

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫ Date de dépôt : 05.02.90.

⑬ Priorité :

⑭ Date de la mise à disposition du public de la demande : 09.08.91 Bulletin 91/32.

⑮ Liste des documents cités dans le rapport de recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

⑯ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑰ Demandeur(s) : INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE
(Organisme Professionnel) — FR.

⑱ Inventeur(s) : Dang Vu Quang, Grehier Alain et Rojey
Alexandre.

⑲ Titulaire(s) :

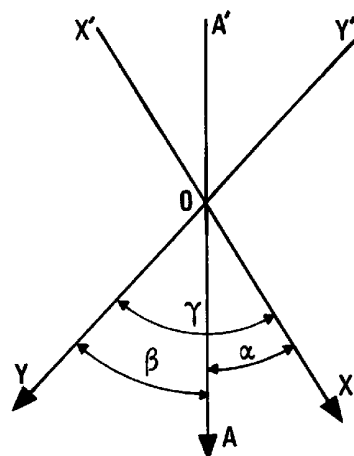
⑳ Mandataire : Institut Français du Pétrole.

⑤④ Dispositif d'échange thermique à plaques planes et à turbulateurs.

⑤⑦ On décrit un dispositif d'échange de chaleur à plaques caractérisé en ce que, dans au moins une partie des canaux délimités par deux plaques consécutives, on dispose deux rangées superposées de tiges rectilignes, parallèles entre elles pour chaque rangée, la direction (XX') des tiges de l'une des rangées formant avec la direction (AA') d'écoulement du fluide dans le canal considéré un angle orienté α de $+30$ à $+90^\circ$, la direction (Y'Y) des tiges de l'autre rangée formant avec la direction AA' un angle orienté β de 0 à -90° , la direction XX' et la direction YY' formant entre elles un angle γ de 45 à 135° .

Cette disposition permet un transfert thermique efficace et des pertes de charge relativement réduites.

L'échangeur est particulièrement adapté à des fluides circulant à contre-courant.



Les échangeurs à plaques présentent de nombreux avantages par rapport aux échangeurs à tubes et calandre. Ils sont plus compacts et permettent de réaliser un échange de chaleur à contre-courant.

- 5 Les plaques sont généralement pourvues de nervures de forme ondulée qui permettent de réaliser l'écartement entre plaques et de favoriser le transfert thermique. Ces nervures sont réalisées par estampage sous presse. Cette technique rend difficile la réalisation de plaques de très grande dimension, en raison de la capacité et de la puissance
10 limitées des presses et des machines de forge.

Il a été récemment proposé une méthode de forgeage par explosion, grâce à laquelle il était possible de fabriquer, à partir des tôles obtenues, des modèles d'échangeurs plus grands et plus puissants, comme décrit
15 notamment dans le brevet FR-A-2471569. Cependant, un inconvénient du forgeage par explosion est que la mise en place des cordons d'explosif est nécessairement une opération manuelle, longue et minutieuse, ce qui entraîne un coût très élevé pour les appareillages fabriqués selon cette méthode.

20

On s'est alors orienté vers une conception d'échangeurs à plaques planes, entre lesquelles sont insérés des amplificateurs de turbulence consistant notamment en des réseaux de fils métalliques tissés ou des feuilles de métal déployé, comme décrit par exemple dans la demande de
25 brevet européen EP-A-0111459. Les solutions ainsi proposées présentent néanmoins certains inconvénients : les inserts consistant en fils métalliques tissés conduisent à des échangeurs dont le prix est trop élevé ; quant aux inserts consistant en des feuilles de métal déployé, ils occasionnent des pertes de charge particulièrement élevées et, en
30 raison de la discontinuité de contact avec les plaques adjacentes, ils induisent un défaut de transfert thermique.

La présente invention vise à proposer la réalisation d'échangeurs de chaleur à plaques planes et à turbulateurs qui ne présentent pas les
35 inconvénients mentionnés ci-dessus. Ces échangeurs peuvent avoir une très grande surface unitaire et réaliser des échanges de chaleur entre

fluides avec un coefficient de transfert thermique élevé et des pertes de charge relativement réduites.

Ces échangeurs de chaleur peuvent être utilisés avec avantage pour des
5 échanges entre fluides circulant à contre-courant.

Les dispositifs d'échange thermique selon l'invention seront décrits ci-après en liaison avec les Figures 1 à 12.

10 La Figure 1 représente deux plaques consécutives 1 et 2 d'un échangeur selon l'invention, entre lesquelles sont disposées deux rangées superposées I et II de tiges parallèles entre elles, les tiges 3 et 4 appartenant à la rangée I et les tiges 5 et 6 à la rangée II.

15 La Figure 2 représente schématiquement la direction de l'écoulement du fluide (AA'), la direction X'X des tiges d'une des rangées formant un angle orienté avec la direction AA' de l'écoulement du fluide et la direction Y'Y des tiges de l'autre rangée formant un angle orienté avec la direction AA' de l'écoulement du fluide. L'angle formé par les
20 directions X'X et Y'Y est désigné par γ .

Pour permettre l'écoulement dans des conditions optimales du fluide qui passe entre deux plaques consécutives selon la direction A'A indiquée sur le schéma de la Figure 2, les rangées de tiges superposées doivent
25 former entre elles un angle γ d'au moins 45°. D'autre part, plus l'angle que forme une des rangées de tiges avec la direction A'A de l'écoulement se rapproche de 90°, plus l'accroissement du coefficient de transfert thermique résultant de l'introduction des rangées superposées de tiges est important ; toutefois, il s'en suit également
30 un accroissement de la perte de charge et donc le choix optimal de l'angle α ou β d'inclinaison des tiges avec la direction A'A de l'écoulement résulte d'un compromis. Toutefois, pour obtenir une amélioration significative du transfert thermique, il est nécessaire que l'une au moins des deux rangées de tiges forme un angle d'au moins
35 30° avec la direction de l'écoulement.

D'une manière générale, le dispositif selon l'invention, destiné à l'échange de chaleur entre au moins un fluide relativement chaud et au moins un fluide relativement froid, comprend une zone d'échange thermique formée d'une succession de plaques planes parallèles entre
 5 elles, formant des canaux pour la circulation des fluides participant à l'échange thermique, chacun desdits fluides s'écoulant dans une direction déterminée, ledit dispositif comprenant en outre des moyens d'amenée et d'évacuation pour chacun desdits fluides et étant caractérisé en ce que, dans au moins une partie des canaux, sont
 10 disposées deux rangées superposées de tiges rectilignes, les tiges de chaque rangée étant parallèles entre elles, la direction X'X des tiges de l'une des rangées formant avec la direction A'A d'écoulement du fluide dans le canal considéré un angle orienté α de $+30$ à $+90^\circ$, la direction Y'Y des tiges de l'autre rangée formant avec la direction A'A
 15 d'écoulement du fluide un angle orienté β de 0 à -90° , la direction des tiges d'une rangée formant avec la direction des tiges de l'autre rangée un angle γ de 45 à 135° .

Sur la Figure 2, on a choisi, pour la mesure des angles orientés α et β ,
 20 le sens trigonométrique comme sens positif. On aurait tout aussi bien pu choisir le sens opposé. Dans les deux cas, l'angle γ est la somme des valeurs absolues des angles α et β .

Différentes dispositions des rangées de tiges parallèles superposées
 25 peuvent être envisagées.

Une disposition particulièrement avantageuse pour l'amélioration du coefficient de transfert est schématisée sur la Figure 3. Dans ce cas, les tiges 17, 18 et 19 appartenant à la rangée I et les tiges 20, 21 et
 30 22 appartenant à la rangée II sont disposées selon des directions X'X et Y'Y symétriques ou substantiellement symétriques par rapport à l'axe A'A de l'écoulement représenté par la flèche 23. Dans ce cas, avec les notations précédentes, on a $\alpha = -\beta$ pour des directions X'X et Y'Y symétriques. Par directions substantiellement symétriques, on peut
 35 entendre que les valeurs absolues des angles α et β diffèrent d'un angle dont la valeur absolue va par exemple jusqu'à 10 ou 15° .

Une autre disposition, particulièrement avantageuse, schématisée sur la Figure 4, peut être également réalisée en vue de réduire la perte de charge.

5 Dans cette disposition, les tiges 25, 26, 27 et 28 appartenant à la rangée I (direction X'X) sont inclinées par rapport à l'axe A'A de l'écoulement et les tiges 30, 31 et 32 appartenant à la rangée II (direction Y'Y) sont parallèles ou substantiellement parallèles à l'axe A'A de l'écoulement représenté par la flèche 35. Dans ce cas, l'angle β
 10 est égal à 0 pour les directions Y'Y et A'A parallèles. Pour des directions substantiellement parallèles la mesure de l'angle β peut aller par exemple jusqu'à -10° ou -15° . Pour sa part la valeur de l'angle α , d'au moins $+30^\circ$ peut aller jusqu'à $+90^\circ$.

15 Selon une autre disposition particulière, représentée sur la Figure 5, la direction X'X des tiges de la rangée I est perpendiculaire ou substantiellement perpendiculaire à la direction A'A de l'écoulement du fluide et la direction Y'Y des tiges de la rangée II est parallèle ou substantiellement parallèle à la direction A'A de l'écoulement.

20 Par perpendiculaire ou substantiellement perpendiculaire, on peut entendre que l'angle α a une valeur absolue de 75° à 90° , par exemple de 80° à 90° , et par parallèle ou substantiellement parallèle, on peut entendre que l'angle β a une valeur absolue de 0° à 15° , par exemple de 0°
 25 à 10° .

Les tiges formant les rangées I et II peuvent avoir différentes sections géométriques.

30 Par exemple, sur le schéma de la Figure 6 sont représentées des sections circulaires pour les tiges 50, 51, 52, 53 et 54.

La section peut être également carrée comme cela est schématisé sur la Figure 7 qui représente les sections des tiges 60, 61, 62, 63 et 64.

35 Une telle forme géométrique permet de créer une surface secondaire

d'échange et de mieux transmettre la chaleur échangée à travers le système de tiges lorsqu'elles sont conductrices de la chaleur.

Il est également possible de réaliser des tiges de section profilée
5 comme cela est représenté sur la Figure 8 qui représente les sections des tiges 70 et 71. La direction de l'écoulement est représentée par la flèche 72.

Une telle forme permet de réduire la perte de charge tout en permettant
10 une amélioration du transfert thermique.

Les tiges peuvent encore présenter la forme de tubes.

Selon l'invention, il est avantageux que l'épaisseur des tiges de la
15 rangée I soit différente de celle des tiges de la rangée II. C'est le cas en particulier lorsque les tiges de la rangée I ont une direction X'X perpendiculaire, ou substantiellement perpendiculaire, à la direction A'A de l'écoulement du fluide et lorsque les tiges de la rangée II ont une direction Y'Y parallèle, ou substantiellement
20 parallèle, à la direction A'A de l'écoulement.

Dans ce cas, pour que les tiges de la seconde rangée jouent le rôle d'éléments de renforcement du dispositif et que les tiges de la première rangée jouent le rôle d'amplificateurs de turbulence de
25 l'écoulement du fluide dans le canal considéré, on peut envisager que l'épaisseur e_2 des tiges de la seconde rangée soit supérieure à l'épaisseur e_1 des tiges de la première rangée.

L'épaisseur e_2 des tiges de la seconde rangée peut être par exemple de
30 0,5 à 50 mm, de préférence de 1 à 25 mm et le rapport de l'épaisseur e_1 des tiges de la première rangée à l'épaisseur e_2 des tiges de la seconde rangée peut être de 0,01/1 à 0,8/1, de préférence de 0,1/1 à 0,5/1. L'épaisseur e_1 des tiges de la première rangée sera généralement d'au moins 0,1 mm.

35 Par ailleurs, en rapprochant les tiges parallèles formant une rangée,

on améliore le coefficient de transfert thermique. En même temps, l'effet de sillage de chaque tige est réduit par la présence de la tige suivante, ce qui permet de limiter l'augmentation de la perte de charge.

5

Il est donc avantageux que les tiges formant les rangées parallèles soient écartées d'une distance inférieure à cent fois et de préférence à dix fois la plus grande dimension de la coupe transversale de chacune des tiges selon l'axe de l'écoulement.

10

Elles ne doivent pas être non plus trop rapprochées de manière à permettre le passage de l'écoulement et sont de préférence écartées d'une distance au moins égale à la plus grande dimension de la coupe transversale de chacune des tiges selon l'axe de l'écoulement.

15

Les tiges appartenant aux deux rangées I et II peuvent être rendues solidaires des plaques ou fixées entre elles.

Si les tiges sont fixées entre elles, il est possible de retirer le système de tiges pour effectuer une opération de nettoyage ou même utiliser le déplacement du système de tiges pour nettoyer les parois. Cela suppose qu'il est possible de démonter au moins une des extrémités de l'échangeur.

25 Les tiges peuvent être fixées entre elles par différents moyens connus de l'homme de l'art et notamment par différentes méthodes de soudure, telles que soudure électrique par point, soudure par effet Joule, soudure par laser.

30 Il peut également s'agir de brasage, les tiges étant brasées entre elles au niveau des points de contact par apport de brasure ou les tiges, préalablement enrobées de brasure par immersion, sont portées à la température de fusion de la brasure pour réaliser les brasures aux points de contacts des tiges.

35

L'étanchéité entre plaques peut être assurée par des joints. Cette

disposition est schématisée sur la Figure 9. L'étanchéité entre les plaques 80, 81, 82 et 83 est assurée au moyen des joints 84, 85 et 86.

Il est également possible de souder les plaques à leur périphérie.
5 C'est la disposition qui est schématisée sur la Figure 10. Les plaques 90 et 91 sont soudées latéralement de manière à constituer un canal étanche 92 et les plaques 93 et 94 sont soudées latéralement de manière à constituer un canal étanche 95. Les autres plaques analogues à 90, 91, 93 et 94 et les autres canaux analogues à 92 et 95 ne sont pas
10 représentés sur la Figure 10. Les canaux 92 et 95 sont parcourus par un premier fluide participant à l'échange.

Une enveloppe soudée externe 96 permet de créer d'autres canaux tels que le canal 97 qui sont parcourus par un deuxième fluide participant à
15 l'échange.

Le dispositif d'échange thermique selon l'invention peut présenter une très grande surface unitaire, la longueur des plaques pouvant être comprise par exemple entre 5 et 40 mètres, et la surface d'échange
20 pouvant atteindre par exemple 3000 à 4000 m².

Cependant, les plaques formant la zone d'échange peuvent être constituées chacune de plusieurs panneaux juxtaposés, comme schématisé sur la Figure 11. Dans ce cas les rangées I et II de tiges peuvent être
25 assemblées comme il a été décrit précédemment, pour chaque ensemble de panneaux juxtaposés.

Les tiges formant les rangées I et II peuvent être assemblées selon plusieurs panneaux différents juxtaposés.

30 La Figure 11 schématise à titre d'exemple l'assemblage de six panneaux rectangulaires.

Dans le cas d'un échangeur de très grande surface unitaire, cela permet
35 d'éviter la difficulté d'avoir à réaliser des plaques de très grande dimension.

Les tiges formant les rangées I et II peuvent être réalisées avec différents matériaux.

Elles peuvent être réalisées par exemple avec un matériau métallique.

- 5 Un tel matériau présente l'avantage d'une bonne conductibilité thermique et peut être compatible avec des échanges thermiques opérés sur des fluides à des températures relativement élevées.

- Elles peuvent être réalisées également avec un matériau polymère. Un
10 tel matériau permet, lorsque son utilisation est compatible avec les niveaux thermiques des fluides participant à l'échange de chaleur, des modes de réalisation par injection ou extrusion des tiges ou des panneaux de tiges qui permettent d'en abaisser le coût de revient.

- 15 Les dispositifs d'échange thermique selon l'invention permettent notamment de réaliser un échange de chaleur à contre-courant entre un fluide relativement chaud et un fluide relativement froid. On peut opérer par exemple selon le schéma de principe représenté sur la Figure 12. Sur ce schéma, on n'a représenté que 3 plaques de l'échangeur,
20 numérotées respectivement 10, 11 et 12.

L'arrivée du fluide chaud est schématisée par la flèche 13 et le départ du fluide chaud par la flèche 14.

- 25 Les canaux formés par l'empilement des plaques sont parcourus alternativement par le fluide chaud et le fluide froid.

L'arrivée du fluide froid est représentée par la flèche 15 et le départ du fluide froid par la flèche 16.

30

Les sections d'arrivée et de départ des fluides chaud et froid sont ouvertes au niveau des canaux parcourus par le fluide entrant et sortant et fermées au niveau des canaux parcourus par l'autre fluide participant à l'échange thermique.

35

Sur la Figure 12, les systèmes de tiges superposées qui sont intercalés

entre les plaques n'ont pas été figurés afin de simplifier le schéma.

D'autres systèmes de distribution connus de l'homme de l'art peuvent être envisagés et il est même possible de réaliser des échanges de
5 chaleur entre plus de deux fluides à condition de respecter les conditions définissant le dispositif d'échange thermique selon l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif destiné à l'échange de chaleur entre au moins un fluide
5 relativement chaud et au moins un fluide relativement froid, comprenant
une zone d'échange formée d'une succession de plaques planes parallèles
entre elles formant des canaux pour la circulation des fluides
participant à l'échange thermique, chacun desdits fluides s'écoulant
10 dans une direction déterminée, ledit dispositif comprenant en outre des
moyens d'amenée et d'évacuation pour chacun desdits fluides, ledit
dispositif étant caractérisé en ce que dans au moins une partie desdits
canaux sont disposées deux rangées superposées de tiges rectilignes,
les tiges de chaque rangée étant parallèles entre elles, la direction
(X'X) des tiges de l'une des rangées formant avec la direction (A'A)
15 d'écoulement du fluide dans le canal considéré un angle orienté α de $+30^\circ$
à $+90^\circ$, la direction (Y'Y) des tiges de l'autre rangée formant avec la
direction (A'A) d'écoulement du fluide un angle orienté β de 0° à -90° ,
la direction des tiges d'une rangée formant avec la direction des tiges
de l'autre rangée un angle γ de 45° à 135° .

20 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la
direction X'X de la première rangée de tiges et la direction Y'Y de la
seconde rangée de tiges sont symétriques ou substantiellement
symétriques par rapport à la direction A'A de l'écoulement du fluide
25 dans le canal considéré.

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la
direction Y'Y de la seconde rangée de tiges est parallèle ou
substantiellement parallèle à la direction A'A de l'écoulement du
30 fluide dans le canal considéré.

4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la
direction X'X de la première rangée de tiges est perpendiculaire ou
substantiellement perpendiculaire à la direction A'A de l'écoulement du
35 fluide dans le canal considéré et en ce que la direction Y'Y de la
seconde rangée de tiges est parallèle ou substantiellement parallèle à

la direction A'A de l'écoulement dudit fluide.

5 5. Dispositif selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que les tiges de la seconde rangée ont une épaisseur e_2 supérieure à l'épaisseur e_1 des tiges de la première rangée.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'épaisseur e_2 est de 0,5 à 50 mm et en ce que le rapport des épaisseurs e_1 et e_2 est de 0,01/1 à 0,8/1.

10

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'épaisseur e_2 est de 1 à 25 mm.

15 8. Dispositif selon l'une des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que l'épaisseur e_1 est d'au moins 0,1 mm.

9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les tiges de chaque rangée sont solidaires de la plaque en contact avec chacune d'elles.

20

10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les tiges d'une des rangées sont solidaires des tiges de l'autre rangée, en leurs points de contact.

25 11. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel on réalise un échange thermique entre un fluide relativement chaud et un fluide relativement froid, caractérisé en ce que chacun des deux fluides parcourant alternativement un canal sur deux circulent à contre-courant.

FIG.1

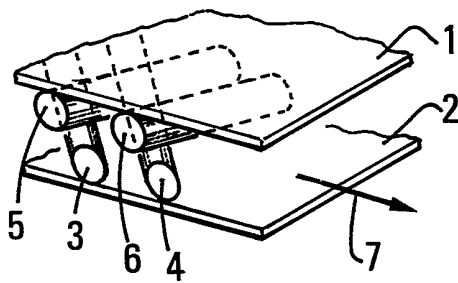


FIG.2

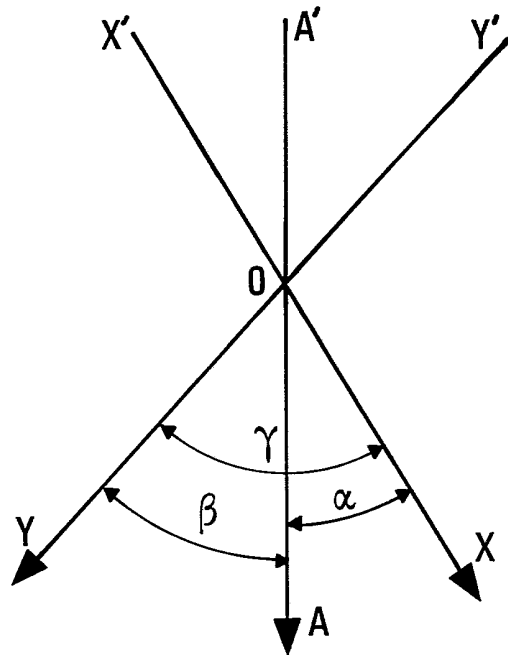


FIG.3

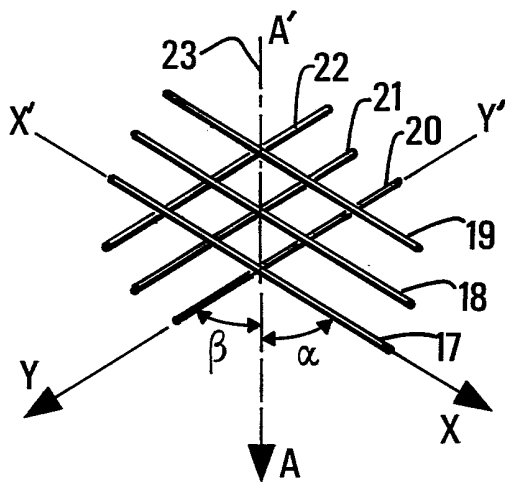


FIG.4

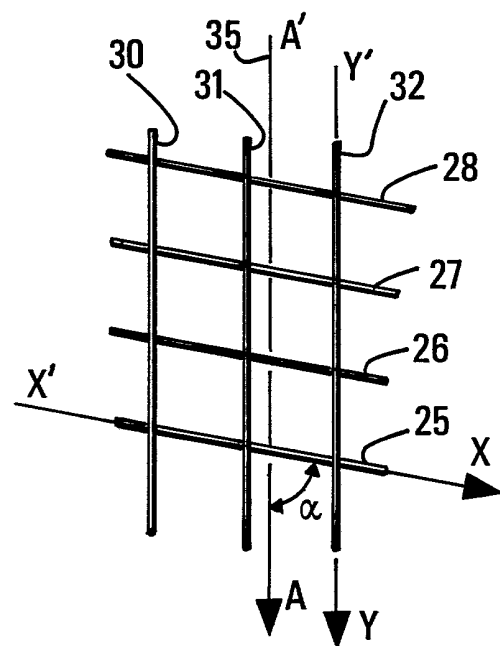


FIG.5

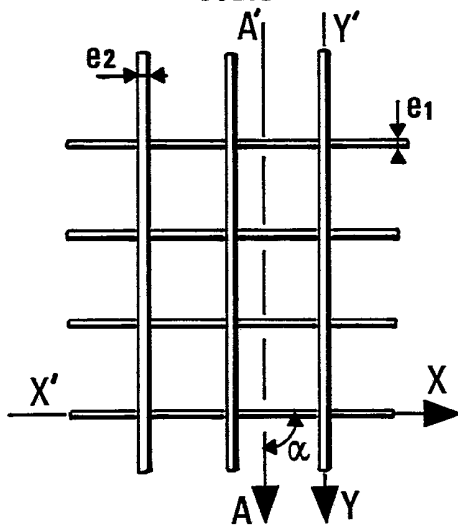


FIG.6

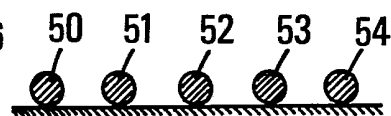


FIG.7



FIG.8



FIG.9

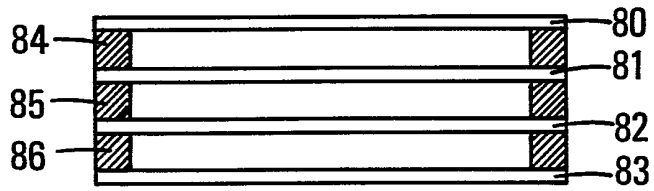


FIG.10

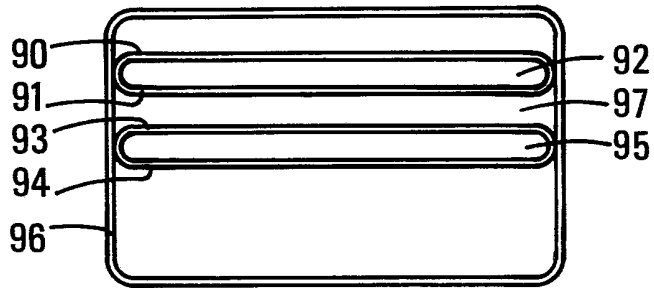


FIG.11

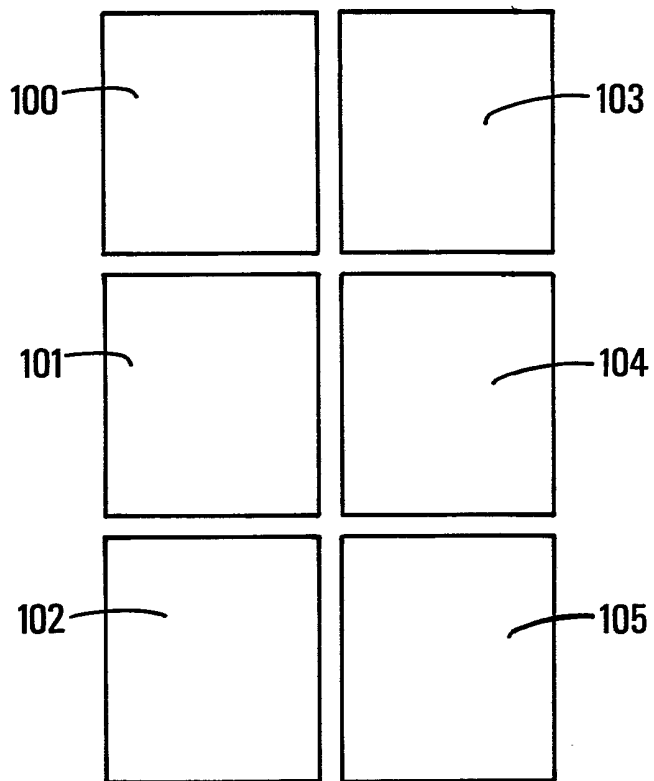
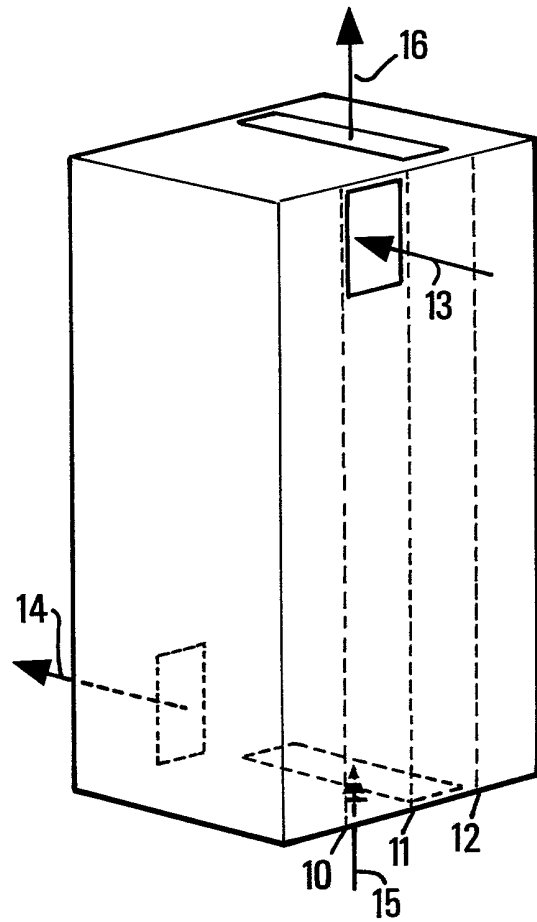


FIG.12



**INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE**

RAPPORT DE RECHERCHE

**établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche**

FR 9001387
FA 437716

[illegible]