

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :

2 891 901

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

05 53028

⑤1 Int Cl⁸ : F 28 B 1/00 (2006.01), F 28 D 1/053, 7/00, F 28 F 1/02, 1/20, 1/42, F 25 J 3/00, 3/04, 5/00

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 06.10.05.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 13.04.07 Bulletin 07/15.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDES GEORGES CLAUDE — FR.

⑦2 Inventeur(s) : TRANIER JEAN PIERRE et WAGNER MARC.

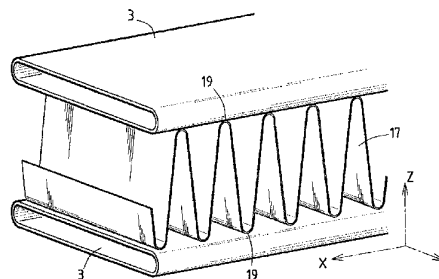
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) :

⑤4 PROCÉDE DE VAPORISATION ET/OU DE CONDENSATION DANS UN ÉCHANGEUR DE CHALEUR.

⑤7 Dans ce procédé de vaporisation et/ou de condensation d'au moins un fluide dans un échangeur de chaleur constitué d'un empilement d'au moins un tube (3) et d'au moins une onde pliée (17), l'onde et le tube étant de préférence brasés l'un avec l'autre, un fluide circule à l'intérieur d'au moins un tube, et un autre fluide circule autour de l'onde (17).

L'invention vise également une installation de séparation d'un mélange de fluides par distillation cryogénique, comprenant au moins un échangeur de chaleur opérant selon un tel procédé.



FR 2 891 901 - A1



La présente invention est relative à un procédé de vaporisation et éventuellement de condensation de fluide dans un échangeur de chaleur et à une installation de séparation d'un mélange de fluides par distillation cryogénique
5 comprenant au moins un échangeur de chaleur opérant selon un tel procédé. En particulier elle concerne un procédé de vaporisation et éventuellement de condensation de gaz de l'air dans une installation de séparation de gaz de l'air par distillation cryogénique.

Depuis très longtemps, les unités de séparation des gaz de l'air utilisent des
10 échangeurs à plaques en aluminium brasés pour les fonctions de rebouilleurs/condenseurs des colonnes à distiller, notamment le rebouilleur/condenseur de la double colonne avec de l'azote en condensation et de l'oxygène en vaporisation.

Deux principes de fonctionnement de ces rebouilleurs/condenseurs ont été
15 proposés :

en thermosiphon : c'est la solution la plus ancienne avec deux variantes :

1) Le corps du vaporiseur peut être disposé verticalement et complètement (ou partiellement) immergé dans un bain d'oxygène liquide. Cet oxygène liquide rentre en bas du vaporiseur est réchauffé jusqu'à son point de bulle puis est
20 vaporisé partiellement. Le taux de recirculation (débit de liquide en excès en sortie sur débit vaporisé) est très élevé pouvant aller de 5 à 100. Les dimensions des corps peuvent être de l'ordre de 1220 mm de largeur x 1200 mm d'empilage x 2000 mm de longueur. Un des inconvénients est que même si l'écart minimal dans l'échangeur peut être faible (0.3-0.4°C), l'écart apparent (écart entre la
25 température de l'azote qui rentre dans le rebouilleur condenseur et la température de l'oxygène vaporisé) reste élevé (1.2-1.6°C) à cause de la hauteur hydrostatique de liquide qui augmente la pression du dit liquide en bas de l'échangeur et donc sa température de vaporisation. On pourrait penser qu'il est possible de diminuer la hauteur hydrostatique en n'immergeant pas complètement le vaporiseur mais
30 on diminuerait alors la recirculation. Or il est dangereux de fonctionner à recirculation nulle (ou faible) car en vaporisant intégralement l'oxygène liquide (globalement ou localement), on atteint la limite de solubilité de

certains constituants lourds (hydrocarbures par exemple) dans la dernière goutte de liquide à vaporiser. Ces constituants lourds risquent de se déposer et d'entraîner une explosion dans le vaporiseur et la combustion de l'aluminium.

2) Le corps du vaporiseur est disposé horizontalement et complètement (ou partiellement) immergé dans un bain d'oxygène liquide. Le fonctionnement est identique à celui du vaporiseur installé verticalement. En diminuant la hauteur hydrostatique, on améliore le fonctionnement côté oxygène. Par contre la conception des passages azote n'est pas évidente. Soit on limite la longueur du corps de l'échangeur (le corps est cubique) et on utilise le même plan de passage que pour les corps verticaux, soit on garde la même longueur de corps (2000 mm voire plus) alors on est obligé de faire circuler l'azote horizontalement (sinon les distributeurs prendraient toute la hauteur du corps) à courant croisé ce qui entraîne une dissymétrie de chauffage qui peut pénaliser la performance ainsi que des défauts d'évacuation de l'azote liquide (la gravité l'entraînant vers le bas des passages) qui pénalise aussi localement le coefficient d'échange.

- en film : solution plus récente décrite notamment dans US-A- 4599097.

Le liquide est distribué sur des plaques verticales. La pression hydrostatique ne pénalise plus alors l'échange et on peut obtenir des écarts faibles (inférieurs à 1 C). Cependant si l'on veut assurer un excès de liquide en sortie de l'échangeur pour éviter la vaporisation à sec et le dépôt de constituants lourds, une pompe est nécessaire. Autrement, le fonctionnement est potentiellement dangereux pour les même raisons que les rebouilleurs/condenseurs.

EP-A-1008826 propose un vaporiseur à film dans lequel l'échangeur comprend des passages définis par des plaques parallèles. Les passages de vaporisation de liquide contiennent des passages auxiliaires ne comprenant que des surfaces courbes, par exemple des tubes cylindriques.

Par ailleurs, deux types de conception existent : rebouilleur/condenseur à l'intérieur d'une colonne ou d'une virole ou vaporiseur dit extérieur, décrit par exemple dans US-A- 5333683.

L'objet de l'invention est de proposer un procédé de condensation et/ou vaporisation utilisant un échangeur de chaleur qui pallie les défauts de l'art

antérieur et plus généralement un procédé d'échange de chaleur alternatif à celui réalisé dans un échangeur à plaques en aluminium brasé, dérivé de la technologie actuellement utilisée dans les radiateurs automobiles.

5 A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de vaporisation et éventuellement de condensation d'au moins un fluide dans un échangeur de chaleur constitué d'un empilement d'au moins un tube et d'au moins une onde pliée, l'onde et le tube étant de préférence brasés l'un avec l'autre, et dans lequel un fluide, éventuellement à condenser, circule à l'intérieur d'au moins un tube et un autre fluide à vaporiser circule dans des canaux générés par des ondes.

10 Le procédé selon l'invention peut en outre comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- le pliage des ondes est sensiblement parallèle à l'axe des tubes ;
- les tubes et ondes sont en aluminium, pur ou allié ;
- les tubes et ondes sont en alliage à base de cuivre ;
- 15 - les tubes et ondes sont en alliage à base de fer ;
- les tubes sont oblongs et/ou aplatis ;
- une partie de la surface d'échange soit à l'intérieur des tubes ;
- le tube a des canaux parallèles à l'intérieur comprenant des deux parois plates parallèles et des parois internes reliés aux deux parois plates et définissant
20 les canaux parallèles ;
- la surface d'échange à l'intérieur des tubes est obtenue par pliage, par extrusion ou par des inserts de préférences brasés par exemple des ondes ; et
- les ondes sont perforées, droites, serrated et/ou à persiennes.

25 Alternativement, on pourrait imaginer que la vaporisation se réalise dans les tubes et l'invention aurait alors pour objet un procédé de vaporisation et éventuellement de condensation d'au moins un fluide dans un échangeur de chaleur constitué d'un empilement d'au moins un tube et d'au moins une onde pliée, l'onde et le tube étant de préférence brasés l'un avec l'autre, et dans lequel

un fluide, à vaporiser, circule à l'intérieur d'au moins un tube et un autre fluide éventuellement à vaporiser circule dans des canaux générés par des ondes.

L'invention vise plus particulièrement un procédé de vaporisation d'au moins un liquide dérivé de l'air et éventuellement de condensation d'au moins un gaz dérivé de l'air, ou qui est de l'air, tel que décrit précédemment.

L'invention vise également un procédé de vaporisation d'au moins un liquide ayant comme composant principal du méthane et/ou du monoxyde de carbone et/ou de l'hydrogène, et éventuellement de condensation d'au moins un gaz ayant comme composant principal du méthane et/ou du monoxyde de carbone et/ou de l'hydrogène, tel que décrit précédemment.

L'invention vise enfin une installation de séparation d'un mélange de fluide par distillation cryogénique dans au moins une colonne ayant au moins un échangeur de chaleur opérant selon un procédé d'échange de chaleur dans un échangeur de chaleur constitué d'un empilement d'au moins un tube et d'au moins une onde pliée, l'onde et le tube étant de préférence brasés l'un avec l'autre, et dans lequel un fluide circule à l'intérieur d'au moins un tube et un autre fluide circule autour de l'onde, l'un se réchauffant alors que l'autre se refroidit. .

De préférence, au moins l'un des échangeurs de chaleur d'une telle installation et de l'un des types ci-dessous :

i) un vaporiseur-condenseur permettant la vaporisation d'un liquide par échange de chaleur avec un gaz qui se condense à l'intérieur ou à l'extérieur d'une colonne de distillation ou ;

ii) un sous-refroidisseur ou ;

iii) un réchauffeur d'un gaz de régénération d'une unité d'épuration utilisée pour épurer le mélange à distiller ou ;

iv) un déphlegmateur ou ;

v) un échangeur de chaleur ayant des passages permettant le refroidissement du mélange à distiller à une température cryogénique ou ;

vi) un échangeur de refroidissement d'un inter-étage d'un compresseur du mélange à distiller ou d'un produit de la distillation.

Les avantages d'une telle solution sont multiples :

1) La production des échangeurs pourra bénéficier des infrastructures disponibles pour la production de radiateurs automobiles permettant une diminution très substantielle du coût et délais de fabrication de ces échangeurs. Aujourd'hui, il faut plusieurs mois pour concevoir et fabriquer des corps en aluminium brasés. En utilisant la technologie des radiateurs automobiles, une fois définies des tailles standards, la fabrication ne nécessitera que quelques jours.

2) Cette technologie permettra aussi d'offrir d'autres alternatives au niveau des matériaux. Certes, l'aluminium restera une possibilité mais des échangeurs en cuivre/bronze ou en aciers inoxydables seront possibles à réaliser. Du même coup, en s'affranchissant du risque de combustion de l'aluminium (en utilisant par exemple des alliages à base de cuivre), l'utilisation de rebouilleurs, condenseur à film est rendue plus sûre.

3) En utilisant la technologie classique des échangeurs à plaques en aluminium brasé, lorsque l'on cherche à les mettre dans la virole circulaire d'une colonne à distiller, la section utile (zone d'échange) n'occupe qu'environ 50 % de la section de la colonne ; en utilisant cette technologie de type « radiateur », on n'a plus besoin de mettre les boîtes et collecteurs à la même altitude que les corps d'échanges. Ceux-ci peuvent être placés avantageusement au-dessus et au-dessous des échangeurs.

4) En ne brasant plus des corps de grande dimension et en utilisant des alliages à base de cuivre, on ne risque plus d'avoir des affaissements d'ondes ni de risque de combustion de l'aluminium car le matériau est beaucoup plus résistant et ne dégageant pas d'énergie en cas de combustion, on peut donc réduire considérablement l'épaisseur des ondes côté vaporisation (jusqu'à 50 μm).

Néanmoins, même si la technologie des radiateurs automobiles peut être utilisée, certaines adaptations sont nécessaires pour la rendre encore plus intéressante pour un usage en rebouilleur/condenseur :

1) Remplacement du courant-croisé par du contre-courant dans le cas d'une vaporisation en thermosiphon :

Les collecteurs sont placés verticalement dans un radiateur d'automobile. Dans un rebouilleur-condenseur de type thermosiphon, dans lequel le sens du fluide en condensation dans les tubes est à contre-courant du sens du fluide se vaporisant dans les canaux générés par les ondes, du fait de la condensation dans les tubes, on placera le collecteur gaz en haut et le collecteur liquide en bas, de manière à faciliter l'écoulement par gravité du liquide.

2) Remplacement du courant-croisé par du co-courant dans le cas d'une vaporisation en film

Dans ce cas, le sens du fluide en condensation dans les tubes est à co-courant du sens du fluide se vaporisant dans les canaux générés par les ondes et un dispositif d'alimentation du liquide à vaporiser doit être ajouté en haut des ondes.

3) Dans un radiateur, on refroidit souvent de l'eau dans les tubes contre de l'air dans les ondes. Comme le coefficient d'échange côté air est nettement plus faible que côté eau (au moins un facteur 10), on augmente la surface d'échange côté air grâce aux ondes. Dans le cas de la vaporisation/condensation, les coefficients d'échange des deux côtés sont du même ordre de grandeur. On a donc intérêt à avoir des surfaces d'échange similaires d'où la solution qui consiste à avoir de la surface supplémentaire à l'intérieur des tubes : inserts, ondes brasées (ou non), pliages, extrusion... (brevet US 6241012).

4) Une telle structure pourrait aussi fonctionner en déphlegmateur.

Enfin, l'utilisation d'échangeurs dérivés de la technologie de radiateur automobile dans la séparation des gaz par distillation cryogénique, ne se limite pas aux vaporiseurs-condenseurs, qui vaporisent un fluide par échange de chaleur avec un autre fluide qui se condense, mais peut aussi être utilisée pour :

- les réchauffeurs de gaz de régénération des unités d'épuration ;

- les sous-refroidisseurs ;

- échangeurs principaux, notamment pour vaporiser sous pression de l'oxygène gazeux dans des tubes en alliage à base de cuivre vis à vis d'air qui se condense ;

- les échangeurs de refroidissement inter-étage des compresseurs.

Des modes particuliers de réalisation de l'invention vont maintenant être décrits en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la Figure 1 est une vue de face en élévation d'un échangeur de chaleur d'un premier type selon l'invention ;

5 - la Figure 2 est une vue en perspective schématique d'un échangeur de chaleur pour la mise en œuvre du procédé conforme à l'invention ;

- la Figure 3 est une vue en perspective, à plus grande échelle et selon la même direction, d'une partie de l'échangeur représenté sur la Figure 1, selon un premier mode de réalisation ;

10 - la Figure 4 est une vue en perspective représentant un tronçon de tube de l'échangeur de la Figure 2, selon un deuxième mode de réalisation ;

- la Figure 5 est une vue en coupe, dans un plan vertical, d'un empilement de tubes et d'ondes d'un échangeur de chaleur selon un troisième mode de réalisation; et

15 - les Figures 6 et 7 sont des vues schématiques, respectivement de dessus et de face, d'un rebouilleur-condenseur d'une installation selon l'invention, qui contient des échangeurs d'un deuxième type, analogue au premier représenté sur les Figures 1 et 2.

20 Sur la Figure 1 , on a représenté schématiquement un échangeur de chaleur 1, de structure analogue à celle des échangeurs utilisés dans les circuits de refroidissement de véhicules automobiles.

Pour la commodité de la description qui va suivre, les Figures 1 à 5 seront orientées suivant le repère orthogonal X, Y, Z, dans lequel :

25 - les axes X et Z définissent le plan vertical de la Figure 1 et les directions principales dans lesquelles s'étend l'échangeur 1, l'axe X étant supposé horizontal, et l'axe Z étant supposé vertical ; et

- l'axe Y est l'axe horizontal transversal.

L'échangeur représenté sur la Figure 1 comprend essentiellement d'une part un empilement de tubes allongés 3, espacés et parallèles entre eux, et s'étendant

horizontalement suivant l'axe X, et d'autre part des ailettes oblongues pliées (non visibles sur la Figure 1), agencées dans les intervalles compris entre deux tubes 3 consécutifs.

Les tubes 3 sont reliés, à l'une de leurs extrémités, à une colonne de distribution 5, et à leur autre extrémité à une colonne collectrice 7. Les deux colonnes 5, 7 sont formées de conduites tubulaires verticales en communication de fluide avec chacun des tubes 3. De manière préférentielle, les tubes 3 sont brasés sur les colonnes 5, 7 qui ont été préalablement formées pour permettre aux tubes 3 de s'emboîter dans les dites colonnes. Ces colonnes ne sont pas forcément de forme cylindrique. Il peut s'agir d'une plaque tubulaire emboutie pour permettre l'emboîtement des tubes sur laquelle auront été de manière préférentielle brasés les tubes et sur laquelle une boîte typiquement de forme demi-cylindrique sera attachée par exemple par soudage après l'opération de brasage.

La colonne de distribution 5 est équipée, dans une partie supérieure, d'un raccord 9 d'entrée de fluide permettant d'alimenter l'échangeur 1 en un premier fluide.

La colonne collectrice 7 est pourvue, de façon correspondante, dans une partie inférieure, d'un raccord de sortie 11 assurant l'évacuation du premier fluide de l'échangeur 1.

Les raccords 9, 11 ont été représentés de façon schématique sur la Figure 2.

Comme celui de la Figure 1, l'échangeur représenté sur la Figure 2 comprend essentiellement d'une part un empilement de tubes allongés 3, espacés et parallèles entre eux, et d'autre part des ailettes oblongues pliées (non visibles sur la Figure 2), agencées dans les intervalles compris entre deux tubes 3 consécutifs. Or dans le cas de l'invention, les tubes allongés 3 s'étendent verticalement suivant l'axe Z et la direction d'ondulation ou de pliage des ailettes 17 de la Figure 2 est parallèle à l'axe longitudinal des tubes 3, c'est-à-dire l'axe Y ;

Les tubes 3 sont reliés, à leur extrémité supérieure, à une colonne de distribution 5, et à leur autre extrémité à une colonne collectrice 7. Les deux colonnes 5, 7 sont formées de conduites tubulaires verticales placées horizontalement et en communication de fluide avec chacun des tubes 3. De manière préférentielle, les tubes 3 sont brasés sur les colonnes 5, 7 qui ont été préalablement formées pour permettre aux tubes 3 de s'emboîter dans les dites colonnes. Ces colonnes ne sont pas forcément de forme cylindrique. Il peut s'agir d'une plaque tubulaire emboutie pour permettre l'emboîtement des tubes sur laquelle auront été de manière préférentielle brasés les tubes et sur laquelle une boîte typiquement de forme demi-cylindrique sera attachée par exemple par soudage après l'opération de brasage.

La colonne de distribution 7 est équipée, à gauche, d'un raccord 11 d'entrée permettant d'alimenter l'échangeur 1 en un premier fluide sous forme gazeuse. Le raccord s'étend perpendiculairement à l'axe de la colonne de distribution et à l'axe des tubes. Ce raccord pourrait néanmoins s'étendre dans une autre direction, par exemple selon l'axe Z ou éventuellement Y.

La colonne collectrice 5 est pourvue, de façon correspondante, dans une partie inférieure, d'un raccord de sortie 9 assurant l'évacuation du premier fluide de l'échangeur 1. Le raccord s'étend perpendiculairement à l'axe de la colonne de distribution et à l'axe des tubes. Ce raccord pourrait néanmoins s'étendre dans une autre direction, par exemple selon l'axe Z ou éventuellement Y.

Les raccords 9, 11 ont été représentés de façon schématique sur la Figure 2.

Dans le cas d'une vaporisation en thermosiphon, un fluide à vaporiser (un deuxième fluide) circule au travers de l'ailette 17, selon une direction verticale ascendante (c'est-à-dire qu'on fait circuler le fluide à vaporiser dans les canaux générés par les ondes), et on fait circuler un fluide de température plus élevée (premier fluide), à l'intérieur des tubes 3 selon une direction verticale descendante.

Dans le cas d'une vaporisation en film, un fluide éventuellement à condenser circule au travers de l'ailette 17, selon une direction verticale

descendante (c'est-à-dire qu'on fait circuler le fluide éventuellement à condenser dans les canaux générés par les ondes), et on fait circuler un fluide de température plus faible à vaporiser, à l'intérieur des tubes 3 selon une direction verticale descendante.

5 Sur la Figure 3, on a représenté un tronçon d'une partie de l'échangeur 1 de la Figure 1, constituée de deux tubes 3 consécutifs, et d'une ailette ondulée 17 ménagée entre ces deux tubes.

Comme cela est apparent sur cette Figure, les tubes 3 ont une section courante, dans le plan vertical XY, de forme allongée transversalement, suivant
10 l'axe X, de sorte qu'ils possèdent chacun deux faces opposées sensiblement planes et parallèles. En d'autres termes, les tubes 3 ont une section oblongue suivant l'axe transversal X, et de forme aplatie.

L'aillette 17 est ondulée selon une direction d'ondulation ou de pliage Y, perpendiculaire à l'axe longitudinal des tubes 3. L'aillette 17 est fixée aux tubes 3,
15 de préférence par brasage, au niveau de ses sommets 19. Cette opération de brasage peut être concomitante au brasage des tubes 3 sur les colonnes 5,7.

Les ailettes 17 peuvent être de tout type adapté, par exemple de l'un parmi les types suivants, couramment utilisés dans les échangeurs de chaleur à plaques, à savoir : les ailettes perforées, droites, « serrated » (à décalage partiel),
20 « herringbone » (en zigzag) et à persiennes.

Les ailettes 17 peuvent avoir, en section dans le plan YZ, une forme sinusoïdale, en créneau, ou triangulaire, ou encore présenter tout autre type adapté de motif géométrique.

Le diamètre hydraulique des canaux formés par les ailettes 17 est
25 typiquement entre 100 μm et 10 mm.

Ces ailettes peuvent être en tôles pleines, en tôles perforées, en métal fritté ou tout autre structure métallique (mousse, ...).

Les tubes 3 et les ailettes 17 peuvent être réalisés en aluminium pur ou allié.

En variante, les tubes 3 et les ailettes 17 peuvent être réalisées en alliage à
30 base de cuivre.

En autre variante, les tubes 3 et les ailettes 17 peuvent être réalisées en alliage à base de fer.

L'échangeur 1 de la Figure 2 comporte des ailettes 17 orientées non plus selon l'axe X mais selon l'axe Z.

5 Dans l'exemple de la Figure 4, le volume intérieur délimité par chaque tube est divisé en deux longitudinalement. Pour cela, le tube 103 a sa face supérieure découpée suivant une ligne longitudinale médiane, les deux bords 21, 22 séparés par cette ligne étant rabattus vers l'intérieur du tube et soudés sur la paroi inférieure. Les bandes ainsi rabattues sont jointives et forment une double paroi
10 de séparation entre les deux compartiments longitudinaux 103A, 103B ainsi définis. Ces compartiments sont appelés canaux.

Le soudage des bords 21, 22 sur la paroi inférieure peut par exemple être réalisée au laser.

Un échangeur de chaleur constitué à partir de tubes de ce type est
15 susceptible de mieux résister à la pression du fluide circulant dans les canaux 103A, 103B car de dimension plus réduite que le tube 3. Une telle conception peut être utilisée pour générer un nombre de canaux supérieur à 2.

Accessoirement, un échangeur de chaleur constitué à partir de tubes de ce type est susceptible de fonctionner avec trois fluides différents, l'un circulant
20 autour des ailettes, un autre circulant dans l'un 103A des canaux, et le dernier circulant dans l'autre 103B des canaux.

Dans les deux canaux 103A, 103B, on peut ainsi faire circuler deux fluides différents entre lesquels se produit un échange de chaleur, de sorte qu'une partie de la surface d'échange, qui est obtenue par le pliage des bords 21, 22, se trouve
25 à l'intérieur du tube 103.

Sur la Figure 5, on a illustré une autre forme de réalisation d'un empilement de tubes et d'ailettes, adaptées pour la mise en œuvre du procédé conforme à l'invention.

Dans cet empilement, les tubes 203 sont également des tubes de section
30 allongée transversalement, à faces opposées planes et parallèles. Leur volume

intérieur est cependant divisé en une pluralité de canaux longitudinaux 203A parallèles, séparés par des parois planes 23 parallèles entre elles, ici verticales. Le diamètre hydraulique de ces canaux est typiquement entre 100 μm et 10 mm.

Les parois 23 peuvent être venues de matière avec les parois extérieures du tube 203, par exemple par extrusion, ou encore être constituées d'inserts, de préférence brasés. Ces inserts peuvent être très similaires aux ailettes 17.

Dans l'exemple représenté, chaque couche de tubes est constituée de deux tubes parallèles adjacents agencés dans un même plan.

Ainsi, une partie de la surface d'échange se trouve à l'intérieur des tubes 203.

Eventuellement, une paroi 204 entoure les tubes 203 et les ailettes 17 de manière à rendre l'échangeur étanche vis-à-vis de son environnement. Cette paroi peut être brasée sur les tubes 203 ou simplement cerclée autour des tubes 203.

Dans la forme de réalisation de la Figure 5, et contrairement à la forme de réalisation de la Figure 3, le fluide à vaporiser qui circule autour de l'onde 17, circule de façon parallèle aux fluides à condenser circulant dans les tubes 203. De préférence, les fluides à condenser d'une part, et le fluide à vaporiser d'autre part, seront mis en circulation dans des sens contraires.

Sur les Figures 6 et 7, on a représenté schématiquement une partie de l'installation conforme à l'invention, qui comprend, à l'intérieur d'une virole 31 de forme générale cylindrique, une série d'échangeurs 301a-301n de même type, analogue à celui des Figures 1 et 2.

Pour ces Figures, le repère orthogonal X_0 , Y_0 , Z_0 représenté est défini de la façon suivante :

- l'axe Z_0 est l'axe vertical orienté de bas en haut ;
- l'axe X_0 est l'axe horizontal définissant avec l'axe Z_0 les plans principaux dans lesquels s'étendent les échangeurs 301 ; et
- l'axe Y_0 est l'axe horizontal orthogonal à l'axe X_0 .

Les échangeurs 301a-301n sont tous disposés parallèlement et centrés sur un plan diamétral de la virole cylindrique 31, comme cela est visible sur la Figure 6. La longueur de chaque échangeur 301a-n est ajustée à la longueur, suivant l'axe X_0 , de la section verticale de la virole 31 sur l'axe Y_0 . C'est ainsi que la longueur selon l'axe X_0 des échangeurs 301a-301n croît vers l'axe central Z_0 de la virole cylindrique 31.

Contrairement à l'orientation de l'échangeur 1 représenté sur la Figure 1, l'orientation des échangeurs 301a-n est telle que les colonnes de distribution 305a-n s'étendent horizontalement du côté supérieur de la virole 31, tandis que les colonnes collectrices 307a-n s'étendent du côté inférieur de la virole 31, également horizontalement. Ainsi, les empilements de tubes 303 s'étendent entre les colonnes 305a-n, 307a-n, suivant l'axe vertical Z.

Au-dessus des colonnes de distribution 305a-n est agencé un collecteur de gaz 41 prévu pour alimenter en gaz le groupe d'échangeurs 301a-n.

L'installation représentée comprend d'autre part un collecteur de liquide 43, agencé sous les colonnes collectrices 307a-n, et prévu pour recueillir la phase liquide issue du groupe d'échangeurs 301a-n.

Les ailettes s'arrêtent avant les colonnes 307a-n et 305a-n de manière à permettre l'entrée et la sortie du fluide. La paroi externe telle que représentée sur la Figure 5 (204) s'arrête sensiblement aux mêmes niveaux que les ailettes aussi de manière à permettre l'entrée et la sortie des fluides.

Le procédé de vaporisation et de condensation qui a été décrit précédemment, ainsi que l'installation décrite en référence aux Figures 6 et 7, s'applique à la vaporisation d'au moins un liquide dérivé de l'air ou un liquide qui est de l'air liquéfié et à la condensation d'au moins un gaz dérivé de l'air, ce gaz pouvant également être l'air lui-même.

Le procédé et l'installation s'appliquent également à la vaporisation d'au moins un liquide ayant comme composant principal le méthane et/ou le monoxyde de carbone et/ou l'hydrogène, et à la condensation d'au moins un gaz ayant comme composant principal le méthane et/ou le monoxyde de carbone et/ou l'hydrogène.

Un tel procédé peut s'appliquer à de nombreux types d'installations de séparation de mélange de fluides, fonctionnant par distillation cryogénique, dans au moins une colonne ayant un ou plusieurs échangeurs de chaleur, tels que décrit précédemment.

5 L'installation peut notamment être :

- un vaporiseur-condenseur permettant la vaporisation d'un liquide par échange de chaleur avec un gaz qui se condense à l'intérieur ou à l'extérieur d'une colonne de distillation, ou

- un sous-refroidisseur, ou

10 - un réchauffeur d'un gaz de régénération d'une unité d'épuration utilisée pour épurer le mélange à distiller, ou

- un déphlegmateur, ou

- un échangeur de chaleur ayant des passages permettant le refroidissement du mélange à distiller à une température cryogénique, ou

15 - un échangeur de refroidissement d'un inter-étage d'un compresseur du mélange à distiller ou d'un produit de la distillation.

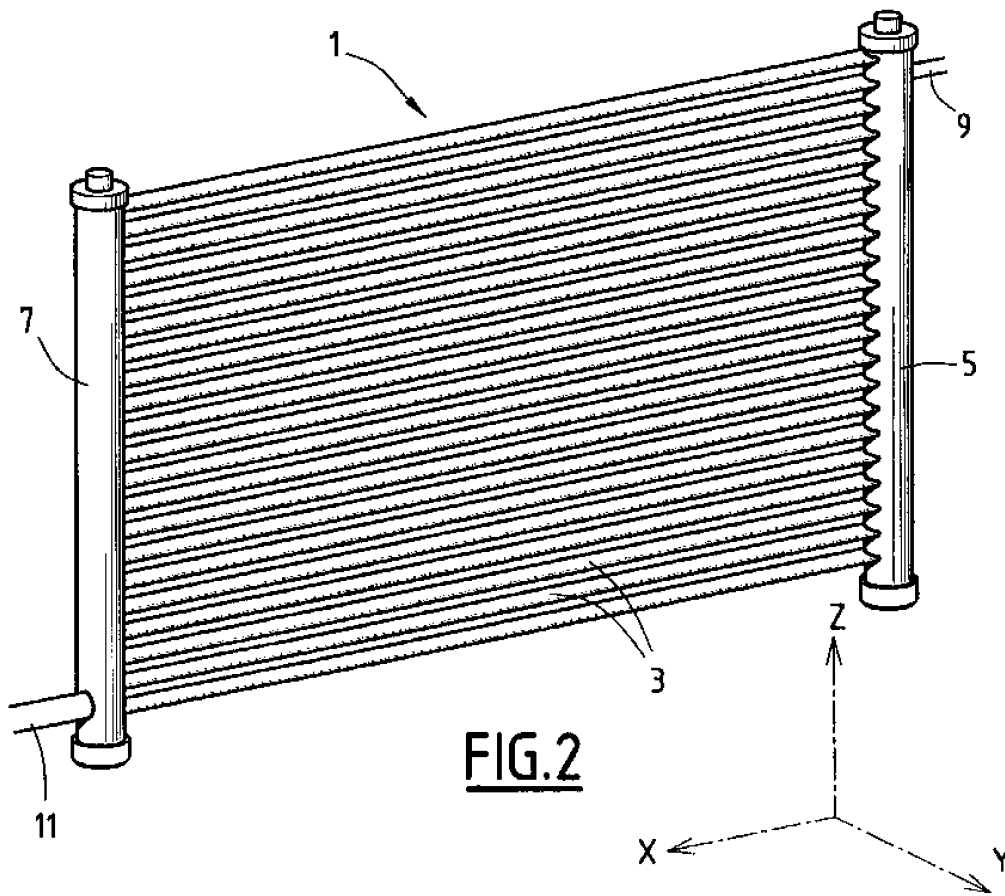
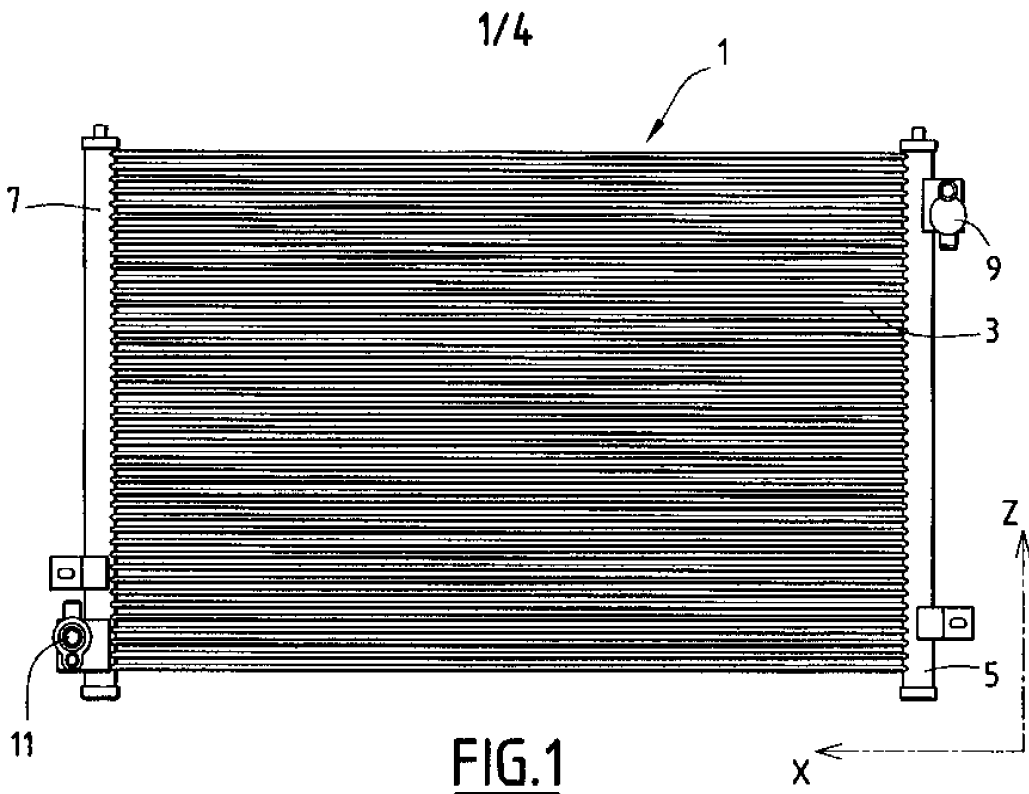
REVENDICATIONS

1. Procédé de vaporisation et/ou de condensation d'au moins un fluide dans un échangeur de chaleur (1 ; 301) constitué d'un empilement d'au moins un tube (3 ; 103 ; 203 ; 303) et d'au moins une onde pliée (17), l'onde et le tube étant de préférence brasés l'un avec l'autre, et dans lequel un premier fluide, éventuellement à condenser, circule à l'intérieur d'au moins un tube, et un deuxième fluide, éventuellement à vaporiser circule autour de l'onde (17) dans lequel a) le premier fluide se condense et le deuxième fluide se vaporise ou b) le premier fluide se vaporise et le deuxième fluide se condense.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le pliage des ondes (17) est sensiblement parallèle à l'axe (X ou Z pour la Figure 2 ; Z_0) des tubes (3 ; 103).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que les tubes (3 ; 103 ; 203 ; 303) et ondes (17) sont en aluminium, pur ou allié.
4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que les tubes (3 ; 103 ; 203 ; 303) et ondes (17) sont en alliage à base de cuivre.
5. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que les tubes (3 ; 103 ; 203 ; 303) et ondes (17) sont en alliage à base de fer.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que les tubes (3 ; 103 ; 203 ; 303) sont oblongs et/ou aplatis.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'une partie de la surface d'échange (23) soit à l'intérieur des tubes (103 ; 203).
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la surface d'échange à l'intérieur des tubes (103 ; 203) est obtenue par pliage, par extrusion ou par des inserts de préférences brasés.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que les ondes (17) sont perforées, droites, « serrated » (à décalage partiel), « herringbone » (en zigzag) et/ou à persiennes.
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel le premier fluide circule à l'intérieur d'au moins un tube selon une direction verticale descendante.
11. Procédé selon la revendication 10 dans lequel le premier fluide est un fluide qui se vaporise dans l'au moins un tube et le deuxième fluide éventuellement à condenser circule autour de l'onde (17) selon une direction verticale descendante.
12. Procédé selon la revendication 10 dans lequel un fluide à vaporiser (deuxième fluide) circule autour de l'onde (17), selon une direction verticale ascendante.
13. Procédé de vaporisation d'au moins un liquide dérivé de l'air et éventuellement de condensation d'au moins un gaz dérivé de l'air ou qui est de l'air selon l'une des revendications précédentes.
14. Procédé de vaporisation d'au moins un liquide ayant comme composant principal du méthane et/ou du monoxyde de carbone et/ou de l'hydrogène et éventuellement de condensation d'au moins un gaz ayant comme composant principal du méthane et/ou du monoxyde de carbone et/ou de l'hydrogène selon l'une des revendications 1 à 12.
15. Echangeur de chaleur constitué d'un empilement d'au moins un tube (3 ; 103 ; 203 ; 303) et d'au moins une onde pliée (17), l'onde et le tube étant de préférence brasés l'un avec l'autre, une colonne de distribution pour envoyer un premier fluide, éventuellement à condenser, à l'intérieur d'au moins un tube par une extrémité du tube, une colonne collectrice pour recueillir le premier fluide à l'autre extrémité du tube, des moyens pour envoyer un deuxième fluide, éventuellement à vaporiser autour de l'onde (17), des moyens pour collecter le deuxième fluide caractérisé en ce que le pliage des ondes (17) est sensiblement parallèle à l'axe (X ; Z₀) des tubes (3 ; 103).

16. Echangeur de chaleur selon la revendication 15 dans lequel un tuyau d'arrivée de fluide connecté à la colonne de distribution et/ou un tuyau de recueillement de fluide connecté à la colonne collectrice a un axe perpendiculaire à l'axe des tubes.
17. Echangeur selon la revendication 15 ou 16 comprenant deux séries de tubes, une première série reliée à une entrée et à une sortie pour le premier fluide et la deuxième série reliée à une entrée et à une sortie pour le deuxième fluide, dans lequel au moins un tube de la deuxième série contient l'onde (17).
18. Installation de séparation d'un mélange de fluides par distillation cryogénique dans au moins une colonne ayant au moins un échangeur de chaleur opérant selon le procédé d'une des revendications 1 à 14 ou étant selon la revendication 15, 16 ou 17.
19. Installation selon la revendication 18 dans laquelle au moins un des échangeurs de chaleur, opérant selon le procédé d'une des revendications 1 à 14 ou étant selon la revendication 15, 16 ou 17, est
 - un vaporiseur-condenseur permettant la vaporisation d'un liquide par échange de chaleur avec un gaz qui se condense à l'intérieur ou à l'extérieur d'une colonne de distillation, ou
 - un sous-refroidisseur, ou
 - un réchauffeur d'un gaz de régénération d'une unité d'épuration utilisée pour épurer le mélange à distiller, ou
 - un déphlegmateur, ou
 - un échangeur de chaleur ayant des passages permettant le refroidissement du mélange à distiller à une température cryogénique, ou
 - un échangeur de refroidissement d'un inter-étage d'un compresseur du mélange à distiller ou d'un produit de la distillation.
20. Installation selon la revendication 19 dans laquelle un vaporiseur-condenseur situé à l'intérieur de la colonne de distillation est constitué par plusieurs échangeurs opérant selon les revendications 1 à 14 ou étant selon

les revendications 15, 16 ou 17, les échangeurs étant de largeurs différentes afin de remplir toute la section de la colonne.



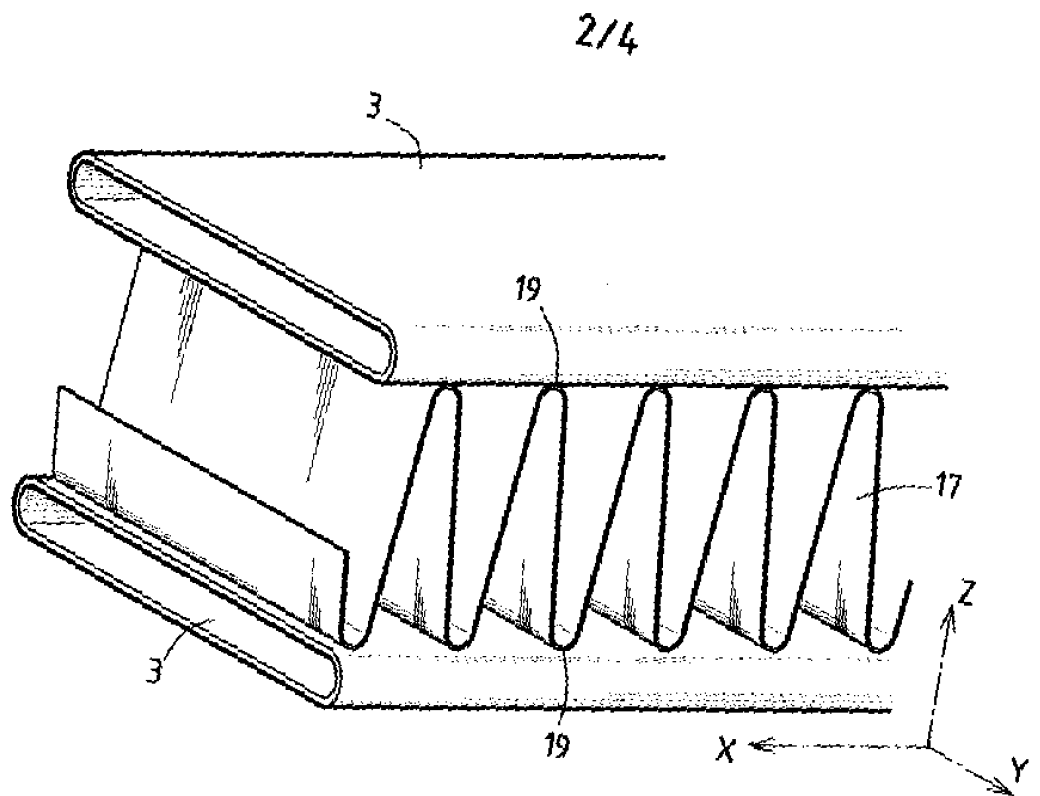
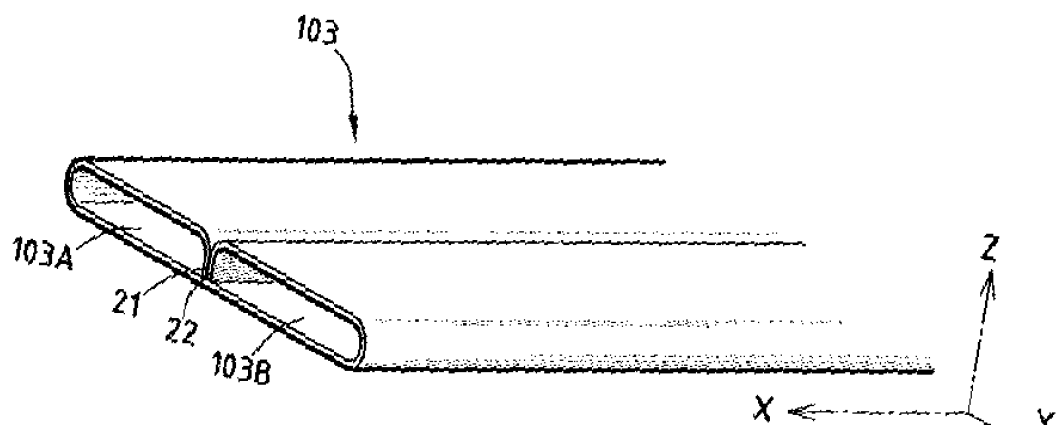
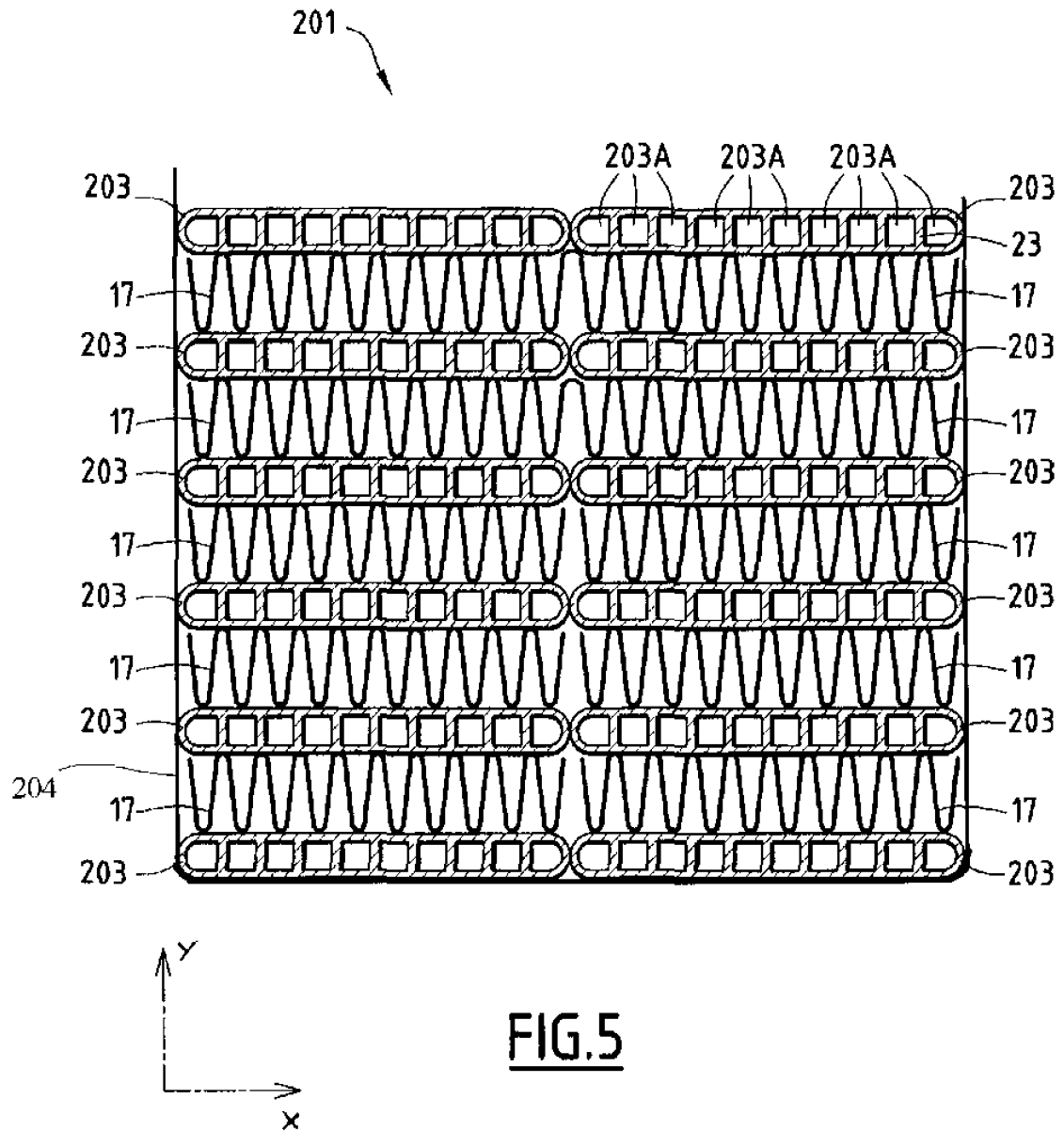


FIG. 3



3/4



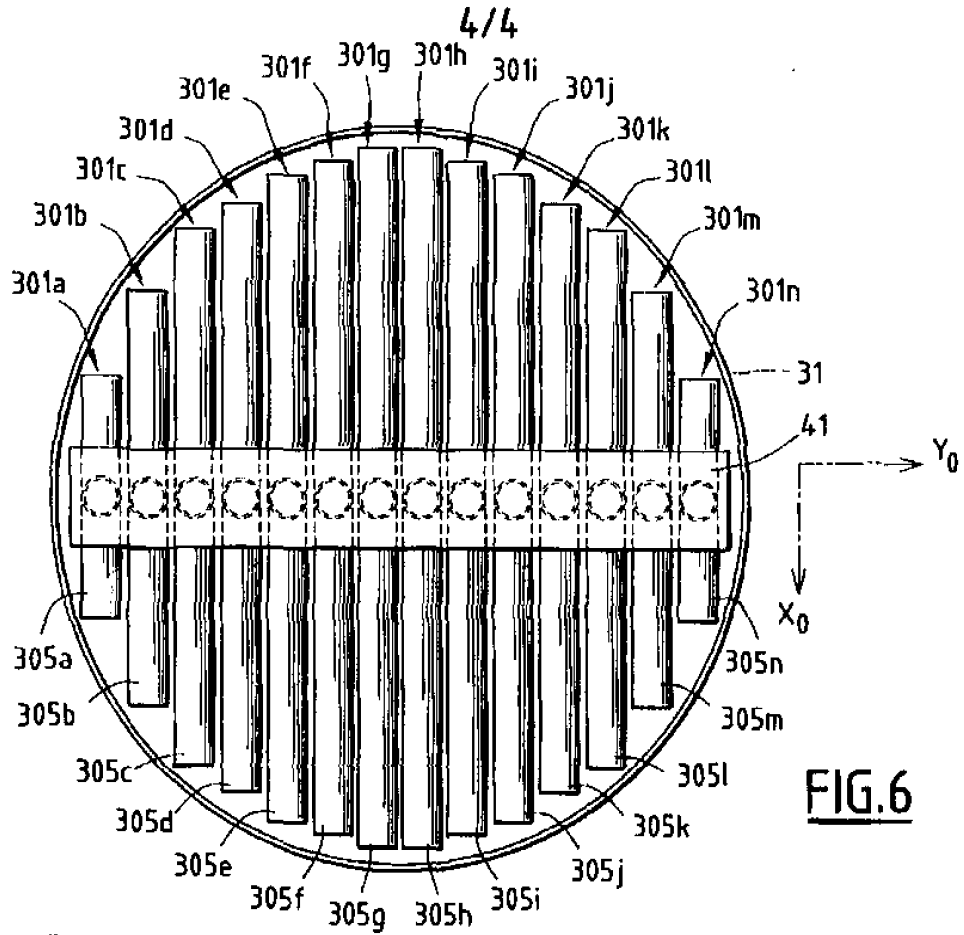


FIG. 6

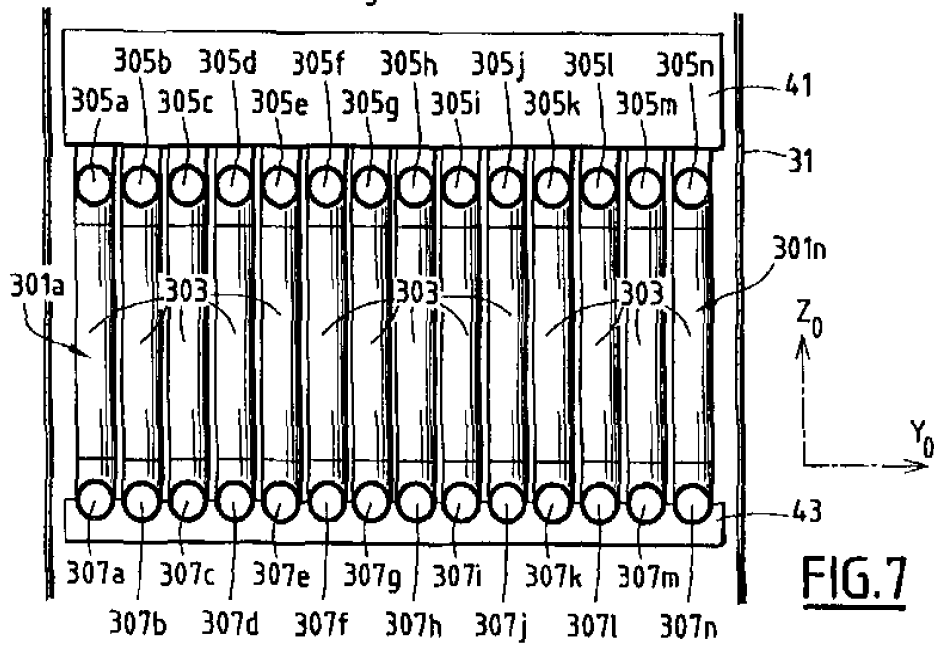


FIG. 7



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 671716
FR 0553028

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	GB 2 318 180 A (* ARO ELECTRICAL ENGINEERING CO LTD; * NUTEC ELECTRICAL ENGINEERING CO) 15 avril 1998 (1998-04-15)	1-12	F28B1/00 F28D1/053 F28D7/00
A	* abrégé; figure 3 * -----	13-21	F28F1/02 F28F1/20
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 217 (M-1594), 19 avril 1994 (1994-04-19)	1-12	F28F1/42 F25J3/00 F25J3/04 F25J5/00
A	-& JP 06 011210 A (NIPPONDENSO CO LTD), 21 janvier 1994 (1994-01-21) * abrégé *	13-21	
X	FR 2 809 170 A (DENSO CORPORATION) 23 novembre 2001 (2001-11-23) * le document en entier *	15-17	
A	WO 99/20958 A (DOOMERNIK ICE B.V; DOOMERNIK, CORNELIS) 29 avril 1999 (1999-04-29) * le document en entier *	1-21	
A	US 3 256 704 A (BECKER RUDOLF) 21 juin 1966 (1966-06-21) * le document en entier *	1-21	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F28D F28F
A	US 5 765 631 A (GERARD ET AL) 16 juin 1998 (1998-06-16) * le document en entier *		
A	FR 2 793 548 A (L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCE) 17 novembre 2000 (2000-11-17) * le document en entier *	1-21	
A	EP 0 952 419 A (AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC) 27 octobre 1999 (1999-10-27) * le document en entier *	1-21	
	----- -/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
23 août 2006		Bain, D	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

1
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 671716
FR 0553028

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 2005/121181 A1 (SZULMAN CLAIRE ET AL) 9 juin 2005 (2005-06-09) * le document en entier * -----	1-21	
A	US 4 715 431 A (SCHWARZ ET AL) 29 décembre 1987 (1987-12-29) * le document en entier * -----	1-21	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		23 août 2006	Bain, D
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

1
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0553028 FA 671716**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 23-08-2006

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 2318180	A	15-04-1998	AUCUN	
JP 06011210	A	21-01-1994	AUCUN	
FR 2809170	A	23-11-2001	DE 10124383 A1 JP 2001330394 A	10-01-2002 30-11-2001
WO 9920958	A	29-04-1999	AT 217410 T AU 9766698 A BR 9813258 A DE 69805319 D1 DE 69805319 T2 DK 1025404 T3 EP 1025404 A1 ES 2175805 T3 NL 1007346 C2	15-05-2002 10-05-1999 22-08-2000 13-06-2002 14-11-2002 19-08-2002 09-08-2000 16-11-2002 04-05-1999
US 3256704	A	21-06-1966	DE 1152432 B	08-08-1963
US 5765631	A	16-06-1998	AU 703255 B2 AU 4040395 A CA 2165719 A1 CN 1133429 A DE 69512876 D1 DE 69512876 T2 EP 0718582 A1 FR 2728669 A1 JP 8291980 A JP 3746760 B2 JP 2003227693 A ZA 9510613 A	25-03-1999 27-06-1996 22-06-1996 16-10-1996 25-11-1999 15-06-2000 26-06-1996 28-06-1996 05-11-1996 15-02-2006 15-08-2003 15-09-1997
FR 2793548	A	17-11-2000	AUCUN	
EP 0952419	A	27-10-1999	CA 2268999 A1 CN 1233730 A JP 3561175 B2 JP 11337286 A TW 464757 B	20-10-1999 03-11-1999 02-09-2004 10-12-1999 21-11-2001
US 2005121181	A1	09-06-2005	AT 315770 T CN 1620591 A EP 1468238 A1 FR 2834783 A1 WO 03060413 A1 JP 2005515392 T	15-02-2006 25-05-2005 20-10-2004 18-07-2003 24-07-2003 26-05-2005

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0553028 FA 671716**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **23-08-2006**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4715431	A	29-12-1987	AUCUN

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82