

⑬ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

⑪ N° de publication : **2 559 250**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

⑫ N° d'enregistrement national : **84 15169**

⑬ Int Cl* : F 28 F 9/00 // F 22 B 37/20.

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

⑫ Date de dépôt : 3 octobre 1984.

⑬ Priorité : US, 3 février 1984, n° 576.679.

⑭ Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 32 du 9 août 1985.

⑮ Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑰ Demandeur(s) : Société dite : WESTINGHOUSE ELEC-
TRIC CORPORATION. — US.

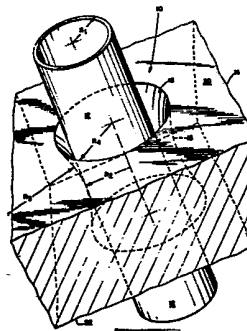
⑱ Inventeur(s) : Raymond Harold Glatthorn.

⑲ Titulaire(s) :

⑳ Mandataire(s) : Bureau D. A. Casalonga, office Josse et
Petit.

⑳ Echangeur de chaleur pourvu de plaques de support de tubes comportant des trous de conception nouvelle et perfectionnée.

㉑ L'échangeur de chaleur selon la présente invention com-
porte dans ses plaques 14 de support de tubes des alésages
ou trous traversants 16 ayant une configuration en forme de
sablier dont la surface 18 s'étend entre les surfaces opposées
20, 22 de la plaque 14 de support de tubes. Un tube 12
d'échange de chaleur s'étendant à travers cet alésage ou trou
traversant 16 est toujours en contact avec une partie de ce
dernier qui est courbée de façon régulière grâce à quoi l'usure
exagérée inacceptable des tubes 12 qui se produisait dans
l'échangeur de chaleur classique par suite de l'abrasion qui
avait lieu à l'endroit où les tubes étaient en contact avec les
plaques se trouve éliminée.



FR 2 559 250 - A1

Echangeur de chaleur pourvu de plaques de support de tubes comportant des trous de conception nouvelle et perfectionnée.

La présente invention concerne d'une façon générale
5 les échangeurs de chaleur et, plus particulièrement, une conception ou configuration nouvelle et perfectionnée d'ouvertures, de trous ou d'alésages traversants devant être formés dans chaque plaque de support de tubes d'un échangeur de chaleur d'un générateur de vapeur d'eau de réacteur nucléaire surrégénérateur
10 à neutrons rapides refroidi par un métal liquide pour qu'elle puisse supporter chacun des tubes échangeurs de chaleur du générateur de vapeur d'eau par rapport à chacune des plaques de support de tubes de telle manière que les effets d'usure nuisibles sur chacun des tubes échangeurs de chaleur, par suite
15 d'un déplacement relatif entre chacun des tubes échangeurs de chaleur et l'une des plaques de support de tubes, soient minimisés.

Dans le type précité de système d'échangeur de chaleur, il existe un défaut de fonctionnement dû à l'usure exagérée
20 rée qui se traduit par une rupture prématurée des tubes du générateur de vapeur d'eau. Il en est ainsi en raison du fait que, pendant le fonctionnement normal du réacteur, il se produit un déplacement considérable des tubes du générateur de vapeur d'eau par rapport aux plaques de support de tubes ainsi qu'un
25 déplacement considérable des plaques de support de tubes par rapport aux tubes de générateur de vapeur d'eau. Par exemple, lors du démarrage ou dans des conditions de fonctionnement transitoires, les tubes de générateur de vapeur d'eau peuvent être soumis à des vibrations importantes qui peuvent entraîner un déplacement
30 de ces tubes par rapport aux plaques de support de tubes. Les renvois de courant de sodium liquide s'écoulant à travers l'échangeur de chaleur peuvent, de même, entraîner un déplacement transversal des tubes de générateur de vapeur d'eau ou l'application de charges de flambage à ces tubes, ce qui provo-

que de la même façon un déplacement de ces tubes par rapport aux plaques de support. Ce déplacement transversal des tubes de générateur de vapeur d'eau par rapport aux plaques de support de tubes entraîne une usure par abrasion entre les tubes et les parois latérales des ouvertures des plaques de support de tubes à travers lesquelles passent les tubes de générateur de vapeur d'eau. Il est également possible que, pendant la période de démarrage de l'installation de la centrale, les plaques de support de tubes ainsi que leur barres d'entretoi-
10 sement soient relativement froides et se trouvent à la même température que les tubes de générateur d'eau. Toutefois, à mesure que la centrale ou l'installation fonctionne, les plaques de support de tubes et leurs barres d'entretoisement deviennent très chaudes en raison du fait que le sodium liquide
15 chauffé est en contact direct avec celles-ci d'un côté à l'autre de l'échangeur de chaleur. Par contre, les tubes de générateur de vapeur d'eau ne sont pas soumis à une élévation similaire de niveau de température du fait que de l'eau froide y circule initialement et que le changement d'état de cette eau devenant
20 de la vapeur absorbe une quantité importante de l'énergie calorifique par le truchement du processus d'échange de chaleur. Par conséquent, les plaques de support de tubes et, particulièrement leurs barres d'entretoisement qui les supportent, sont soumises à une forte augmentation de température, ce qui fait que les pla-
25 ques de support effectuent un déplacement considérable par rapport aux tubes du générateur de vapeur d'eau. D'une manière similaire, des conditions de fonctionnement transitoires peuvent également se traduire par des conditions thermiques variables régnant à l'intérieur de l'échangeur de chaleur, ce qui fait
30 qu'une dilatation ou une contraction des plaques de support de tubes et de leurs barres d'entretoisement peuvent ici encore se manifester. Par exemple, si une panne de pompe se produit dans le système de circulation de la boucle dans laquelle le sodium liquide réfrigérant s'écoule, le sodium liquide chauffé stagne
35 dans la boucle et dans l'échangeur de chaleur pendant que de

l'eau relativement plus froide continue de traverser les tubes du générateur de vapeur d'eau. Une augmentation relative du niveau de température du sodium a donc lieu vis-à-vis des tubes du générateur de vapeur d'eau et, par conséquent, les plaques de support et les barres d'entretoisement subissent de même une élévation de leur température. Après la réparation de la pompe de circulation, un fonctionnement stable règne de nouveau, ce qui fait que le niveau de température du sodium liquide diminue quelque peu de sorte que les plaques de support de tubes et les barres d'entretoisement subissent une certaine contraction thermique par rapport aux tubes du générateur de vapeur d'eau. Tous ces mouvements relatifs se traduisent par une usure excessive inacceptable des tubes du générateur de vapeur d'eau, ce qui fait qu'ils doivent être remplacés plus fréquemment que ce à quoi on pourrait s'attendre ou souhaiter normalement.

Pour remédier aux inconvénients ci-dessus, on a tenté de trouver de nouvelles conceptions de parois latérales des ouvertures des plaques de support de tubes à travers lesquelles passent les tubes du générateur de vapeur d'eau de manière à réduire à un minimum les problèmes d'usure exagérés mentionnés ci-dessus. Au lieu de conserver les trous ou alésages traversants rectilignes classiques formés dans les plaques de support de tubes qui font que, lorsque les tubes de générateur de vapeur d'eau prennent une orientation inclinée par rapport aux plaques de support de tubes en raison des déplacements relatifs précités, soit des tubes, soit des plaques de support, les uns par rapport aux autres ou simplement lorsque les tubes sont en contact avec les parois latérales des ouvertures des plaques de support de tubes par suite d'un alignement excentré entre ces dernières, il se produit une usure exagérée des tubes due à l'abrasion ayant lieu entre les tubes et les bords annulaires supérieur ou inférieur des ouvertures formées dans les plaques de support, on a cherché à munir ces bords annulaires supérieurs et inférieurs des ouvertures de surfaces arrondies ou chanfreinées. Dans une autre tentative antérieure

pour résoudre les problèmes d'abrasion mentionnés précédemment, on a pourvu en réalité les régions supérieure et inférieure des trous ou alésages traversants de surfaces inclinées à configurations coniques se rejoignant dans la partie centrale intacte ou région de portée. Toutefois, comme on peut s'en douter, malgré ces deux tentatives pour résoudre le problème, celui-ci demeure compte tenu du fait que les tubes doivent néanmoins se déplacer sur la région de portée centrale c'est-à-dire traverser cette région qui, en soi, constitue une partie formant un bord notable autour duquel les tubes se courbent et s'usent. Un troisième type de tentative auquel on a encore eu recours pour résoudre le problème mentionné ci-dessus a consisté à munir les parties intérieures de la paroi latérale des ouvertures des plaques de support de tubes de saillies bombées s'étendant radialement vers l'intérieur et sur lesquelles les tubes peuvent être supportés soit au moyen de surfaces de contact ponctuelles ou linéaires. Néanmoins, cette solution tentée pour résoudre le problème a également échoué car, ici encore, il existe des surfaces à bords aigus qui exercent encore une abrasion considérable sur les parois latérales extérieures des tubes de générateur de vapeur d'eau.

C'est pourquoi, l'objectif principal de la présente invention est de réaliser une configuration nouvelle de plaques de support de tubes destinées à un échangeur de chaleur et comportant des trous pour la réception des tubes d'échange de chaleur, l'usure exagérée inacceptable des tubes de générateur de vapeur d'eau due au déplacement relatif entre les tubes de générateur de vapeur d'eau et la plaque de support de tubes étant éliminée ou réduite à un minimum efficacement.

Compte tenu de cet objectif, la présente invention réside dans un échangeur de chaleur comprenant un tube d'échange de chaleur à travers lequel un fluide est acheminé en liaison avec une opération d'échange de chaleur ayant lieu dans ledit échangeur de chaleur, et une plaque de support de tubes comportant un trou ou alésage traversant s'étendant à travers cette

plaque et recevant ledit tube d'échange de chaleur en vue de limiter le déplacement latéral de ce tube dans ledit échangeur de chaleur, le trou ou alésage traversant précité ayant une configuration en forme de sablier définie entre les surfaces opposées de la plaque de support de tubes de manière à réduire sensiblement l'usure dudit tube due aux déplacements relatifs entre le tube d'échange de chaleur et la plaque de support de tubes.

En raison de la configuration en forme de sablier définie pour chaque trou ou alésage traversant destiné à recevoir un tube de générateur de vapeur d'eau, configuration dans laquelle la paroi latérale annulaire intérieure de la plaque de support de tubes est arrondie de façon régulière et continue de la surface supérieure de cette plaque jusqu'à la surface intérieure de cette dernière, il n'existe aucun bord ou surface de portée aigus autour desquels les tubes de générateur de vapeur d'eau peuvent se courber, ou le long desquels les tubes peuvent être déplacés en subissant une abrasion. Par conséquent, on peut facilement comprendre qu'une usure exagérée inacceptable des tubes de générateur de vapeur d'eau, usure qui est due à l'abrasion résultant du déplacement des tubes par rapport aux plaques de support de tubes, ou vice versa, peut en fait être sensiblement éliminée, ce qui fait que les tubes de générateur de vapeur d'eau peuvent avoir des durées de vie utiles plus grandes dans l'échangeur de chaleur. Il convient de remarquer particulièrement que dans certaines conditions de fonctionnement, si les tubes de générateur de vapeur d'eau se déplacent par rapport aux plaques de support de tubes ou, suivant une autre possibilité, si les plaques de support de tubes se déplacent par rapport aux tubes de générateur de vapeur d'eau, les tubes peuvent en fait être amenés de force à pivoter ou à s'incliner de façon régulière par rapport aux plans des plaques de support de tubes en tournant autour de la région plano-convexe la plus centrale définie dans chacune des plaques de support de tubes où la valeur du diamètre intérieur de l'ou-

verture, du trou ou alésage traversant ou analogue est la plus petite.

On va maintenant décrire la présente invention en se référant à la figure unique du dessin annexé qui est une
5 vue en perspective d'une plaque de support de tubes et d'un tube de générateur de vapeur d'eau passant à travers cette plaque. Comme on peut le voir sur cette figure, une configuration ou conception d'ouverture, de trou ou d'alésage traversant
10 est définie dans une plaque 14 de support de tubes d'un échangeur de chaleur de générateur de vapeur d'eau de réacteur nucléaire, par exemple, et, à travers cette ouverture, un tube de générateur de vapeur d'eau passe en subissant qu'une quantité minimale d'usure par abrasion pendant sa durée de vie utile.

15 Les tubes 12 de générateur de vapeur d'eau, dont un seul a été représenté, s'étendent verticalement entre les plaques tubulaires supérieure et inférieure (non représentées) d'un échangeur de chaleur, les extrémités des tubes 12 du générateur de vapeur d'eau y étant assujetties de façon fixe
20 et étant en communication fluïdique avec une source d'eau et des collecteurs de décharge appropriés, également non représentés. Entre les plaques tubulaires supérieure et inférieure se trouve une pluralité de plaques 14 de support de tubes disposées horizontalement, dont une seule a été représentée
25 et qui sont supportées de façon suspendue dans un mode pendant depuis la plaque tubulaire supérieure au moyen de barres d'entretoisement, non représentées, de telle sorte que les plaques de support de tubes, en fait, sont suspendues librement à la plaque tubulaire supérieure et ne sont pas reliées à la plaque tubulaire inférieure ou plaque tubulaire du fond. Chacune des plaques
30 14 de support de tubes est pourvue d'une multiplicité d'ouvertures, d'alésages traversants, de trous, ou analogues, 16, dont un seul a été représenté et à travers lesquels les tubes 12 du générateur de vapeur d'eau passent. De plus, les
35 plaques 14 de support de tubes sont pourvues d'ouvertures ou alésages traversants supplémentaires qui permettent au sodium

liquide réfrigérant de les traverser afin de circuler à travers l'échangeur de chaleur quand il effectue son opération d'échange de chaleur. Il convient de remarquer, à ce stade, que le rayon R_1 de chacun des tubes 12 de générateur de vapeur d'eau 5 est sensiblement plus petit que le rayon des ouvertures ou alésages traversants 16 des plaques de support de tubes, c'est-à-dire, dans le cas de la présente invention, sensiblement plus petit que le rayon minimal R_2 de l'ouverture ou alésage traversant 16 et, de cette manière, le sodium liquide réfrigérant 10 peut de même traverser les ouvertures ou alésages traversants 16 de la plaque de support de tubes en concordance avec son mode d'écoulement de recirculation à travers l'échangeur de chaleur.

Pour éviter qu'il ne se produise, par suite de l'abrasion, 15 une usure exagérée inacceptable des tubes 12 de générateur de vapeur d'eau de l'échangeur de chaleur qui se trouvent en fait logés étroitement dans les ouvertures ou alésages traversants 16 des plaques 14 de support de tubes d'échangeur de chaleur dans les conditions de fonctionnement dans lesquelles les tubes 20 12 de générateur de vapeur d'eau peuvent se déplacer transversalement, c'est-à-dire pivoter, par rapport aux plaques 14 de support de tubes ou les plaques 14 de support de tubes peuvent se déplacer par rapport aux tubes 12 de générateur de vapeur d'eau, comme on l'a déjà décrit précédemment, on fait 25 en sorte, selon la présente invention, que la partie de paroi annulaire intérieure 18 de chaque plaque de support de tubes délimitant chaque ouverture ou alésage traversant 16 de tube de générateur de vapeur d'eau présente une courbure à rayon régulier qui est définie à l'aide d'un rayon extérieur R_3 et 30 qui s'étend de façon continue de la surface plane supérieure 20 de la plaque 14 de support de tubes jusqu'à la surface plane inférieure 22 de la plaque 14 de support de tubes. De cette manière, en d'autres termes, l'alésage traversant ou ouverture 16 a une configuration en sablier avec son rayon minimal 35 R_2 disposé dans le plan axial le plus central de l'alésage

traversant ou ouverture 16 ou de la plaque 14 de support de tubes, tandis que son rayon maximal R_4 se trouve dans les surfaces supérieure et inférieure 20 et 22 de la plaque 14 de support de tubes.

5 Par suite de la configuration en sablier précitée de chaque alésage traversant ou ouverture du tube de générateur de vapeur d'eau formé dans chaque plaque de support de tubes d'échangeur de chaleur, on peut facilement comprendre que chaque plaque 14 de support de tubes ne présente à chaque
10 tube 12 de générateur de vapeur d'eau aucun bord, surface ou zone de portée aigus autour duquel ou de laquelle les tubes 12 se courberaient ou se déplaceraient en subissant une abrasion dans diverses conditions de fonctionnement de l'échangeur de chaleur. En d'autres termes, à divers moments, c'est-à-dire
15 sous diverses conditions, pendant les modes de fonctionnement du réacteur nucléaire et de l'échangeur de chaleur en particulier, les tubes d'un générateur de vapeur d'eau classique seraient soumis à un contact linéaire abrasif avec diverses parties des structures de parois latérales des alésages de
20 trous traversants de la plaque de support de tubes, mais conformément à la présente invention et grâce à la paroi latérale annulaire intérieure 18 arrondie ou courbée de façon uniforme que comporte chaque ouverture 16 des plaques de support de tubes, seul un contact de surface à courbure régulière est établi
25 ou formé entre les tubes 12 de générateur de vapeur d'eau et chaque plaque 14 de support de tubes. Par conséquent, on peut en outre comprendre facilement que l'on a éliminé efficacement ou notablement minimisé l'usure exagérée inacceptable des tubes 12 de générateur de vapeur d'eau provenant de l'abrasion due
30 à leur déplacement par rapport aux plaques 14 de support de tubes ou bien au déplacement des plaques 14 de support de tubes par rapport à ces tubes 12, ce qui fait que la durée de vie utile des tubes 12 de générateur de vapeur d'eau se trouve prolongée. Cette suppression ou réduction maximale de l'usure
35 exagérée des tubes 12 de générateur de vapeur d'eau est le

résultat direct de la configuration arrondie ou courbée 18 des alésages traversants ou ouvertures 16 car on peut voir que lorsqu'il s'établit entre les tubes 12 et la plaque 14 de support de tubes un déplacement relatif autre qu'un déplacement
5 coaxial réel entre ces tubes et cette plaque, les tubes 12 ont tendance à tourner ou à pivoter sur la surface arrondie prolongée 18 de l'ouverture ou alésage traversant 16 par suite de la partie centralement convexe ou courbée de ce dernier. Ce mouvement de pivotement ou de rotation est également permis grâce
10 aux parties supérieure et inférieure de l'alésage traversant ou ouverture 16 telles qu'elles sont définies par les régions supérieure et inférieure radialement agrandies de cet alésage ou ouverture 16 qui présentent des valeurs de dimension d'étendue radiale prédéterminée appropriée R_4 et qui, conjointement
15 avec la région la plus centrale de l'alésage ou ouverture 16, telle qu'elle est définie par l'étendue radiale R_2 , ainsi qu'avec toutes les régions infinies restantes disposées dans des plans s'étendant transversalement et espacées axialement le long de l'axe d'alésage ou ouverture 16, forment des surfaces
20 inclinées de façon régulière ou divergent radialement à mesure que l'on s'éloigne du plan le plus central de chaque plaque de support 14 vers les surfaces supérieure et inférieure, 20 et 22, de ces dernières, respectivement. On peut donc comprendre que l'on peut obtenir de bonnes caractéristiques d'usure et une
25 longue durée de vie utile des tubes 12 de générateur de vapeur d'eau grâce aux plaques 14 de support de tubes de la présente invention comportant les alésages traversants ou ouvertures 16 qui ont une configuration particulière et qui y sont formés de telle manière qu'ils présentent des étendues radiales intérieures variant de façon continue en étant déterminées par une
30 courbure extérieure R_3 à rayon constant .

REVENDEICATIONS

1. Echangeur de chaleur comprenant un tube (12) d'échange thermique à travers lequel un fluide est acheminé lors d'une opération d'échange de chaleur ayant lieu dans
5 ledit échangeur de chaleur, et une plaque (14) de support de tubes comportant un alésage ou trou traversant (16) s'étendant à travers cette plaque et recevant le tube (12) d'échange de chaleur en vue de limiter le déplacement latéral de ce dernier dans l'échangeur de chaleur, caractérisé en ce que l'alésage
10 ou trou traversant (16) a une configuration en forme de sablier définie entre les surfaces opposées de la plaque (14) de support de tubes de manière à réduire sensiblement l'usure du tube (12) d'échange de chaleur qui provient du mouvement relatif entre ce tube (12) d'échange de chaleur et cette plaque (14) de
15 support de tubes.

2. Echangeur de chaleur selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'alésage ou trou traversant (16) en forme de sablier est défini par des dimensions radiales qui varient de façon constante à mesure que l'on se déplace le
20 long de l'axe de cet alésage ou trou traversant.

3. Echangeur de chaleur selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'alésage ou trou traversant (16) en forme de sablier comprend une paroi latérale annulaire intérieure (18) qui comporte une partie convexe intérieurement
25 dans le sens radial, cette partie étant définie entre lesdites surfaces opposées (20, 22) de la plaque (14) de support de tubes.

4. Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1, 2 ou 3, comportant un grand nombre de tubes d'échange de chaleur parallèles (12), caractérisé en ce qu'une
30 pluralité de plaques (14) de support de tubes sont disposées en étant espacées les unes des autres le long des tubes (12) de telle manière que les alésages ou trous traversants (16) se trouvent en alignement axial avec les tubes (12) s'étendant à travers les alésages ou trous traversants alignés axia-
35 lement.

