

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 580 794

②1 N° d'enregistrement national :

85 06297

⑤1 Int Cl⁴ : F 28 D 9/00; F 28 F 3/04.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 23 avril 1985.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 43 du 24 octobre 1986.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE —
FR.

⑦2 Inventeur(s) : Alain Grabier et Alexandre Rejor

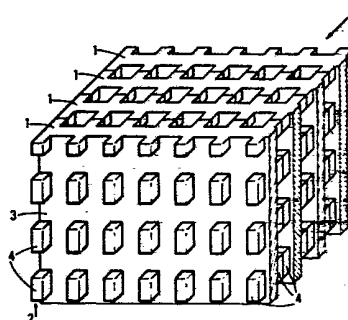
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) :

⑤4 Dispositif d'échange thermique utilisable notamment pour des échanges entre gaz.

⑤7 On décrit un dispositif d'échange thermique dont la zone d'échange 5 est constituée par juxtaposition d'une pluralité de plaques 1 parallèles entre elles et espacées deux à deux par une pluralité d'éléments d'écartement consistant en des entretoises 2 parallèles entre elles, qui peuvent être crénelées (elles comportent alors des créneaux 3 et des parties saillantes 4) ou continues, lesdites plaques 1 étant constituées de telle manière que, pour deux plaques adjacentes quelconques, au moins une des faces en vis-à-vis est munie d'entretoises, au moins une partie desdites entretoises étant sur au moins une partie de leur longueur, en contact avec la face de la plaque adjacente en vis-à-vis, et/ou avec au moins une partie des entretoises éventuellement présentes sur ladite face en vis-à-vis, sur au moins une partie de leur longueur.

Les dispositifs d'échange thermique ainsi constitués, dont les plaques peuvent être obtenues aisément par moulage (alliage léger, matériaux thermoplastiques ou thermodurcissables), sont avantageusement utilisés pour les échanges entre gaz, par exemple pour la récupération de chaleur sur des fumées de chaudières ou de fours.



L'invention concerne un échangeur de chaleur de structure modulaire utilisable notamment pour des échanges thermiques entre gaz.

5 Le déposant a déjà décrit précédemment divers dispositifs d'échange thermique de structure modulaire, par exemple dans les demandes de brevet français publiées FR. A 2 530 798 et 2 541 442. Les dispositifs décrits dans ces documents étaient constitués d'un empilement de grilles (ou treillis) assemblées les unes au-dessus des autres par encastrément, ces grilles pouvant être obtenues par moulage par
10 injection d'un matériau thermoplastique (métal ou résine synthétique) ou réalisées par assemblage de lamelles elles-mêmes obtenues par usinage ou par moulage par injection de divers matériaux thermoplastiques. Lorsque les lamelles ou les cloisons constituant les grilles empilées ne comportaient aucun évidement, selon un type particulier de structure d'échange, lesdites lamelles
15 ou cloisons superposées formaient des canaux séparés dans lesquels pouvaient circuler, par exemple dans des rangées de canaux alternées, les fluides participant à l'échange, les fluides considérés circulant alors en courants parallèles (en co-courants ou à contre-courant).
20

Selon un autre type de structure d'échange, certaines des lamelles ou des cloisons, en particulier un des ensembles de lamelles ou cloisons parallèles entre elles, pouvaient également comporter des évidements, créant entre les canaux d'une même rangée des communications permettant à l'un des fluides de circuler dans une direction globalement perpendiculaire aux lamelles ou cloisons ainsi ajourées, donc dans une direction globalement perpendiculaire à celle des canaux parcourus par l'autre fluide. Dans ce cas, l'échangeur pouvait fonctionner en courants croisés.

10

Un mode de réalisation particulier décrit consistait en un échangeur à trois blocs, comprenant un bloc central à courants parallèles (par exemple à contre-courant) correspondant à une structure du premier type ci-dessus et deux blocs terminaux correspondant à une structure du second type ci-dessus et servant à l'amenée et à l'évacuation des fluides. Les échangeurs de chaleur ainsi constitués pouvaient être utilisés notamment pour la récupération de chaleur par de l'air introduit (et évacué) latéralement à travers les blocs terminaux dans des réseaux de canaux communicants, sur des fumées qui, pour leur point, traversaient les blocs terminaux par des rangées de canaux séparés. Un autre mode de réalisation pouvait consister en un seul bloc correspondant à une structure du second type ci-dessus, une telle structure étant destinée à fonctionner en courants croisés.

25

On a maintenant mis au point de nouveaux échangeurs de chaleur de structure modulaire dont les éléments constitutifs, consistant en des plaques munies d'entretoises qui seront décrites plus loin, sont encore plus aisées à fabriquer, par exemple par moulage par injection, que les grilles (ou treillis) constituant les échangeurs décrits antérieurement. Un autre avantage des échangeurs de l'invention réside dans la réduction considérable des possibilités de fuite d'un fluide à l'autre, comme cela sera expliqué plus loin, dans la description détaillée de l'invention.

30

D'une manière générale, un échangeur selon l'invention comprend une zone d'échange et des moyens d'amenée et d'évacuation pour chacun des fluides participant à l'échange, ladite zone d'échange étant caractérisée par le fait qu'elle est constituée d'au moins un bloc
5 formé par juxtaposition d'une pluralité de plaques parallèles entre elles et espacées deux à deux par une pluralité d'éléments d'écartement (ou entretoises) parallèles entre eux, ces plaques étant constituées de telle manière que, pour deux plaques adjacentes quelconques, au moins une des faces en vis-à-vis est
10 munie d'entretoises, au moins une partie desdites entretoises étant, sur au moins une partie de leur longueur, en contact avec la face de la plaque adjacente, en vis-à-vis et/ou en contact avec au moins une partie des entretoises éventuellement présentes sur ladite face en vis-à-vis, sur au moins une partie de leur
15 longueur..

Les entretoises peuvent présenter des créneaux (que l'on désignera aussi dans la suite par "échancrures") : elles seront alors dites crénelées (ou échancrées). Dans le cas contraire, on parlera
20 d'entretoises continues (ou pleines). De manière préférée, les plaques dont la juxtaposition constitue la zone d'échange des dispositifs de l'invention sont rectangulaires et les entretoises qu'elles portent (qu'elles soient crénelées ou continues) sont parallèles aux bords homologues de l'ensemble desdites plaques.

25 Les espaces de circulation pour les fluides, créés par la juxtaposition des plaques munies de leurs entretoises, et les possibilités d'utilisation des blocs d'échangeur ainsi constitués différeront, comme cela sera décrit plus loin, selon que les entretoises (ou une
30 partie d'entre elles) seront continues ou crénelées et selon la disposition desdites entretoises.

L'invention sera décrite en liaison avec les figures annexées dans lesquelles :

- la Figure 1 représente une vue en perspective de ~~deux~~ positions de plaques adjacentes correspondant à une premier ~~mode~~ particulier de réalisation, dans lequel chaque plaque porte sur ~~ses~~ deux faces des entretoises parallèles échancrées ;

5

- la Figure 1A représente une vue en perspective d'une portion d'échangeur de chaleur formé par juxtaposition d'une pluralité de plaques du type représenté par la Figure 1 (on a représenté, de façon fragmentaire, quatre plaques juxtaposées) ;

10

- la Figure 2 représente une vue en perspective de deux portions de plaques adjacentes correspondant à une variante de la Figure 1 ;

15

- la Figure 2A représente une vue en perspective d'une portion d'échangeur formé par juxtaposition de quatre plaques du type représenté par la Figure 2 ;

20

- la Figure 3 représente une vue en perspective de deux portions de plaques adjacentes correspondant à une seconde variante des plaques de la Figure 1, dans laquelle chaque plaque porte des entretoises (échancrées) sur une seule de ses faces ;

25

- la Figure 4 représente une vue en perspective de deux portions de plaques adjacentes, correspondant à un second mode particulier de réalisation, dans lequel chaque plaque porte des entretoises parallèles échancrées sur une de ses faces et des entretoises parallèles pleines sur l'autre face ;

30

- la Figure 5 montre en coupe un mode de positionnement par ergots de deux plaques adjacentes ;

35

- la Figure 6A montre en coupe, sur deux portions de plaques, un système d'assemblage de l'ensemble des plaques juxtaposées et la Figure 6B montre en coupe, sur deux portions de plaques, un mode préféré de réalisation d'un tel système ;

- les Figures 7 et 8 montrent en perspective deux modes d'assemblage de plaques élémentaires dans un même plan le long d'un bord perpendiculaire à la direction des entretoises ;
 - 5 - les Figures 9 et 9A montrent un mode d'assemblage de plaques élémentaires dans un même plan, le long d'un bord parallèle à la direction des entretoises ;
 - 10 - les Figures 10A et 10B montrent schématiquement deux modes de fonctionnement possibles de structures d'échangeur selon l'invention ;
 - 15 - la Figure 11 est une vue en perspective d'une portion de structure d'échangeur selon l'invention ;
 - 20 - la Figure 11A est une vue en coupe de la Figure 11 selon les plans A-A.
- Selon un premier mode de réalisation d'une zone d'échange thermique de l'invention, décrite en relation avec les Figures 1 et 1A, les plaques 1 dont la juxtaposition constitue ladite zone d'échange (sauf éventuellement les plaques extrêmes) de préférence rectangulaires portent sur chacune de leurs faces, des entretoises échancrées (ou crénelées) 2, ces entretoises, parallèles entre 25 elles étant en outre avantageusement parallèles aux bords desdits plaques 1 et équidistantes sur la largeur des plaques 1. Les échancrures (ou créneaux) 3 peuvent avoir une profondeur égale à l'épaisseur des entretoises 2 ou une profondeur inférieure. Cette dernière possibilité est illustrée sur la Figure 11. Sur les 30 entretoises 2 d'une même face d'une plaque 1, les échancrures 3 peuvent être situées en alignement perpendiculairement à la direction desdites entretoises 2 comme représenté sur les Figures 1 et 1A.

Entre une face d'une plaque 1 quelconque et la face en vis-à-vis de la plaque 1 adjacente, les entretoises 2 sont en regard les unes des autres et leurs échancrures 3 se correspondent respectivement.

5 Ainsi, la juxtaposition de plaques telles que 1 amène les parties saillantes 4 des entretoises 2 d'une face d'une plaque en contact avec les parties saillantes 4 des entretoises 2 correspondantes de la face en vis-à-vis de la plaque 1 adjacente.

10 Une telle juxtaposition de plaques 1 forme une zone d'échange 5, telle que représentée sur la Figure 1A, dans laquelle la présence des échancrures 3 et des parties saillantes 4 permet de ménager entre deux plaques adjacentes quelconques 1 un réseau de circulation pour un fluide, chaque réseau pouvant être parcouru dans une direction parallèle ou dans une direction perpendiculaire
15 aux entretoises 2. Les divers réseaux adjacents sont séparés, par construction même, par les plaques 1 elles-mêmes, de sorte qu'il n'y a, entre les fluides circulant dans des réseaux adjacents, aucun passage possible donc aucun risque de fuite.

20 La structure de la zone d'échange 5 offre un grand nombre de possibilités de circulation pour les fluides parcourant les divers réseaux.

25 Ainsi, lorsque deux fluides sont mis en jeu, ils sont introduits chacun alternativement dans un réseau de circulation sur deux.

Les deux fluides peuvent circuler en courants parallèles (en co-courants ou à contre-courant) parallèlement à la direction des entretoises 2. Ils peuvent aussi circuler en courants parallèles
30 (en co-courants ou à contre-courant) dans une direction perpendiculaire à celle des entretoises 2, à travers les échancrures 3.

Les deux fluides peuvent encore circuler en courants croisés. L'un
35 des fluides circulant parallèlement aux entretoises 2, dans un

réseau sur deux, l'autre fluide circulant, dans les autres réseaux, perpendiculairement aux entretoises 2, à travers les passages créés par les échancrures 3.

- 5 Il suffit, pour réaliser chacun des modes de circulation ci-dessus, de prévoir de fermer ou de laisser ouverts les réseaux sur les faces extrêmes perpendiculaires aux plaques 1, de la zone d'échange aux endroits convenables et d'amener les fluides dans les réseaux où ils doivent circuler (ou de les en évacuer) par les ouvertures appropriées. Cela peut être réalisé par opposition, sur lesdites
10 faces extrêmes de la zone d'échange 5, de plaques ne comportant que les ouvertures nécessaires à l'accès d'une des séries de réseaux de circulation (pour y introduire ou en évacuer le fluide correspondant), les parties pleines desdites plaques obturant les
15 ouvertures correspondant à l'autre série de réseaux réservés à la circulation de l'autre fluide. Ces plaques extrêmes seront décrites plus en détail ultérieurement, en liaison avec les Figures 11 et 11A.
- 20 Dans une variante du mode de réalisation décrit ci-dessus, représentée par les Figures 2 et 2A, les échancrures 8 de chacune des entretoises 7 d'une même face d'une plaque 6 ne sont plus situées (entre elles) en alignement perpendiculairement à la direction des entretoises 7, mais sont décalées sur deux
25 entretoises voisines. Dans les réseaux constitués par la mise en contact des faces en vis-à-vis présentant une telle disposition des échancrures 8, l'espace de circulation présente une configuration différente, telle que -notamment lorsque le fluide circule dans une direction globalement perpendiculaire aux entretoises 8- sa
30 circulation se fait suivant des trajets sinueux, et non relativement directement comme c'était le cas pour les plaques 1 des Figures 1 et 1A, où les échancrures 3 des entretoises 2 n'étaient pas décalées.

Le décalage des échancrures 8 (et donc aussi des parties saillantes 9), peut présenter une certaine régularité ; telles que représentées sur les Figures 2 et 2A, les échancrures 8 sont décalées pour une entretoise 7 sur deux, sur une même face d'une plaque 6. On peut aussi envisager un décalage moins régulier, se répétant avec une périodicité de plus de deux entretoises, ou encore un décalage tout à fait désordonné sur toute la largeur d'une face d'une plaque.

- 10 Sur les Figures 2 et 2A, la disposition décalée des échancrures 8, ne concerne qu'un réseau sur deux de la zone d'échange 10, mais elle pourrait aussi concerner tous les réseaux de circulation. Lorsque les échancrures 8 (et les parties saillantes 9) des entretoises 7 de chacune des faces d'une même plaque 6 présentent des dispositions décalées, la "régularité" du décalage peut être
- 15 prévue différente sur l'une et l'autre face de la même plaque 6.

- Dans une autre variante du mode de réalisation décrit plus haut en liaison avec les Figures 1 et 1A, les plaques 11, telles que
- 20 représentées sur la Figure 3 ne portent des entretoises 12 que sur une de leurs faces, ces entretoises 12 comportant des échancrures 13, situées par exemple en alignement perpendiculairement auxdites entretoises 12 d'une même plaque 11.

- 25 Lors de la juxtaposition des plaques 11 pour former une zone d'échange, les bords les plus extérieurs (c'est-à-dire les parties saillantes 14) des entretoises échancrées 12 d'une plaque 11 viennent en contact avec la face en vis-à-vis de la plaque 11 adjacente, ladite face ne comportant pas d'entretoises.

- 30 La zone d'échange une fois assemblée présente une géométrie analogue à celle de la zone d'échange 5 telle que représentée sur la Figure 1A et décrite plus haute. De la même façon, lorsque l'on met en jeu deux fluides, on peut les faire circuler chacun dans un
- 35 réseau sur deux, en courants parallèles entre eux et parallèles aux

entretoises 12, en courants parallèles entre eux et perpendiculaires aux entretoises 12, ou encore en courants croisés. Il est également possible, dans une autre variante, de prévoir, pour tous les réseaux de circulation des fluides ou pour un réseau sur deux, un décalage des échancrures 13 entre les entretoises voisines 12 d'une même plaque 11, comme cela a été décrit plus haut pour les plaques 6, notamment en liaison avec les Figures 2 et 2A.

Selon un second mode de réalisation d'une zone d'échange thermique de l'invention, les plaques dont la juxtaposition constitue ladite zone d'échange (sauf éventuellement les plaques extrêmes) portent sur chacune de leurs faces des entretoises qui sont, sur au moins une des faces de chaque plaque, des entretoises pleines ou continues, les entretoises de l'autre face de la même plaque étant le cas échéant échancrées.

Ainsi, sur la Figure 4, les plaques 15 portent sur une de leurs faces des entretoises échancrées 16 et sur l'autre face des entretoises pleines 17.

Comme précédemment, les échancrures 18 des entretoises 16 d'une face d'une même plaque 15 peuvent être situées en alignement perpendiculairement auxdites entretoises 16 ou décalées les unes par rapport aux autres sur deux entretoises voisines quelconques 16. De façon avantageuse, une face d'une plaque 15 portant des entretoises pleines 17 a en vis-à-vis une face portant des entretoises pleines 17 de la plaque adjacente 15, les entretoises pleines 17 des faces en vis-à-vis étant en général en regard les unes des autres. De la même façon, la face d'une plaque 15 portant des entretoises échancrées 16 a en vis-à-vis une face de la plaque adjacente 15 portant elle-même des entretoises échancrées 16, lesdites entretoises 16 étant en général en regard les unes des autres, leurs échancrures 18 et leurs parties saillantes 19 se correspondant respectivement (que ces échancrures 18 et ces parties

saillantes 19 soient sur la même plaque 15 en alignement ou qu'elles soient décalées les unes par rapport aux autres sur deux entretoises voisines quelconques).

5 La juxtaposition des plaques 15 forme une zone d'échange. Les entretoises pleines 17 d'une face d'une plaque 15 venant au contact sur toute leur longueur, avec les entretoises 17 correspondantes de la face en vis-à-vis de la plaque 15 adjacente forment des rangées de canaux parallèles qui pourront être parcourus par un des fluides
10 mis en jeu, parallèlement aux entretoises 17. Par ailleurs la venue en contact des parties saillantes 19 des entretoises échancrées 16 de faces en vis-à-vis de deux plaques adjacentes 15 permet de former un réseau de circulation pour un second fluide. L'ensemble de réseaux peut être parcouru par ledit second fluide dans une
15 direction parallèle aux entretoises 16 (dans ce cas, les deux fluides circulent en courants parallèles : en co-courants ou à contre-courant) ou dans une direction perpendiculaire aux entretoises 16, à travers les passages créés par les échancrures 18 (dans ce cas les deux fluides circulent en courants croisés).

20

Chacune des deux faces d'une plaque telle que 15 peut aussi porter des entretoises pleines telles que 17 (variante non représentée par une figure). Dans ce cas, la juxtaposition des plaques forme par mise en contact desdites entretoises pleines uniquement des rangées
25 de canaux, deux rangées de canaux voisines étant situées de part et d'autre d'une même plaque, certaines rangées de canaux ainsi définies (par exemple une rangée sur deux) étant parcourues par un premier fluide, les autres rangées étant parcourues par un second fluide, lesdits fluides circulant en courants parallèles (en co-courants ou à contre-courant).
30

Dans le cadre du second mode de réalisation décrit ci-dessus, il est également possible, comme décrit dans une des variantes du premier mode, de juxtaposer des plaques qui ne portent des
35 entretoises que sur une de leurs faces. Dans le cas présent, on

peut envisager que, pour une plaque sur deux, les entretoises sont pleines et, pour les autres plaques, les entretoises sont échancrées. La juxtaposition de telles plaques permet de constituer une zone d'échange présentant une géométrie analogue à celle de la zone d'échange obtenue par juxtaposition de plaques telles que 5 représentées sur la Figure 4 présentant une alternance de réseaux de circulation pour un des fluides et de rangées de canaux pour l'autre fluide. On peut encore envisager que pour toutes les plaques les entretoises sont pleines. Dans ce cas la zone d'échange 10 obtenue comporte uniquement des rangées de canaux deux rangées de canaux voisines étant situées de part et d'autre d'une même plaque.

Certaines rangées de canaux ainsi définies (par exemple une rangée sur deux) peut être parcourue par un premier fluide, les autres 15 rangées de canaux étant parcourues par un second fluide, lesdits fluides circulant en courants parallèles (soit en co-courants, soit à contre-courant).

Les dispositions qui viennent d'être décrites ne sont pas 20 représentées par des figures.

Selon une variante qui se rattache aussi bien au premier qu'au second mode de réalisation de la zone d'échange thermique de l'invention, ladite zone d'échange peut être constituée par la 25 juxtaposition alternée de plaques portant des entretoises (crénelées ou continues) sur leurs deux faces et de plaques ne portant pas d'entretoises.

On peut encore envisager bien d'autres variantes pour la 30 disposition et la configuration des entretoises portées par les plaques élémentaires dont la juxtaposition forme une structure d'échangeur de l'invention à condition que, d'après la définition générale de l'invention, les entretoises, échancrées ou pleines, soient parallèles entre elles et soient disposées sur les faces des 35 plaques de telle façon qu'au moins une partie des entretoises d'une

face d'une plaque vienne en contact avec la face en vis-à-vis de la plaque adjacente ou avec au moins une partie des entretoises de la face en vis-à-vis de la plaque adjacente, les deux plaques adjacentes étant, dans cette juxtaposition, parallèles entre elles.

5

Le positionnement des plaques adjacentes dans une direction de plan parallèle à la direction de plan desdites plaques peut être assuré par la mise en correspondance d'ergots mâles et femelles tels que 20 et 21, représentés sur la Figure 5 (ces ergots tels que 20 et 21 étant solidaires des plaques adjacentes 22 et disposés respectivement sur les faces 23 et 24 desdites plaques), chaque ergot mâle 20 d'une face 23 d'une plaque 22 étant en regard d'un ergot femelle 21 de la face en vis-à-vis 24 de la plaque adjacente 22, dans la juxtaposition des plaques.

15

Un ergot de positionnement femelle 21 peut consister par exemple en un volume (par exemple de forme cylindrique ou parallélépipède), émergeant d'une hauteur h_1 de la face 24 de la plaque 22 qui le porte, dont le plan de section extrême 25 est avantageusement parallèle à ladite face 24, et qui présente une cavité 26 (par exemple de forme cylindrique ou parallélépipédique dont l'axe et/ou les parois ont une direction perpendiculaire à ladite face 24) ouverte sur la face de l'ergot opposée à la plaque, c'est-à-dire sur la section 25. Lorsque la profondeur p_1 de la cavité 26 est inférieure à la hauteur h_1 de l'ergot femelle, le fond 27 de ladite cavité 26 est à une distance l_1 de la face 24 de la plaque 22.

25

Un ergot de positionnement mâle 20 peut consister pour sa part en un volume émergeant d'une hauteur h_2 de la face 23 de la plaque 22 qui le porte, dont le plan de section extrême 28 est avantageusement parallèle à ladite face 23 et dont au moins une partie 29, de hauteur p_2 , inférieure ou égale à la hauteur totale h_2 dudit ergot, présente une forme convenable (par exemple tronconique ou pyramidale tronquée) pour pouvoir s'engager dans la cavité 26 de l'ergot femelle 21 qui lui fait face. L'ergot mâle 20

30

35

peut comporter un socle 30, par exemple de forme parallélépipédique ou cylindrique, de hauteur $l_2 = h_2 - p_2$.

Les dimensions et la forme des ergots mâles et femelles 20 et 21, en particulier l'inclinaison de la surface tronconique ou pyramidale tronquée de la partie 29 de l'ergot mâle 20, sont choisis de telle manière que le positionnement des plaques adjacentes, à une distance déterminée par les hauteurs des entretoises 31 et 32, présente le moins de jeu possible.

Ainsi par exemple, les entretoises 31 et 32 étant en contact, le plan extrême 25 de l'ergot femelle 21 peut venir en contact avec le plan extrême du socle 30 de l'ergot mâle 20, lorsqu'il existe un tel socle, ou avec la face 23 de la plaque, lorsqu'il n'y a pas de socle, c'est-à-dire lorsque $p_2 = h_2$. On a alors la relation :

$h_1 + l_2 = d$ ou $h_1 + h_2 - p_2 = d$ ou encore, si les hauteurs h_1 et h_2 sont données, $p_2 = h_1 + h_2 - d$.

Il convient dans ce cas, pour réduire au maximum les possibilités de jeu entre les plaques, que les dimensions du bord intérieur de la cavité 26 de l'ergot femelle 21 soient identiques aux dimensions de la partie 29 tronconique ou pyramidale tronquée de l'ergot mâle 20, à sa jonction avec le socle 30 (ou avec la face 23 de la plaque lorsqu'il n'y a pas de socle).

En outre, il est préféré que le plan extrême 28 de la partie 29 tronconique ou pyramidale tronquée de l'ergot mâle 20 ne soit pas en contact avec le fond de la cavité 26 de l'ergot femelle 21 ; et l'on a $p_2 < p_1$ ou $h_2 + l_1 < d$.

On peut également envisager que le contact entre l'ergot mâle 20 et l'ergot femelle 21 se fasse par mise en contact du plan extrême 28 de l'ergot mâle 20 avec le fond 27 de la cavité 26 de l'ergot femelle 21. On a alors : $h_2 + l_1 = d$ ou $h_2 + h_1 - p_1 = d$ ou encore, si les hauteurs h_1 et h_2 sont données, $p_1 = h_1 + h_2 - d$.

Pour réduire au maximum les possibilités de jeu entre les plaques, il convient dans ce cas que les dimensions du bord intérieur de la cavité 26 de l'ergot femelle 21 soient identiques à celles de la section de la partie 29 tronconique ou pyramidale tronquée de l'ergot mâle 20 au même niveau, étant entendu qu'il est en outre préféré qu'il n'y ait pas contact entre le plan extrême 25 de l'ergot femelle 21 et le plan extrême du socle 30 de l'ergot mâle 20, lorsqu'il existe un tel socle, ou avec la face 23 de la plaque, lorsqu'il n'y a pas de socle. On a donc $p_1 < p_2$ ou $h_1 + l_2 < d$.

10

Cependant, le cas le plus avantageux est celui où le contact entre les ergots mâles 20 et les ergots femelles 21 ne se fait ni par mise en contact du plan extrême 25 des ergots femelles 21 avec socle 30 des ergots mâles 20, ni par mise en contact du plan extrême 28 des ergots mâles 20 avec le fond 27 de la cavité 26 des ergots femelles 21, mais par mise en contact du bord intérieur de la cavité 26 des ergots femelles 21 avec la partie 29 tronconique ou pyramidale tronquée des ergots mâles 20, à un niveau intermédiaire de celle-ci, où les dimensions coïncident. Dans cette disposition, il n'y a pas de jeu latéral possible entre les plaques. C'est celle qui est représentée par la Figure 5.

20

Les relations qui régissent cette disposition sont les suivantes :

25

$$\begin{aligned} h_1 + l_2 < d, \text{ ou } h_1 + h_2 - p_2 < d & \text{ d'une part} \\ h_2 + l_1 < d, \text{ ou } h_2 + h_1 - p_1 < d & \text{ d'autre part} \end{aligned}$$

et, si les hauteurs h_1 et h_2 sont données (ainsi que la distance d),

30

$$\begin{aligned} p_2 &> h_1 + h_2 - d \\ p_1 &> h_1 + h_2 - d \end{aligned}$$

En revanche, on ne peut établir aucune relation d'inégalité entre

35

p_1 et p_2 , qui pourraient, le cas échéant, être égaux.

Les ergots de positionnement 20 et 21 décrits ci-dessus peuvent être répartis de façon quelconque sur les faces de chaque plaque 22, avec la condition qu'à chaque ergot mâle 20 d'une face 23 d'une plaque quelconque 22 corresponde un ergot femelle 21 de la face 24 en vis-à-vis, de la plaque 22 adjacente.

Sur les faces de chacune des plaques 22 juxtaposées dans une structure d'échangeur selon l'invention, les ergots de positionnement 20 et 21 (mâles ou femelles respectivement) peuvent être placés entre les entretoises ou sur les entretoises elles-mêmes.

Les ergots de positionnement mâles et femelles considérés dans l'invention peuvent présenter d'autres formes que celles décrites ci-dessus. Ils seront équivalents aux ergots 20 et 21 lorsqu'ils assureront la même fonction qui consiste à empêcher le déplacement des plaques les unes par rapport aux autres dans une direction de plan parallèle à la direction de plan des plaques.

Les plaques juxtaposées qui constituent la zone d'échange du dispositif de l'invention peuvent être maintenues les unes contre les autres par tout moyen de serrage usuel, par exemple au moyen de flasques terminaux reliés et serrés entre eux par des tirants passant à l'extérieur du bloc constituant la structure d'échange.

Cependant, afin d'obtenir une meilleure répartition des pressions de serrage sur toute l'étendue des plaques, on préfère, comme représenté sur la Figure 6A, prévoir le passage au travers des plaques 22, par des ouvertures 34, ménagées perpendiculairement à la surface desdites plaques 22 et toutes positionnées en des points homologues desdites plaques juxtaposées, de tirants 35 constitués par exemple de tiges métalliques filetées à leurs extrémités, ces extrémités traversant, de part et d'autres du bloc constituant la structure d'échange, des flasques de préférence métalliques et percés d'ouvertures correspondant aux ouvertures 34 percées dans

les plaques 22, le serrage de l'ensemble constitué par les flasques et la structure d'échange qu'ils enserrent pouvant être réalisé au moyen d'écrous vissés sur les extrémités filetées des tiges constituant les tirants 35.

5

Les ouvertures 34 permettant le passage des tirants 35 précédemment décrites pouvant être à l'origine de fuites d'un fluide (par exemple relativement froid) dans l'autre fluide (par exemple relativement chaud), à travers les plaques 22, lesdites ouvertures peuvent être, selon une disposition particulière de l'invention, pratiquées à travers des parties des plaques spécialement conçues pour assurer, lors du serrage de l'ensemble des plaques, l'étanchéité entre les espaces de circulation des fluides situés de part et d'autre de chaque plaque. Ainsi, sur la Figure 6A, les ouvertures 34 pratiquées dans les plaques 22 sont munies de manchons 36 de géométrie telle que leurs bords extrêmes entrent en contact lors du serrage de l'ensemble des plaques 22, empêchant ainsi le passage de fluide par les ouvertures 34 d'un espace de circulation 37 à l'espace de circulation 37 voisin. Cette disposition se répétant sur toute l'étendue du bloc d'échange, la limitation des fuites entre tous les espaces de circulation situés de part et d'autre des plaques est ainsi assurée.

Les ouvertures 34 pour le passage des tirants 35 peuvent être réparties de façon quelconque sur la surface des plaques 22. La répartition est, de préférence, relativement régulière.

Selon une disposition préférée, représentée sur la Figure 6B, les ouvertures 34 pour le passage des tirants 35 peuvent être pratiquées à travers les ergots de positionnement 20 et 21 tels que décrits précédemment dont la géométrie doit alors être telle qu'ils assurent à la fois le positionnement des plaques 22 les unes par rapport aux autres et la limitation des fuites entre les espaces 37 de circulation des fluides de part et d'autre des plaques 22, cette limitation des fuites étant réalisée par les contacts entre les

parties mâles et femelles des ergots de positionnement.

Une structure d'échangeur selon l'invention peut être constituée par la juxtaposition d'un certain nombre de plaques telles que décrites précédemment. Cependant, on peut également envisager de former chaque plaque par assemblage dans le même plan de plusieurs plaques élémentaires, les plaques à assembler étant alors munies, sur leurs tranches respectives, de dispositifs d'assujettissement convenables, l'assemblage étant réalisé par encastrement mutuel desdits dispositifs d'assujettissement. Ainsi, on peut assembler un nombre m de plaques élémentaires par leurs bords perpendiculaires à la direction des entretoises et/ou assembler un nombre n de plaques élémentaires par leurs bords parallèles à la direction des entretoises, formant ainsi des plaques comportant $m \times n$ plaques élémentaires, m et n étant des nombres entiers quelconques (dont l'un au moins est d'au moins 2). En général, les nombres m et n ne sont pas très élevés.

L'assemblage latéral des plaques le long de leurs bords perpendiculaires à la direction des entretoises peut être réalisé par exemple par des dispositifs tels que ceux représentés sur les Figures 7 et 8 ou par des dispositifs équivalents.

Les dispositifs d'assemblage, représentés par les Figures 7 et 8, sont basés sur le même principe qui consiste à encastrer une partie saillante ou languette 38 du bord d'une des plaques à assembler 39 dans la partie en creux ou rainure 40 correspondante ménagée dans le bord de la plaque adjacente à assembler 41. Ladite partie saillante 38 a la même épaisseur que la plaque 39 sur la Figure 7 et une épaisseur moindre sur la Figure 8.

L'assemblage latéral des plaques le long de leurs bords parallèles à la direction des entretoises peut être réalisé par exemple, comme représenté sur les Figures 9 et 9A, par encastrement d'ergots 42 émergeant de la tranche d'une plaque 43 dans des trous 44

pratiquement de même dimension pratiqués dans la tranche de la plaque adjacente à assembler, en regard desdits ergots 42.

Un intérêt important des structures d'échangeur selon l'invention
5 est qu'elles offrent un grand nombre de possibilités de mise en oeuvre.

Parmi les possibilités de mise en oeuvre, on peut mentionner principalement celle qui consiste à réaliser une relation d'échange
10 entre deux fluides circulant en courants croisés, telle que représentée schématiquement par la Figure 10A.

Pour réaliser une telle structure, on utilise en général un bloc constitué par juxtaposition de plaques qui peuvent correspondre aux
15 différents types décrits précédemment, à l'exception de ceux dans lesquels les entretoises seraient continues dans tous les espaces situés entre des plaques adjacentes. Un mode particulier est représenté sur les Figures 11 et 11A.

20 L'introduction du fluide devant circuler globalement dans une direction perpendiculaire aux entretoises 2 peut être effectuée à travers les ouvertures 45 de la plaque 46, ces ouvertures donnant accès aux espaces 47, la plaque 46 obturant par ailleurs les espaces destinés à la circulation du second fluide (espaces 48 de
25 la coupe représentée sur la Figure 11A).

L'évacuation du fluide se fait en général par la face du bloc d'échange opposée à la face d'amenée, à travers des ouvertures analogues aux ouvertures 45, d'une plaque analogue à la plaque 46
30 (non représentée sur les Figures 11 et 11A), ladite plaque obturant également les espaces 48 destinés à la circulation du second fluide.

Quant au fluide qui doit circuler dans les espaces 48, dans une
35 direction globalement parallèle aux entretoises 2 de la Figure 11A,

il peut être introduit par les ouvertures 49 de la plaque 50, ces ouvertures donnant accès aux espaces 48, ladite plaque 50 obturant par ailleurs les espaces 47 destinés à la circulation du premier fluide.

5

L'évacuation dudit second fluide est effectuée par la face du bloc d'échange opposée à la face d'amenée, à travers des ouvertures 51 de la plaque 52, ladite plaque obturant également les espaces 47 destinés à la circulation du premier fluide.

10

Si l'on suppose que les plaques dont la juxtaposition constitue le bloc d'échange considéré sur les Figures 11 et 11A sont situées dans des plans verticaux, les plaques d'amenée 46 et les plaques d'évacuation (non représentées) du premier fluide seront elles-mêmes situées dans des plans verticaux, orthogonaux aux précédents, les plaques d'amenée 50 et les plaques d'évacuation 52 du second fluide seront dans des plans horizontaux et le second fluide circulera de haut en bas. On peut tout aussi bien envisager que le second fluide circule de bas en haut, la plaque d'amenée étant alors la plaque inférieure 52 et la plaque d'évacuation étant alors la plaque supérieure 50.

20

Au lieu de faire circuler le second fluide dans des espaces tels que 48 (sur la Figure 11A) communiquant par les échanerures 3 ménagées dans les entretoises 2, on peut aussi le faire circuler dans des canaux séparés, en utilisant des plaques portant sur une de leurs faces des entretoises pleines, analogues aux plaques 15 de la Figure 4.

25

Une autre possibilité de mise en oeuvre des structures d'échangeur selon l'invention est représentée schématiquement par la Figure 10B. Le bloc d'échange comprend trois zones dont on peut définir le rôle en relation avec la circulation du premier fluide (introduit latéralement), étant entendu que le second fluide circule de la même façon dans les trois zones, à savoir parallèlement à la

30

35

direction des entretoises, que ce soit de bas en haut ou (comme représenté sur la Figure 10B), de haut en bas. Dans la zone inférieure, qui est par exemple la zone d'amenée du premier fluide, celui-ci circule quasiment en courant croisé avec le second fluide.

5 Dans la zone centrale, les deux fluides circulent en courants parallèles (à contre-courant si le second fluide circule de haut en bas ou en co-courants, si le second fluide circule de bas en haut) et dans la zone supérieure, qui est dans le cas considéré la zone d'évacuation du premier fluide, celui-ci circule quasiment en

10 courant croisé avec le second fluide. Pour obtenir un fonctionnement de ce type, il suffit, dans la plaque d'amenée (respectivement d'évacuation) du second fluide, de ménager les ouvertures nécessaires à l'introduction (respectivement à la sortie) dudit fluide uniquement dans la partie inférieure

15 (respectivement dans la partie supérieure) de la plaque considérée.

Le dimensionnement des structures d'échangeur de l'invention peut être très varié suivant les débits et les températures des fluides mis en relation d'échange. La longueur et la largeur des plaques

20 peut être de plusieurs dizaines de centimètres, leur épaisseur de moins de 1 mm à quelques millimètres et la distance entre les plans médians de plaques adjacentes peut être de quelques millimètres à quelques centimètres. Le nombre de plaques juxtaposées pour constituer le bloc d'échange peut être d'environ une dizaine à

25 plusieurs centaines.

La surface d'échange par unité de volume des dispositifs selon l'invention peut être élevée. Des valeurs moyennes de cette surface sont au voisinage de 150 à 200 m² par m³.

30 Les plaques constituant les structures d'échangeur selon l'invention peuvent être réalisées en des matériaux variés, bons ou moyens conducteurs de la chaleur, suivant les températures des fluides mis en jeu dans l'échange thermique.

Le matériau peut consister en un matériau thermoplastique tel que du polypropylène, éventuellement chargé, pour des températures inférieures à 100 °C, du polyfluorure de vinylidène, pour des températures allant par exemple de 100 à 140 °C, ou encore un
5 copolymère éthylène-tétrafluoréthylène chargé, pour des températures allant, par exemple, de 140 à 190 °C.

Les plaques peuvent être également constituées de plastiques thermodurcissables, tels que, par exemple des polyesters ou des
10 résines époxydes.

Le matériau peut également consister en un métal, un alliage de métaux, du verre, du ciment ou de la céramique. Il peut encore consister en un matériau composite tel que, par exemple, une
15 matière plastique chargée de produits pulvérents, granulaires, filamenteux, tissés ou non tissés, lesdits produits ou charges pouvant consister eux-mêmes en métaux, alliages, carbone amorphe, graphite, verre, céramique ou encore sels minéraux.

20 Suivant le matériau constitutif de l'échangeur de l'invention, sa surface massique peut se situer aux alentours de 6 à 7 dm²/kg pour de l'acier et aux alentours de 40 à 50 dm²/kg pour une matière plastique.

25 Les plaques peuvent être obtenues par diverses méthodes de façonnage. En particulier lorsque le matériau est un alliage léger, un matériau thermoplastique ou un matériau thermodurcissable, on peut les réaliser par moulage (notamment moulage par injection).

30 Les dispositifs d'échange de chaleur selon l'invention sont en outre munis de conduits d'amenée et d'évacuation pour chacun des fluides participant à l'échange, ces conduits étant raccordés à la structure d'échange proprement dite par des moyens classiques qui ne seront pas décrits plus en détail.

Ils peuvent être utilisés pour des échanges thermiques entre gaz, en particulier pour la récupération de chaleur sur des fumées (de chaudières, de fours, etc...).

REVENDEICATIONS

1 - Dispositif d'échange thermique comprenant une zone d'échange, dans laquelle circulent au moins deux fluides en relation d'échange thermique, et des moyens d'amenée et d'évacuation pour chacun desdits fluides, caractérisé en ce que ladite zone d'échange comprend au moins un bloc formé par juxtaposition d'une pluralité de plaques rectangulaires parallèles entre elles et espacées deux à deux par une pluralité d'éléments d'écartement consistant en des entretoises continues ou crénelées, parallèles entre elles, lesdites plaques étant constituées de telle manière que, pour deux plaques adjacentes quelconques, au moins une des faces en vis-à-vis est munie d'entretoises, au moins une partie desdites entretoises étant sur au moins une partie de leur longueur, en contact avec la face de la plaque adjacente en vis-à-vis, et/ou en contact avec au moins une partie des entretoises éventuellement présentes sur ladite face en vis-à-vis, sur au moins une partie de leur longueur, lesdites plaques ainsi juxtaposées définissant des espaces de circulation destinés à être parcourus par lesdits fluides en relation d'échange thermique, deux espaces de circulation consécutifs étant séparés de manière étanche par une desdites plaques.

2 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les plaques 1 portent sur chacune de leurs faces des entretoises crénelées 2 et en ce que, entre une face d'une plaque 1 et la face de la plaque 1 adjacente en vis-à-vis, lesdites entretoises crénelées 2 sont en regard les unes des autres et leurs créneaux 3 et leurs parties saillantes 4 se correspondent respectivement.

3 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les plaques 11 portent sur une seule de leurs faces des entretoises crénelées 12.

4 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les plaques 15 portent sur une de leurs faces des entretoises crénelées 16 et sur l'autre face des entretoises continues 17 et en ce que, entre une face d'une plaque 15 portant des entretoises continues 17 et la face de la plaque 15 adjacente en vis-à-vis, portant également des entretoises continues 17, lesdites entretoises 17 sont en regard les unes des autres et, entre une face d'une plaque 15 portant des entretoises crénelées 16 et la face de la plaque 15 adjacente en vis-à-vis, portant également des entretoises crénelées 16, lesdites entretoises crénelées 16 sont en regard les unes des autres et leurs créneaux 18 et leurs parties saillantes 19 se correspondent respectivement.

5 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les plaques portent des entretoises sur une seule de leurs faces, des plaques portant des entretoises continues alternant avec des plaques portant des entretoises crénelées.

6 - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la zone d'échange comprend des plaques terminales 46 disposées perpendiculairement aux plaques formant le bloc d'échange 5 et parallèlement à la direction des entretoises 2, ces plaques 46 étant pourvues d'ouvertures 45 pour l'amenée ou l'évacuation d'un premier fluide dans les (ou hors des) espaces de circulation 47, et des plaques terminales 50 et 52 disposées perpendiculairement aux plaques formant le bloc d'échange 5 et perpendiculairement à la direction des entretoises 2, ces plaques 50 et 52 étant pourvues respectivement d'ouvertures 49 et 51 pour l'amenée (ou l'évacuation) d'un second fluide dans les (ou hors des) espaces de circulation 48, de manière que ledit premier fluide et ledit second fluide circulent en courants croisés.

7 - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que chaque plaque 22 comporte sur chacune de ses faces une pluralité d'éléments de positionnement mâles 20 ou femelles 21 en

correspondance avec des éléments complémentaires, femelles 21 ou mâles 20, situés aux endroits homologues des faces des plaques adjacentes 22 en vis-à-vis.

- 5 8 - Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que lesdits éléments de positionnement 20 et 21 sont pour au moins une partie d'entre eux solidaires des entretoises.
- 10 9 - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les plaques formant le bloc d'échange sont, pour au moins une partie d'entre elles, formées d'un nombre $m \times n$ de plaques élémentaires, m et n étant deux nombres entiers dont au moins l'un est d'au moins 2, lesdites plaques élémentaires étant assemblées dans un même plan par leurs tranches perpendiculaires à la direction des entretoises et/ou par leurs tranches parallèles à la direction des entretoises.
- 15 10 - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les plaques juxtaposées 22 formant le bloc d'échange sont maintenues serrées entre deux flasques par des tirants 35 constituées de tiges filetées à leurs extrémités traversant l'ensemble des plaques par des ouvertures 34 munies de manchons 36.
- 20 11 - Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que les ouvertures 34 pour le passage des tirants 35 sont pratiquées dans les éléments de positionnement 20 et 21.
- 25 12 - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que les plaques sont réalisées par moulage d'un matériau choisi parmi les alliages métalliques légers, les matériaux thermoplastiques et les matériaux thermodurcissables.
- 30 13 - Utilisation d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 12 pour un échange thermique entre gaz.

14 - Utilisation selon la revendication 13, pour la récupération de chaleur sur des fumées de chaudière ou de four.

PL.I.9

FIG.1

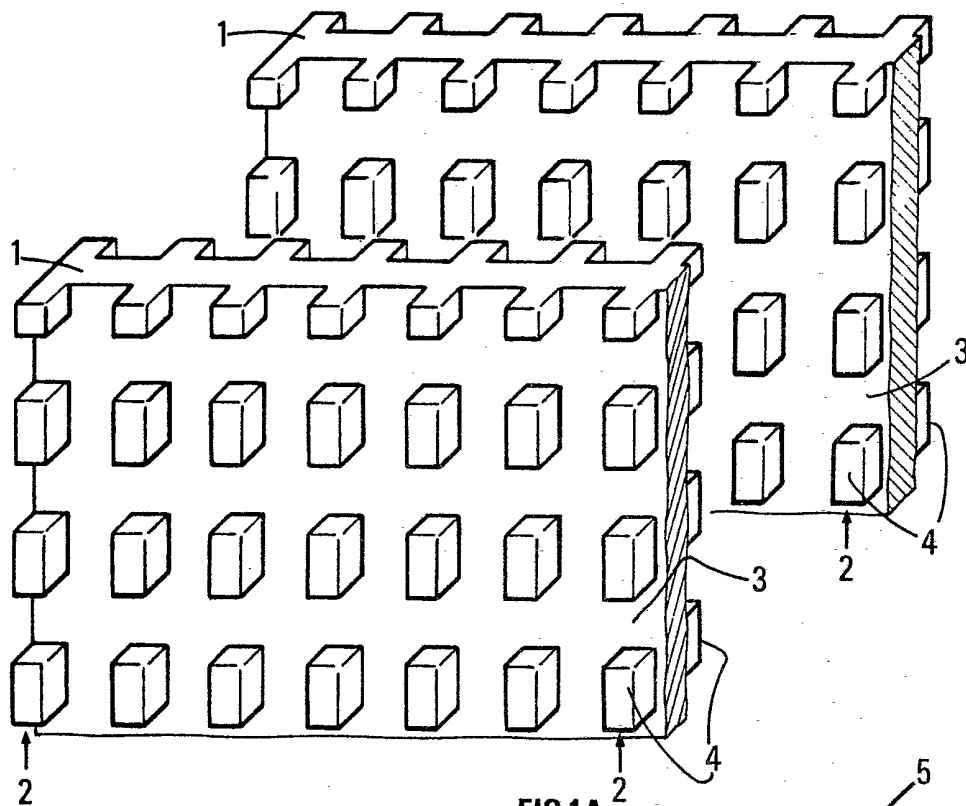
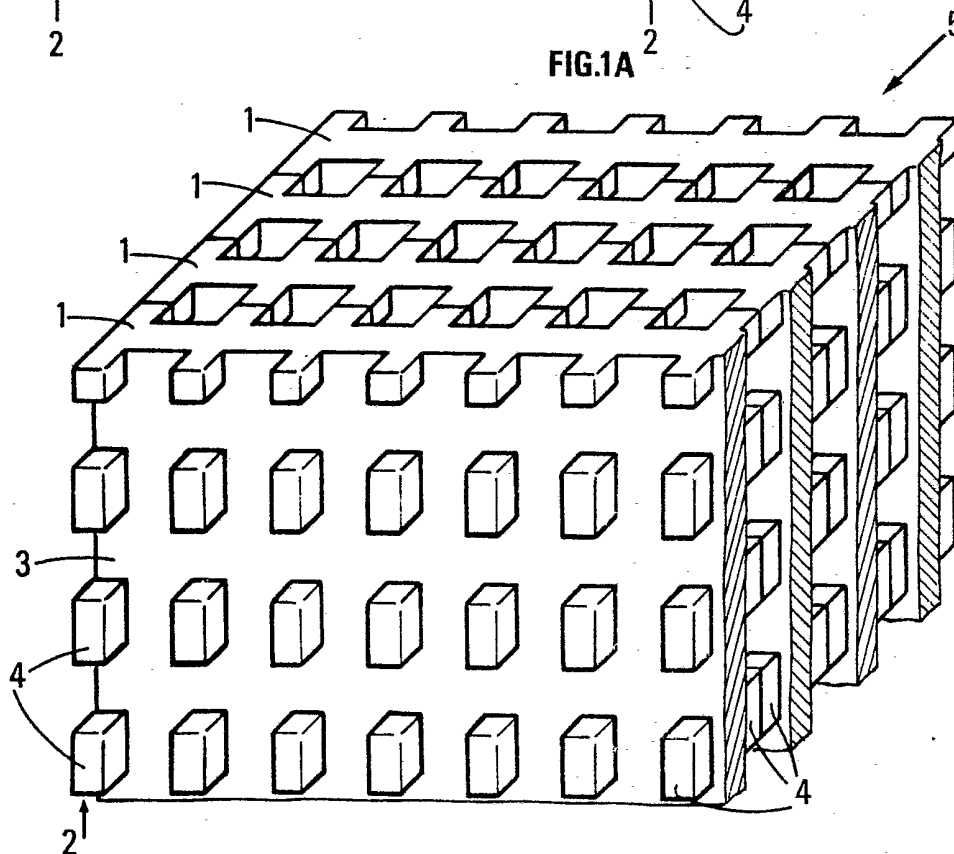


FIG.1A



PL.II.9

FIG.2

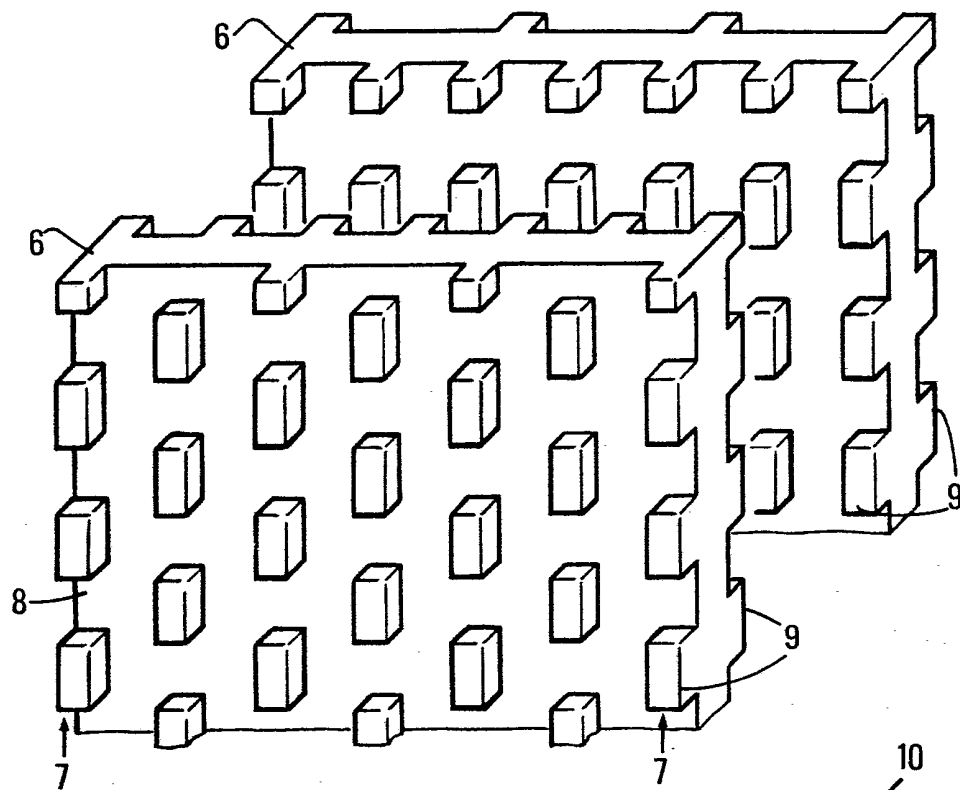
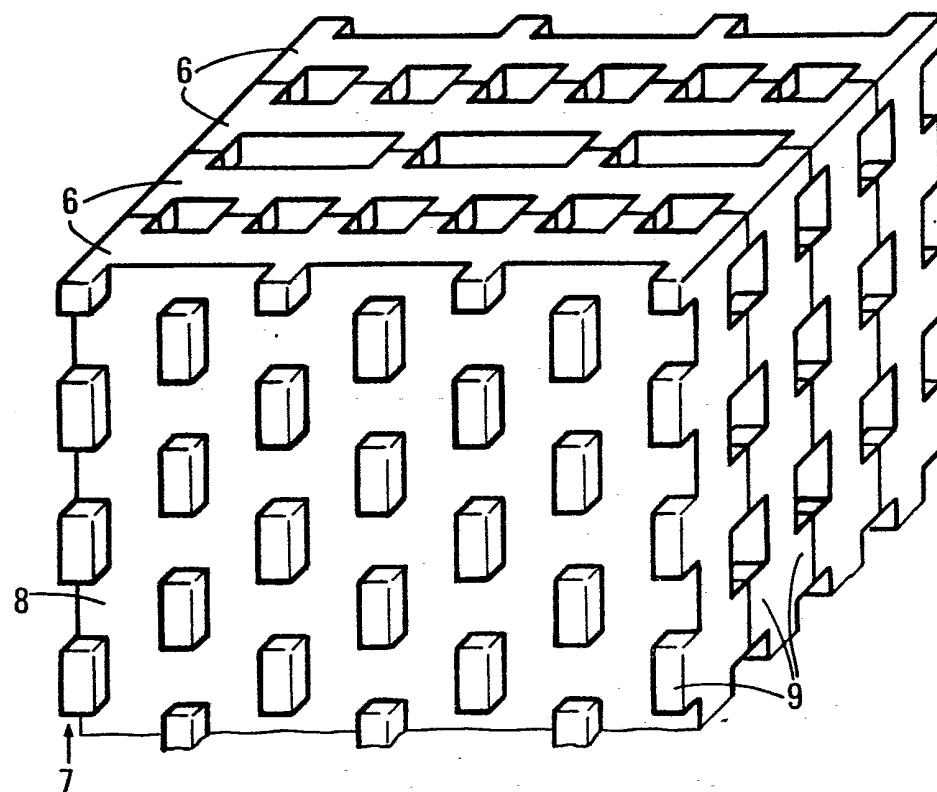


FIG.2A



PL.III.9

FIG.3

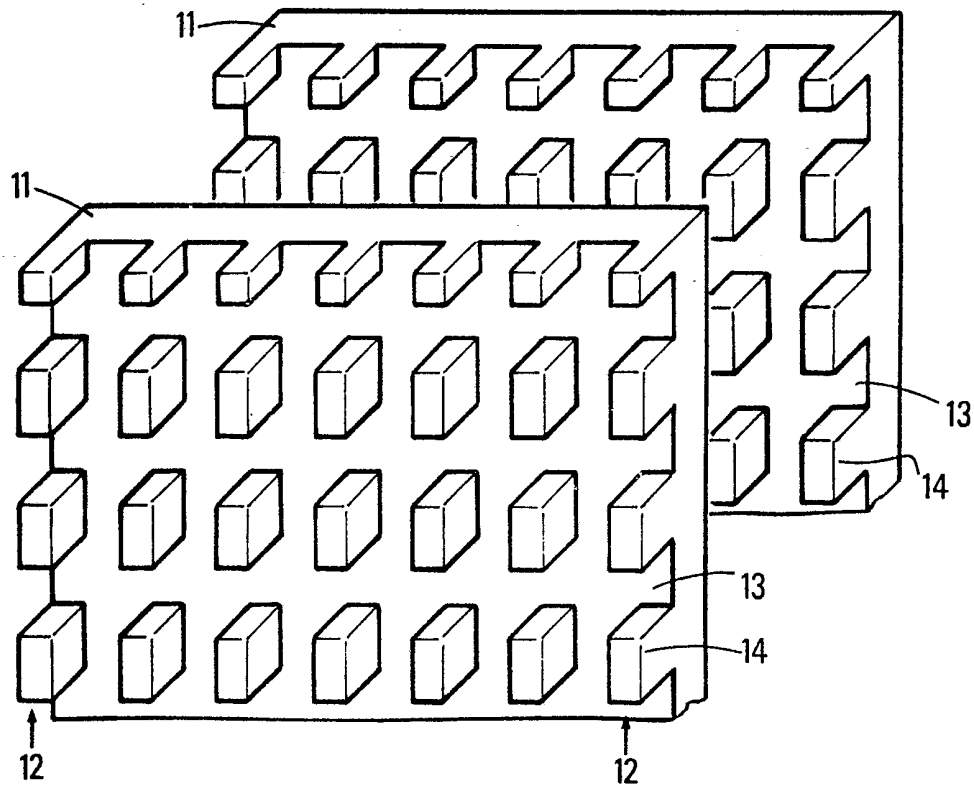
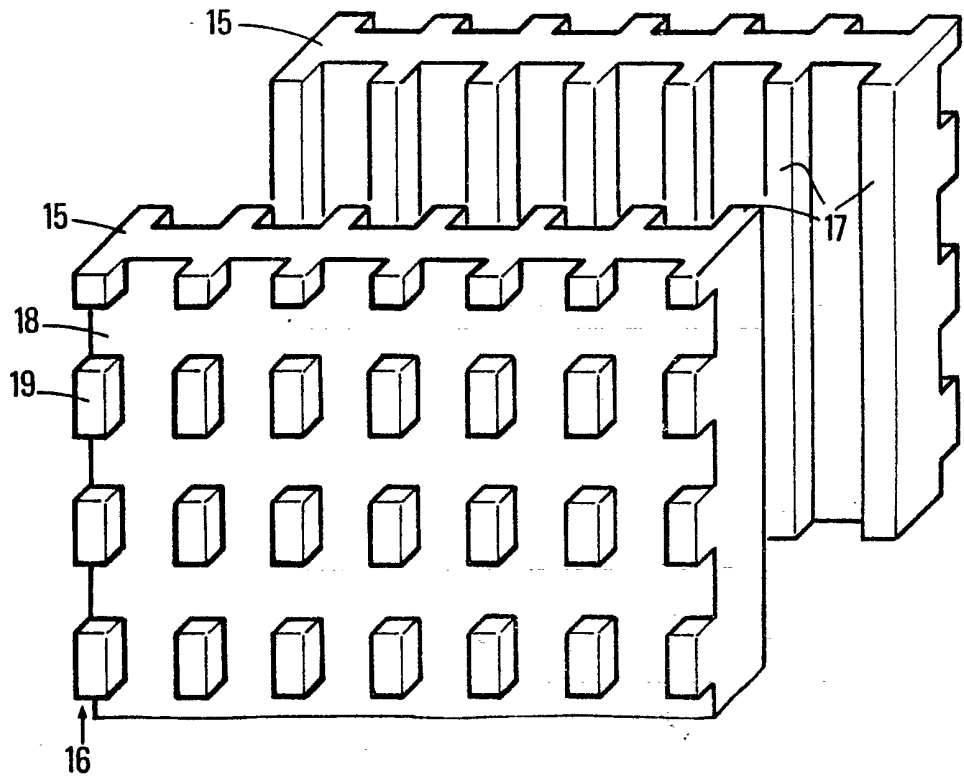


FIG.4



PL-IV.9
FIG.5

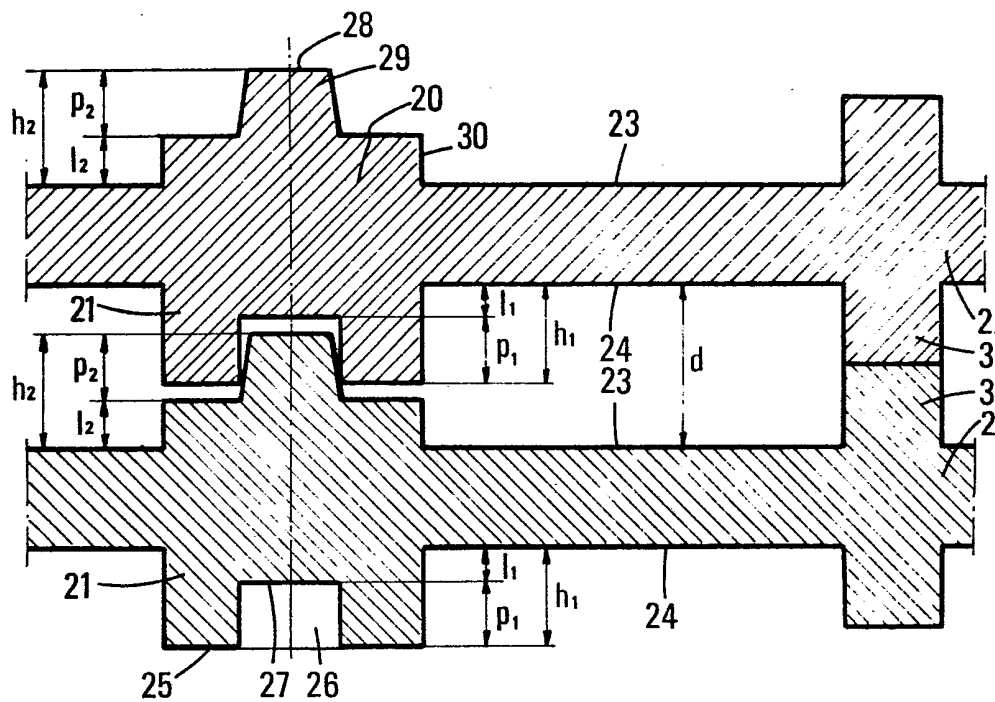


FIG.10 A

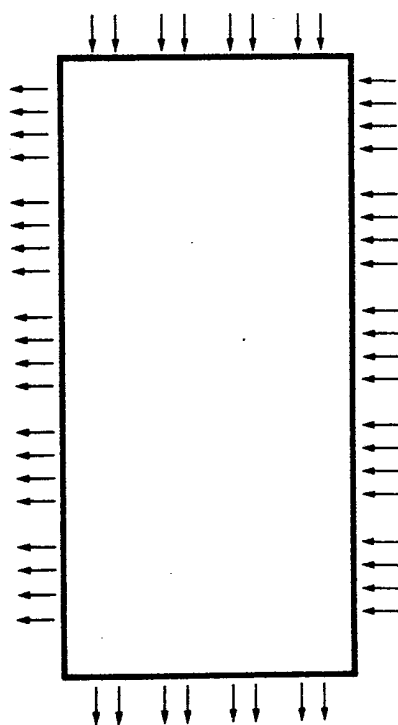
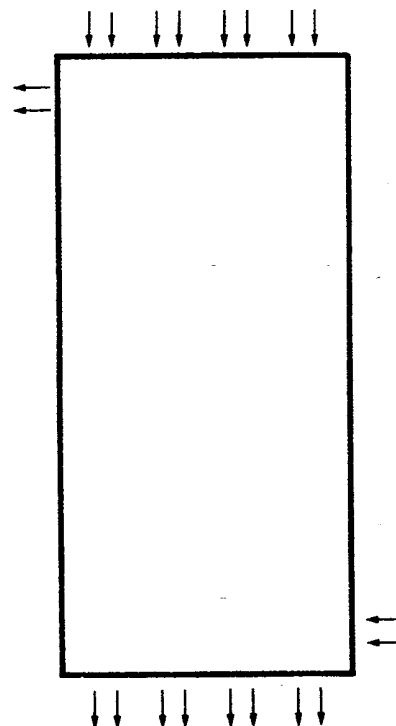


FIG.10 B



PL.V.9

FIG.6A

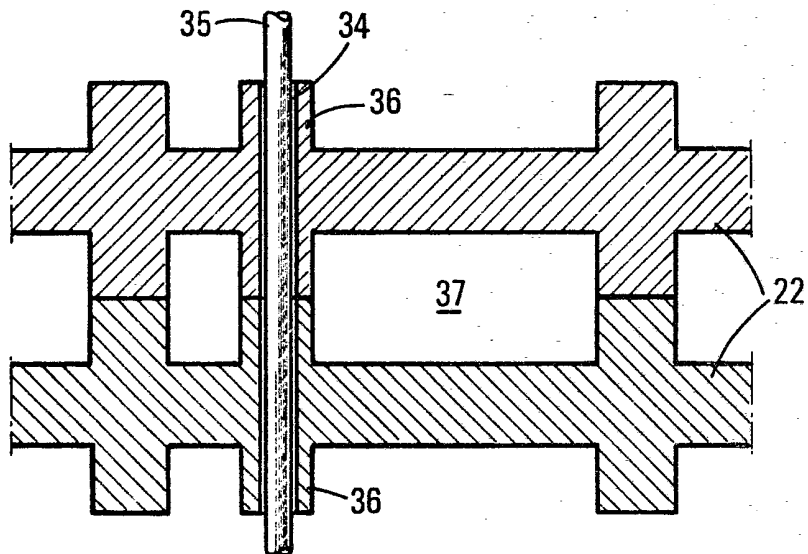
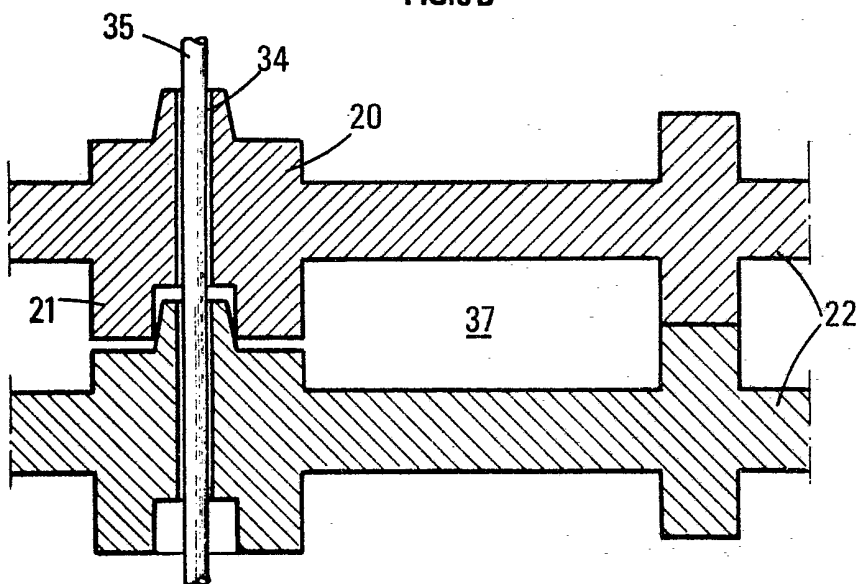
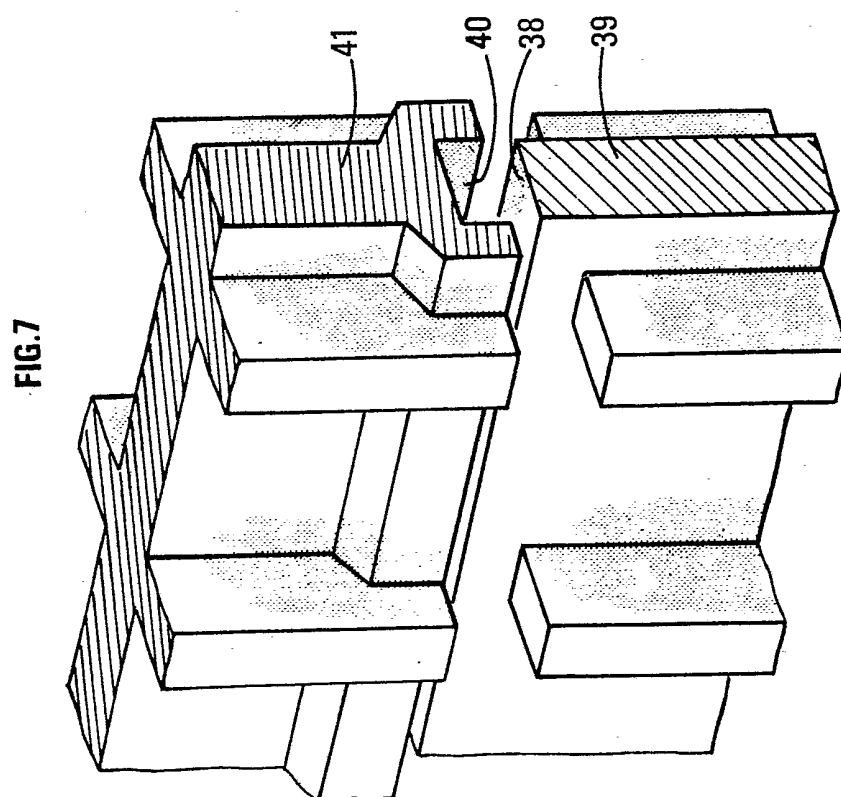
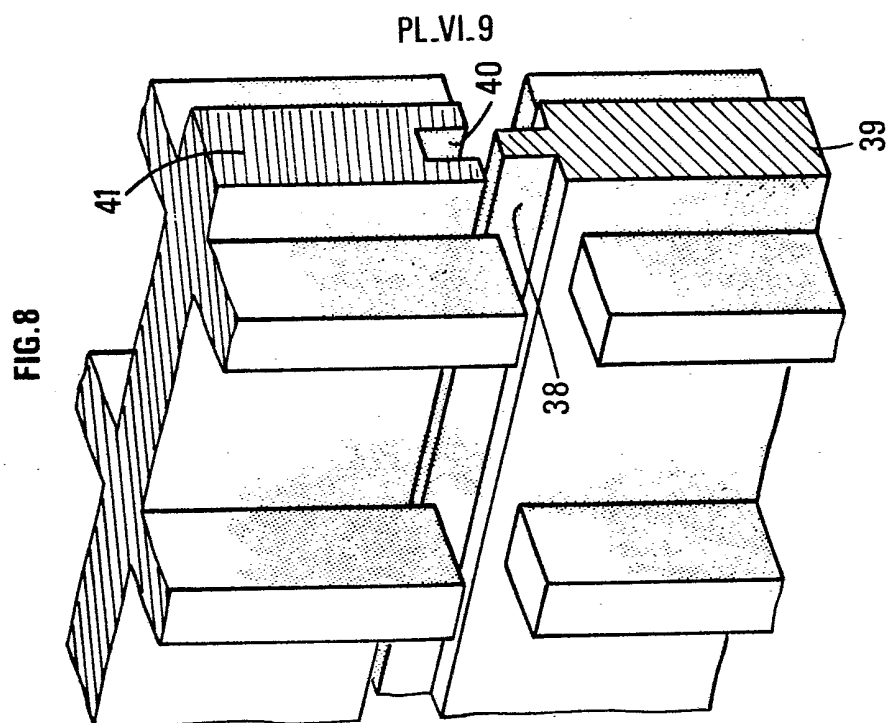


FIG.6B





PL.VII.9

FIG.9

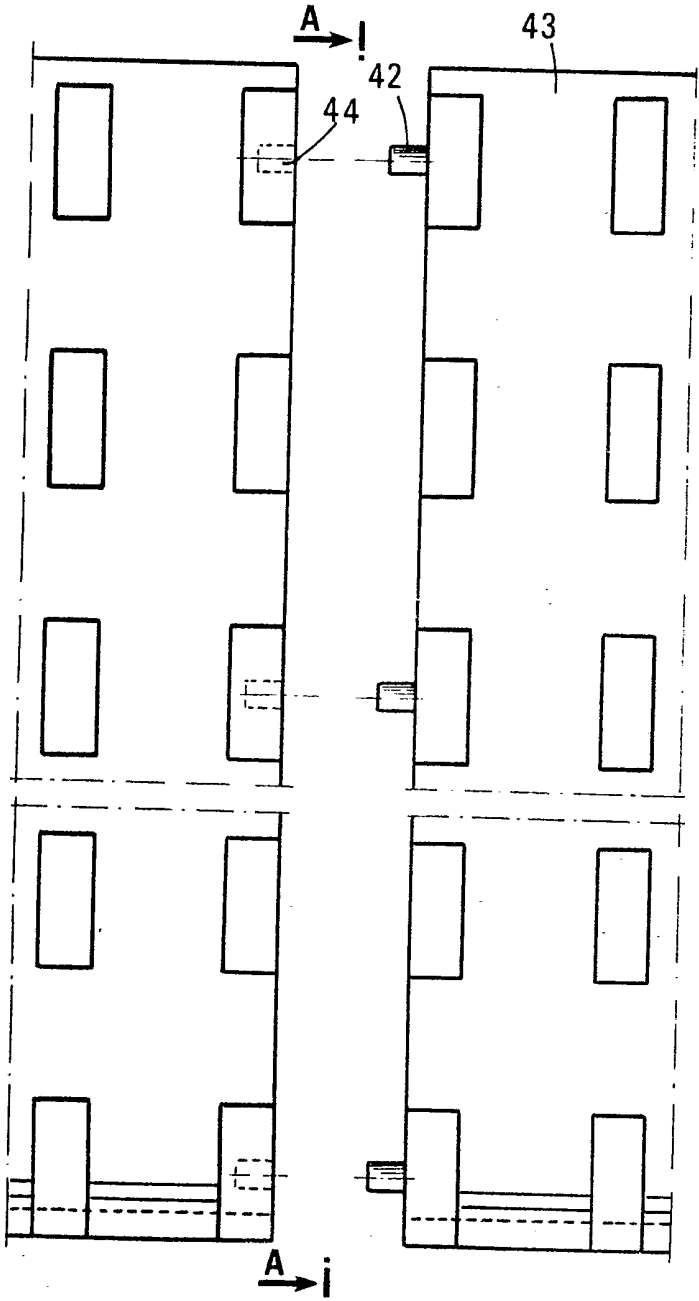
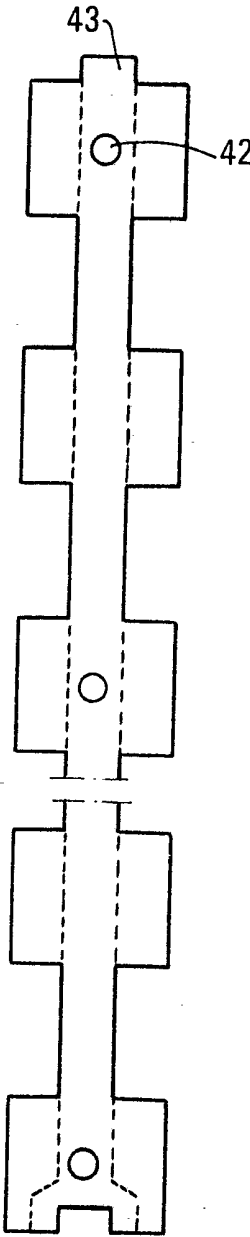
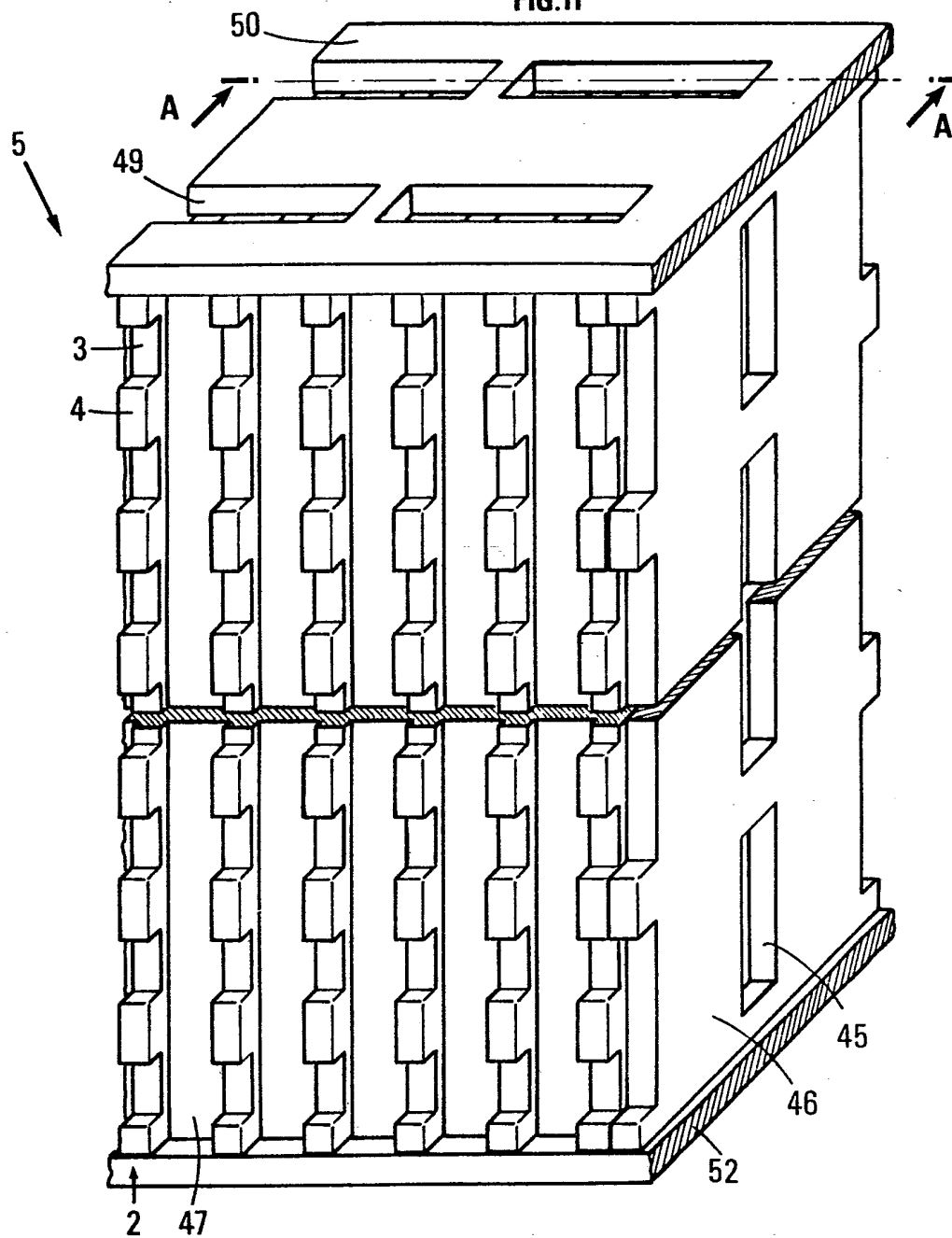


FIG.9A



PL.VIII.9

FIG.11



PL.IX.9

