



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 008 826 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**21.04.2004 Bulletin 2004/17**

(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**

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

Fallstrom-Verdampfer und Luftzerlegungsvorrichtung

Falling film vaporizer and air distillation plant

(84) Etats contractants désignés:  
**DE FR GB**

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

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

(73) Titulaire: **L'air Liquide, S.A. à Directoire et Conseil  
de Surveillance pour l'Etude et l'Exploitation des  
Procédés Georges Claude  
75321 Paris Cedex 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)**

• **Bruggerolle, Jean-Renaud  
75016 Paris (FR)**  
• **Lehman, Jean-Yves  
94700 Maisons Alfort (FR)**

(74) Mandataire: **Mercey, Fiona Susan et al  
L'Air Liquide,  
Service Propriété Intellectuelle,  
75 Quai d'Orsay  
75321 Paris Cédex 07 (FR)**

(56) Documents cités:  
**EP-A- 0 130 122 EP-A- 0 546 947**  
**EP-A- 0 566 435 EP-A- 0 738 862**  
**WO-A-94/27106 FR-A- 1 559 471**  
**FR-A- 2 570 172 FR-A- 2 718 835**  
**FR-E- 81 081 US-A- 3 457 990**  
**US-A- 4 641 706 US-A- 4 747 448**

**EP 1 008 826 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## 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 calorigène dans au moins un deuxième desdits passages principaux pour qu'il assure la vaporisation du liquide, le corps d'échangeur de chaleur étant formé à partir d'un assemblage de plaques parallèles de contour substantiellement similaire délimitant alternativement les premiers et deuxièmes passages principaux qui sont plats. Un tel vaporiseur est déjà connu du EP-A1-0130122.

**[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 (WO95/28610).

**[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 tom-

bant 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 au moins un premier passage principal est soit plus étroit qu'un 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 préférentiellement 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 préférentiellement 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]** Préférentiellement, 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.

5 **[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.

10 **[0032]** L'invention a également pour objet une installation de distillation d'air comprenant au moins un vaporiseur tel que défini ci-dessus.

15 **[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 :

- 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,
- 20 - la figure 4 est une vue partielle, schématique et en coupe prise suivant la ligne IV-IV de la figure 3,
- 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, et
- 25 - les figures 5b à 5d sont des vues analogues à la figure 5a illustrant des variantes de l'invention.

30 **[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.

45 **[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.

50 **[0036]** L'espace situé au-dessus des plaques 4 renferme un bain 5 du liquide à vaporiser provenant d'une conduite 6.

55 **[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 deuxièmes 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 deuxièmes 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 deuxièmes 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 deuxièmes 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 deuxièmes 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 deuxièmes 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 deuxièmes passages G.

**[0049]** Par conséquent, les premiers passages L possèdent 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.

## 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) d'introduction d'un fluide calorigène dans au moins un deuxième (G) desdits passages principaux pour qu'il assure la vaporisation du liquide, le corps d'échangeur de chaleur étant formé à partir d'un assemblage de plaques parallèles (4) de contour substantiellement similaire délimitant alternativement les premiers (L) et deuxièmes passages principaux (G) qui sont plats, **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 au moins un premier passage principal (L) est soit plus étroit qu'un 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 la revendication 4, **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.
6. Vaporiseur selon la revendication 5, **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.
7. Vaporiseur selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** chaque premier passage principal (L) contient au moins une onde (29, 31) formant ailette thermique.
8. Vaporiseur selon la revendication 7, **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.
9. Vaporiseur selon la revendication 7 ou 8, **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.
10. Vaporiseur selon les revendications 8 et 9 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.
11. Vaporiseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** les moyens pour former un bain du liquide à vaporiser et les moyens d'introduction du fluide calorigène sont disposés de sorte que le fluide calorigène et le liquide à vaporiser s'écoulent à cocourant dans le corps d'échangeur de chaleur.
12. Vaporiseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** le vaporiseur est un vaporiseur-condenseur, les moyens d'introduction du fluide calorigène étant des moyens (8, 9) d'introduction d'un gaz à condenser et le vapo-

- riseur comprenant en outre des moyens (10, 11) d'évacuation du gaz condensé.
13. 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.
14. Vaporiseur selon la revendication 1 ou 13, dans lequel chaque premier passage principal (L) contient au moins un passage auxiliaire fermé (23, 50).
15. Vaporiseur selon la revendication 1, 13 ou 14, dans lequel la largeur maximale d'un passage auxiliaire est supérieure à 50% de la distance entre deux plaques adjacentes (4).
16. Vaporiseur selon l'une quelconque des revendications 1 et 13 à 15, dans lequel la surface intérieure du ou de chaque passage auxiliaire (23, 50) ne comprend que des surfaces courbes et éventuellement des convexités.
17. Vaporiseur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 et 13 à 16, dans lequel au moins un, et préférentiellement 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).
18. Vaporiseur selon l'une quelconque des revendications 1 et 13 à 17, dans lequel au moins un, et préférentiellement 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.
19. Vaporiseur selon la revendication 17 ou 18, dans lequel les tubes adjacents (23, 50) sont contigus.
20. Vaporiseur selon la revendication 17 ou 18, dans lequel les tubes adjacents (23, 50) ne sont pas contigus.
21. Vaporiseur selon l'une quelconque des revendications 1 et 13 à 20, comprenant des moyens (24, 25) pour diriger le liquide du bain vers le ou chaque passage auxiliaire.
22. Vaporiseur selon la revendication 21, 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.
23. Vaporiseur selon la revendication 21 ou 22 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.
24. Vaporiseur selon la revendication 1 ou 13 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.
25. Vaporiseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 24, **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.
26. Installation de distillation d'air comprenant au moins un vaporiseur (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 25.
27. Installation selon la revendication 26 dans laquelle le vaporiseur (2) est un échangeur principal qui sert à refroidir de l'air épuré à sa température de distillation.
28. Installation selon la revendication 26 ou 27 dans laquelle le vaporiseur (2) est un sous-refroidisseur.
29. Installation selon l'une quelconque des revendications 26 à 28 comprenant une première colonne alimentée par de l'air et reliée thermiquement à une deuxième colonne au moyen du vaporiseur (2).
30. Installation de distillation d'air selon la revendication 29, 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.

#### Patentansprüche

1. Verdampfer (2) der Art mit einem Wärmetauscherkörper, der Hauptdurchgänge (G, L) aufweist, die in einer Wärme austauschenden Beziehung zueinander platziert sind, mit Mitteln zum Bilden eines Ba-

- des (5) der zu verdampfenden Flüssigkeit, damit sie in zumindest einem ersten (L) der Hauptdurchgänge fließt, und Mitteln (8, 9) zur Einführung eines Wärmemittels in zumindest einem zweiten (G) der Hauptdurchgänge, damit es für die Verdampfung der Flüssigkeit sorgt, wobei der Wärmetauscherkörper aus einer Zusammensetzung paralleler Platten (4) von im Wesentlichen ähnlichem Umriss gebildet wird, die abwechselnd die ersten (L) und zweiten Hauptdurchgänge (G) begrenzen, die flach sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder jeder erste Hauptdurchgang im quer zu der Fließrichtung der zu verdampfenden Flüssigkeit laufenden Querschnitt zumindest einen freien, durchgängigen Fließbereich besitzt, der sich genügend ausdehnt, um es der Flüssigkeit zu gestatten, eine Ablagerung von Verunreinigungen zu umströmen, oder zumindest ein erster Hauptdurchgang (L) entweder schmaler als ein zweiter Hauptdurchgang ist und weder eine Wärmeaustauschelle noch einen Hilfsdurchgang enthält, oder einen oder mehrere geschlossene Hilfsdurchgänge (23, 50) enthält, die sich über den Hauptteil der Abmessung des Wärmetauscherkörpers parallel zu der Fließrichtung der zu verdampfenden Flüssigkeit erstrecken, wobei die Wände des Hilfsdurchgangs (der Hilfsdurchgänge) die Platten (4) berühren, die den Hauptdurchgang begrenzen.
2. Verdampfer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fließbereich sich längs einer Leitkurve (C) mit einer Länge größer etwa 10 cm erstreckt.
  3. Verdampfer nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitkurve (C) eine Länge größer oder gleich etwa 30 cm aufweist.
  4. Verdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der Fließbereich im Wesentlichen auf der ganzen Abmessung des Wärmetauscherkörpers quer zu der Fließrichtung der zu verdampfenden Flüssigkeit erstreckt.
  5. Verdampfer nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** nicht jeder erste Hauptdurchgang (L) Wellenverstreungen zwischen den zwei parallelen Platten (4) umfasst, zwischen denen er liegt.
  6. Verdampfer nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder erste Hauptdurchgang (L) durch die zwei parallelen Platten (4) begrenzt wird, zwischen denen er liegt, wobei diese zwei Platten zwischen sich einen im Wesentlichen freien und auf dem Großteil ihrer Breite quer zu der Fließrichtung der zu verdampfenden Flüssigkeit durchgängigen Raum begrenzen.
  7. Verdampfer nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Hauptdurchgang (L) zumindest eine Welle (29, 31) enthält, die eine thermische Rippe bildet.
  8. Verdampfer nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder erste Durchgang (L) zwei Wellen (29, 31) enthält, die thermische Rippen bilden, die gegenüber voneinander angeordnet sind und zwischen sich einen im Wesentlichen freien und auf dem Großteil ihrer Breite quer zu der Fließrichtung der zu verdampfenden Flüssigkeit durchgängigen Hilfsdurchgang begrenzen.
  9. Verdampfer nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oder jede Welle (29, 31), die thermische Rippen eines ersten Durchgangs (L) bildet, quer zu der Fließrichtung der zu verdampfenden Flüssigkeit einen im Wesentlichen epizykloidalen Querschnitt aufweist.
  10. Verdampfer nach Anspruch 8 gemeinsam mit Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die epizykloidalen Wellen ein und desselben ersten Durchgangs (L) quer zu der Fließrichtung der zu verdampfenden Flüssigkeit zueinander versetzt sind.
  11. Verdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zum Bilden eines Bades der zu verdampfenden Flüssigkeit und die Mittel zum Einführen des Wärmemittels so angeordnet sind, dass das Wärmemittel und die zu verdampfende Flüssigkeit in dem Wärmetauscherkörper im Gleichstrom fließen.
  12. Verdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verdampfer ein Verdampferkondensator ist, wobei die Mittel zum Einführen des Wärmemittels Mittel (8, 9) zum Einführen eines zu kondensierenden Gases sind und der Verdampfer außerdem Mittel (10, 11) zum Ableiten des kondensierten Gases umfasst.
  13. Verdampfer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder jeder Hilfsdurchgang (23, 50) verhindert, dass die zu verdampfende Flüssigkeit wieder in Kontakt mit den Platten (4) des zugehörigen ersten Hauptdurchgangs (L) kommt.
  14. Verdampfer nach Anspruch 1 oder 13, bei dem jeder erste Hauptdurchgangs (L) zumindest einen geschlossenen Hilfsdurchgang (23, 50) enthält.
  15. Verdampfer nach Anspruch 1, 13 oder 14, bei dem die maximale Breite eines Hilfsdurchgangs größer als 50% des Abstands zwischen zwei benachbarten Platten (4) ist.

16. Verdampfer nach einem der Ansprüche 1 und 13 bis 15, bei dem die Innenfläche des oder jeden Hilfsdurchgangs (23, 50) nur gekrümmte Flächen und eventuell Konvexitäten umfasst.
17. Verdampfer nach einem der Ansprüche 1 und 13 bis 16, bei dem zumindest ein und vorzugsweise jeder erste Hauptdurchgang (L) mehrere Hilfsdurchgänge enthält, die aus einer Reihe von zylindrischen, zueinander parallelen Röhren (23) bestehen, die jeweils einen Durchmesser aufweisen, der zumindest gleich 50% des Abstandes zwischen zwei benachbarten Platten (4) ist.
18. Verdampfer nach einem der Ansprüche 1 und 13 bis 17, bei dem zumindest ein und vorzugsweise jeder erste Hauptdurchgang (L) mehrere Hilfsdurchgänge enthält, die aus Röhren (50) bestehen, die jeweils eine Innenfläche mit zumindest drei identischen Konvexitäten und die Konvexitäten verbindenden gekrümmte Flächen aufweisen.
19. Verdampfer nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die benachbarten Röhren (23, 50) aneinander stoßen.
20. Verdampfer nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die benachbarten Röhren (23, 50) nicht aneinander stoßen.
21. Verdampfer nach einem der Ansprüche 1 und 13 bis 20 mit Mitteln (24, 25) zum Lenken der Flüssigkeit des Bades zu dem oder jedem Hilfsdurchgang.
22. Verdampfer nach Anspruch 21 mit Mitteln zum Verteilen der Flüssigkeit des Bades, die Öffnungen zur Vorverteilung umfassen, wobei diese Öffnungen diese Flüssigkeit auf eine Auskleidung (26) fallen lassen, die über den Mitteln (24, 25), zum Lenken der Flüssigkeit in einen oder jeden der Hilfsdurchgänge, liegt.
23. Verdampfer nach Anspruch 21 oder 22, bei dem die Mittel (24, 25) zum Lenken der Flüssigkeit in die Hilfsdurchgänge geneigte Spitzen sind, deren Ende sich über dem Inneren des Hilfsdurchgangs (oder eines Hilfsdurchgangs) befindet.
24. Verdampfer nach Anspruch 1 oder 13, bei dem die Hilfsdurchgänge in einem Materialblock ausgebildet sind, der in dem ersten Hauptdurchgang (L) platziert ist und im Wesentlichen die gleichen Dimensionen wie dieser aufweist.
25. Verdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zum Bilden eines Bades der zu verdampfenden Flüssigkeit Mittel zum Bilden eines Bades (5) über den Hauptdurchgängen (G, L) sind, wobei der Verdampfer außerdem Mittel zum Einführen der Flüssigkeit des Bades (5) in den oder jeden ersten Hauptdurchgang umfasst, damit sie in Form eines Fallstroms fließt.
26. Anlage zur Zerlegung von Luft, die zumindest einen Verdampfer (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 25 umfasst.
27. Anlage nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verdampfer (2) ein Hauptwärmetauscher ist, der zum Kühlen der gereinigten Luft auf seine Zerlegungstemperatur dient.
28. Anlage nach Anspruch 26 oder 27, bei dem der Verdampfer (2) ein Unterkühler ist.
29. Anlage nach einem der Ansprüche 26 bis 28 mit einer ersten Säule, die mit Luft versorgt wird und thermisch mit einer zweiten Säule mittels des Verdampfers (2) verbunden ist.
30. Anlage zur Zerlegung von Luft nach Anspruch 29, bei dem die erste Säule eine Mitteldrucksäule (1) ist, die zweite Säule eine Niederdrucksäule ist und der Verdampfer (2) ein Verdampferkondensator für den Wärmeaustausch des Sauerstoffs vom Unter- teil der Niederdrucksäule und des Stickstoffs von der Mitteldrucksäule ist.

### Claims

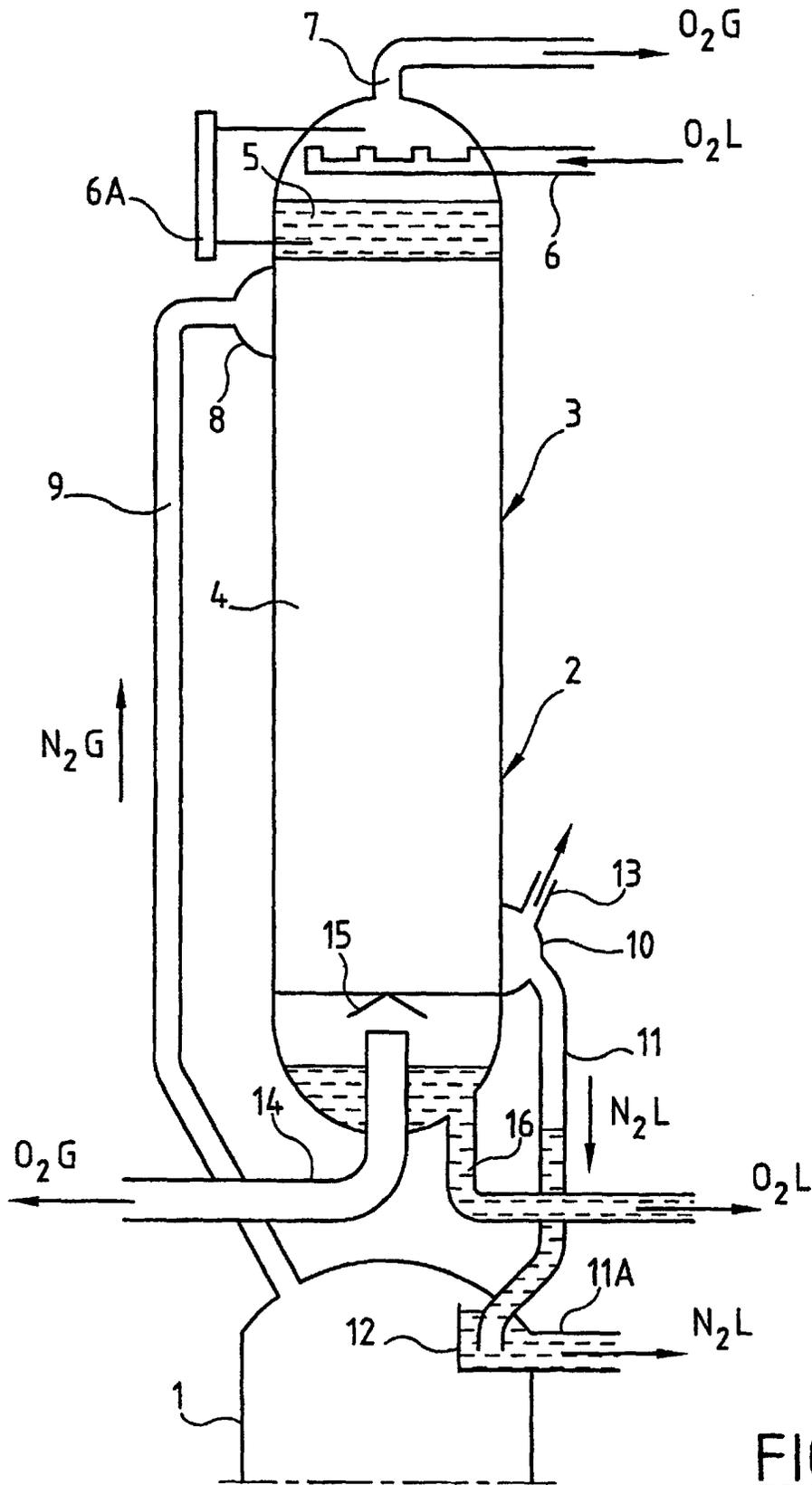
1. Reboiler (2), of the type comprising a heat-exchanger body that has main passages (G, L) placed in a heat-exchange relationship, means for forming a bath (5) of the liquid to be vaporized, in order for it to flow in at least a first (L) of the said main passages, and means (8, 9) for introducing a heat-transfer fluid into at least one second (G) main of the said main passages, in order to ensure that the liquid vaporizes, the heat-exchanger body being formed from an assembly of parallel plates (4) of substantially similar outline defining, alternately, the first (L) and second (G) main passages which are flat, **characterized in that** the or each first main passage has, in working cross section transverse to the direction of flow of the liquid to be vaporized, at least one continuous free-flow region of sufficient extent to allow the liquid to go around a deposit of impurities, or at least one first main passage (L) is either narrower than a second main passage and contains neither an exchange corrugation nor an auxiliary passage, or contains one or more closed auxiliary passages (23, 50) that extend over most of the length of the heat-exchanger body parallel to the direction of flow of liquid to be vaporized, the

- walls of the auxiliary passage(s) touching the plates (4) that define the main passage.
2. Reboiler according to Claim 1, **characterized in that** the said flow region extends along a directrix curve (C) of length greater than about 10 cm. 5
  3. Reboiler according to Claim 2, **characterized in that** the said directrix curve (C) has a length of greater than or equal to about 30 cm. 10
  4. Reboiler according to any one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the said flow region extends approximately over one dimension of the heat-exchanger body transverse to the direction of flow of the liquid to be vaporized. 15
  5. Reboiler according to Claim 4, **characterized in that** each first main passage (L) has no corrugated spacer between the two plates (4) between which it is situated. 20
  6. Reboiler according to Claim 5, **characterized in that** each first main passage (L) is bounded by the two parallel plates (4) between which it is located, these two plates defining between them a substantially free and continuous space over most of their width transverse to the direction of flow of the liquid to be vaporized. 25
  7. Reboiler according to Claim 4 or 5, **characterized in that** each first main passage (L) contains at least one corrugation (29, 31) forming a thermal fin. 30
  8. Reboiler according to Claim 7, **characterized in that** each first passage (L) contains two corrugations (29, 31) forming thermal fins arranged opposite each other and between them defining an approximately free and continuous auxiliary passage over most of their width transverse to the direction of flow of the liquid to be vaporized. 35
  9. Reboiler according to Claim 7 or 8, **characterized in that** the or each corrugation (29, 31) forming a thermal fin of a first passage (L) has an approximately epicycloidal cross section transverse to the direction of flow of the liquid to be vaporized. 40
  10. Reboiler according to Claims 8 and 9 taken together, **characterized in that** the epicycloidal corrugations of a one and the same first passage (L) are offset from one another transversely to the direction of flow of the liquid to be vaporized. 45
  11. Reboiler according to any one of Claims 1 to 10, **characterized in that** the means for forming a bath of the liquid to be vaporized and means for introducing the heat-transfer fluid are arranged so that the 50
12. Reboiler according to any one of Claims 1 to 11, **characterized in that** the reboiler is a reboiler-condenser, the means for introducing the heat-transfer fluid being means (8, 9) for introducing a gas to be condensed and the reboiler furthermore including means (10, 11) for extraction of the condensed gas.
  13. Reboiler according to Claim 1, **characterized in that** the or each auxiliary passage (23, 50) prevents the liquid to be vaporized from getting back into contact with the plates (4) of the corresponding first main passage (L).
  14. Reboiler according to Claim 1 or 13, in which each first main passage (L) contains at least one closed auxiliary passage (23, 50).
  15. Reboiler according to Claim 1, 13 or 14, in which the maximum width of an auxiliary passage is greater than 50% of the distance between two adjacent plates (4).
  16. Reboiler according to any one of Claims 1 and 13 to 15, in which the internal surface of the or each auxiliary passage (23, 50) has only curved surfaces and optionally convexities.
  17. Heat reboiler according to any one of Claims 1 and 13 to 16, in which at least one, and preferably each, first main passage (L) contains several auxiliary passages formed by a series of cylindrical tubes (23) parallel to one another and each having a diameter at least equal to 50% of the separation between two adjacent plates (4).
  18. Reboiler according to any one of Claims 1 and 13 to 17, in which at least one, and preferably each, first main passage contains several auxiliary passages formed by tubes (50) each having an internal surface with at least three identical convexities and curved surfaces that connect the convexities.
  19. Reboiler according to Claim 17 or 18, in which the adjacent tubes (23, 50) are contiguous.
  20. Reboiler according to Claim 17 or 18, in which the adjacent tubes (23, 50) are not contiguous.
  21. Reboiler according to any one of Claims 1 and 13 to 20, comprising means (24, 25) for directing the liquid of the bath towards the or each auxiliary passage.
  22. Reboiler according to Claim 21, comprising means for distributing the liquid of the bath, comprising pre-

distribution apertures, these apertures allowing this liquid to fall over a lining (26) lying above the means (24, 25) for directing the liquid into one or each auxiliary passage.

5

23. Reboiler according to Claim 21 or 22, in which the means (24, 25) for directing the liquid into the auxiliary passages are inclined points, the end of which lies above the inside of the auxiliary passage (or an auxiliary passage). 10
24. Reboiler according to Claim 1 or 13, in which the auxiliary passages are formed in a block of material placed in the first main passage (L) and having substantially the same dimensions as the latter. 15
25. Reboiler according to any one of Claims 1 to 24, **characterized in that** the means for forming a bath of the liquid to be vaporized are means for forming a bath (5) above the main passages (G, L), the reboiler furthermore having means for introducing the liquid of the bath (5) into the or each first main passage so that it flows through in the form of a falling film. 20  
25
26. Air distillation unit comprising at least one reboiler (2) according to any one of Claims 1 to 25.
27. Unit according to Claim 26, in which the reboiler (2) is a main exchanger that is used to cool purified air down to its distillation temperature. 30
28. Unit according to Claim 26 or 27, in which the reboiler (2) is a subcooler. 35
29. Unit according to any one of Claims 26 to 28, comprising a first column fed with air and thermally coupled to a second column by means of the reboiler (2). 40
30. Air distillation unit according to Claim 29, in which the first column is a medium-pressure column (1), the second column is a low-pressure column and the reboiler (2) is a reboiler-condenser for bringing oxygen from the bottom of the low-pressure column into heat-exchange relationship with the nitrogen from the top of the medium-pressure column. 45  
50  
55



**FIG. 1**

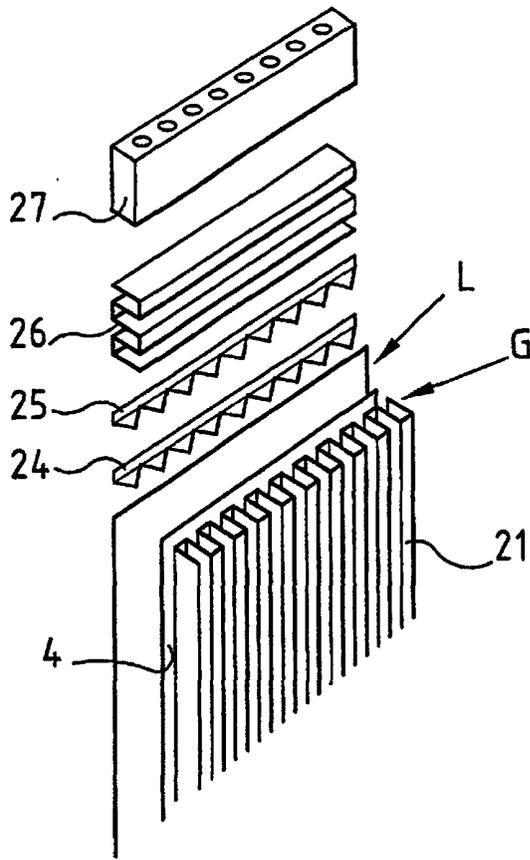


FIG. 2

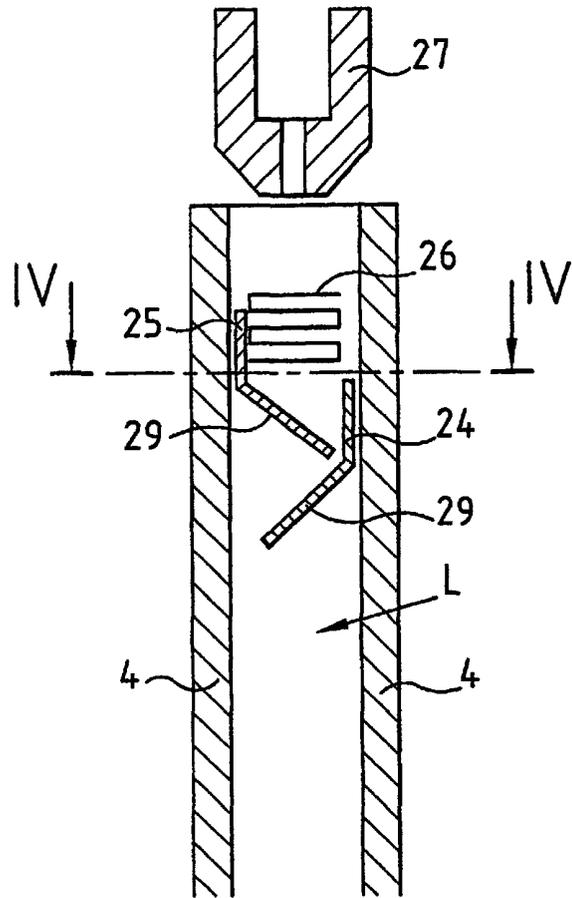


FIG. 3

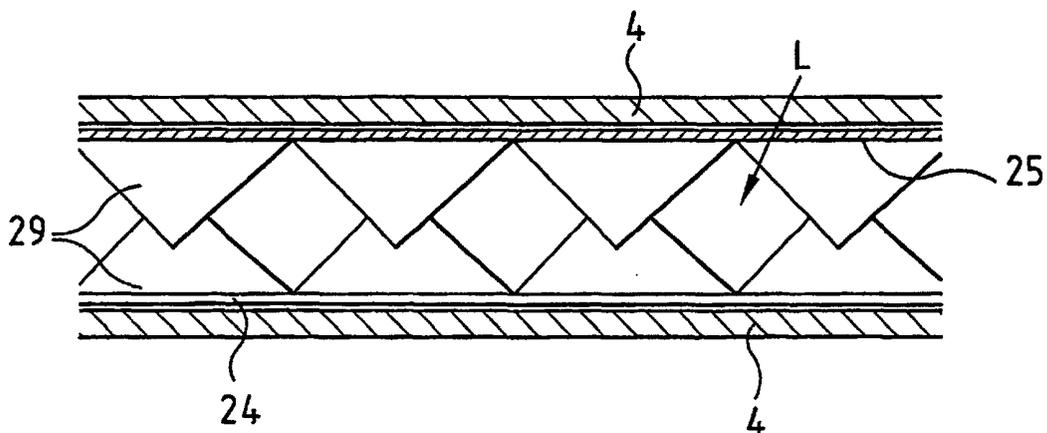


FIG. 4

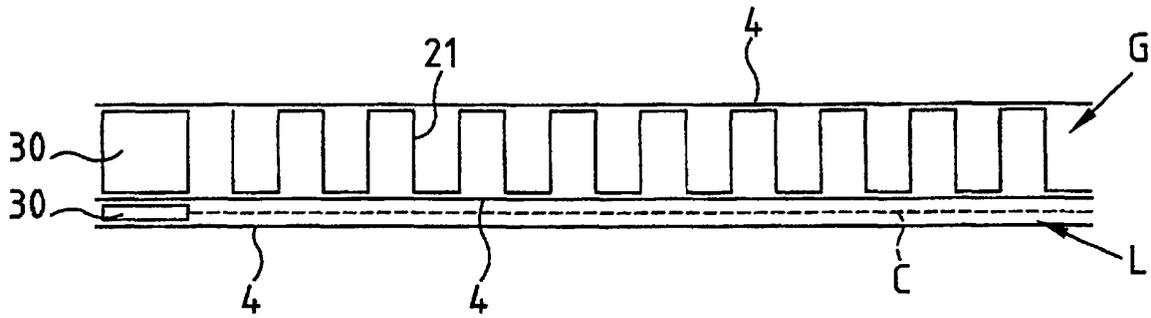


FIG.5a

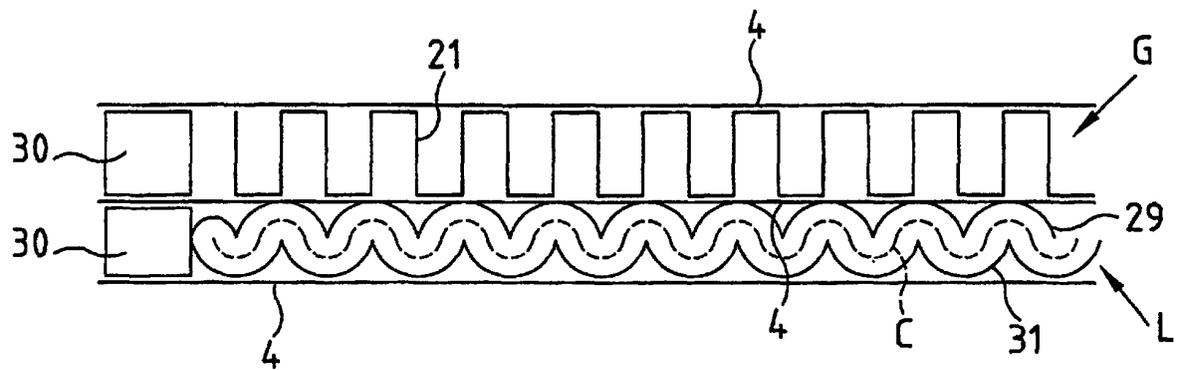


FIG.5b

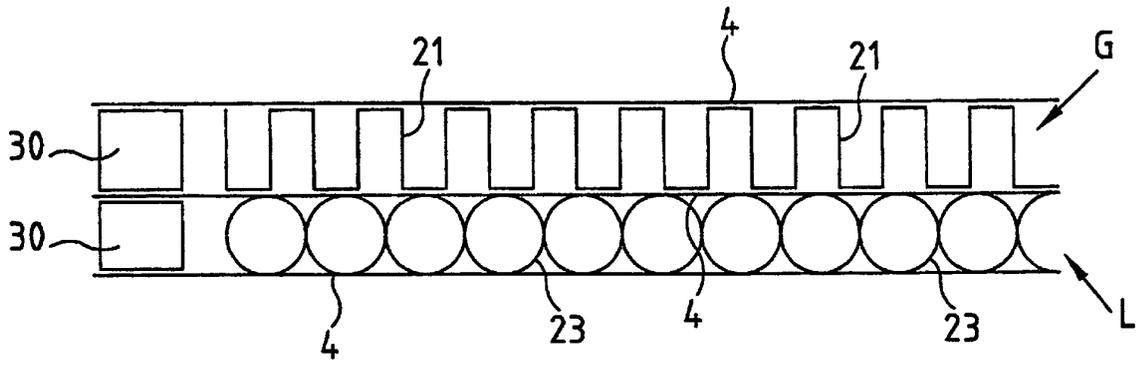


FIG.5c

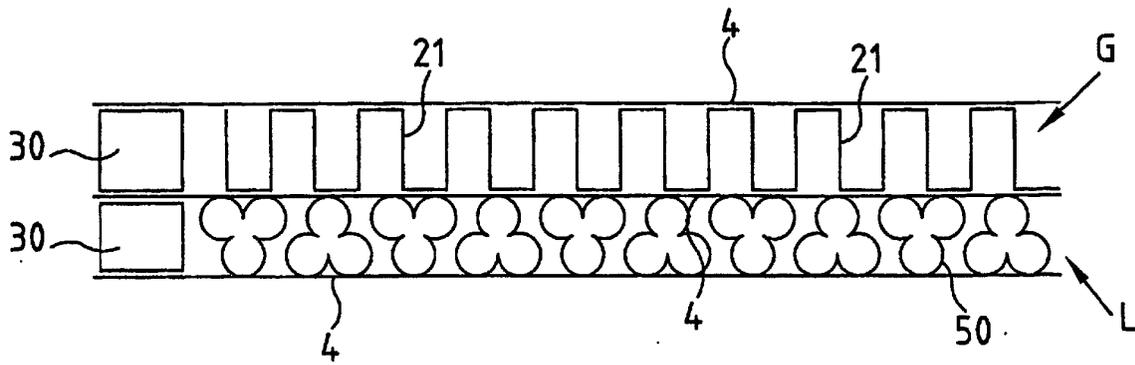


FIG.5d