

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 86400941.0

51 Int. Cl.⁴: **F 22 B 37/20**
F 28 F 9/00

22 Date de dépôt: 29.04.86

30 Priorité: 03.05.85 FR 8506766

43 Date de publication de la demande:
05.11.86 Bulletin 86/45

84 Etats contractants désignés:
CH DE FR GB IT LI NL

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

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

72 Inventeur: **Minguet, Jean-Luc**
3 Jardin des Tilleuls
F-91190 Saint-Aubin(FR)

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

54 **Echangeur de chaleur à faisceau de tubes droits dont le maintien transversal est assuré par des grilles entretoises et ses applications.**

57 L'échangeur comporte un faisceau (2) de tubes (3), une enveloppe (1) et un ensemble de grilles entretoises (18). Les grilles entretoises comportent un premier ensemble d'ouvertures pour le passage des tubes (3) du faisceau (2) maintenus par les grilles et un second ensemble d'ouvertures en forme de quadrilatères pour le passage du fluide d'échange circulant à l'extérieur des tubes (3). Les ouvertures sont disposées de façon telle que l'épaisseur des parois de la grille métallique entre les ouvertures soit sensiblement constante. L'invention s'applique, en particulier, aux générateurs de vapeur des réacteurs nucléaires à neutrons rapides refroidis par du sodium liquide.

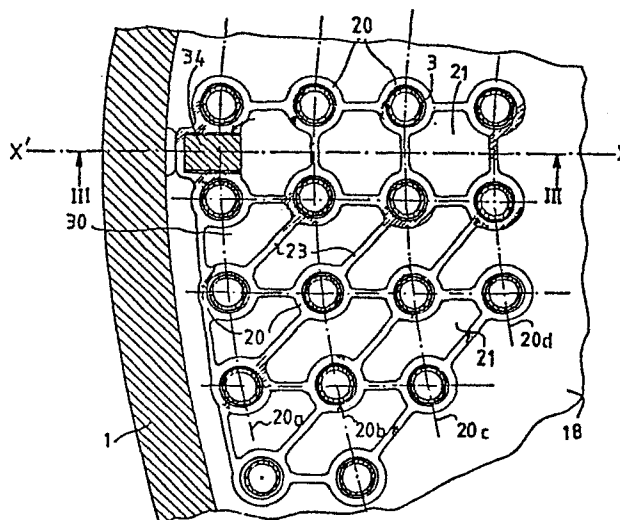


FIG.2

L'invention concerne un échangeur de chaleur à faisceau de tubes droits à pas circulaire dont le maintien transversal est assuré par des grilles entretoises.

5 Des échangeurs de chaleur à faisceau de tubes droits sont très souvent utilisés comme générateurs de vapeur dans les réacteurs nucléaires en particulier ceux refroidis par du métal liquide. Le fluide de refroidissement du réacteur permet l'échauffement et la vaporisation d'eau d'alimentation qui peut
10 être mise en circulation à l'intérieur des tubes ou, au contraire, en contact avec la surface externe de ces tubes. Le fluide de refroidissement du réacteur circule soit à l'extérieur des tubes, à l'intérieur de l'enveloppe du générateur de vapeur renfermant le
15 faisceau, soit à l'intérieur des tubes, respectivement.

Dans le cas d'installations de grande puissance, la taille des générateurs de vapeur peut être
20 considérable et en particulier, dans le cas de générateur de vapeur à tubes droits, la longueur des tubes et de l'enveloppe renfermant le faisceau ainsi que le nombre de tubes peuvent être très grands. On doit donc utiliser des grilles entretoises fixées à l'intérieur
25 de l'enveloppe du générateur de vapeur, espacées les unes des autres suivant la longueur des tubes, pour assurer le maintien transversal et l'entretoisement des tubes du faisceau. De telles grilles entretoises doivent permettre non seulement le maintien des tubes
30 contre les sollicitations des fluides d'échange circulant à leur contact à grande vitesse mais encore le passage du fluide d'échange circulant à l'extérieur des tubes dans la direction longitudinale du générateur de vapeur. La perte de charge dans ce fluide d'é-

change doit être la plus réduite possible et il est donc nécessaire de prévoir une section de passage de ce fluide importante par rapport à la section droite totale du générateur de vapeur.

5 Pour tenter de concilier ces impératifs, on utilise très souvent des grilles entretoises réalisées par assemblage de bandes, de tiges ou de profilés de formes diverses. De tels dispositifs sont complexes, difficiles à mettre en place et leur réalisation à
10 partir de nombreux éléments différents ne permet pas d'obtenir une très bonne fiabilité.

On a donc proposé d'utiliser des plaques planes métalliques percées d'ouvertures, comme grilles entretoises. Les ouvertures traversant la plaque sont
15 disposées suivant un réseau régulier correspondant à la disposition des tubes dans les plans de section droite du générateur de vapeur. Pour permettre à la fois le maintien des tubes et le passage du fluide d'échange à l'extérieur de ces tubes, on a proposé
-20- dans le brevet français 2.150.826, de réaliser les ouvertures dans les plaques entretoises sous forme trilobée, de façon à prévoir trois portées d'appui du tube en saillie vers l'intérieur de l'ouverture et trois sections de passage du fluide à l'extérieur du
25 tube, entre les parties en saillie. Cette disposition a pu être utilisée pour des faisceaux de tubes constituant des réseaux à pas carré, triangulaire ou hexagonal, dans les sections droites du générateur de vapeur. En revanche, cette disposition n'est pas utilis-
30 sable dans le cas d'autres types de réseau, par exemple dans le cas des réseaux à pas circulaire, c'est-à-dire constitués par des rangées circulaires, coaxiales et équidistantes de tubes, à l'intérieur desquelles les tubes sont espacés d'une longueur d'arc constante.

Dans ce cas, en effet, il est nécessaire de faire varier la forme des ouvertures d'une rangée à une autre pour maintenir sensiblement constante l'épaisseur des parois ménagées dans le métal de la plaque, entre deux
5 ouvertures voisines. Il est en effet nécessaire que ces parois séparant les ouvertures aient une épaisseur sensiblement constante, pour que la grille entretoise ait une bonne résistance aux chocs thermiques. Il en résulte donc des difficultés de conception et d'usi-
10 nage qui ne peuvent être résolues, ou qui ne peuvent l'être qu'en acceptant des coûts de construction prohibitifs, le nombre de passages de tubes à prévoir dans chacune des grilles entretoises étant très élevé, par exemple de l'ordre de plusieurs milliers. D'autre
15 part, si on tente de résoudre le problème en gardant des ouvertures dont le contour extérieur est régulier, on devra, pour maintenir une épaisseur constante des parois entre les ouvertures, prévoir des sections de passage du fluide autour des tubes non uniformes, ce
20 qui introduit des déséquilibres thermiques préjudiciables à un bon fonctionnement du générateur de vapeur.

On a également proposé d'utiliser des grilles entretoises comportant un premier ensemble d'ouvertures pour le maintien des tubes et un second en-
25 semble d'ouvertures pour le passage du fluide de refroidissement. De telles grilles-entretoises sont cependant très difficiles à usiner et sont réalisées en juxtaposant des plaques pré-usinées de dimension limitée. En outre, dans le cas d'un réseau de tubes à
30 pas circulaire, les ouvertures de passage de fluide de refroidissement n'ont pas une section constante sur toute la plaque et/ou les épaisseurs de parois varient dans des limites inacceptables.

Le but de l'invention est donc de proposer un échangeur de chaleur a faisceau de tubes droits et à pas circulaire dont le maintien transversal est assuré par des grilles entretoises, comportant une enveloppe renfermant les tubes a l'intérieur desquels circule un premier fluide d'échange, un second fluide d'échange circulant dans l'enveloppe, a l'extérieur des tubes, et un ensemble de grilles entretoises de maintien transversal des tubes, fixées a l'intérieur de l'enveloppe, espacées les unes des autres suivant la longueur des tubes et constituées par des plaques planes métalliques traversées par un premier ensemble d'ouvertures disposées suivant un réseau régulier à pas circulaire correspondant a la disposition des tubes dans les plans de section droite du faisceau et par un second ensemble d'ouvertures pour le passage du second fluide d'échange, intercalées entre les ouvertures du premier ensemble, cet échangeur de chaleur fonctionnant dans de très bonnes conditions thermiques et utilisant des grilles entretoises dont la conception et l'usinage sont relativement simples et la résistance aux chocs thermiques satisfaisante.

Dans ce but, les ouvertures du second ensemble ont une section en forme de quadrilatère et une aire sensiblement constante et ménagent entre elles et avec les ouvertures du premier ensemble des parois de séparation ayant une épaisseur sensiblement constante.

Dans un mode de réalisation préférentiel, les ouvertures constituant le second ensemble ont une section en forme de parallélogramme.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va maintenant décrire, en se référant aux figures jointes en annexe, un échangeur de chaleur suivant l'invention et ses plaques entretoises, cet échangeur

de chaleur étant utilisé comme générateur de vapeur dans un réacteur nucléaire à neutrons rapides.

La Fig. 1 est une vue en coupe par un plan vertical de symétrie, du générateur de vapeur à tubes droits.

La Fig. 2 est une vue de dessus fragmentaire d'une grille entretoise du générateur de vapeur représenté sur la Fig. 1.

La Fig. 3 est une vue en coupe suivant III-III de la Fig. 2 montrant un moyen de support de la grille entretoise.

Sur la Fig. 1, on voit un générateur de vapeur comportant une enveloppe externe 1 renfermant un faisceau de tubes droits 2. Chacun des tubes 3 du faisceau est fixé à l'une de ses extrémités dans une plaque tubulaire inférieure 4 et à son autre extrémité dans une plaque tubulaire supérieure 5. L'enveloppe 1 comporte un corps central cylindrique constituant l'enveloppe du faisceau 2 et deux parties d'extrémité 6 et 7 à plus grand diamètre sur lesquelles sont fixées les plaques tubulaires 4 et 5, respectivement.

La plaque tubulaire inférieure 4 est en communication par sa face externe avec un collecteur d'eau 10 recevant l'eau d'alimentation du générateur de vapeur par une tubulure 11. Le collecteur 10 permet de distribuer l'eau d'alimentation dans les tubes 3 du faisceau 2, cette eau d'alimentation constituant le premier fluide d'échange du générateur de vapeur.

La partie supérieure 7 de l'enveloppe 1 reçoit, par une tubulure d'entrée 12, du sodium liquide chaud, qui circule ensuite de haut en bas dans l'enveloppe de faisceau 1, en contact avec la surface extérieure des tubes 3 et qui constitue le second fluide d'échange. L'eau d'alimentation circulant dans les

tubes 3 est ainsi échauffée puis vaporisée, la vapeur formée étant récupérée par un collecteur de vapeur 14 puis évacuée par une tubulure 15. Le sodium liquide refroidi, après sa circulation au contact des tubes du faisceau, ressort de l'enveloppe 1 par une tubulure 13
5 prévue dans la partie 6 de cette enveloppe.

Les tubes 3 du faisceau 2 sont maintenus et entretoisés par des grilles entretoises 18 fixées à l'intérieur du corps central de l'enveloppe. Ces grilles
10 entretoises 18 permettent à la fois le maintien des tubes dans les directions transversales et le passage du sodium, à l'extérieur des tubes, dans la direction verticale, suivant les flèches 19.

Sur la Fig. 2, on voit une partie d'une grille entretoise 18 comportant un premier ensemble
15 d'ouvertures 20 de forme circulaire et un second ensemble d'ouvertures 21 en forme de quadrilatère.

Les ouvertures 20 ont des diamètres très légèrement supérieurs aux diamètres des tubes 3 et
20 sont disposées suivant des rangées successives 20a, 20b, 20c circulaires, équidistantes et coaxiales. Dans chacune des rangées, les ouvertures 20 successives ont des espacements identiques en distance d'arc. Les tubes 3 du faisceau sont engagés dans les ouvertures 20
25 et parfaitement maintenus à l'intérieur de celles-ci, le jeu entre le tube 3 et l'ouverture 20 étant faible.

Dans le cas d'un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides dont les grilles entretoises 18 ont un diamètre d'environ 1,2 m et un
30 espacement de 0,6 m dans la direction longitudinale, des tubes du faisceau 2 qui ont un diamètre de 15.10^{-3} m, le pas du réseau circulaire des tubes est de 35.10^{-3} m et le jeu entre les tubes 3 et les ouvertures 20, de 0,2 à $0,5.10^{-3}$ m, suivant les tolérances.

Les ouvertures 21 ont la forme de parallélogrammes à angles arrondis ou aplatis. La forme et les dimensions de ces parallélogrammes sont légèrement modifiées d'une rangée à une autre et très fortement modifiées au voisinage de la périphérie de la grille entretoise, où les ouvertures 30 se substituant aux ouvertures 21 correspondent approximativement à la moitié de la section des ouvertures 21. De même, la forme et la répartition des ouvertures 21 sont profondément modifiées au voisinage de l'axe XX' de la grille entretoise 18 suivant lequel est placé un ensemble de supports 32 de la grille entretoise 18 qui sera décrit dans la suite du texte. Les ouvertures 21 gardent cependant la forme de quadrilatères au voisinage de l'axe XX'.

La forme et la répartition des ouvertures 20 et 21 permettent d'obtenir une épaisseur des parois 23 de séparation des ouvertures pratiquement constante. Cette épaisseur de paroi correspond à l'épaisseur de métal entre deux ouvertures voisines, dans une direction contenue dans le plan de la grille entretoise 18.

De même, l'aire des ouvertures 21 reste pratiquement constante sur toute la grille-entretoise 18, à l'exception de la zone périphérique où des ouvertures 30 ont une forme et une dimension différentes de celles des ouvertures 21. Cette aire constante permet d'obtenir une répartition homogène du débit de sodium liquide dans toute la section de la grille-entretoise.

Une grille entretoise telle que représentée sur la Fig. 3 peut être obtenue par moulage ou par usinage électrochimique d'une plaque d'acier.

En plus des ouvertures 20 et 21, la grille entretoise 18 représentée à la Fig. 3 comporte des encoches telles que 33 suivant la direction X'X. Une en-

coche 33 est ménagée sur la grille entretoise 18, à chacune de ses extrémités, suivant la direction radiale X'X et également à chacune de ses extrémités, suivant la direction radiale perpendiculaire à X'X. Comme
5 il est visible sur les Fig. 2 et 3, chacun des dispositifs de support 32 de la plaque 18 comporte un élément de support 34 soudé en 35 sur la surface intérieure de l'enveloppe 1, par l'intermédiaire de sa partie inférieure et engagé, par sa partie supérieure,
10 à l'intérieur de l'encoche 33 correspondante de la grille 18. La partie supérieure de l'élément de support 34 est encochée de façon à ménager des bords d'appui pour la grille entretoise 18 engagée avec jeu dans l'élément 34 par sa partie 33. La grille entre-
15 toise 18 est ainsi maintenue dans les directions verticales par rapport à l'enveloppe 1 mais reste libre de se dilater dans la direction radiale.

Les plaques utilisées pour réaliser les grilles entretoises peuvent être en acier ferritique renfermant 2,25 % de chrome et 1 % de molybdène ou en
20 acier à 5 % ou à 9 % de chrome et à 1 % de molybdène ou encore en acier austénitique de la nuance 316L.

On peut réaliser sur la surface interne des ouvertures 20, dans l'épaisseur de la grille entre-
25 toise, c'est-à-dire sur la surface des parois 23, un traitement superficiel tel qu'un chromage au tampon ou une aluminisation. Un tel traitement superficiel permet de limiter l'usure des tubes et l'attaque de ces tubes par fretting corrosion, pendant le fonction-
30 nement du générateur de vapeur.

Lorsque le générateur de vapeur est en fonctionnement, le sodium liquide circule suivant la direction verticale, à l'extérieur des tubes, dans l'enveloppe 1 et traverse les plaques entretoises par les

ouvertures 21 presque exclusivement, le jeu entre les tubes 3 et les ouvertures 20 étant très faible. La répartition du flux de sodium dans les sections droites du générateur de vapeur est ainsi parfaitement homogène, ce qui procure d'excellentes conditions thermiques de fonctionnement.

De plus, l'épaisseur faible et sensiblement constante des parois 23 entourant les ouvertures 20 et 21 évite l'apparition de gradients thermiques au niveau des grilles entretoises et réduit les risques de détériorations par chocs thermiques.

Les principaux avantages de l'échangeur de chaleur suivant l'invention sont donc un très bon fonctionnement sur le plan thermique, grâce à une répartition homogène du fluide d'échange circulant à l'extérieur des tubes, une disposition précise et un maintien efficace des tubes du faisceau, une très bonne résistance aux chocs thermiques des grilles entretoises et une conception et un usinage facilités de ces grilles entretoises.

L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation qui ont été décrits.

C'est ainsi qu'on peut imaginer des ouvertures de formes différentes de celles qui ont été décrites, par exemple d'autres formes de quadrilatère, plus ou moins déformés et à angles arrondis, pour constituer le second ensemble. Les ouvertures du premier ensemble peuvent être utilisées seulement pour le maintien des tubes ou à la fois pour le maintien des tubes et le passage du second fluide d'échange ; on utilisera par exemple des sections de forme trilobée dans le second cas, pour les ouvertures du premier ensemble. Dans tous les cas on recherchera des formes complémentaires des ouvertures appartenant à l'un et à l'autre

des deux ensembles pour obtenir une épaisseur de paroi séparant ces ouvertures et une section de passage du fluide les plus constantes possibles.

5 On peut également imaginer un moyen de fixation des grilles entretoises dans l'enveloppe de l'échangeur de chaleur d'un type différent de celui qui a été décrit.

10 Enfin, l'échangeur de chaleur suivant l'invention peut être non seulement utilisé comme générateur de vapeur dans un réacteur nucléaire mais encore pour tout échange de chaleur entre deux fluides dans des industries telles que l'industrie chimique.

REVENDICATIONS

1.- Echangeur de chaleur à faisceau de tubes droits et à pas circulaire dont le maintien transversal est assuré par des grilles entretoises, comportant
5 une enveloppe (1) renfermant les tubes (3) à l'intérieur desquels circule un premier fluide d'échange, un second fluide d'échange circulant dans l'enveloppe (1) à l'extérieur des tubes (3) et un ensemble de grilles entretoises (18) de maintien transversal des tubes (3)
10 fixées à l'intérieur de l'enveloppe (1) espacées les unes des autres suivant la longueur des tubes (3) et constituées par des plaques planes métalliques traversées par un premier ensemble d'ouvertures (20) disposées suivant un réseau régulier à pas circulaire correspondant à la disposition des tubes (3) dans les
15 plans de section droite du faisceau (2), et par un second ensemble d'ouvertures (21) pour le passage du second fluide d'échange, intercalées entre les ouvertures (20) du premier ensemble, caractérisé par le fait
20 que les ouvertures (21) du second ensemble ont une section en forme de quadrilatère et une aire sensiblement constante et ménagent entre elles et avec les ouvertures (20) du premier ensemble, des parois (23) de séparation ayant une épaisseur sensiblement constante.

25 2.- Echangeur de chaleur suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que les ouvertures (21) du second ensemble ont une section en forme de parallélogramme.

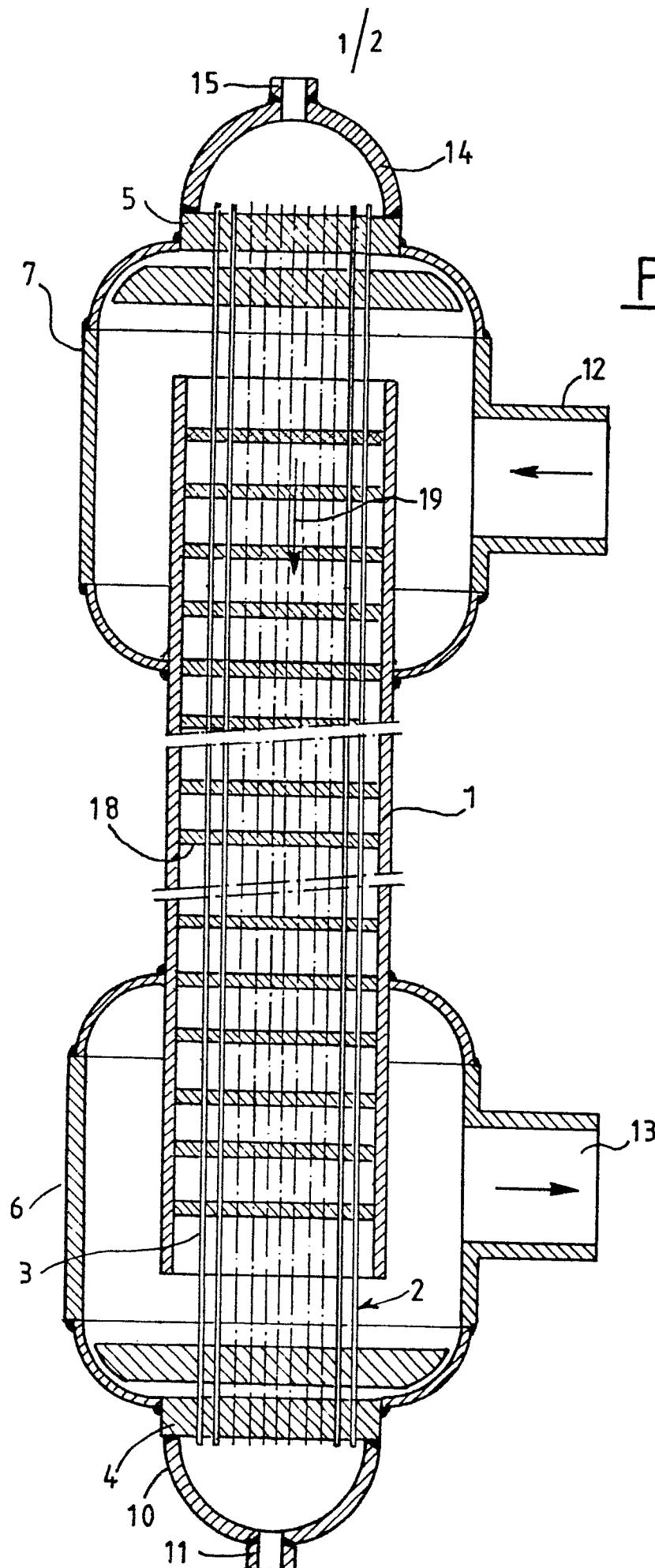
30 3.- Echangeur de chaleur suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que les ouvertures (20) du premier ensemble ont des sections trilobées.

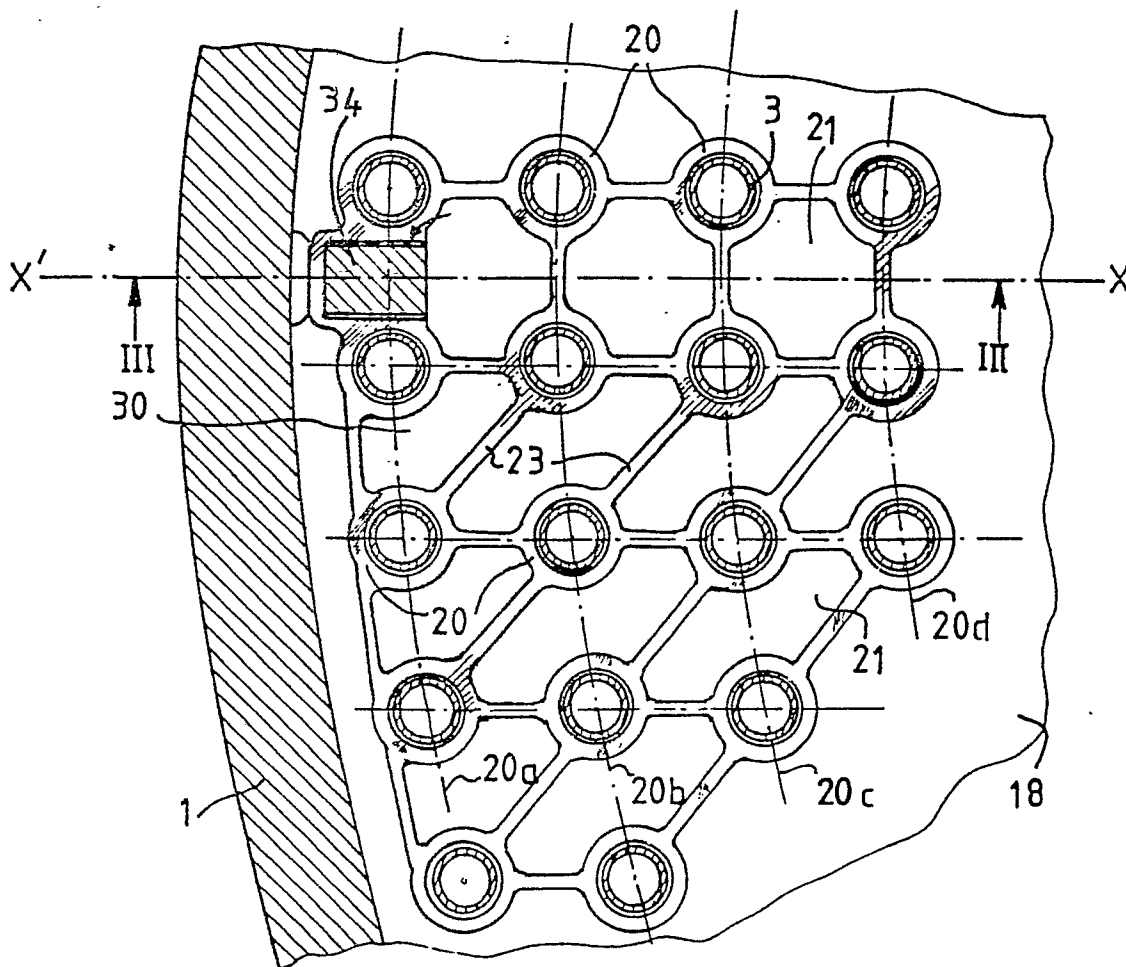
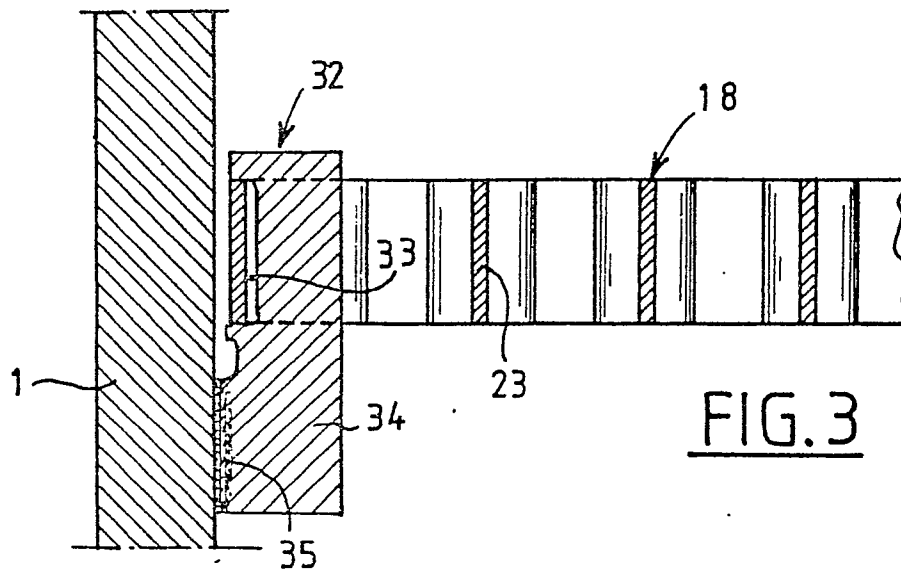
4.- Echangeur de chaleur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que chacune des grilles entretoises (18) est sup-

portée par un ensemble d'éléments de support (32) disposés de façon équidistante à sa périphérie et comportant un élément de support (34) soudé par sa partie inférieure sur la surface intérieure de l'enveloppe (1) et engagé, par sa partie supérieure encochée, dans
5 une encoche (33) prévue dans la grille (18), l'encoche de l'élément de support (34) ménageant des surfaces d'appui de la grille (18) en la laissant se déplacer librement dans la direction radiale sous l'effet de la dilatation.

10 5.- Echangeur de chaleur suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que les grilles entretoises sont obtenues par usinage d'une plaque métallique et en particulier par usinage électrochimique.

15 6.- Echangeur de chaleur suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que les grilles-entretoises sont obtenues par moulage.







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0200652

Numéro de la demande

EP 86 40 0941

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	US-A-4 192 374 (HAYDEN) * Colonne 2, ligne 65 - colonne 3, ligne 35; colonne 4, ligne 24 - colonne 5, ligne 5; figures *	1	F 22 B 37/20 F 28 F 9/00
A	WO-A-8 300 381 (TURBINE) * Page 8, lignes 1-16; figures *	1	
A	GB-A-2 057 669 (SULZER)		
A	EP-A-0 036 347 (C.E.A.)		
A	FR-A-2 128 747 (SIEMENS)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
			F 22 B F 28 F
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 05-08-1986	Examineur VAN GHEEL J.U.M.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
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		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 & : membre de la même famille, document correspondant	