



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
14.06.2000 Bulletin 2000/24

(51) Int Cl.7: **F28D 9/00, F25J 3/00,**
F28F 19/00, F28D 3/02

(21) Numéro de dépôt: **99403043.5**

(22) Date de dépôt: **06.12.1999**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: **07.12.1998 FR 9815421**

(71) Demandeur: **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME**
POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES
GEORGES CLAUDE
75321 Paris Cédex 07 (FR)

(72) Inventeurs:
• **Wagner, Marc**
94100 Saint Maur des Fosses (FR)

• **Thonnellier, Jean-Yves**
78960 Voisins Le Bretonneux (FR)
• **Werlen, Etienne**
78000 Versailles (FR)
• **Brugerolle, Jean-Renaud**
75016 Paris (FR)
• **Lehman, Jean-Yves**
94700 Maisons Alfort (FR)

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

(54) **Vaporisateur à film ruisselant et installations de distillation d'air correspondantes**

(57) Ce vaporiseur (2) présente des passages principaux (G, L) placés en relation d'échange thermique, des moyens pour former un bain du liquide à vaporiser pour qu'il circule dans au moins un premier (L) desdits passages principaux, et des moyens d'introduction d'un fluide frigorigène dans au moins un deuxième (G) desdits passages principaux pour qu'il assure la vaporisation du liquide.

Le ou chaque premier passage principal possède, en section courante transversale à la direction de circulation du liquide à vaporiser, au moins une région d'écoulement libre continue suffisamment étendue pour permettre au liquide de contourner un dépôt d'impure-

tés, ou, les passages principaux étant délimités par des plaques verticales (4) ayant un contour substantiellement similaire, parallèles et espacées les unes des autres afin de former les passages principaux plats, au moins un premier passage principal (L) est soit plus étroit que le deuxième passage principal et ne contient ni d'onde d'échange ni de passage auxiliaire, soit contient un ou plusieurs passage(s) auxiliaire(s) fermé(s) (23, 50) qui s'étendent sur l'essentiel de la dimension du corps d'échangeur de chaleur parallèle à la direction d'écoulement du liquide à vaporiser, les parois du (des) passage(s) auxiliaire(s) touchant les plaques (4) définissant le passage principal.

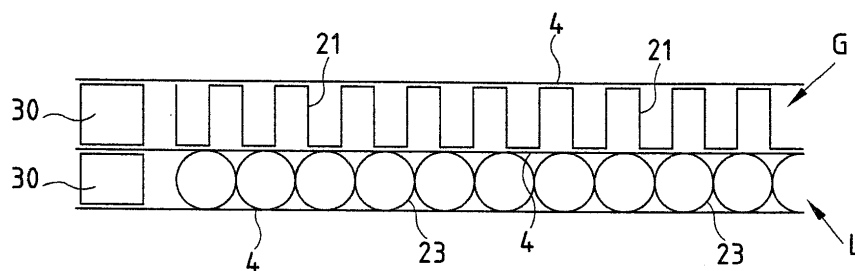


FIG. 5c

Description

[0001] La présente invention concerne un vaporiseur du type comprenant un corps d'échangeur de chaleur qui présente des passages principaux placés en relation d'échange thermique, des moyens pour former un bain du liquide à vaporiser pour qu'il circule dans au moins un premier desdits passages principaux, et des moyens d'introduction d'un fluide frigorigène dans au moins un deuxième desdits passages principaux pour qu'il assure la vaporisation du liquide.

[0002] L'invention s'applique, par exemple, à un vaporiseur-condenseur pour une installation de distillation d'air à double colonne.

[0003] Dans un tel vaporiseur-condenseur, du liquide riche en oxygène, provenant de la cuve de la colonne basse pression, est vaporisé dans le vaporiseur-condenseur par condensation d'un gaz riche en azote, prélevé en tête de la colonne moyenne pression.

[0004] De manière plus générale, un appareil de séparation d'air tel qu'une double colonne de distillation comprend plusieurs types d'échangeur de chaleur.

[0005] Un échangeur de chaleur principal sert à refroidir l'air d'alimentation de l'appareil à la température de distillation par échange de chaleur avec un ou plusieurs fluides provenant de l'appareil de distillation. Dans certains cas, ce sont des liquides pressurisés de l'appareil qui se vaporisent contre l'air à distiller dans l'échangeur. Ces échangeurs sont normalement faits entièrement en aluminium ou en cuivre ou en alliages de ces métaux (W095/28610).

[0006] Pour des raisons de sécurité, ces liquides se vaporisent parfois dans un échangeur dédié, ou vaporiseur, contre un seul fluide tel que l'air ou l'azote.

[0007] L'appareil comprend également au moins un vaporiseur-condenseur qui est un échangeur de chaleur placé à l'intérieur ou à l'extérieur de la colonne. Ces vaporiseurs-condenseurs sont habituellement réalisés entièrement en cuivre, acier inoxydable, nickel ou aluminium et sont constitués d'au moins deux circuits qui sont reliés au reste de l'installation au moyen de tuyauteries soudées sur l'équipement.

[0008] Les échangeurs utilisés dans les appareils de séparation d'air comprennent des corps d'échangeurs de chaleur qui sont souvent réalisés en plaques parallèles d'aluminium ayant un contour similaire brasées entre elles.

[0009] En général dans les échangeurs qui servent de vaporiseurs, un liquide riche en oxygène se vaporise à contre-courant d'un gaz riche en azote (tel que l'air ou l'azote avec une pureté supérieur à 80%).

[0010] Pour améliorer les performances de ces vaporiseurs, on peut utiliser des vaporiseurs dits à film tombant ou ruisselant, c'est-à-dire du type précité et dans lesquels le liquide riche en oxygène du bain est distribué en tête du vaporiseur sous forme d'un film très mince qui s'écoule verticalement dans les premiers passages principaux et dont une partie se vaporise par échange

de chaleur avec les passages dédiés au gaz riche en azote de manière cocourante.

[0011] EP-0795349 décrit le cas où un tel vaporiseur est combiné avec un vaporiseur de type thermosiphon (vaporiseur dit bain, c'est-à-dire un vaporiseur complètement immergé dans le liquide où la recirculation du liquide riche en oxygène se fait grâce à la poussée hydraulique due à la différence de densité entre le bain et le liquide se vaporisant dans les passages).

[0012] Dans les corps d'échangeurs à plaques brasées utilisés dans les vaporiseurs du type précité à film ruisselant tels que celui de EP-A-0130122, le liquide est distribué entre de nombreux passages constitués d'ondes verticales insérées entre deux tôles dites séparatrices et constituant ainsi des ailettes thermiques, et du fait du pas de ces ondes les corps d'échangeurs de chaleur à plaques brasées présentent des surfaces d'échange très grandes.

[0013] Donc quand toute la surface est mouillée, le film liquide sera très fin et pour éviter une vaporisation à sec dans le bas des premiers passages principaux ou en cas de défaut de distribution, on fait couler du liquide en excès dans le corps d'échangeur de chaleur. Cet excès de liquide oblige en général à recycler du liquide au moyen d'une pompe.

[0014] Dans les vaporiseurs du type précité dits à bain, une recirculation du liquide est également entretenue pour éviter la vaporisation à sec dans le haut des premiers passages principaux.

[0015] US-A-5699671 décrit par ailleurs un vaporiseur à corps d'échangeur tubulaire disposé verticalement dans lequel l'azote gazeux se condense au contact de ses tubes.

[0016] On a constaté, notamment dans les vaporiseurs-condenseurs à film ruisselant, que des polluants solides tels que par exemple, des hydrocarbures ou du protoxyde d'azote, peuvent s'accumuler dans les passages dédiés au fluide riche en oxygène, ce qui peut conduire au bouchage de ces derniers.

[0017] Un tel bouchage détériore alors le fonctionnement du vaporiseur-condenseur.

[0018] Un but de l'invention est de résoudre ce problème en fournissant un vaporiseur du type précité qui permette de limiter les risques de bouchage du ou des passage(s) dédié(s) au liquide à vaporiser.

[0019] Un autre but de l'invention est de minimiser la recirculation du liquide à vaporiser dans les vaporiseurs du type précité et assurer la sécurité du fonctionnement et les performances optimales.

[0020] A cet effet, l'invention a pour objet un vaporiseur du type précité, caractérisé en ce que le ou chaque premier passage principal possède, en section courante transversale à la direction de circulation du liquide à vaporiser, au moins une région d'écoulement libre continue suffisamment étendue pour permettre au liquide de contourner un dépôt d'impuretés, ou, les passages principaux étant délimités par des plaques verticales ayant un contour substantiellement similaire, paral-

lèles et espacées les unes des autres afin de former les passages principaux plats, au moins un premier passage principal est soit plus étroit que le deuxième passage principal et ne contient ni d'onde d'échange ni de passage auxiliaire, soit contient un ou plusieurs passage(s) auxiliaire(s) fermé(s) qui s'étendent sur l'essentiel de la dimension du corps d'échangeur de chaleur parallèle à la direction d'écoulement du liquide à vaporiser, les parois du (des) passage(s) auxiliaire(s) touchant les plaques définissant le passage principal.

[0021] De préférence, tous les premiers passages principaux contiennent au moins un passage auxiliaire fermé.

[0022] Ainsi le liquide envoyé dans le passage auxiliaire traverse le vaporiseur sans contacter les plaques définissant les premiers passages principaux. Il faut éviter dans la mesure du possible que le liquide circule entre l'extérieur du passage auxiliaire et les passages définis par les plaques.

[0023] Un moyen d'éviter ce problème consiste à former les passages auxiliaires dans un bloc de matériel (par exemple en aluminium, nickel ou cuivre). Si le bloc a substantiellement les dimensions d'un premier passage principal, le liquide ne pourra pas couler à l'extérieur des passages auxiliaires qui sont des trous cylindriques traversant le bloc.

[0024] Idéalement, la largeur maximale d'un passage auxiliaire est supérieure à 50% de la distance entre deux plaques adjacentes.

[0025] Afin d'éviter l'accumulation d'impuretés, la surface intérieure du passage auxiliaire ou de chaque passage auxiliaire ne comprend que des surfaces courbes et éventuellement des convexités. L'absence de cavités dans les passages du premier ensemble (passages « liquide ») n'a jamais été proposée dans l'art antérieur.

[0026] Selon une variante, au moins un, et préféablement tous, des premiers passages principaux contiennent plusieurs passages auxiliaires constitués par une série de tubes cylindriques parallèles les uns aux autres et ayant chacun un diamètre au moins égal à 50% de la séparation entre deux plaques adjacentes.

[0027] Selon une autre variante, au moins un et préféablement tous les premiers passages principaux contiennent plusieurs passages auxiliaires constitués par des tubes ayant chacun une surface intérieure avec au moins trois convexités identiques et des surfaces courbes reliant les convexités.

[0028] Les tubes adjacents peuvent être contigus ou pas.

[0029] Préféablement, il y a des moyens pour diriger du liquide dans le ou chaque passage auxiliaire et/ou des moyens de distribution de liquide constitués par des ouvertures de prédistribution, ces ouvertures laissant tomber ce liquide sur un garnissage situé au-dessus des moyens pour diriger du liquide dans un ou chaque passage auxiliaire.

[0030] Dans une variante, les moyens pour diriger le liquide dans les passages sont des pointes inclinées

dont le bout se trouve en dessus de l'intérieur du passage (ou d'un passage) auxiliaire.

[0031] Le vaporiseur peut être un échangeur principal qui sert à refroidir de l'air épuré à sa température de distillation, un sous-refroidisseur ou le vaporiseur-condenseur d'une double colonne.

[0032] L'invention a également pour objet une installation de distillation d'air comprenant au moins un vaporiseur tel que défini ci-dessus.

[0033] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- 15 - la figure 1 est un schéma partiel d'une installation de distillation d'air selon l'invention,
- la figure 2 est une vue schématique éclatée du vaporiseur-condenseur de l'installation de la figure 1,
- la figure 3 est une vue partielle, schématique et en coupe d'un passage du vaporiseur-condenseur de la figure 1 dédié à la circulation du liquide à vaporiser,
- la figure 4 est une vue partielle, schématique et en coupe prise suivant la ligne IV-IV de la figure 3,
- 25 - la figure 5a est une section partielle schématique illustrant la structure des passages du vaporiseur-condenseur de la figure 1 dédiés au liquide à vaporiser et au gaz à condenser,
- les figures 5b à 5d sont des vues analogues à la figure 5a illustrant des variantes de l'invention,
- 30 - la figure 6 est une vue schématique d'un vaporiseur-condenseur selon un autre mode de réalisation de l'invention, et
- la figure 7 est une vue partielle, schématique et en coupe prise suivant la ligne VII-VII de la figure 6.

[0034] La figure 1 illustre un vaporiseur-condenseur 2 (voir description de figure 1 dans EP-A-0130122). Le vaporiseur-condenseur 2 comprend un corps d'échangeur de chaleur formé par une enveloppe étanche 3 et une série de plaques verticales parallèles 4 en aluminium, qui définissent une multitude de passages plats principaux destinés alternativement à un de deux débits de fluide, par exemple, un débit gazeux contenant 98% d'azote à environ 5 bars et un débit liquide contenant 98% d'oxygène à environ 1,5 bars. Evidemment les pressions et les puretés peuvent prendre d'autres valeurs.

[0035] Les passages dédiés au liquide à vaporiser sont appelés premiers passages principaux et sont repérés par la lettre L sur les figures, tandis que les passages dédiés au gaz à condenser sont appelés deuxièmes passages principaux et sont repérés par la lettre G sur les figures.

[0036] L'espace situé au-dessus des plaques 4 renferme un bain 5 du liquide à vaporiser provenant d'une conduite 6.

[0037] Comme illustré par les figures 1 à 4, le liquide

de ce bain rentre dans chaque premier passage L à travers une série de perforations dans une barre de distribution supérieure 27. Il tombe ensuite sur une onde 26 qui est une tôle d'aluminium non-perforée à génératrices horizontales (disposition dite hardway par rapport à l'écoulement d'oxygène liquide) et à décalage vertical partiel (le décalage vertical partiel n'est pas illustré pour ne pas surcharger les figures) et qui assure la distribution fine du liquide.

[0038] Le liquide tombe de l'onde 26 sur un larmier supérieur 25 constitué par une bande d'aluminium pliée avec une série de pointes triangulaires 29 formant un angle de 135° avec le plan d'une des plaques 4 du passage L considéré.

[0039] Le bout de chaque pointe 29 du larmier supérieur 15 se trouve au-dessus d'une pointe d'un larmier inférieur 24, identique au premier mais dont les pointes sont orientées vers l'autre plaque 4 du passage L considéré.

[0040] Le liquide à vaporiser s'écoule alors sur les plaques 4 du premier passage L considéré sous forme d'un film ruisselant vers le bas.

[0041] Le gaz à condenser rentre dans les deuxième passages G au moyen d'une tuyauterie 9 soudée au milieu d'une tête 8 (parfois appelée « boîte » ou en anglais « headline ») semi-cylindrique.

[0042] Le gaz s'écoule alors vers le bas dans les deuxième passages G à cocourant du liquide dans les premiers passages L, la condensation du gaz assurant la vaporisation du liquide dans les premiers passages L.

[0043] Comme illustré par la figure 5a, seuls les deuxième passages G contiennent chacun une onde-entretoise 21 constituée d'une tôle d'aluminium perforée ondulée à génératrices verticales (disposition en « easy-way »).

[0044] De manière classique, ces ondes-entretoises 21 remplissent également la fonction d'ailettes thermiques.

[0045] Les premiers passages L ont une épaisseur inférieure à celle des deuxième passages G.

[0046] En particulier, l'épaisseur des premiers passages L est comprise entre 2,5 mm et les deux tiers de l'épaisseur des deuxième passages G.

[0047] Les premiers passages L sont délimités chacun par deux plaques 4 voisines et par des barres de fermeture 30 situées entre celles-ci sur leurs bords latéraux. Les plaques 4, entre lesquelles un premier passage L est situé, définissent donc entre elles un espace libre et continu pratiquement sur toute leur largeur, cette largeur étant mesurée selon une direction transversale à celle de l'écoulement du film ruisselant.

[0048] Les premiers passages L sont plus étroits que les deuxième passages G et ne contiennent ni d'ondes d'échange ni de passages auxiliaires. La distance entre les plaques adjacentes 4 des premiers passages L varie entre 2,5 mm et les deux-tiers de la séparation entre les plaques 4 des deuxième passages G.

[0049] Par conséquent, les premiers passages L pos-

sèdent sur toute leur longueur une section transversale rectangulaire libre de tout obstacle et continue. Cette section a une largeur sensiblement égale à la largeur des plaques 4 et donc à la largeur du corps d'échangeur de chaleur, c'est-à-dire une largeur d'environ 1 mètre.

[0050] Du fait de l'étendue transversale des passages L, les risques de bouchage de ceux-ci sont donc limités.

[0051] En effet, si un dépôt local de substances résultant de la vaporisation du liquide se produit sur les plaques 4 d'un premier passage L, le liquide à vaporiser peut contourner ce dépôt.

[0052] De plus, on constate que la structure des premiers passages L permet de limiter la recirculation de liquide nécessaire dans le vaporiseur 2.

[0053] De manière générale, les risques de bouchage peuvent être limités en utilisant des premiers passages L présentant en section transversale courante, c'est-à-dire sur l'essentiel de leur longueur, une région d'écoulement libre de tout obstacle et continue qui s'étend le long d'une courbe directrice C de longueur supérieure à environ 10 cm. Dans le cas des figures 1 à 5a, cette courbe directrice C est une droite parallèle aux plaques 4, situées entre celles-ci, et d'une longueur d'environ 1 m. La droite C est représentée en pointillés sur la figure 5a.

[0054] Selon la variante de la figure 5b, la distance séparant les deux plaques 4 associées à un premier passage L est supérieure à celle de la variante des figures 1 à 5a.

[0055] Deux tôles 29 et 31 identiques, en aluminium, et de section transversale en epicyloïde, sont disposées entre les deux plaques 4 associées à chaque premier passage L et s'étendent sur toute leur longueur. Chaque tôle 29, 31 comprend donc une série de sections semi-cylindriques jointes aux bouts de façon à former une ligne courbée.

[0056] Chaque tôle 29, 31 est portée par une plaque 4. Les concavités des tôles 29, 31 sont dirigées l'une vers l'autre. Les tôles 29 et 31 sont décalées transversalement l'une de l'autre de sorte que les pointes de chaque tôle sont situées en regard d'un creux de l'autre tôle. Ainsi, les deux tôles 29 et 31 forment un seul passage auxiliaire entre elles, dans lequel s'écoule tout le fluide circulant dans le premier passage L considéré.

[0057] Les tôles 29 et 31 jouent le rôle d'ailettes thermiques et délimitent donc entre elles la région d'écoulement du liquide à vaporiser.

[0058] Le passage auxiliaire de chaque premier passage L s'étend, dans sa section transversale, continûment et librement pratiquement sur toute la largeur du corps d'échangeur thermique. La courbe directrice C mentionnée ci-dessus s'étend alors entre les tôles 29 et 31 en suivant leurs contours. La courbe directrice est alors sinueuse et possède une longueur supérieure à 1 m.

[0059] Ici encore, les premiers passages L permettent de limiter les risques de bouchage grâce à une étendue transversale suffisante pour que le liquide à vaporiser

contourne d'éventuels dépôts.

[0060] Dans la variante de la figure 5c), les passages auxiliaires des premiers passages L sont formés par des tubes contigus 23 en aluminium. Dans les deuxièmes passages G on trouve les ondes 21 à génératrices verticales classiques.

[0061] Dans la variante de la figure 5d), les passages auxiliaires des premiers passages L sont des tubes non-contigus ayant une section en forme de feuilles de trèfle.

[0062] Dans chaque cas des figures 5b à 5d, le ou les passages auxiliaires ne comprend que des surfaces courbes ou des convexités empêchant ainsi l'accumulation d'impuretés dans les passages et permettant de limiter la recirculation de liquide nécessaire dans le vaporiseur 2.

[0063] L'invention n'est pas limitée aux vaporiseurs à film ruisselant mais s'applique également aux vaporiseurs dits à bain.

[0064] La figure 6 illustre un autre mode de réalisation de l'invention dans lequel l'enveloppe étanche 3 du vaporiseur-condenseur 2 comprend une virole 40 d'axe vertical, fermée par un dôme bombé 41 et par un fond bombé 42. Un faisceau de tubes 44 est disposé à l'intérieur de la virole 40, coaxialement à celle-ci, pour former avec la virole 40 un corps d'échangeur de chaleur.

[0065] Les tubes 44 ont un diamètre extérieur d'environ 5 mm et une épaisseur d'environ 1 mm. Les tubes 44 sont disposés en un faisceau régulier, qui forme en coupe transversale (figure 7) un réseau à maille carrée d'environ 8 mm de côté. De préférence, les tubes ont un diamètre extérieur inférieur à 7 mm et sont espacés d'au moins 2 mm.

[0066] Les extrémités supérieures des tubes 44 sont fixées à une plaque dite tubulaire 45 supérieure dans laquelle ils débouchent. La plaque 45 est disposée dans le dôme 41. De même, les extrémités inférieures des tubes 44 débouchent dans une plaque tubulaire 46 inférieure disposée dans le fond 42, les tubes 44 étant fixée à cette plaque 46.

[0067] L'espace délimité par la plaque tubulaire 45 et le dôme 41 est relié à la conduite 9 d'amenée de gaz riche en azote pour former des moyens d'introduction dans les tubes 44 du gaz à condenser.

[0068] L'espace délimité par la plaque tubulaire 46 et le fond 42 est relié à la conduite 11 d'évacuation du gaz condensé et au tuyau 13 d'évacuation des gaz rares incondensables pour former des moyens d'évacuation du gaz condensé hors des tubes 44.

[0069] Les tubes 44 définissent donc intérieurement les deuxièmes passages G.

[0070] La conduite 6 d'amenée du liquide riche en oxygène débouche dans la virole 40 sous la plaque tubulaire 45. La conduite 7 de renvoi est disposée entre la plaque tubulaire 45 et la conduite 6.

[0071] Une plaque circulaire 48 de distribution est disposée sous la conduite 6 transversalement à l'axe A de la virole 40. Cette plaque 48 est percée d'un réseau d'orifices circulaires 49 de 6 mm de diamètre recevant

chacun de manière coaxiale un tube 44.

[0072] Le bain du liquide à vaporiser se forme au-dessus de la plaque 48 de distribution. Le liquide est distribué sous cette plaque 48 par les espaces annulaires 50 délimités autour des tubes 44 par les orifices 49.

[0073] Le liquide s'écoule alors sous forme d'un liquide ruisselant sur la surface extérieure des tubes 44, à cocourant du gaz à condenser.

[0074] Le liquide vaporisé est renvoyé par l'intermédiaire de la conduite 14 vers la cuve de la colonne basse pression tandis que l'excès d'oxygène liquide présent au-dessus de la plaque tubulaire 46 est renvoyé par la conduite 16 et par l'intermédiaire d'une pompe 51 vers la conduite 6.

[0075] Les tubes 44 délimitent donc extérieurement, avec la virole 40, un seul premier passage L dédié à la circulation du liquide à vaporiser.

[0076] Ce premier passage L possède, dans sa section courante, une région sensiblement diamétrale dont la ligne directrice C rectiligne, passant par l'axe A de la virole 40, a une longueur de l'ordre du diamètre intérieur de la virole 40. Ce diamètre intérieur peut être par exemple égal à environ 1 m. Ce mode de réalisation de l'invention permet donc également de limiter les risques de bouchage du premier passage L.

[0077] De manière plus générale, cet effet pourra être obtenu avec d'autres formes et dimensions du motif de base du faisceau de tubes 44 que celles des figures 6 et 7.

[0078] Dans certains cas, le premier passage L comprendra en section transversale une multitude de régions d'écoulement, libres de tout obstacle et continues, qui onduleront entre les tubes 44. Les courbes directrices C de ces régions seront alors sinueuses et auront une longueur de préférence supérieure à environ 10 cm et, de manière plus souhaitable, supérieure à environ 1 m.

Revendications

1. Vaporiseur (2), du type comprenant un corps d'échangeur de chaleur qui présente des passages principaux (G, L) placés en relation d'échange thermique, des moyens pour former un bain (5) du liquide à vaporiser pour qu'il circule dans au moins un premier (L) desdits passages principaux, et des moyens (8, 9 ; 9) d'introduction d'un fluide frigorigène dans au moins un deuxième (G) desdits passages principaux pour qu'il assure la vaporisation du liquide, caractérisé en ce que le ou chaque premier passage principal possède, en section courante transversale à la direction de circulation du liquide à vaporiser, au moins une région d'écoulement libre continue suffisamment étendue pour permettre au liquide de contourner un dépôt d'impuretés, ou, les passages principaux étant délimités par des plaques verticales (4) ayant un contour substantielle-

ment similaire, parallèles et espacées les unes des autres afin de former les passages principaux plats, au moins un premier passage principal (L) est soit plus étroit que le deuxième passage principal et ne contient ni d'onde d'échange ni de passage auxiliaire, soit contient un ou plusieurs passage(s) auxiliaire(s) fermé(s) (23, 50) qui s'étendent sur l'essentiel de la dimension du corps d'échangeur de chaleur parallèle à la direction d'écoulement du liquide à vaporiser, les parois du (des) passage(s) auxiliaire(s) touchant les plaques (4) définissant le passage principal.

2. Vaporiseur selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite région d'écoulement s'étend le long d'une courbe directrice (C) de longueur supérieure à environ 10 cm.

3. Vaporiseur selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite courbe directrice (C) a une longueur supérieure ou égale à environ 30 cm.

4. Vaporiseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ladite région d'écoulement s'étend sensiblement sur toute une dimension du corps d'échangeur de chaleur transversale à la direction de circulation du liquide à vaporiser.

5. Vaporiseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le corps d'échangeur de chaleur est formé à partir d'un assemblage de plaques parallèles (4) entre lesquelles plusieurs premiers (L) et deuxièmes passages principaux (G) sont alternativement situés.

6. Vaporiseur selon la revendication 5, caractérisé en ce que chaque premier passage principal (L) ne comprend pas d'onde-entretoise entre les deux plaques parallèles (4) entre lesquelles il est situé.

7. Vaporiseur selon la revendication 6, caractérisé en ce que chaque premier passage principal (L) est délimité par les deux plaques parallèles (4) entre lesquelles il est situé, ces deux plaques définissant entre elles un espace sensiblement libre et continu sur l'essentiel de leur largeur transversale à la direction de circulation du liquide à vaporiser.

8. Vaporiseur selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que chaque premier passage principal (L) contient au moins une onde (29, 31) formant ailette thermique.

9. Vaporiseur selon la revendication 8, caractérisé en ce que chaque premier passage (L) contient deux ondes (29, 31) formant ailettes thermiques disposées en regard l'une de l'autre, et définissant entre

elles un passage auxiliaire sensiblement libre et continu sur l'essentiel de leur largeur transversale à la direction de circulation du liquide à vaporiser.

10. Vaporiseur selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que la ou chaque onde (29, 31) formant ailette thermique d'un premier passage (L) a une section transversale à la direction de circulation du liquide à vaporiser sensiblement en épicycloïde.

11. Vaporiseur selon les revendications 9 et 10 prises ensemble, caractérisé en ce que les ondes en épicycloïde d'un même premier passage (L) sont décalées l'une de l'autre transversalement à la direction de circulation du liquide à vaporiser.

12. Vaporiseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le corps d'échangeur de chaleur est formé à partir d'une virole (40) et d'un faisceau de tubes (44) disposés à l'intérieur de la virole parallèlement à son axe (A), et en ce que les tubes délimitent intérieurement chacun un deuxième passage (G), et délimitent, extérieurement, avec la virole (40), le premier passage (L).

13. Vaporiseur selon la revendication 12, caractérisé en ce que les tubes ont un diamètre extérieur inférieur à 7 mm et sont espacés d'au moins 2 mm.

14. Vaporiseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que les moyens pour former un bain du liquide à vaporiser et les moyens d'introduction du fluide frigorigène sont disposés de sorte que le fluide frigorigène et le liquide à vaporiser s'écoulent à cocourant dans le corps d'échangeur de chaleur.

15. Vaporiseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que le vaporiseur est un vaporiseur-condenseur, les moyens d'introduction de fluide frigorigène étant des moyens (8, 9 ; 9) d'introduction d'un gaz à condenser et le vaporiseur comprenant en outre des moyens (10, 11 ; 11) d'évacuation du gaz condensé.

16. Vaporiseur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le ou chaque passage auxiliaire (23, 50) empêche le liquide à vaporiser de rentrer en contact avec les plaques (4) du premier passage principal (L) correspondant.

17. Vaporiseur selon la revendication 1 ou 16, dans lequel chaque premier passage principal (L) contient au moins un passage auxiliaire fermé (23, 50).

18. Vaporiseur selon la revendication 1, 16 ou 17, dans lequel la largeur maximale d'un passage auxiliaire est supérieure à 50% de la distance entre deux pla-

ques adjacentes (4).

19. Vaporiseur selon l'une quelconque des revendications 1 et 16 à 18, dans lequel la surface intérieure du ou de chaque passage auxiliaire (23, 50) ne comprend que des surfaces courbes et éventuellement des convexités. 5
20. Vaporiseur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 et 16 à 19, dans lequel au moins un, et préféablement chaque premier passage principal (L) contient plusieurs passages auxiliaires constitués par une série de tubes cylindriques (23) parallèles les uns aux autres et ayant chacun un diamètre au moins égal à 50% de la séparation entre deux plaques adjacentes (4). 10
21. Vaporiseur selon l'une quelconque des revendications 1 et 16 à 20, dans lequel au moins un, et préféablement chaque premier passage principal contient plusieurs passages auxiliaires constitués par des tubes (50) ayant chacun une surface intérieure avec au moins trois convexités identiques et des surfaces courbes reliant les convexités. 15
22. Vaporiseur selon la revendication 20 ou 21, dans lequel les tubes adjacents (23, 50) sont contigus. 20
23. Vaporiseur selon la revendication 20 ou 21, dans lequel les tubes adjacents (23, 50) ne sont pas contigus. 25
24. Vaporiseur selon l'une quelconque des revendications 1 et 16 à 23, comprenant des moyens (24, 25) pour diriger le liquide du bain vers le ou chaque passage auxiliaire. 30
25. Vaporiseur selon la revendication 24, comprenant des moyens de distribution du liquide du bain comprenant des ouvertures de prédistribution, ces ouvertures laissant tomber ce liquide sur un garnissage (26) situé au-dessus des moyens (24, 25) pour diriger du liquide dans un ou chaque passage auxiliaire. 35
26. Vaporiseur selon la revendication 24 ou 25 dans lequel les moyens (24, 25) pour diriger le liquide dans les passages auxiliaires sont des pointes inclinées dont le bout se trouve en dessus de l'intérieur du passage (ou d'un passage) auxiliaire. 40
27. Vaporiseur selon la revendication 1 ou 16 dans lequel les passages auxiliaires sont formés dans un bloc de matériel placé dans le premier passage principal (L) et ayant substantiellement les mêmes dimensions que celui-ci. 45
28. Vaporiseur selon l'une quelconque des revendica-

tions 1 à 27, caractérisé en ce que les moyens pour former un bain du liquide à vaporiser sont des moyens pour former un bain (5) au-dessus des passages principaux (G, L), le vaporiseur comprenant en outre des moyens d'introduction du liquide du bain (5) dans le ou chaque premier passage principal pour qu'il s'y écoule sous forme d'un film ruisselant.

29. Installation de distillation d'air comprenant au moins un vaporiseur (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 28. 50
30. Installation selon la revendication 29 dans laquelle le vaporiseur (2) est un échangeur principal qui sert à refroidir de l'air épuré à sa température de distillation. 55
31. Installation selon la revendication 29 ou 30 dans laquelle le vaporiseur (2) est un sous-refroidisseur.
32. Installation selon l'une quelconque des revendications 29 à 31 comprenant une première colonne alimentée par de l'air et reliée thermiquement à une deuxième colonne au moyen du vaporiseur (2).
33. Installation de distillation d'air selon la revendication 32, dans laquelle la première colonne est une colonne moyenne pression (1), la deuxième colonne est une colonne basse pression et le vaporiseur (2) est un vaporiseur-condenseur de mise en relation d'échange thermique de l'oxygène de cuve de la colonne basse pression et de l'azote de tête de la colonne moyenne pression.

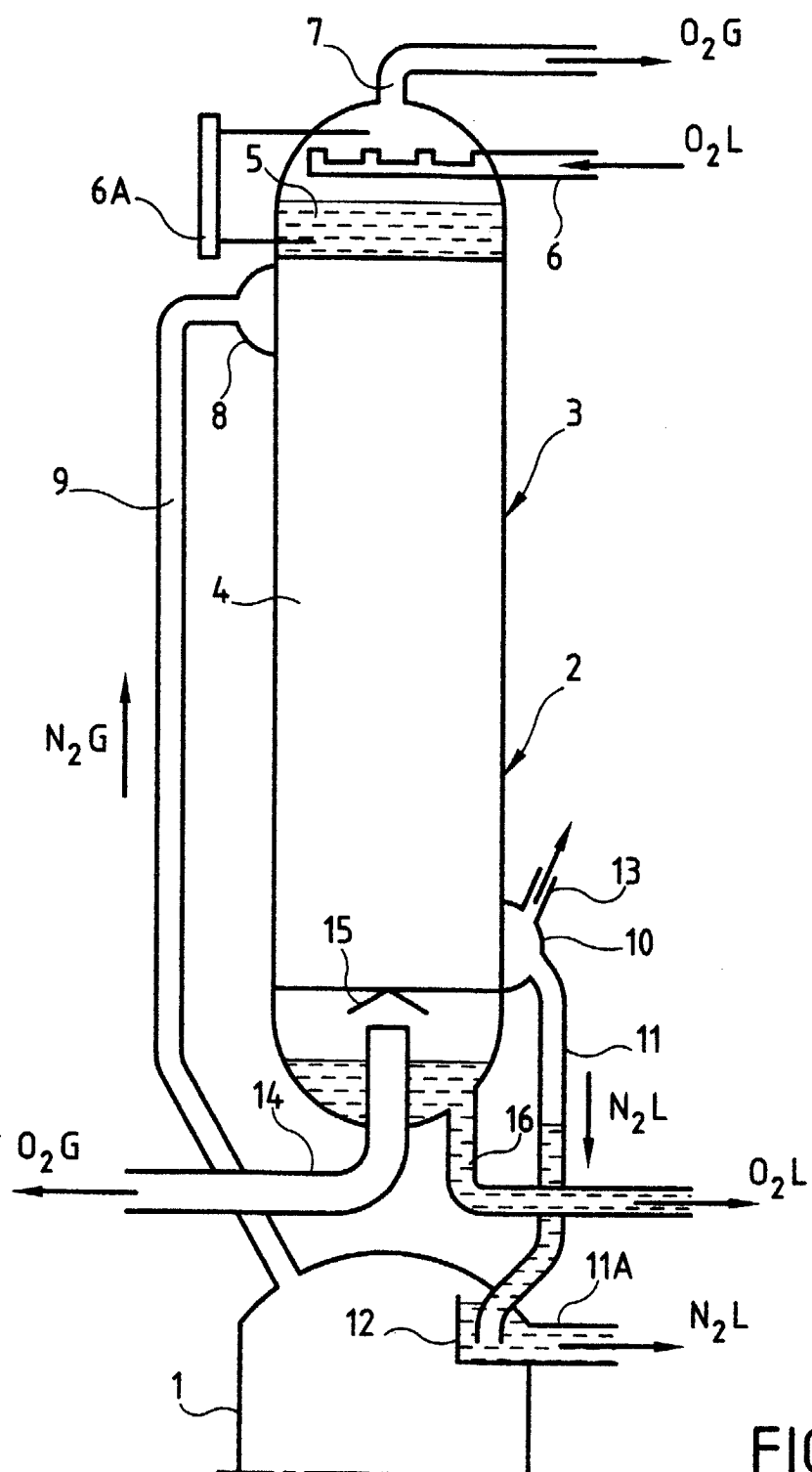


FIG.1

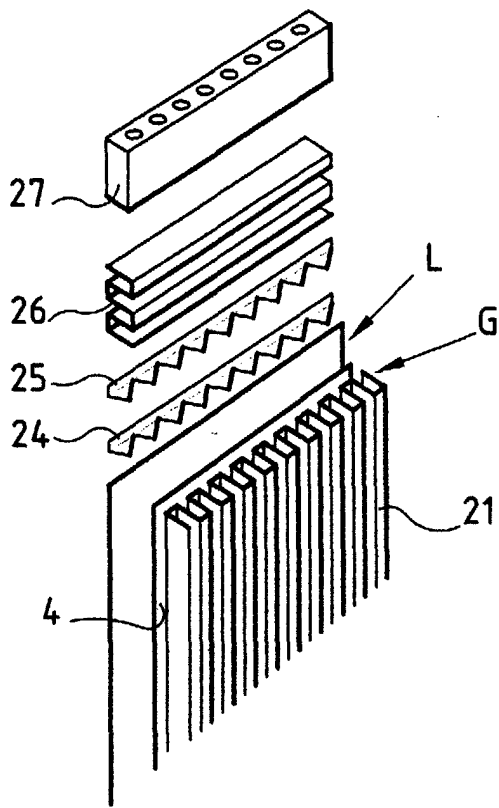


FIG. 2

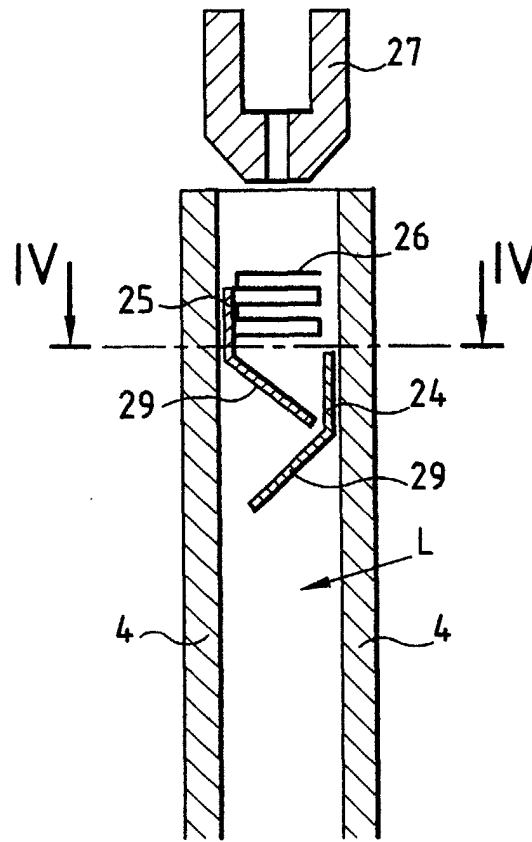


FIG. 3

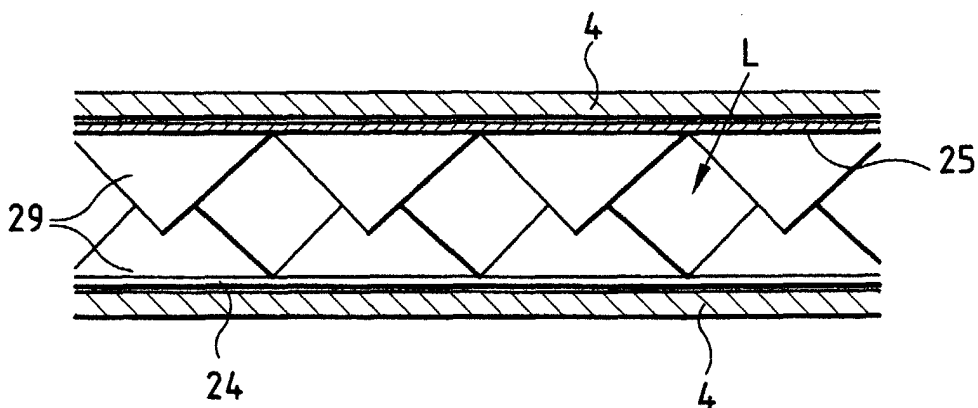


FIG. 4

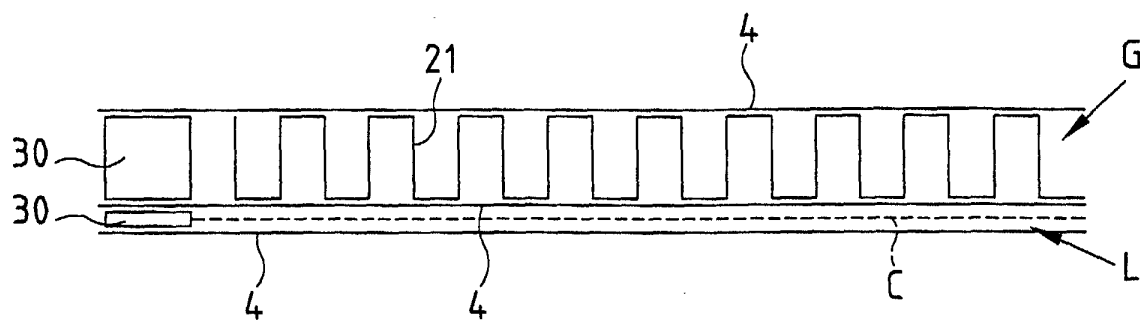


FIG. 5a

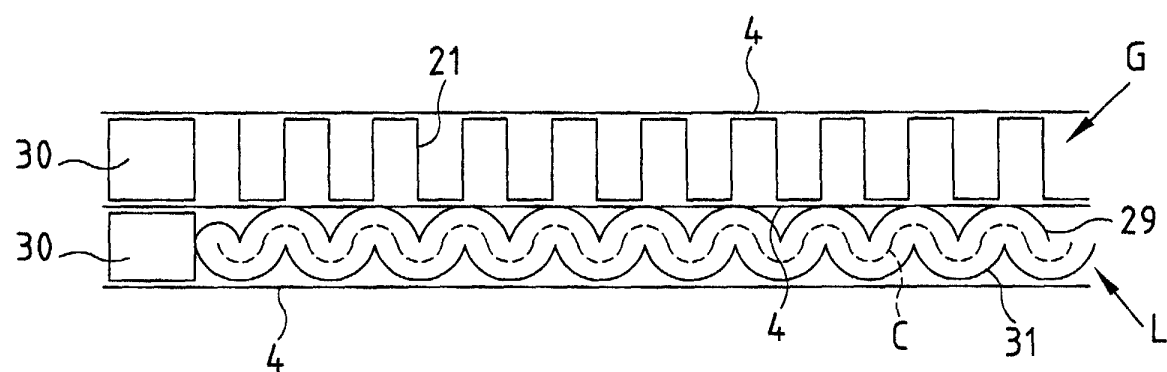


FIG. 5b

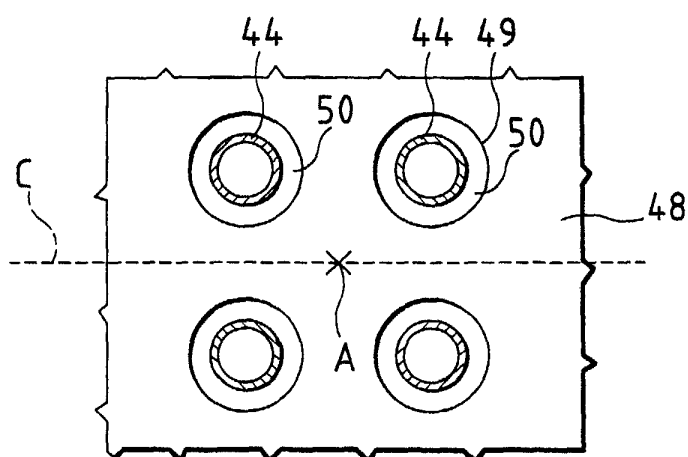


FIG. 7

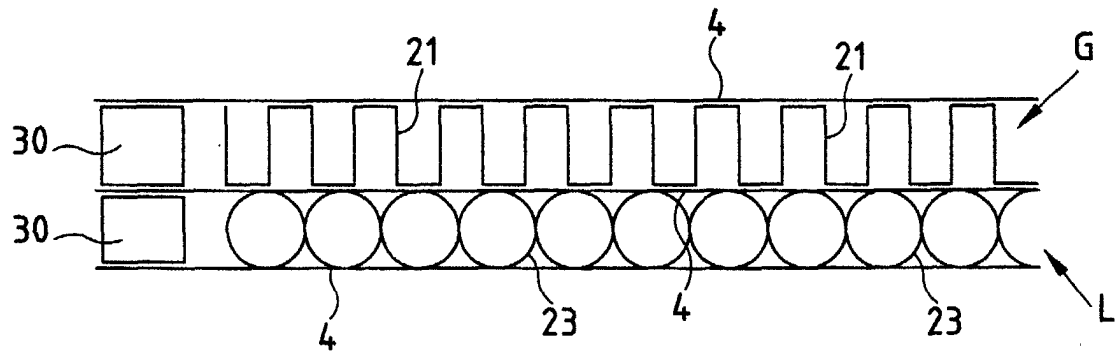


FIG. 5c

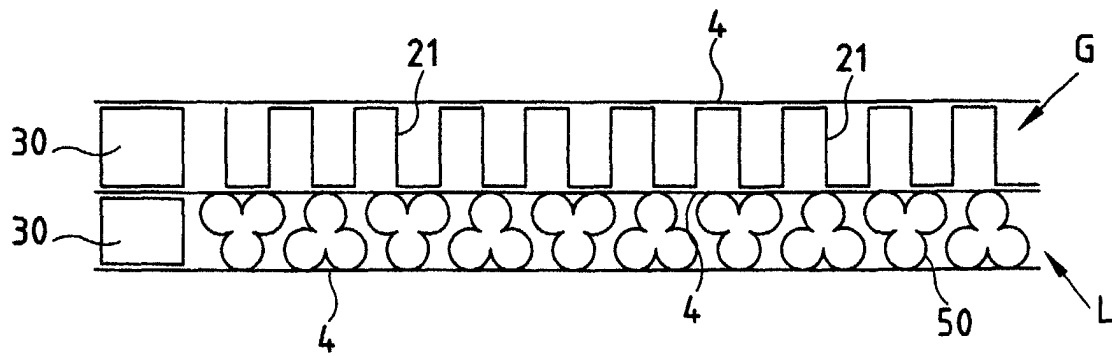


FIG. 5d

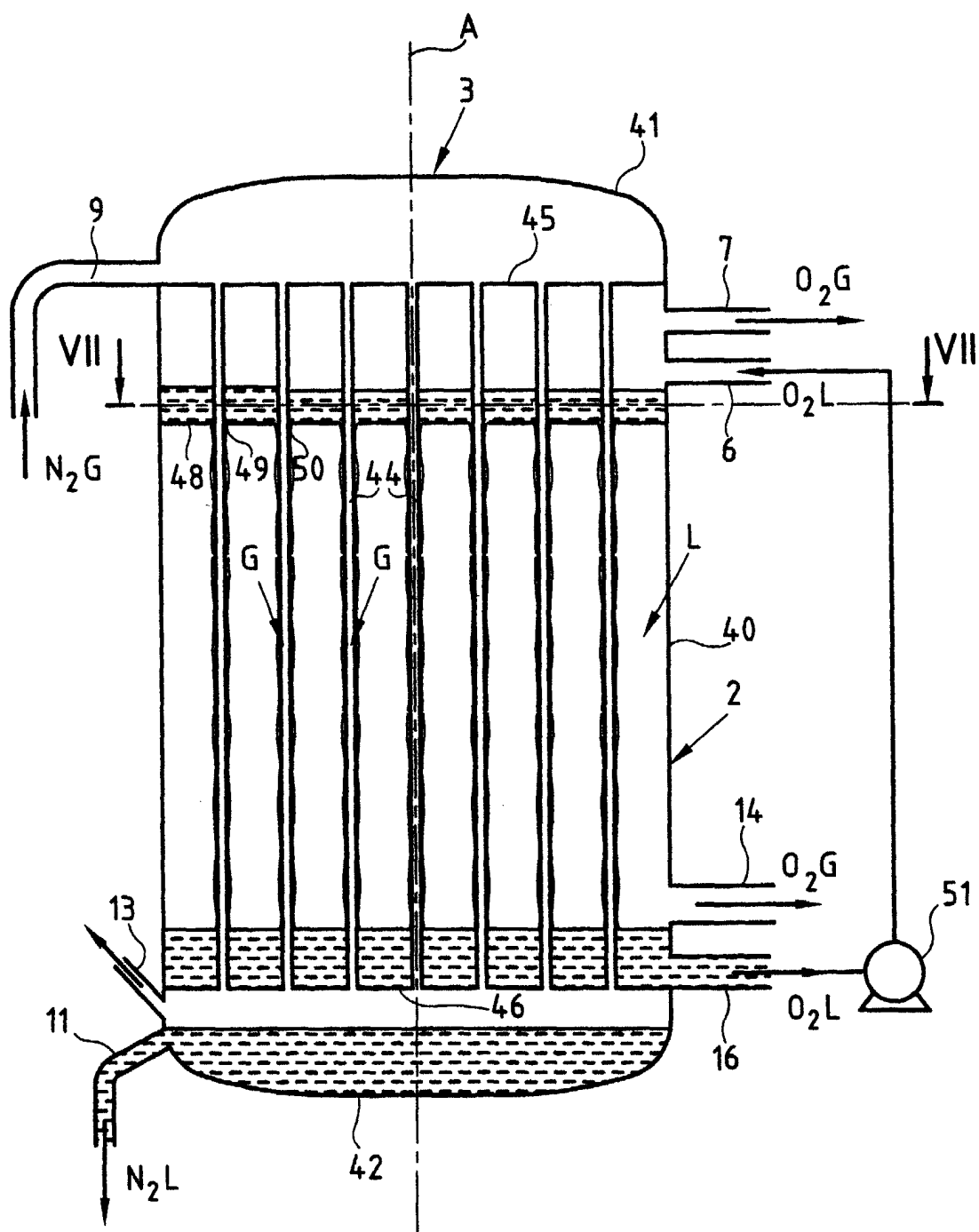


FIG.6



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 40 3043

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.7)
X	US 4 641 706 A (HAYNIE) 10 février 1987 (1987-02-10) * colonne 4, ligne 27 - ligne 44; figure 1 *	1-4, 12, 14, 28	F28D9/00 F25J3/00 F28F19/00 F28D3/02
X	FR 2 570 172 A (GAZ DE FRANCE) 14 mars 1986 (1986-03-14) * page 8, ligne 7 - page 9, ligne 1; figure 3 *	1-4, 12, 14, 28	
A	FR 2 718 835 A (NORDON CRYOGENIE) 20 octobre 1995 (1995-10-20) * page 5, ligne 35 - page 9, ligne 23; figures 6, 7 *	1-33	
A	EP 0 546 947 A (L'AIR LIQUIDE, S.A. POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS CLAUDE) 16 juin 1993 (1993-06-16) * colonne 2, ligne 53 - colonne 7, ligne 55; figures 1-18 *	1-33	
A	US 3 457 990 A (THEOPHILOS) 29 juillet 1969 (1969-07-29) * colonne 3, ligne 45 - colonne 5, ligne 44; figures 1-3 *	1-33	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7) F28D F25J F28F
A	FR 1 559 471 A (MARSTON EXCELSIOR LTD) 7 mars 1969 (1969-03-07) * le document en entier *	1-33	
A	FR 81 081 E (MARSTON EXCELSIOR LTD) 22 novembre 1963 (1963-11-22) * le document en entier *	1-33	
A	US 4 747 448 A (BEDUZ ET AL) 31 mai 1988 (1988-05-31) * le document en entier *	1-33	
-/--			
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 20 mars 2000	Examineur Beltzung, F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : antériorité technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.92 (P04022)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 40 3043

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.7)
A	EP 0 566 435 A (L'AIR LIQUIDE, S.A. POUR L'ÉTUDE & L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS G. CLAU) 20 octobre 1993 (1993-10-20) * colonne 6, ligne 15 - colonne 7, ligne 31; figures 1-5 *	1-33	
A	EP 0 738 862 A (L'AIR LIQUIDE, S.A. POUR L'ÉTUDE & L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS G. CLAU) 23 octobre 1996 (1996-10-23) * colonne 5, ligne 25 - ligne 51; figure 6 *	1-33	
D,A	EP 0 130 122 A (L'AIR LIQUIDE, S.A. POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS CLAUDE) 2 janvier 1985 (1985-01-02)		
A	WO 94 27106 A (ENVIRECON SERVICES LTD) 24 novembre 1994 (1994-11-24)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 20 mars 2000	Examineur Beltzung, F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : antérie-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			

EPO FORM 1503 03/82 (P04002)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 99 40 3043

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

20-03-2000

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4641706 A	10-02-1987	AUCUN	
FR 2570172 A	14-03-1986	AUCUN	
FR 2718835 A	20-10-1995	AUCUN	
EP 546947 A	16-06-1993	FR 2685071 A CA 2084920 A CN 1073259 A,B DE 69209994 D DE 69209994 T JP 5280881 A US 5333683 A	18-06-1993 12-06-1993 16-06-1993 23-05-1996 05-09-1996 29-10-1993 02-08-1994
US 3457990 A	29-07-1969	AUCUN	
FR 1559471 A	07-03-1969	GB 1216306 A US 3495656 A	16-12-1970 17-02-1970
FR 81081 E	22-11-1963	AUCUN	
US 4747448 A	31-05-1988	GB 2149081 A AU 571594 B AU 3464884 A DE 3439300 A FR 2554214 A JP 60108690 A ZA 8408077 A	05-06-1985 21-04-1988 09-05-1985 09-05-1985 03-05-1985 14-06-1985 26-06-1985
EP 566435 A	20-10-1993	FR 2690231 A CA 2094087 A CN 1078801 A DE 69302319 D DE 69302319 T ES 2086896 T JP 6018166 A RU 2077010 C US 5321954 A	22-10-1993 18-10-1993 24-11-1993 30-05-1996 12-09-1996 01-07-1996 25-01-1994 10-04-1997 21-06-1994
EP 738862 A	23-10-1996	FR 2733039 A CN 1160185 A DE 69605347 D JP 9079769 A US 5682945 A	18-10-1996 24-09-1997 05-01-2000 28-03-1997 04-11-1997
EP 130122 A	02-01-1985	FR 2547898 A	28-12-1984

EPO FORM P440

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

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 99 40 3043

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

20-03-2000

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 130122 A		AT 37229 T	15-09-1988
		AU 566656 B	29-10-1987
		AU 2956384 A	31-01-1985
		BR 8403038 A	28-05-1985
		CA 1245627 A	29-11-1988
		ES 533634 D	16-09-1985
		ES 8600489 A	01-01-1986
		IN 160739 A	01-08-1987
		JP 1825173 C	28-02-1994
		JP 5031042 B	11-05-1993
		JP 60017601 A	29-01-1985
		PT 78780 A	01-07-1984
		US RE33026 E	22-08-1989
		US 4599097 A	08-07-1986
		ZA 8404598 A	27-02-1985
WO 9427106 A	24-11-1994	AU 6687594 A	12-12-1994
		EP 0707702 A	24-04-1996

EPO FORM P0400

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