue Vernet Résidence Etoile,**  
**78150 Le Chesnay Parly II (FR)**  
Inventeur: **Nguyen-Thanh, Thong, 23, Allée des**  
**Chardonnerets, F-78720 Cernay-la-Ville (FR)**

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

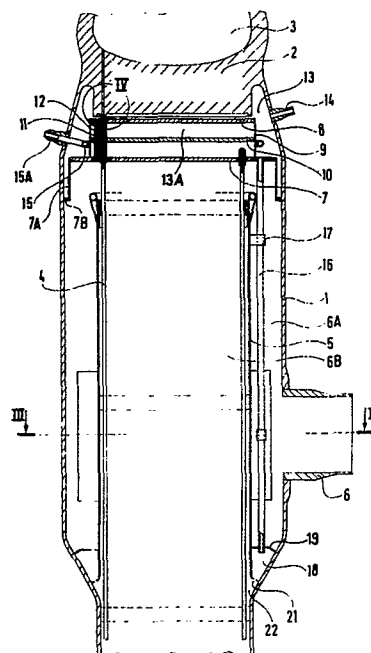
⑦④ Mandataire: **Mongrédién, André et al, c/o**  
**Brevatome 25, rue de Ponthieu, F-75008 Paris (FR)**

⑤④ **Dispositif de protection de la plaque tubulaire à l'extrémité chaude d'un échangeur de chaleur vertical.**

⑤⑦ Dispositif de protection de la plaque tubulaire à l'extrémité chaude d'un échangeur de chaleur vertical.

Dispositif de protection de la plaque tubulaire (2) à l'extrémité chaude d'un échangeur de chaleur vertical à faisceau tubulaire entre de l'eau à vaporiser et surchauffer, circulant dans les tubes (4) du faisceau, et un métal alcalin liquide circulant en contre-courant autour des tubes. Il comporte deux plaques parallèles (7, 8) perpendiculaires à l'axe de l'échangeur, réunies par une virole circulaire mince (9), et dont l'une (8) est à proximité de la plaque tubulaire, et des moyens permettant une circulation ascendante du métal alcalin liquide chaud à travers ces plaques parallèles vers la plaque tubulaire.

Application aux échangeurs de chaleur pour générateurs de vapeur à fluide primaire constitué par du sodium liquide.



**EP 0 057 643 A2**

La présente invention concerne un échangeur de chaleur dont l'extrémité chaude est munie d'un dispositif de protection de la plaque à tubes. De façon plus précise, l'invention se rapporte à un échangeur  
5 de chaleur comprenant une virole externe fermée à ses extrémités chaude et froide par deux plaques à tubes, un faisceau de tubes raccordé aux plaques à tubes pour déboucher dans des collecteurs d'entrée et de sortie d'un fluide tel que de l'eau circulant à l'intérieur des  
10 tubes et des tubulures d'entrée et de sortie d'un liquide, tel qu'un métal liquide alcalin, circulant dans ladite virole et autour des tubes.

On sait que de tels échangeurs, tels que ceux faisant partie d'une installation de production d'énergie  
15 électrique à partir d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides, dans lesquels le métal alcalin est généralement le sodium, comportent une extrémité chaude à une température notablement supérieure à 500°C, le sodium étant à 525°C environ, l'eau sortant de la plaque à tubes  
20 vers 495°C sous une pression de l'ordre de 200 bars. Celle-ci doit donc être très épaisse, et présente une inertie thermique importante, ce qui entraîne des contraintes thermiques élevées lors des mises en fonctionnement, arrêts ou changements d'allure de l'installation.  
25 Il serait avantageux de constituer une telle plaque en un acier ferritique à 2,25 % de chrome et 1 % de molybdène, moins coûteux que les aciers austénitiques, mais un tel acier ferritique subit une décarburation au contact du sodium chaud dès que la température de  
30 ce dernier dépasse notablement 500°C. On ne peut d'autre part réduire la température de l'extrémité chaude de l'échangeur sans réduire notablement le rendement de l'installation.

La présente invention a pour but de remédier  
35 à ces inconvénients, et de procurer un dispositif de

protection de la plaque à tubes à l'extrémité chaude de l'échangeur, ce qui réduit la température du métal alcalin liquide venant au contact direct de celle-ci, sans cependant réduire la température de la vapeur

5 surchauffée parvenant à la plaque à tubes, ce qui réduit les contraintes thermiques dans celle-ci lors des changements de régime de l'installation, et qui assure cependant une circulation de métal alcalin autour des tétines de jonction des tubes avec la plaque à tubes.

10 Elle a encore pour but de permettre de constituer la plaque à tubes en un acier ferritique à teneur en chrome relativement faible, et d'assurer un balayage des soudures des tubes sur les tétines de jonction par le métal alcalin en circulation, ce qui facilite la détec-

15 tion de fuites éventuelles.

A cet effet, l'échangeur de chaleur selon l'invention est caractérisé en ce qu'il comprend, à son extrémité chaude, un dispositif de protection de la plaque à tubes, ce dispositif comportant deux plaques,

20 réunies par une virole pour définir une première zone remplie dudit liquide à l'état statique formant écran thermique, lesdites plaques étant sensiblement parallèles à la plaque à tubes et une première de ces plaques étant disposée à proximité de la plaque à tubes, le dispositif

25 de protection comportant de plus des passages traversant ladite zone d'une plaque à l'autre et des moyens pour créer une dépression entre ladite première plaque et la plaque à tubes, afin d'assurer une circulation dudit liquide vers la plaque à tubes à l'intérieur desdits

30 passages.

Il répond en outre de préférence à au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- les passages sont des passages annulaires définis entre les tubes dudit faisceau et des fourreaux

35 à l'intérieur desquels les tubes traversent lesdites

plaques ;

- l'espace défini entre la première plaque et la plaque à tubes communiqué avec une zone annulaire entourant la première zone et lesdits moyens pour créer  
5 une dépression comprennent des tubes par lesquels ladite zone annulaire communique avec une seconde zone annulaire reliée par des orifices à une zone entourant les tubes du faisceau en aval de la plaque à tubes ;

- il comporte en outre au moins une plaque  
10 intermédiaire disposée entre lesdites plaques parallèles parallèlement à celles-ci ;

- la deuxième plaque est raccordée à la virole externe par une virole cylindrique munie de trous de remplissage et de vidange permettant audit liquide  
15 d'entrer lors du remplissage et de sortir lors de la vidange de l'échangeur.

On décrira maintenant, à titre d'exemple, non limitatif, un mode de réalisation particulier de l'invention, en se référant aux dessins annexés dans  
20 lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe longitudinale schématique d'un échangeur de chaleur vertical entre de l'eau à vaporiser et surchauffer et du sodium liquide chaud, cet échangeur comportant conformément  
25 à l'invention un dispositif de protection de la plaque à tubes supérieure chaude ;

- la figure 2 est une vue en coupe longitudinale à plus grande échelle, selon la ligne II-II de la figure 3, montrant la partie supérieure de l'échangeur  
30 de la figure 1 ;

- la figure 3 est une vue en coupe transversale selon la ligne III-III de la figure 2 ;

- la figure 4 représente à plus grande échelle le détail IV de la figure 2, concernant la jonction entre  
35 un tube de l'échangeur et sa tétine de liaison avec

la plaque à tubes ; et,

- la figure 5 est une vue en coupe longitudinale à plus grande échelle de la partie gauche du dispositif de protection de la plaque à tubes.

5 On voit sur la figure 1 que l'échangeur comporte une virole externe 1, à axe vertical, fermée à ses extrémités supérieure et inférieure par des plaques à tubes 2, 2' auxquelles se raccordent les tubes tels que 4 d'un faisceau de tubes droits disposé  
10 à l'intérieur de la virole 1. Ces tubes débouchent respectivement, à la partie inférieure de l'échangeur, dans un collecteur d'entrée 3' de l'eau du circuit secondaire et à sa partie supérieure, dans un collecteur de sortie 3 de l'eau vaporisée. L'eau à vaporiser circule donc  
15 de bas en haut à l'intérieur des tubes 4 entre les collecteurs 3' et 3.

Le métal liquide (généralement du sodium) circulant dans le circuit primaire de l'échangeur se déplace à contre-courant par rapport à l'eau du circuit  
20 primaire, c'est-à-dire de haut en bas, à l'intérieur de la virole 1 et autour des tubes 4, entre une tubulure d'entrée 6 et une tubulure de sortie 6'.

La zone la plus chaude de l'échangeur est donc sa partie supérieure dans laquelle pénètre le métal  
25 liquide, et on décrira maintenant cette partie plus en détail en se référant à la figure 2.

On voit tout d'abord sur la figure 2 que la partie supérieure du faisceau de tubes 4 est entourée d'une virole interne mince 5 au niveau de la tubulure  
30 d'entrée 6 du sodium liquide chaud. La virole 5 est raccordée à la virole externe 1 au-dessous de la tubulure 1 et son extrémité supérieure se termine à proximité du dispositif de protection selon l'invention, de telle sorte que le sodium liquide chaud remonte par une zone  
35 annulaire 6A définie entre les viroles 1 et 5, avant

de redescendre dans la zone 6B interne à la virole 5, autour des tubes 4 du faisceau, à contre courant de l'eau circulant dans ces tubes.

Conformément à l'invention, le dispositif  
5 de protection de la plaque à tubes 2, dont une partie est visible à plus grande échelle sur la figure 5, comporte une première plaque plane 7 parallèle à la plaque à tubes 2 ou, en d'autres termes, perpendiculaire à l'axe de l'échangeur, et située au-dessus de l'extré-  
10 mité supérieure de la virole interne 5. La plaque 7 est fixée par sa périphérie à la virole externe 1 par l'intermédiaire d'une virole cylindrique 7A munie d'un rebord inférieur soudé à la paroi interne de la virole externe.

15 Le dispositif de protection selon l'invention comprend de plus une seconde plaque plane 8 parallèle à la première plaque 7 et disposée au-dessus de celle-ci, à proximité de la face inférieure de la plaque à tubes 2 par laquelle pénètrent les tubes 4.

20 Bien que de dimension inférieure à celle de la plaque 7, la plaque 8 s'étend sur toute la surface de la plaque à tubes 2. Les plaques 7 et 8 sont reliées au niveau de la périphérie de la plaque 8, par une virole cylindrique mince 9 soudée à ces plaques. La  
25 zone 13A ainsi définie entre les plaques 7 et 8 et la virole 9 est remplie de sodium pratiquement statique jouant le rôle d'écran thermique entre le sodium chaud admis par la tubulure 6 et la plaque à tubes 2.

Afin de limiter encore les courants de con-  
30 vexion du sodium liquide présent dans la zone 13A, on dispose de préférence, à mi-distance entre les plaques 7 et 8, une plaque intermédiaire plane 10 de même dimension que la plaque 8 et soudée à la virole 9. Le rôle d'écran thermique du sodium contenu dans la zone  
35 13A se trouve ainsi amélioré.

Compte tenu de l'épaisseur relativement faible de la virole 9, on prévoit de compléter la solidari-  
sation des plaques au moyen d'entretoises 11 soudées  
sur ces plaques.

5 Les tubes 4 du faisceau de tubes traversent  
les plaques 7, 10 et 8 à l'intérieur de fourreaux 12  
soudés sur la plaque 7 et traversant les plaques 10 et 8.  
Les fourreaux 12 définissent avec les tubes 4 des  
passages annulaires par lesquels le sodium liquide chaud  
10 peut circuler vers le haut de la zone 6B de l'échangeur  
située en-dessous de la plaque 7, jusqu'à la plaque  
à tubes 2 et la zone annulaire 13 délimitée autour de  
la zone 13A et séparée du reste de l'échangeur par la  
virole 7A. De façon plus précise, et comme l'illustre  
15 la figure 4, les passages annulaires définis entre les  
fourreaux 12 et les tubes 4 débouchent au-dessus de  
la zone 13A formant écran thermique à proximité des  
tétines 20 de la plaque à tubes sur lesquelles sont  
soudés les tubes. Il est à noter que cette structure  
20 se retrouve sur toute l'étendue de la plaque à tubes 2,  
de sorte que la circulation ascendante de sodium liquide  
chaud a pour effet d'assurer un balayage efficace des  
soudures des tubes sur les tétines 20. De plus, le  
sodium liquide se refroidit lors de son passage dans les  
25 fourreaux 12, par échange thermique avec l'eau circulant  
dans les tubes de sorte qu'il parvient au niveau de  
ces soudures à une température sensiblement inférieure  
à celle qu'il avait lors de son entrée dans l'échangeur.

La circulation ascendante du sodium liquide  
30 dans les passages définis entre les tubes 4 et les  
fourreaux 12 est obtenue en créant une dépression dans  
la zone 13, par rapport à la pression régnant dans la  
zone de circulation de sodium en dessous de la plaque 7.  
A cet effet, la zone 13 est reliée à une zone annulaire  
35 18 par une série de tubes verticaux 16, traversant la

zone 6A entre les viroles 1 et 5. Comme le montre la figure 3, les tubes 16 sont soudés sur des pattes 17 fixées sur la virole interne 5. La zone 18 est située en dessous de la zone 6A et séparée de celle-ci par une cloison 19, et elle communique avec une partie 22 de la zone 6B interne à la virole 5 par des orifices 21 formés dans cette dernière, à proximité de la jonction de son extrémité inférieure avec la virole externe 1. La partie 22 de la zone 6B est située en aval de la partie située immédiatement en dessous de la plaque 7, de sorte que la pression du sodium liquide y est plus faible, du fait de la perte de charge.

Le remplissage et la vidange des zones 13 et 13A sont réalisés tout d'abord au moyen de trous 7B formés dans le rebord de la virole 7A soudé à la virole externe 1 et permettant au sodium liquide d'entrer lors du remplissage, de sortir lors de la vidange, tout en empêchant pratiquement toute circulation notable durant le fonctionnement de l'échangeur. De plus, la virole 9 comporte à sa partie inférieure des orifices 9A, et il existe un jeu 8A entre les fourreaux 12 et la plaque 8. Ces dernières dispositions permettent le remplissage et la vidange du sodium de la zone 13A formant écran thermique.

De la manière habituelle, la zone annulaire 13 entourant l'extrémité de la plaque tubulaire est reliée par une tubulure 14 à une réserve d'argon. Un tore perforé 15 de prélèvement de sodium pour analyse est relié par une tubulure 15A à un appareil d'analyse (non représenté), destiné à détecter les fuites éventuelles des soudures des tubes 4 sur les têtes 20.

A titre d'exemple, alors que le sodium liquide chaud pénètre dans l'échangeur à une température d'environ 525°C, le dispositif de protection qui vient d'être décrit ramène la température du sodium liquide

au contact direct de la plaque tubulaire à environ 500°C. Ceci permet d'employer des plaques tubulaires en acier ferritique, à 2,25 % de chrome et 1 % de molybdène, au lieu d'acier austénitique, tout en évitant la décarburation de l'acier ferritique par le sodium chaud, qui serait notable à 525°C. Par ailleurs, le dispositif de protection par les plaques minces parallèles protège la plaque tubulaire contre les chocs thermiques résultant de régimes transitoires de fonctionnement, et permet de lui assigner un taux de travail admissible plus élevé que si elle était directement au contact du sodium chaud à 525°C, notamment en ce qui concerne les têtes 20.

D'autre part, la circulation de sodium assurée par la dépression créée dans la zone annulaire entourant la plaque tubulaire permet d'assurer un balayage efficace des soudures des tubes du faisceau aux têtes de la plaque tubulaire, et par suite une détection très rapide de toute fuite de ces soudures.

Bien que le dispositif de protection qui vient d'être décrit en référence aux figures du dessin paraisse la forme de réalisation préférable de l'invention, on comprendra que diverses modifications peuvent lui être apportées sans sortir du cadre de l'invention, certains de ses organes pouvant être remplacés par d'autres qui joueraient un rôle technique analogue.

De plus, l'invention a été décrite sur un échangeur de chaleur dont le fluide chauffant est du sodium liquide et le fluide chauffé de l'eau, mais on comprend qu'elle se rapporte en particulier aux générateurs de vapeur chauffés par métaux liquides et, de façon plus générale, aux échangeurs de chaleur à sorties de tubes par plaques à tubes, viroles ou collecteurs.

REVENDICATIONS

1. Echangeur de chaleur comprenant une virole externe (1) fermée à ses extrémités chaude et froide par deux plaques à tubes (2, 2'), un faisceau de tubes (4) raccordé aux plaques à tubes (2, 2') pour déboucher dans des collecteurs d'entrée (3') et de sortie (3) d'un fluide circulant à l'intérieur des tubes et des tubulures d'entrée (6) et de sortie (6') d'un liquide circulant dans ladite virole et autour des tubes, l'échangeur étant caractérisé en ce qu'il comprend, à son extrémité chaude, un dispositif de protection de la plaque à tubes (2), ce dispositif comportant deux plaques (7, 8) réunies par une virole (9) pour définir une première zone (13A) remplie dudit liquide à l'état statique formant écran thermique, lesdites plaques (7, 8) étant sensiblement parallèles à la plaque à tubes (2) et une première (8) de ces plaques étant disposée à proximité de la plaque à tubes (2), le dispositif de protection comportant de plus des passages traversant ladite zone (13A) d'une plaque à l'autre et des moyens (16, 18, 21) pour créer une dépression entre ladite première plaque (8) et la plaque à tubes (2), afin d'assurer une circulation dudit liquide vers la plaque à tubes à l'intérieur desdits passages.

2. Echangeur selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits passages sont des passages annulaires définis entre les tubes (4) dudit faisceau et des fourreaux (12) à l'intérieur desquels les tubes traversent lesdites plaques (7, 8).

3. Echangeur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'espace défini entre la première plaque (8) et la plaque à tubes (2) communique avec une zone annulaire (13) entourant la première zone (13A) et en ce que lesdits moyens pour créer une dépression comprennent des tubes

(16) par lesquels ladite zone annulaire (13) communique avec une seconde zone annulaire (18) reliée par des orifices (21) à une zone (22) entourant les tubes du faisceau en aval de la plaque à tubes (2).

5                   4. Echangeur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte en outre au moins une plaque intermédiaire (10) disposée entre lesdites plaques parallèles (7, 8) parallèlement à celles-ci.

10                   5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la deuxième plaque (7) est raccordée à la virole externe (1) par une virole cylindrique (7A) munie de trous de remplissage et de vidange (7B) permettant audit liquide  
15 d'entrer lors du remplissage et de sortir lors de la vidange de l'échangeur.

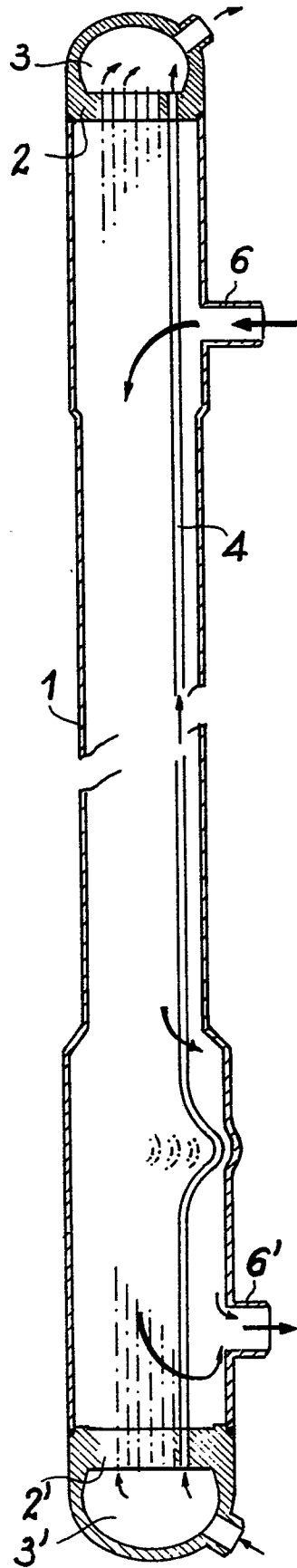


FIG. 1



FIG. 3

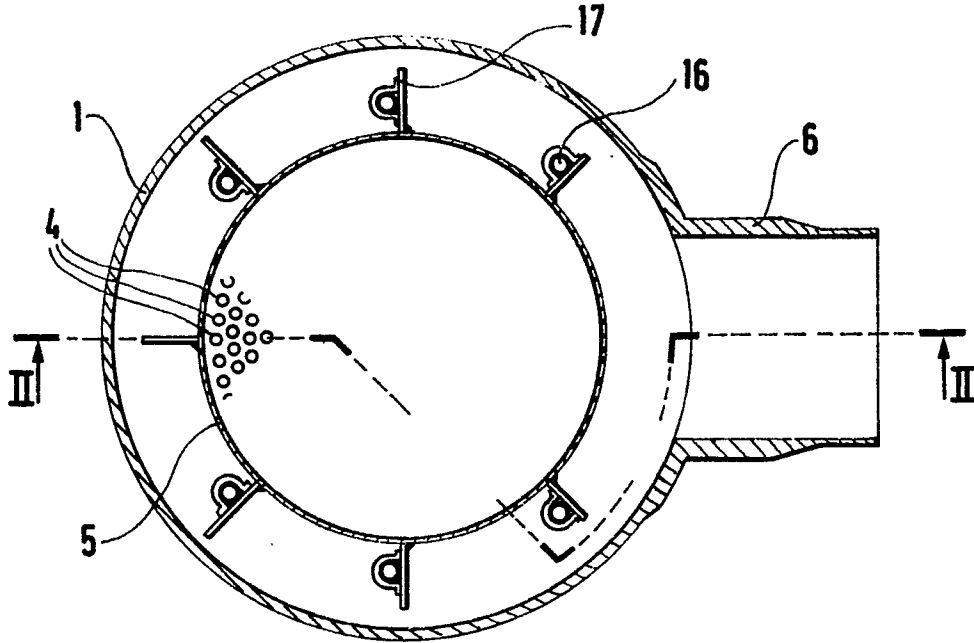


FIG. 4

