

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 738 862 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

23.10.1996 Bulletin 1996/43

(51) Int Cl.⁶: **F28D 9/00**

(21) Numéro de dépôt: **96400764.5**

(22) Date de dépôt: **09.04.1996**

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB

(30) Priorité: **14.04.1995 FR 9504553**

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

(72) Inventeur: **Lehman, Jean-Yves
94700 Maisons Alfort (FR)**

(74) Mandataire: **Jacobson, Claude et al
Cabinet Lavoix
2, Place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)**

Remarques:

Revendications modifiées conformément à la règle
86 (2) CBE.

(54) **Echangeur de chaleur à plaques brasées, et procédé correspondant de traitement d'un fluide diphasique**

(57) Cet échangeur de chaleur est du type comprenant une série de premiers passages (4) dans lesquels circule un fluide diphasique, et dont chacun est adjacent à au moins un second passage (5) de circulation d'un autre fluide, calorigène ou frigorigène.

Au moins un desdits premiers passages (4) comporte, en au moins un emplacement de sa longueur, une augmentation de sa section de passage ainsi que des moyens (9, 10) de recueil et d'évacuation d'une des deux phases du fluide diphasique.

Application à l'épuration cryogénique d'un gaz.

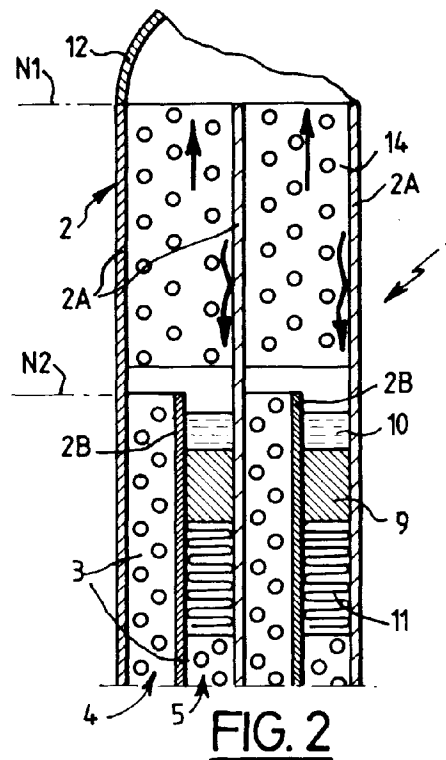


FIG. 2

EP 0 738 862 A1

Description

La présente invention est relative à un échangeur de chaleur à plaques brasées, du type comprenant un empilement de plaques séparées par des ondes-entretoises, et un ensemble de passages de forme générale plate délimités par ces plaques, à savoir une série de premiers passages de circulation d'un fluide diphasique, dont chacun est adjacent à au moins un second passage de circulation d'un autre fluide, calorigène ou frigorigène.

Les échangeurs de chaleur de ce type permettent d'effectuer la condensation de gaz et/ou la vaporisation de liquides, en faisant circuler dans des passages adjacents aux passages de circulation du fluide diphasique un fluide auxiliaire respectivement frigorigène et calorigène.

Pour éviter d'assécher certaines zones des plaques, ce qui diminue les performances de l'échangeur, la vaporisation d'un liquide est, en général, effectuée partiellement. De même, les opérations de condensation ne sont souvent que partielles, par exemple pour l'épuration cryogénique de gaz.

Dans ces applications, il est nécessaire, en au moins un emplacement de la longueur de l'échangeur, de pouvoir séparer les deux phases liquide et vapeur du fluide traité.

Dans la technique classique, les deux phases à séparer sont envoyées dans un volume libre associé à l'échangeur mais distinct de la structure de celui-ci.

L'invention a pour but de faire assurer la séparation des phases par la structure de l'échangeur elle-même, afin de simplifier la réalisation de l'ensemble de l'appareil.

A cet effet, l'invention a pour objet un échangeur de chaleur du type précité, caractérisé en ce qu'au moins un desdits premiers passages comporte, en au moins un emplacement de sa longueur, une augmentation de sa section de passage ainsi que des moyens de recueil et d'évacuation d'une des deux phases du fluide diphasique.

L'échangeur de chaleur suivant l'invention peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- l'échangeur de chaleur étant à circulation ascendante du fluide diphasique, une des plaques délimitant ledit premier passage et la plaque opposée d'un second passage, adjacent, de circulation dudit autre fluide, sont prolongées vers le haut au-delà de l'extrémité supérieure de la plaque mitoyenne de ces deux passages, laquelle dépasse au-dessus de la barre de fermeture supérieure dudit second passage adjacent;
- l'échangeur de chaleur étant à circulation ascendante du fluide diphasique et lesdits seconds passages étant délimités vers le haut par des barres de fermeture supérieures, toutes les plaques se pro-

longent vers le haut au-delà des barres de fermeture supérieures, et certaines au moins des plaques, à l'exception des plaques extrêmes, sont munies d'ouvertures au-dessus du niveau de ces barres de fermeture;

- l'échangeur de chaleur comprend, au-dessus des plaques, un dôme supérieur de recueil de la phase gazeuse dudit fluide diphasique;
- l'échangeur de chaleur comprend à son extrémité supérieure, dans chaque intervalle interplaque, un distributeur de sortie collecteur de vapeur qui débouche sur une fenêtre de sortie, et une boîte collectrice de vapeur qui coiffe toutes ces fenêtres de sortie;
- lesdites barres de fermeture supérieures sont inclinées;
- ledit premier passage comporte, en amont dudit emplacement, une plaque intermédiaire qui en rétrécit la section libre jusqu'audit emplacement et qui forme, avec une demi-barrette de fermeture, une cavité de recueil de l'une des deux phases du fluide diphasique;
- l'échangeur de chaleur étant à circulation descendante du fluide diphasique, ladite cavité est délimitée supérieurement par la demi-barre de fermeture et contient, au-dessous de celle-ci, un distributeur de sortie qui débouche latéralement sur une fenêtre de sortie de vapeur;
- ledit emplacement est voisin de l'extrémité inférieure dudit premier passage, et ce passage est obturé à sa base par une barre de fermeture inférieure, notamment inclinée, qui s'étend latéralement jusqu'à une fenêtre de sortie de liquide;
- ladite cavité est ouverte vers le haut et est délimitée inférieurement par la demi-barre de fermeture, qui est notamment inclinée;
- ledit premier passage comporte plusieurs plaques intermédiaires espacées les unes des autres sur sa longueur.

L'invention a également pour objet un procédé de traitement d'un fluide diphasique dans un échangeur de chaleur à plaques brasées, caractérisé en ce qu'en au moins un emplacement de la longueur de chaque passage de circulation du fluide diphasique, on augmente substantiellement la section offerte à ce fluide et on recueille l'une de ses deux phases.

Des exemples de réalisation de l'invention vont maintenant être décrits en regard des dessins annexés, sur lesquels :

- la Figure 1 représente schématiquement un échangeur de chaleur conforme à l'invention;
- la Figure 2 est une vue partielle, à plus grande échelle, prise en coupe suivant la ligne II-II de la Figure 1;
- la Figure 3 est une vue analogue à la Figure 2 d'une variante;

- la Figure 4 est une vue analogue à la Figure 1 d'une autre variante;
- la Figure 5 est une vue partielle en coupe longitudinale d'une autre variante de l'échangeur de chaleur suivant l'invention;
- la Figure 6 est une vue partielle prise en coupe suivant la ligne VI-VI de la Figure 5;
- la Figure 7 illustre schématiquement l'application d'un échangeur de chaleur suivant l'invention à l'épuration cryogénique d'un gaz; et
- la Figure 8 illustre schématiquement la structure de l'échangeur de la Figure 7.

L'échangeur de chaleur 1 représenté aux Figures 1 et 2 est du type à plaques brasées. Il comprend essentiellement un corps parallélépipédique constitué d'un empilage de plaques métalliques rectangulaires 2 séparées par des ondes-entretoises 3. Ces dernières peuvent notamment être des tôles ondulées perforées, comme schématisé sur la Figure 2, ou bien, en variante, des tôles ondulées ayant des crevés sur leurs flancs d'ondes, dites "ondes serrated". Les dimensions des plaques 2 peuvent atteindre par exemple 6 m x 2 m.

Les plaques 2 délimitent entre elles un grand nombre de passages de forme générale plate. Ces passages, dans l'exemple représenté, sont répartis en deux groupes alternés : des premiers passages 4 de circulation ascendante d'un fluide diphasique F en cours de vaporisation, et des seconds passages 5 de circulation descendante d'un fluide calorigène f . Les plaques 2, dont les bords inférieurs sont tous au même niveau, s'étendent alternativement jusqu'à un niveau haut N1 (plaques 2A) et jusqu'à un niveau N2 inférieur à N1 (plaques 2B). Les deux plaques extrêmes s'étendent jusqu'au niveau haut N1.

Comme il est bien connu dans la technique, les passages 4 et 5 sont délimités inférieurement et de chaque côté par des barres de fermeture qui laissent libres des rangées de fenêtres d'entrée/sortie de fluides, lesquelles sont coiffées par des boîtes d'entrée/sortie de forme générale semi-cylindrique. Ainsi, il est prévu une boîte inférieure 6 d'entrée du fluide F, une boîte latérale 7 d'entrée du fluide f , et une boîte latérale 8 de sortie du fluide f . Chaque passage 5 est délimité vers le haut par une barre de fermeture supérieure 9 inclinée à partir du point haut de la fenêtre d'entrée correspondante du fluide f . Un volume libre 10 est délimité au-dessus de cette barre 9, dans chaque passage 5, entre les plaques 2A et 2B qui encadrent ce dernier.

De façon classique, il est prévu, en regard de chaque boîte 6 à 8, dans chaque passage correspondant, un distributeur d'entrée/sortie constitué par un ensemble d'ondes dont certaines sont orientées obliquement. Ainsi, il existe au-dessus de chaque barre de fermeture inférieure de l'échangeur un distributeur, qui est un distributeur d'entrée du fluide F dans les passages 4 et un distributeur de sortie latérale du fluide f dans les passages 5. De plus, un distributeur d'entrée latérale 11 du

fluide f est situé juste au-dessous de chaque barre supérieure 9. Ces distributeurs ont été schématisés en traits mixtes sur la Figure 1.

L'échangeur est complété par un dôme supérieur 12, réalisé, de façon classique, à partir de quatre tôles en quart de cylindre soudées entre elles à leurs intersections, et soudées par leurs bords inférieurs le long du bord supérieur des deux plaques 2A extrêmes ainsi que le long des deux autres bords supérieurs de l'échangeur. Ces deux autres bords sont, comme on le comprend, constitués des tranches d'extrémité supérieure des plaques 2A et des barres de fermeture latérale. Une tubulure 13 de sortie de la phase vapeur du fluide F est soudée au sommet du dôme 12.

Entre les niveaux N1 et N2, seules subsistent les plaques 2A. Celles-ci sont alors entretoisées par des ondes 14 de hauteur correspondante, et de pas nettement supérieur à celui des ondes courantes, ou ondes d'échange thermique, 3.

En fonctionnement, le fluide F, alimenté en source, sous forme liquide, dans chaque passage 4 via la boîte 6, se vaporise progressivement. Il arrive à l'état diphasique au niveau N2, où la section de passage qui lui est offerte augmente brusquement, sensiblement du double. La vitesse du fluide décroît donc brusquement, ce qui provoque la séparation de la phase liquide, laquelle retombe par gravité. Cependant, le courant diphasique rapide qui monte dans le passage 4 a pour résultat que le liquide ne redescend pas dans ce passage, mais se rassemble dans la cavité 10 qui surmonte la barre supérieure 9 du passage 5 associé. Cette barre 9 étant inclinée, le liquide descend le long de la barre et, à travers des fenêtres de sortie de liquide prévues juste au-dessus de l'extrémité inférieure de cette barre, tombe dans une boîte collectrice 15 qui coiffe ces fenêtres de sortie.

La phase vapeur F_v du fluide F, quant à elle, se rassemble dans le dôme 12 et est évacuée via la tubulure 13.

Dans la variante de la Figure 3, l'augmentation de section des passages 4 est obtenue de la manière suivante : toutes les plaques 2 sont prolongées vers le haut jusqu'au niveau haut N1 et, entre les niveaux N1 et N2, toutes les plaques sont munies d'ouvertures 16, à l'exception bien entendu des deux plaques extrêmes.

A partir du niveau N2 environ, on peut entretoiser les plaques 2 au moyen d'une onde 17 de même hauteur que les ondes d'échange thermique 3 mais de plus grand pas, afin d'accroître la section libre offerte au fluide F.

Ainsi, à partir du niveau N2, l'empilement de plaques 2 forme un espace continu, ce qui double sensiblement la section offerte au fluide diphasique ascendant. Compte-tenu de la vitesse de ce fluide dans les passages 4, le liquide retombe uniquement dans les régions qui surmontent les barres 9, et, par ruissellement, il se rassemble dans les cavités 10, avant d'être évacué latéralement comme précédemment.

La Figure 4 représente schématiquement une variante d'échangeur de chaleur qui s'applique aussi bien à la structure de la Figure 2 qu'à celle de la Figure 3, car elle ne concerne que les moyens d'évacuation de la vapeur F_V .

Dans cette Figure 4, le dôme 12 est supprimé, et les plaques 2A (dans le cas de la Figure 2) ou 2 (dans celui de la Figure 3) sont prolongées vers le haut au-delà du niveau N1. Au-dessus de ce niveau N1, dans chaque passage de séparation de phases, c'est-à-dire dans chacun des passages délimités entre les plaques 2A (Figure 2) ou 2 (Figure 3), il est prévu un distributeur de sortie 18 adapté pour ramener la vapeur F_V vers la zone médiane du passage. Comme on le voit sur la Figure 4, le distributeur 18 comprend deux ondes obliques 19, 20 qui convergent vers le haut jusqu'à une onde verticale médiane 21 de forme triangulaire, ayant sa pointe en bas. Cette onde 21 débouche sur une fenêtre de sortie supérieure, et l'ensemble des fenêtres de sortie est coiffé par une boîte de sortie 22 de forme générale semi-cylindrique, d'où part la tubulure 13.

L'agencement de la Figure 4 permet de traiter des fluides diphasiques sous des pressions élevées pour lesquelles le dôme supérieur 12 n'est plus acceptable.

Les Figures 5 et 6 illustrent une possibilité d'adaptation de l'invention au cas d'un fluide diphasique F descendant, par exemple en cours de vaporisation partielle à contre-courant d'un fluide auxiliaire calorigène f ascendant (Figure 6).

Chaque passage 4 est fermé, à son extrémité inférieure, par une barre de fermeture inférieure 23 dont la face supérieure est en pente. Une plaque intermédiaire 24 divise le passage 4 en deux sous-passages 25, 26 à partir d'un emplacement espacé de la barre 23. Le sous-passage 25 est libre, tandis que le sous-passage 26 est obturé, au niveau du bord supérieur de la plaque 24, par une demi-barre de fermeture 27. Juste au-dessous de cette dernière, le sous-passage 26 contient un distributeur de sortie 28, constitué (Figure 5) d'une onde oblique 29 et d'une onde horizontale 30, cette dernière débouchant dans une demi-fenêtre latérale 31. L'ensemble des demi-fenêtres est coiffé par une boîte de sortie 32.

En fonctionnement, le fluide diphasique F est accéléré en arrivant dans le sous-passage 25, puis il ralentit brusquement lorsqu'il dépasse le bord inférieur de la plaque 24. La phase vapeur F_V monte dans le sous-passage 26, puis est évacuée via le distributeur 28 et la boîte 32, tandis que la phase liquide F_L ruisselle et se rassemble sur la barre inférieure 23, puis s'évacue latéralement via une boîte de sortie 33.

La Figure 7 illustre un schéma général d'épuration d'un gaz F sous pression dans un échangeur de chaleur 1 suivant l'invention, par condensation de ses impuretés lourdes. Le gaz F circule de bas en haut dans les passages 4 de l'échangeur. A plusieurs niveaux, une fraction condensée F_{L1} , F_{L2} , F_{L3} est soutirée, détendue dans une vanne de détente 34 et renvoyée à contre-

courant, c'est-à-dire de haut en bas, à peu près au même niveau de l'échangeur, dans des passages 5, pour produire du froid. Au bout froid de l'échangeur, qui est son extrémité supérieure, le gaz F épuré est renvoyé à contre-courant dans des passages 5 pour en récupérer la chaleur sensible.

Dans ce procédé, il est nécessaire de séparer les deux phases du fluide F en cours de condensation partielle à chaque niveau où l'on désire soutirer une fraction liquide. Ceci peut s'obtenir au moyen de l'agencement de la Figure 8, qui va maintenant être décrit.

Chaque passage 4 est subdivisé dans son épaisseur, sur l'essentiel de sa hauteur, par des plaques intermédiaires 35 espacées les unes des autres. La plaque 35 inférieure part de deux demi-barres de fermeture inférieures 36 et, d'un côté (le côté droit sur la Figure 8), le demi-passage qu'elle délimite est obturé par une demi-barre de fermeture supérieure 37, située à une petite distance au-dessous du bord supérieur de la plaque 35. De même, chaque plaque intermédiaire 35 comporte, du même côté, une demi-barre de fermeture inférieure 36 et une demi-barre de fermeture supérieure 37, disposées de manière analogue.

On voit donc que chaque passage 4 comporte une partie active 38 (sa partie gauche sur la Figure 8), pour la circulation ascendante du fluide F, dont l'épaisseur est la moitié (ou, en variante, une fraction différente) de la distance qui sépare les deux plaques 2 qui délimitent ce passage, tandis qu'elle n'est égale à cette distance que dans les régions 39 qui séparent les plaques intermédiaires 35.

Ainsi, en fonctionnement, le fluide F, introduit à la base du passage 4 via un distributeur 40, circule à vitesse relativement élevée dans la zone 38 inférieure, puis se ralentit brusquement dans la première zone 39, puis est accéléré dans la deuxième zone 38, et ainsi de suite. De cette manière, les phases liquides successives, correspondant à des impuretés de plus en plus légères, se séparent dans les zones 39. Du fait de la vitesse ascendante du fluide dans les zones 38, les liquides s'écoulent dans la partie calme des zones 39, c'est-à-dire dans leur moitié de droite, et se rassemblent dans l'espace 41 délimité au-dessus des barres 37. Celles-ci peuvent, comme précédemment, être inclinées pour faciliter l'évacuation latérale des liquides.

Les espaces 42 compris entre chaque paire de demi-barres 36, 37 peuvent être inactifs, ou bien être utilisés pour la circulation de fluides appropriés.

Revendications

1. Echangeur de chaleur à plaques brasées, du type comprenant un empilement de plaques (2, 2A, 2B) séparées par des ondes-entretoises (3, 14; 17; 25, 26), et un ensemble de passages (4, 5) de forme générale plate délimités par ces plaques, à savoir une série de premiers passages (4) de circulation

d'un fluide diphasique, dont chacun est adjacent à au moins un second passage (5) de circulation d'un autre fluide, calorigène ou frigorigène, caractérisé en ce qu'au moins un desdits premiers passages (4) comporte, en au moins un emplacement de sa longueur, une augmentation de sa section de passage ainsi que des moyens (9, 10; 26, 28; 37, 41) de recueil et d'évacuation d'une des deux phases du fluide diphasique.

2. Echangeur de chaleur suivant la revendication 1, à circulation ascendante du fluide diphasique, caractérisé en ce qu'une (2A) des plaques (2A, 2B) délimitant ledit premier passage (4) et la plaque opposée (2A) d'un second passage (5), adjacent, de circulation dudit autre fluide, sont prolongées vers le haut au-delà de l'extrémité supérieure de la plaque mitoyenne (2B) de ces deux passages (4, 5), laquelle dépasse au-dessus de la barre de fermeture supérieure (9) dudit second passage adjacent (5). 5
3. Echangeur de chaleur suivant la revendication 1, à circulation ascendante du fluide diphasique, et dans lequel lesdits seconds passages (5) sont délimités vers le haut par des barres de fermeture supérieures (9), caractérisé en ce que toutes les plaques (2) se prolongent vers le haut au-delà des barres de fermeture supérieures (9), et en ce que certaines au moins des plaques, à l'exception des plaques extrêmes, sont munies d'ouvertures (16) au-dessus du niveau de ces barres de fermeture. 10
4. Echangeur de chaleur suivant la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce qu'il comprend, au-dessus des plaques (2; 2A; 2), un dôme supérieur (12) de recueil de la phase gazeuse dudit fluide diphasique. 15
5. Echangeur de chaleur suivant la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce qu'il comprend à son extrémité supérieure, dans chaque intervalle interplaque, un distributeur de sortie (18) collecteur de vapeur qui débouche sur une fenêtre de sortie, et une boîte collectrice de vapeur (22) qui coiffe toutes ces fenêtres de sortie. 20
6. Echangeur de chaleur suivant l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que lesdites barres de fermeture supérieures (9) sont inclinées. 25
7. Echangeur de chaleur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que ledit premier passage (4) comporte, en amont dudit emplacement, une plaque intermédiaire (24; 35) qui en rétrécit la section libre jusqu'audit emplacement et qui forme, avec une demi-barrette de fermeture (27; 37), une cavité (26; 41) de recueil de l'une des deux phases du fluide diphasique. 30

8. Echangeur de chaleur suivant la revendication 7, à circulation descendante du fluide diphasique, caractérisé en ce que ladite cavité (26) est délimitée supérieurement par la demi-barre de fermeture (27) et contient, au-dessous de celle-ci, un distributeur de sortie (28) qui débouche latéralement sur une fenêtre de sortie de vapeur. 35
9. Echangeur de chaleur suivant la revendication 8, caractérisé en ce que ledit emplacement est voisin de l'extrémité inférieure dudit premier passage (4), et en ce que ce passage est obturé à sa base par une barre de fermeture inférieure (23), notamment inclinée, qui s'étend latéralement jusqu'à une fenêtre de sortie de liquide. 40
10. Echangeur de chaleur suivant la revendication 7, à circulation ascendante du fluide diphasique, caractérisé en ce que ladite cavité est ouverte vers le haut et est délimitée inférieurement par la demi-barre de fermeture (37), qui est notamment inclinée. 45
11. Echangeur de chaleur suivant la revendication 10, caractérisé en ce que ledit premier passage (4) comporte plusieurs plaques intermédiaires (35) espacées les unes des autres sur sa longueur. 50
12. Procédé de traitement d'un fluide diphasique dans un échangeur de chaleur à plaques brasées, caractérisé en ce qu'en au moins un emplacement de la longueur de chaque passage (4) de circulation du fluide diphasique, on augmente substantiellement la section offerte à ce fluide et on recueille l'une de ses deux phases. 55

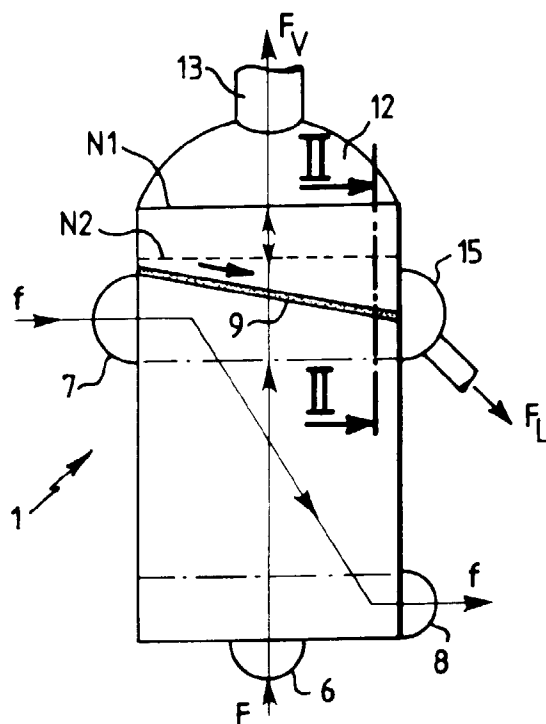


FIG. 1

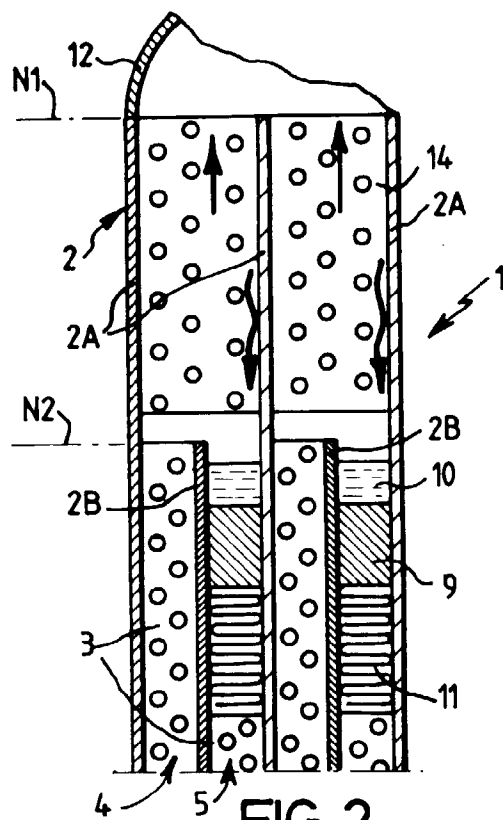


FIG. 2

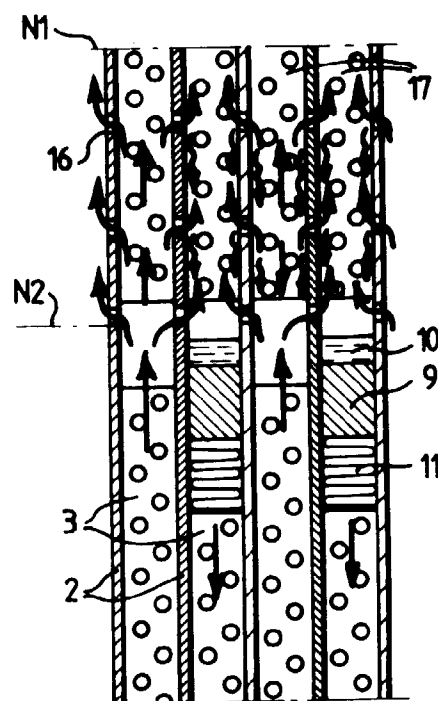


FIG. 3

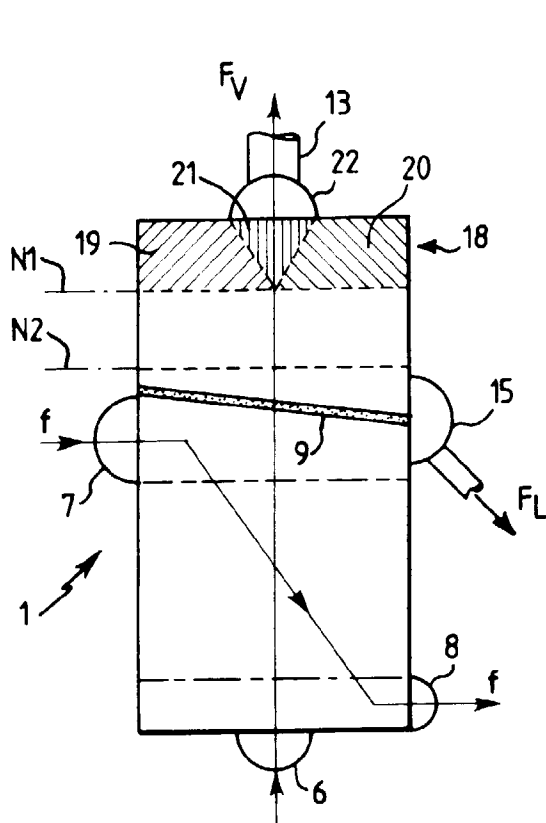


FIG. 4

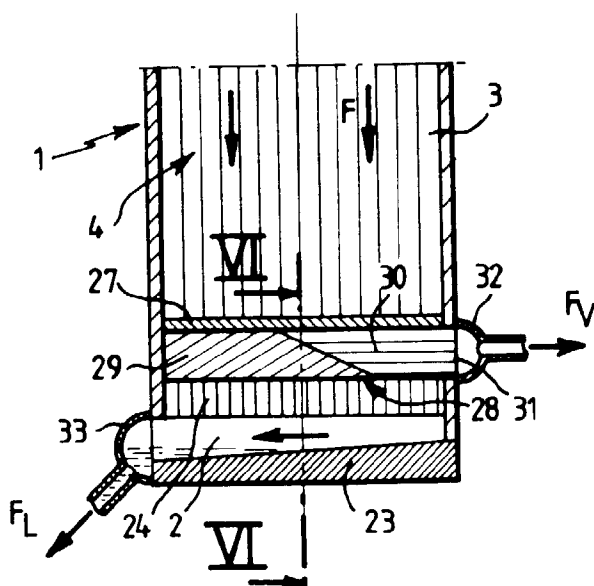


FIG. 5

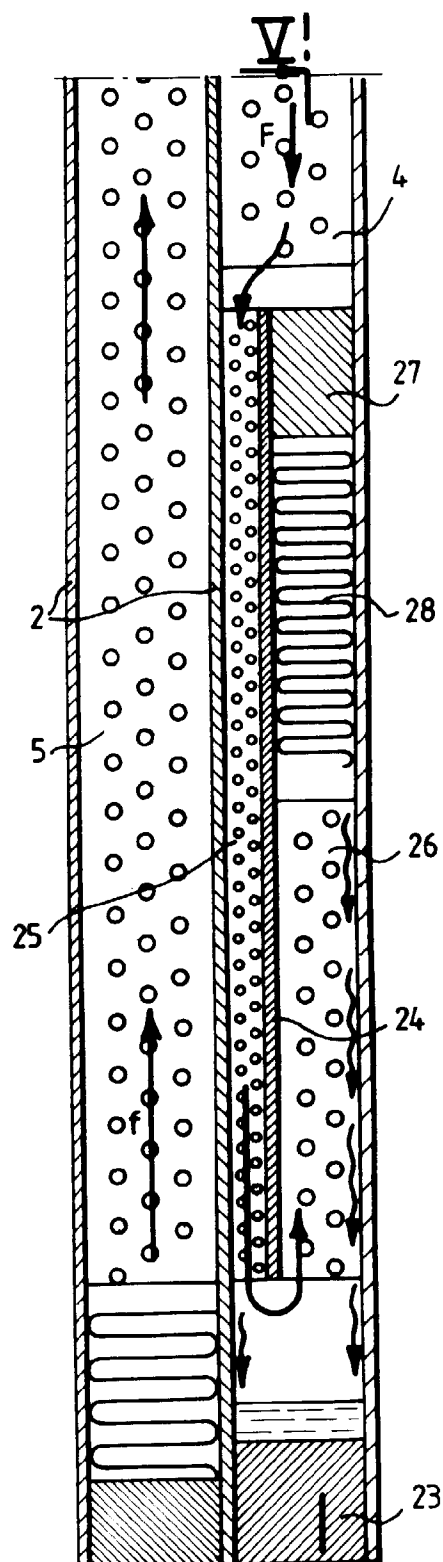


FIG. 6

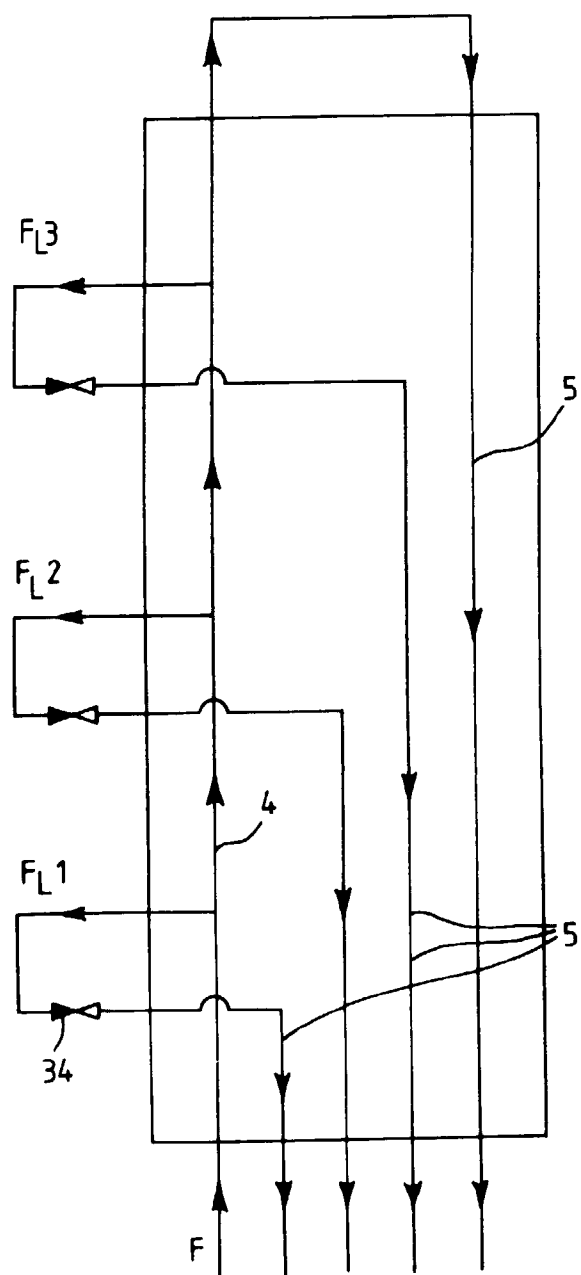


FIG. 7

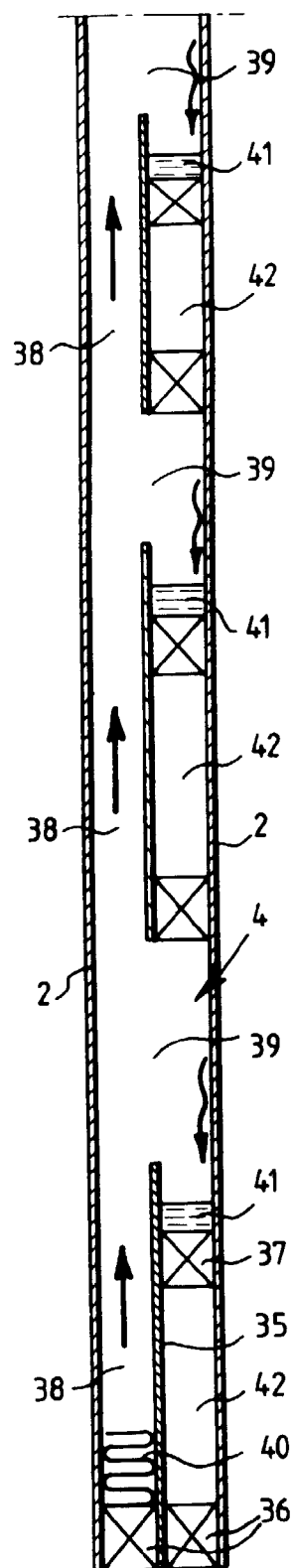


FIG. 8



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 96 40 0764

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.6)
Y A	FR-A-2 154 352 (L'AIR LIQUIDE) * page 13, ligne 17 - page 14, ligne 30; figures 3,12 * ---	1,3-5,12 2,7-11	F28D9/00
Y A	US-A-4 132 587 (LANKENAU ET AL.) * colonne 2, ligne 1 - colonne 3, ligne 46; figure 1 * ---	1,3-5,12 2,7-11	
A	US-A-4 249 595 (BUTT) * revendication 1; figures * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			F28D F25J
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lien de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 15 Juillet 1996	Examineur Grunfeld, M
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire 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 01.82 (PMCO2)