



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 026 468 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**09.08.2000 Bulletin 2000/32**

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

(21) Numéro de dépôt: **00400094.9**

(22) Date de dépôt: **14.01.2000**

(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: **01.02.1999 FR 9901098**

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

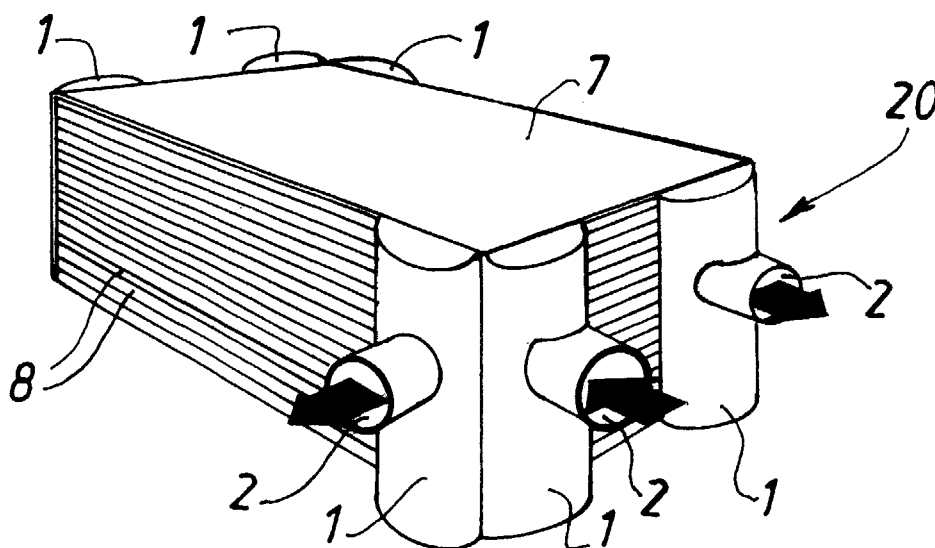
(72) Inventeurs:  
• **Davidian, Benoit**  
**94100 Saint Maur des Fosses (FR)**  
• **Wagner, Marc**  
**94100 Saint Maur des Fosses (FR)**

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

(54) **Echangeur de chaleur, notamment échangeur de chaleur à plaques d'un appareil de séparation d'air**

(57) Un échangeur comprend plusieurs plaques (8) en cuivre, nickel ou aluminium ou un alliage de ces métaux séparés par des ondes d'échange en cuivre ou en un alliage de cuivre (6) et deux tôles extérieures (7).

La séparation entre les plaques est supérieure à 6 mm, éventuellement 8mm.



**FIG 1**

**EP 1 026 468 A1**

## Description

**[0001]** La présente invention concerne un échangeur de chaleur et, plus particulièrement, un échangeur de chaleur à plaques, permettant d'échanger de la chaleur entre au moins deux fluides d'un appareil de séparation d'air.

**[0002]** Un appareil de séparation d'air comprend plusieurs types d'échangeur de chaleur.

**[0003]** 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, Hausen, Linde "Tiefemperaturtechnik", pages 468-471, "Large Tonnage Oxygen Plants -Braze Aluminium Technology and Equipment for the 80's", Duncan et al., Cryogenic Processes and Equipment Conference, ASME, août 1980, "Improved Plant Main Condenser", O'Neill et al., Cryogenic Processes and Equipment Conference, ASME, août 1980).

**[0004]** Pour des raisons de sécurité, ces liquides se vaporisent parfois dans un échangeur dédié contre un seul fluide tel que l'air ou l'azote.

**[0005]** 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 sont habituellement réalisés entièrement en cuivre, acier inoxydable, nickel ou aluminium et sont constitués d'au moins deux circuits, dont un au moins qui est relié au reste de l'installation au moyen de tuyauteries soudées sur l'équipement.

**[0006]** Ces échangeurs comprennent habituellement une pluralité de plaques en aluminium séparées entre elles d'entre 5 et 7,6 mm (US-A-4715433) avec des ondes en aluminium entre les plaques.

**[0007]** Dans EP-A-0952419, la séparation entre plaques en aluminium est au plus 5mm.

**[0008]** A des températures cryogéniques, la conductivité thermique du cuivre est environ trois fois plus élevée que celle de l'aluminium, Ainsi la hauteur des ondes (et donc la séparation entre les plaques) peut être augmentée pour améliorer l'échange thermique et le nombre de plaques sera réduit, comme illustré dans la figure 7. La figure 7 montre l'évolution de la surface effective en fonction de la hauteur d'onde pour différents matériaux et à des températures différentes. La surface effective correspond à la surface primaire (tôles séparatrices) plus la surface secondaire (ondes) corrigé du coefficient d'aillette.

**[0009]** Selon un objet de l'invention, il est prévu un échangeur de chaleur à plaques comprenant :

- une pluralité de plaques métalliques en cuivre, en

nickel, en aluminium ou en un alliage comprenant au moins 80 % de cuivre, au moins 80 % de nickel ou au moins 80 % d'aluminium ayant un contour substantiellement similaire, parallèles et espacées les unes des autres afin de former des passages ;

- des ondes d'échange comprenant au moins 80% de cuivre placées entre au moins deux plaques ;
- un moyen d'obturation constitué par des barres latérales reliées de façon étanche aux bords des plaques ;
- deux tôles extérieures parallèles aux plaques et ayant un contour substantiellement similaire à ceux des plaques ;
- éventuellement des têtes semi-cylindriques reliées aux passages entre les plaques

et éventuellement une chambre d'entrée et/ou sortie d'un fluide reliée à un joint étanche à une face d'entrée ou de sortie du fluide, une partie au moins de la chambre étant constituée par au moins une portion de sphère ou d'ellipsoïde et par des secteurs de cônes tangents à cette portion de sphère ou d'ellipsoïde

caractérisé en ce la séparation entre les bords adjacents des plaques entre lesquelles sont placées des ondes en au moins 80% de cuivre est supérieure à 6mm, éventuellement à 8 mm.

**[0010]** De préférence la séparation entre les bords adjacents des plaques est supérieure à 9 mm ou 10 mm.

**[0011]** L'épaisseur des plaques varie de 1mm à 2,5mm.

**[0012]** L'épaisseur des ondes varie de 0,1mm à 0,4mm.

**[0013]** La fréquence des ondes varie de 300 ondes/mètre à 1200 ondes/mètre.

**[0014]** De préférence toutes les ondes de l'échangeur sont en cuivre.

**[0015]** L'échangeur peut remplir un des rôles décrits ci-dessus dans un appareil de séparation d'air.

**[0016]** Par exemple, il peut être l'échangeur principal qui sert à refroidir l'air à sa température de distillation ou un sous-refroidisseur.

**[0017]** Si l'appareil comporte une première colonne alimentée par de l'air et reliée thermiquement à une deuxième colonne, un échangeur de chaleur selon l'invention peut permettre de chauffer la cuve de la deuxième colonne avec le gaz de tête de la première colonne. Seuls deux débits différents circulent dans l'échangeur.

**[0018]** Sinon l'échangeur de chaleur selon l'invention peut être un échangeur intermédiaire de la deuxième colonne ou un condenseur de tête d'une simple colonne.

**[0019]** Un exemple de mise en oeuvre de l'invention va maintenant être décrit en regard des dessins annexés.

**[0020]** Sur ces dessins,

- la figure 7 montre l'évolution de la surface effective en fonction de la hauteur d'onde pour différents matériaux et à des températures différentes. La surface effective correspond à la surface primaire (tôles séparatrices) plus la surface secondaire (ondes) corrigé du coefficient d'aillette,
- la figure 1 est une vue schématique de l'extérieur d'un échangeur selon l'invention,
- les figures 2 et 3 sont des vues schématiques de l'intérieur d'un échangeur selon l'invention,
- la figure 4 est un appareil de séparation d'air comprenant plusieurs échangeurs selon l'invention,
- la figure 5 est une vue partielle de côté de l'extérieur d'un autre échangeur selon l'invention,
- et la figure 6 est une vue de dessus de cet échangeur.

**[0021]** Dans la figure 1, un échangeur de chaleur 20 comprend une série de plaques parallèles en aluminium brasées entre elles qui définissent une multitude de passages destinés alternativement à un des trois débits de fluide, par exemple, un débit d'air gazeux, un débit gazeux enrichi en azote à environ 5 bars et un débit liquide enrichi en oxygène à environ 1,5 bars. Evidemment les pressions peuvent prendre d'autres valeurs.

**[0022]** Le gaz ou le liquide rentre dans l'échangeur au moyen d'une tuyauterie 2 en acier inoxydable soudée au milieu d'une tête 1 (parfois appelée "boîte" ou en anglais "header") semi-cylindrique et en acier inoxydable qui distribue le gaz sur toute la hauteur de l'échangeur 20 pour l'envoyer à une entrée de passages définie par la barre séparatrice 12 en acier inoxydable.

**[0023]** Dans la figure 2 on voit la tôle extérieure 7 en acier inoxydable en dessus des plaques empilées 8. Une autre tôle extérieure identique est placée en dessous des plaques. Des barres latérales 14 en acier inoxydable sont fixées de manière étanche aux bords des plaques 8.

**[0024]** Ces plaques 8 parallèles de forme rectangulaire sont séparées par des ondes 9 en cuivre ou en un alliage comprenant au moins 80 % de cuivre fixées pas brasage. La séparation entre les bords adjacents des plaques est constante et égale à 9,6 mm avec des plaques d'une épaisseur de 1,8mm. La hauteur des ondes est 9,63 mm.

**[0025]** Avec ce dimensionnement, le nombre de plaques est divisé par deux par rapport au nombre utilisé avec une séparation classique de 5 mm. La quantité de brasure sera également réduite.

**[0026]** Au-dessus des ondes 9, les passages sont fermés par des barres 12.

**[0027]** Dans la figure 4 un débit d'air se refroidit dans un échangeur 20A selon l'invention par échange de chaleur avec des gaz résiduels, de l'azote liquide et de l'azote gazeux avant d'être envoyé à une double colonne. Celle-ci comprend une colonne moyenne pression reliée thermiquement avec une colonne basse

pression par un vaporiseur-condenseur 20C selon l'invention.

**[0028]** Un débit de liquide riche en oxygène est soutiré de la cuve de la colonne basse pression et se vaporise par échange de chaleur avec un débit d'air surpressé dans un échangeur dédié 20B selon l'invention.

**[0029]** D'autres débits de l'appareil sont sous-refroidis dans un échangeur 20D selon l'invention.

**[0030]** Dans la figure 5, l'échangeur comprend un empilement de plaques rectangulaires verticales et parallèles entre lesquelles sont interposées des ondes-entretoises formant également ailettes thermiques. Chaque paire de plaques délimite un passage de forme générale plate. Il existe au moins deux séries de passages dont l'une est réservée à la circulation d'oxygène constituant le fluide traité tandis que l'autre sert à faire circuler l'azote qui constitue le fluide auxiliaire calorifique en cours de condensation.

**[0031]** Sur leur périphérie, les passages sont fermés par des barres. Les barres correspondant au fluide traité sont toutefois supprimées sur la face supérieure 103 du corps 101, et également sur sa face inférieure. L'échangeur fonctionne ainsi en thermosiphon, avec une circulation ascendante d'oxygène vaporisé, entraînant de l'oxygène liquide. Le mélange diphasique sort du corps 102 par sa face supérieure 103.

**[0032]** Les barres de fermeture sont par ailleurs agencées de façon à laisser libres, sur les faces latérales verticales du corps 101, des rangées horizontales de fenêtres d'entrée-sortie de l'azote. Ces fenêtres sont coiffées par des boîtes d'entrée-sortie de forme générale cylindrique, telle que la boîte 104 représentée au dessin, prévue à la partie supérieure du corps et servant à l'entrée d'azote gazeux dans les passages d'azote, laquelle boîte est alimentée par une conduite 105.

**[0033]** Le ballon constituant la chambre d'entrée-sortie de fluide peut être en acier inoxydable ou en nickel ou en un alliage comprenant un de ces deux métaux.

**[0034]** Ces chambres sont décrites plus en détails dans EP-A-0718582 et EP-A-0718583.

**[0035]** Ainsi dans la figure 4, l'oxygène liquide se vaporise après pressurisation dans l'échangeur 20B contre de l'air et l'azote liquide pressurisé se vaporise dans l'échangeur principal 20A contre de l'air. L'air est détendu dans une turbine Claude et/ou une turbine d'insufflation. De l'argon peut être produit à partir du débit provenant de la colonne basse pression.

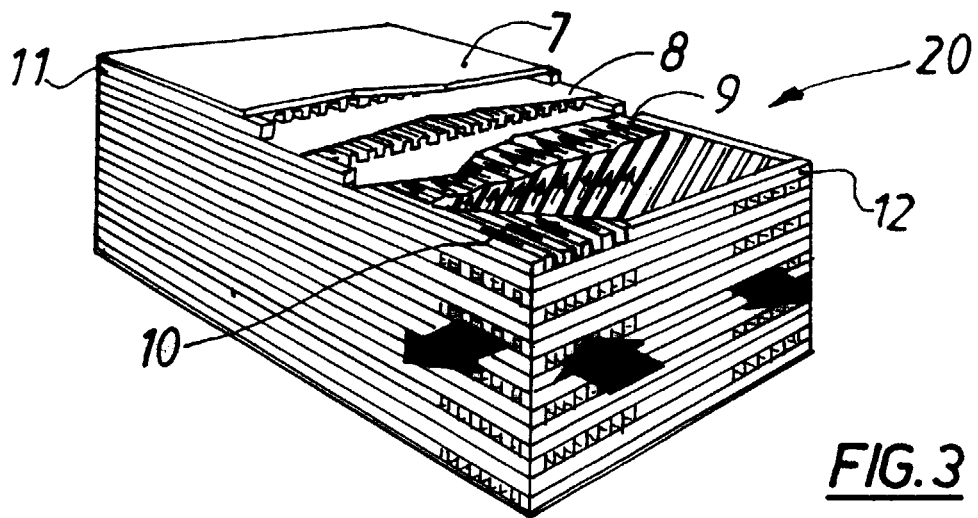
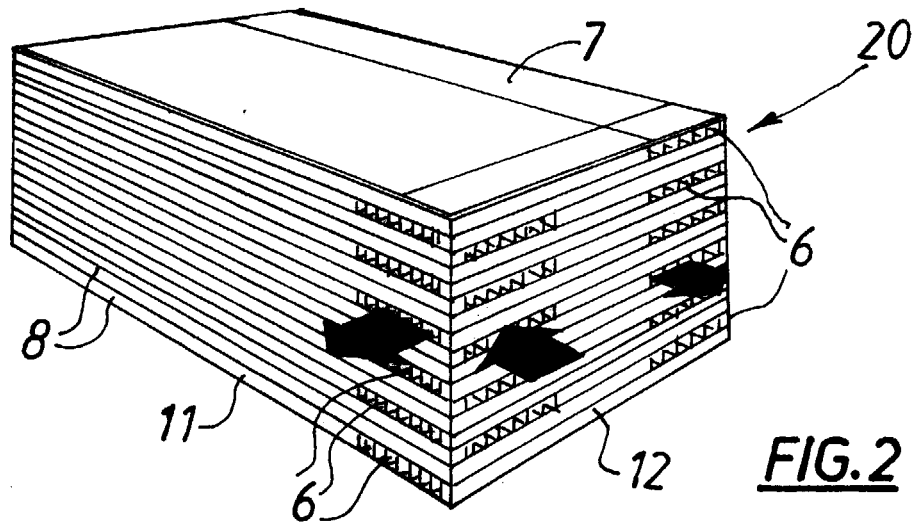
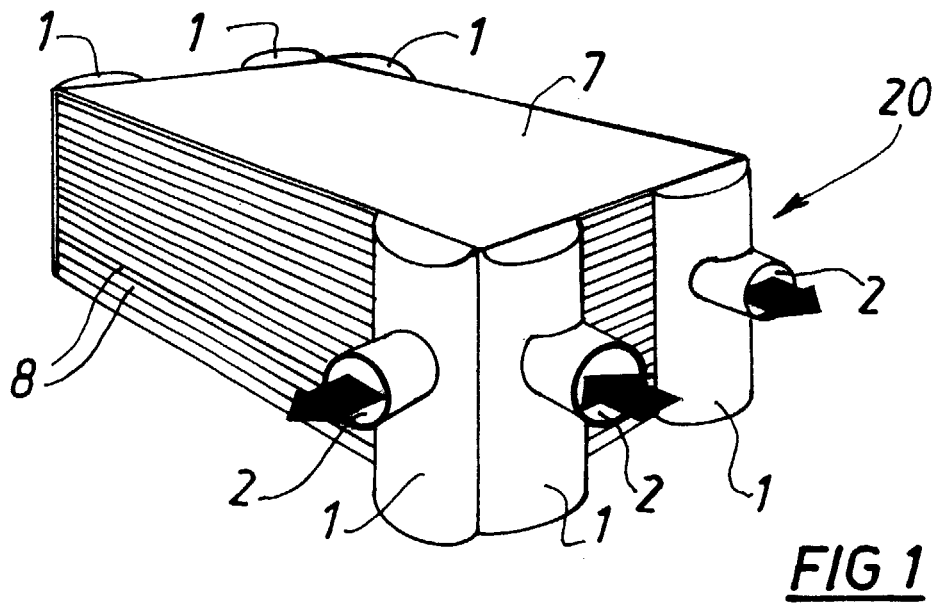
**[0036]** Les échangeurs selon l'invention peuvent être des échangeurs à co-courant ou à contre-courant. Ils peuvent être des vaporiseurs du type à bain (à thermosiphon) ou à film. Les canaux peuvent être de section rectangulaire ou cylindrique ou une combinaison des deux précédents.

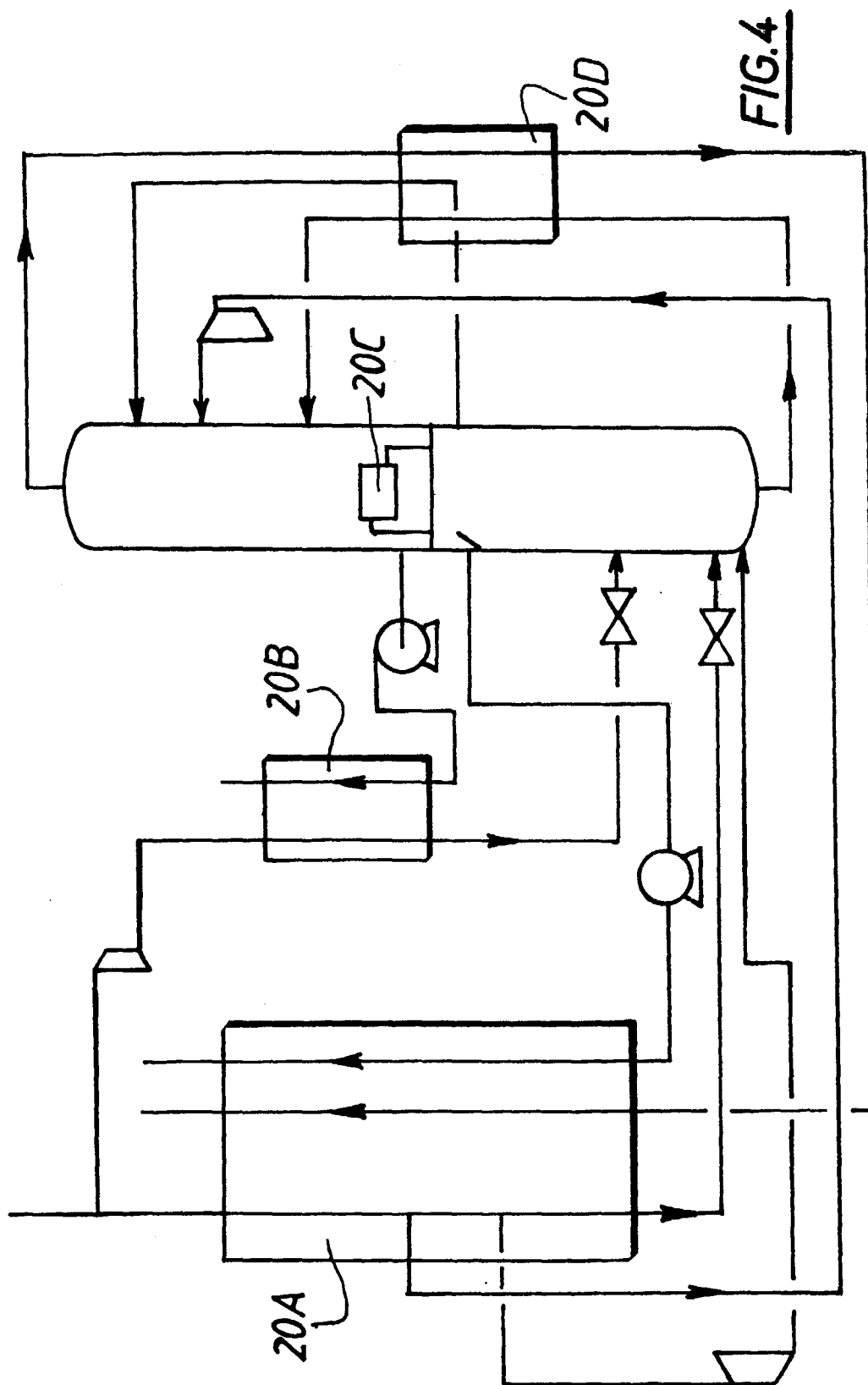
**Revendications**

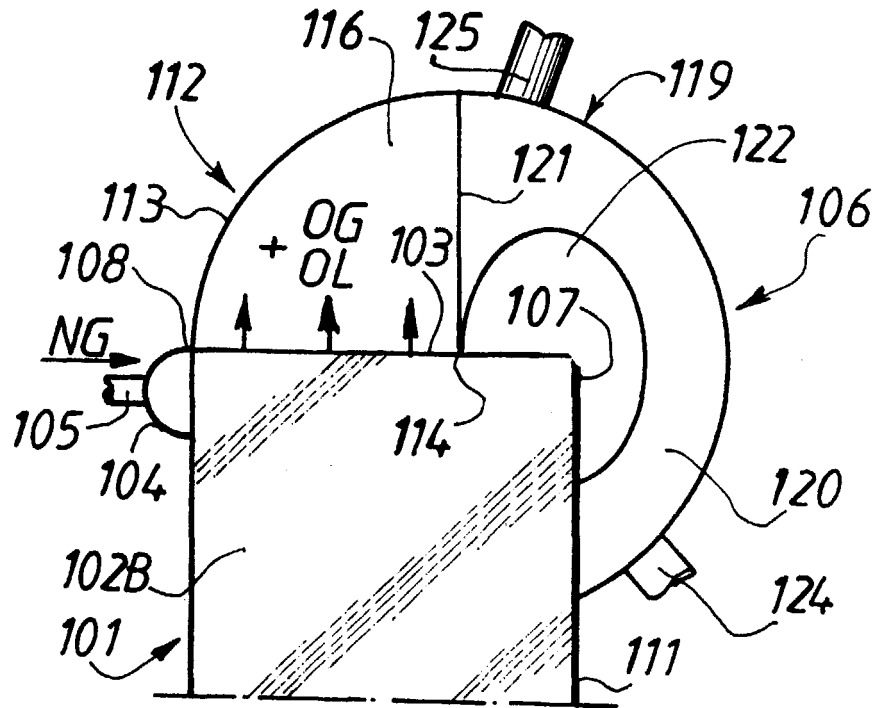
1. Echangeur de chaleur à plaques comprenant :
  - une pluralité de plaques métalliques (8) en cuivre, en nickel, en aluminium ou en un alliage comprenant au moins 80 % de cuivre, au moins 80 % de nickel ou au moins 80 % d'aluminium ayant un contour substantiellement similaire, parallèles et espacées les unes des autres afin de former des passages ; 5 10
  - des ondes d'échange comprenant au moins 80% de cuivre ou 80% de nickel (6) placées entre au moins deux des plaques, 15
  - un moyen d'obturation (11) constitué par des barres latérales reliées de façon étanche aux bords des plaques ; 20
  - deux tôles extérieures (7) parallèles aux plaques et ayant un contour substantiellement similaire à ceux des plaques ; 25
  - éventuellement des têtes semi-cylindriques reliées aux passages entre les plaques, 30

et éventuellement une chambre d'entrée et/ou sortie d'un fluide (106) reliée à un joint étanche à une face d'entrée ou de sortie du fluide, une partie au moins de la chambre étant constituée par au moins une portion de sphère ou d'ellipsoïde et par des secteurs de cônes tangents à cette portion de sphère ou d'ellipsoïde 35

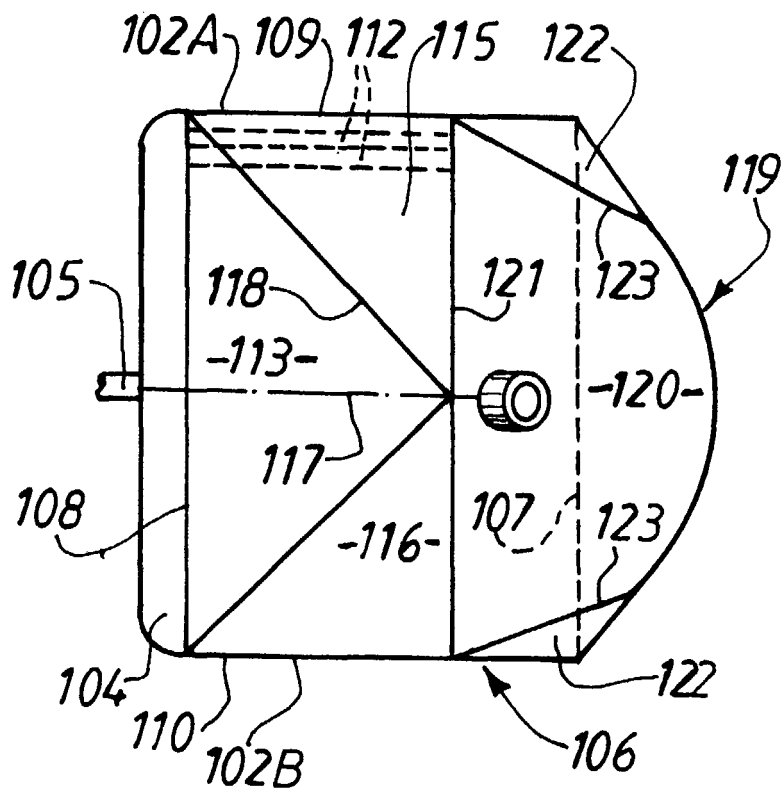
caractérisé en ce la séparation entre les bords adjacents des plaques entre lesquelles sont placées des ondes en au moins 80% de cuivre ou au moins 80% de nickel est supérieur à 6mm, éventuellement 8mm. 40
2. Echangeur selon la revendication 1 dans lequel la séparation entre mes plaques est supérieure à 10mm. 45
3. Echangeur selon une des revendications 1 ou 2 dans lequel toutes les ondes sont en cuivre, en un alliage de cuivre. 50
4. Appareil de séparation par distillation cryogénique comprenant au moins un échangeur de chaleur (20) selon l'une des revendications précédentes. 55
5. Appareil de séparation selon la revendication 4 dans lequel on sépare de l'air. 60
6. Appareil selon la revendication 5 dans lequel l'échangeur de chaleur est l'échangeur principal qui sert à refroidir l'air à sa température de distillation. 65
7. Appareil selon la revendication 4, 5 ou 6 dans lequel l'échangeur de chaleur est un sous-refroidisseur. 70
8. Appareil selon l'une des revendication 4 à 7 comprenant une première colonne alimentée par de l'air et reliée thermiquement à une deuxième colonne au moyen d'un échangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 3. 75



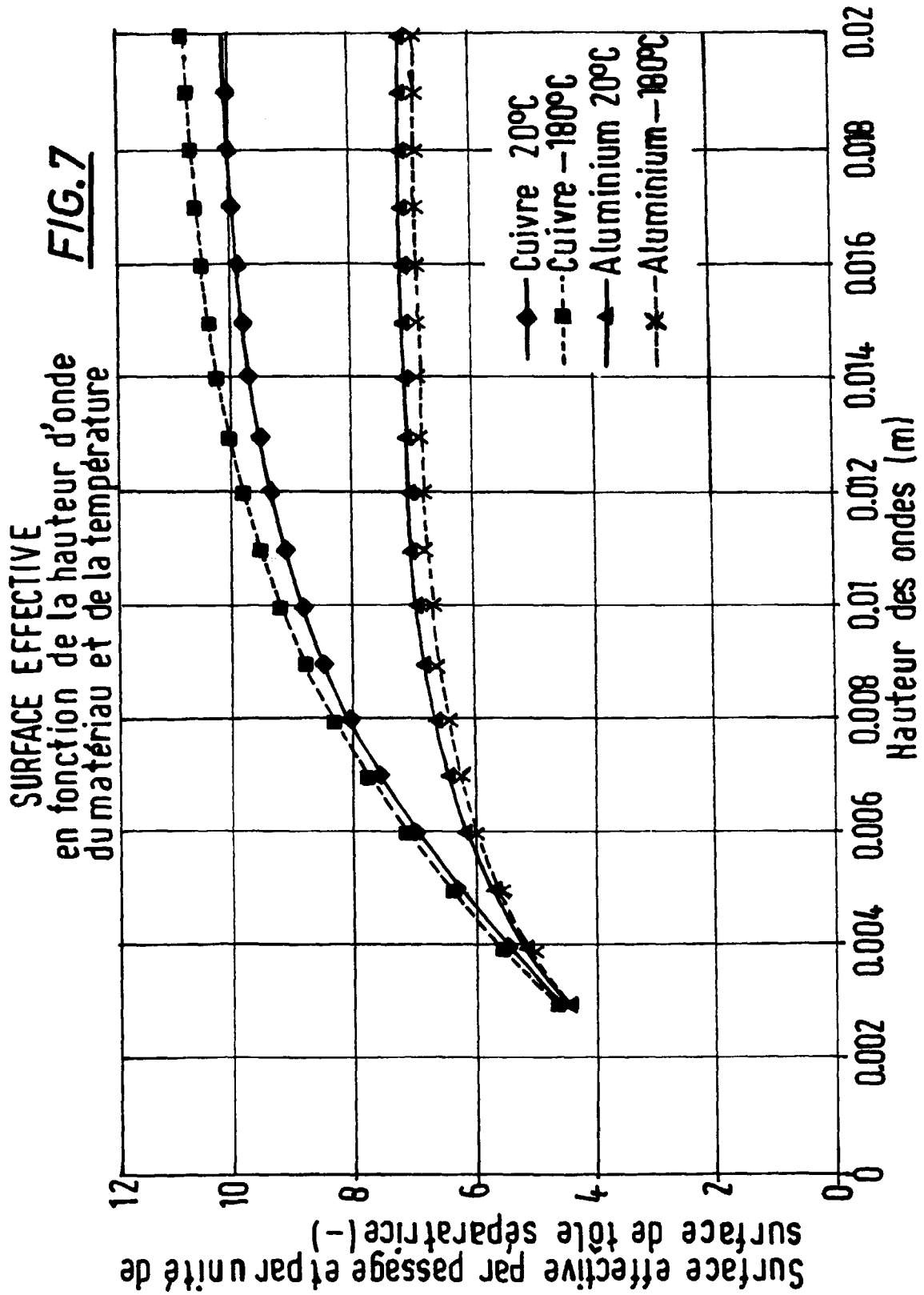




**FIG.5**



**FIG. 6**





Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 00 40 0094

| 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)       |
| D,A                                                                                                                                                                                                                                 | US 4 715 433 A (SCHWARZ ET AL)<br>29 décembre 1987 (1987-12-29)<br>* colonne 3, ligne 30 - colonne 4, ligne 5<br>*<br>* colonne 6, ligne 51 - colonne 7, ligne 14; figures 1-3,8 * | 1-8                                                                                                                                                                                                                                                             | F28D9/00<br>F25J3/00<br>F28F3/02          |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | EP 0 578 218 A (AIR PRODUCTS AND CHEMICALS INC.) 12 janvier 1994 (1994-01-12)<br>* page 5, ligne 54 - page 6, ligne 10 *<br>* page 9, ligne 22 - page 9, ligne 41; figure 4 *      | 1-8                                                                                                                                                                                                                                                             |                                           |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | US 3 552 488 A (GRILL ET AL)<br>5 janvier 1971 (1971-01-05)<br>* colonne 4, ligne 72 - colonne 5, ligne 9; figure 4 *                                                              | 1-8                                                                                                                                                                                                                                                             |                                           |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7) |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                 | F28F<br>F28D<br>F25J                      |
| Lieu de la recherche                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                    | Date d'achèvement de la recherche                                                                                                                                                                                                                               | Examineur                                 |
| LA HAYE                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                    | 12 mai 2000                                                                                                                                                                                                                                                     | Beltzung, F                               |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                           |
| X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire |                                                                                                                                                                                    | T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>& : membre de la même famille, document correspondant |                                           |

EPO FORM 1503 03.82 (P04/C02)

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

EP 00 40 0094

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.

12-05-2000

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| US 4715433 A                                    | 29-12-1987             | AUCUN                                   |                        |
| <hr/>                                           |                        |                                         |                        |
| EP 578218 A                                     | 12-01-1994             | CA 2099517 A                            | 09-01-1994             |
|                                                 |                        | DE 69314245 D                           | 06-11-1997             |
|                                                 |                        | DE 69314245 T                           | 29-01-1998             |
|                                                 |                        | KR 9614902 B                            | 21-10-1996             |
|                                                 |                        | US 5324452 A                            | 28-06-1994             |
| <hr/>                                           |                        |                                         |                        |
| US 3552488 A                                    | 05-01-1971             | AUCUN                                   |                        |
| <hr/>                                           |                        |                                         |                        |

EPO FORM P0460

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