

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 17.04.00.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 19.10.01 Bulletin 01/42.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : NORDON CRYOGENIE SNC Société
en nom collectif — FR.

⑦② Inventeur(s) : GERARD CLAUDE PIERRE, SZUL-
MAN CLAIRE, CHATEL FABIENNE, THONNELIER
JEAN YVES et WERLEN ETIENNE.

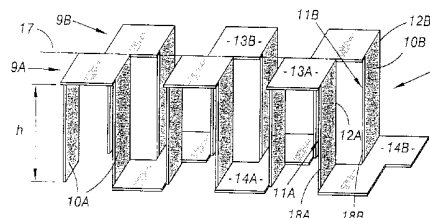
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : CABINET LAVOIX.

⑤④ AILETTE ONDULEE A DECALAGE PARTIEL POUR ECHANGEUR DE CHALEUR A PLAQUES ET
ECHANGEUR DE CHALEUR A PLAQUES CORRESPONDANT.

⑤⑦ Dans cette ailette ondulée, chaque jambe d'onde
(10A, 10B) comporte une échancrure (18A, 18B) sur au
moins un bord (11A) et sur au moins une partie de sa hau-
teur.

Application aux échangeurs de chaleur à plaques bra-
sées.



La présente invention est relative à une ailette ondulée à décalage partiel pour échangeur de chaleur à plaques, du type définissant une direction générale principale d'ondulation et comprenant une pluralité de rangées adjacentes d'ondes, chaque rangée étant sensiblement transversale par rapport à ladite direction générale principale et étant décalée, suivant sa propre direction longitudinale, par rapport aux deux rangées adjacentes, chaque rangée d'ondes comportant un ensemble de jambes d'onde reliées alternativement par un sommet d'onde et par une base d'onde.

Les ailettes ondulées de ce type, généralement appelées « ondes serrated », sont largement utilisées dans les échangeurs de chaleur à plaques brasées, qui présentent l'avantage d'offrir une grande surface d'échange thermique dans un volume relativement réduit, et d'être faciles à fabriquer. Dans ces échangeurs, les écoulements des fluides peuvent être à co-courant, à contre-courant ou croisés.

La Figure 1 des dessins annexés représente en perspective, avec des arrachements partiels, un exemple d'un tel échangeur de chaleur, de structure classique, auquel s'applique l'invention. Il peut s'agir en particulier d'un échangeur de chaleur cryogénique.

L'échangeur de chaleur 1 représenté est constitué d'un empilement de plaques rectangulaires parallèles 2 toutes identiques, qui définissent entre elles une pluralité de passages pour des fluides à mettre en relation d'échange thermique indirect. Dans l'exemple représenté, ces passages sont successivement et cycliquement des passages 3 pour un premier fluide, 4 pour un deuxième fluide et 5 pour un troisième fluide.

Chaque passage 3 à 5 est bordé de barres de fermeture 6 qui le délimitent en laissant libres des fenêtres 7 d'entrée/sortie du fluide correspondant. Dans

chaque passage sont disposées des ondes-entretoises ou ailettes ondulées 8 servant à la fois d'ailettes thermiques, d'entretoises entre les plaques, notamment lors du brasage et pour éviter toute déformation des plaques lors de la mise
5 en oeuvre de fluides sous pression, et de guidage des écoulements de fluides.

L'empilement des plaques, des barres de fermeture et des ondes-entretoises est généralement réalisé en aluminium ou en alliage d'aluminium et est assemblé en une seule
10 opération par brasage au four.

Des boîtes 9 d'entrée/sortie de fluides, de forme générale semi-cylindrique, sont ensuite soudées sur le corps d'échangeur ainsi réalisé de façon à coiffer les rangées de fenêtres d'entrée/sortie correspondantes, et elles sont
15 reliées à des conduites 109 d'amenée et d'évacuation des fluides.

Il existe divers types d'ondes-entretoises 8. L'onde-entretoise dite « onde-serrated » classique est représentée sur la Figure 2.

20 Cette onde serrated possède une direction générale principale d'ondulation D1 et comprend un grand nombre de rangées d'ondes adjacentes 9 toutes identiques 9A, 9B, 9C, etc., orientées suivant une direction D2 perpendiculaire à la direction D1.

25 Pour la commodité de la description, on supposera que, comme représenté sur la Figure 2, les directions D1 et D2 sont horizontales.

Chaque rangée d'ondes 9 a une forme crénelée et comporte un grand nombre de jambes d'ondes 10
30 rectangulaires, contenues chacune dans un plan vertical perpendiculaire à la direction D2. Vis-à-vis d'un sens général F d'écoulement du fluide suivant la direction D1 dans le passage considéré, chaque jambe comporte un bord d'attaque 11 et un bord de fuite 12. Les jambes sont reliées

alternativement le long de leur bord supérieur par des sommets d'onde 13 rectangulaires, plans et horizontaux, et le long de leur bord inférieur par des bases d'onde 14 également rectangulaires, planes et horizontales.

5 Les rangées 9 sont décalées les unes par rapport aux autres suivant la direction D2, alternativement dans un sens et dans l'autre. En appelant « pas » la distance p qui sépare deux jambes 10 successives (en faisant abstraction de l'épaisseur e de la matière en feuille mince qui constitue
10 l'onde), le décalage est $p/2$.

Ainsi, chaque rangée 9 est reliée à la rangée 9 suivante par les sommets 13, suivant des segments de droite 15 de longueur $p/2$, et par les bases 14, suivant des segments de droite 16 de même longueur $p/2$. Les plans de
15 décalage sont les plans verticaux P_{AB} , P_{BC} , ..., et les lignes de décalage, en vue de dessus, sont désignées par 17.

Par ailleurs, on désigne par l la longueur de chaque rangée 9 suivant la direction D1, cette longueur étant appelée « longueur de serration », et par h la hauteur de
20 l'onde.

En pratique, les formes des diverses parties des ondes peuvent différer plus ou moins des formes théoriques décrites ci-dessus, notamment en ce qui concerne la planéité des facettes 10, 13 et 14, la verticalité et la forme
25 rectangulaire de ces facettes.

Les Figures 3 à 5 des dessins annexés sont des sections schématiques prises respectivement suivant le plan vertical III-III de la Figure 2, sensiblement suivant un plan de décalage P et suivant le plan horizontal médian Q de
30 l'onde. Ces vues illustrent l'inconvénient des ondes serrated classiques.

En effet, une veine de fluide donnée, s'écoulant suivant la direction générale D1, dispose au sein d'une rangée 9, par exemple 9A, d'une large section de passage

(Figure 3), mais cette section est réduite dans chaque plan P du fait de la présence des jambes 10 de la rangée 9 suivante, ici des jambes 10B de la rangée 9B.

5 Ainsi, le décalage caractéristique des ondes serrated introduit une perte de charge substantielle. Pour limiter cet effet, on est conduit à adopter des longueurs de serration l relativement grandes, non optimales du point de vue de l'efficacité thermique.

10 La présente invention a pour but de réduire, voire de supprimer, les pertes de charge induites dans les ondes serrated par le décalage d'une rangée à l'autre.

A cet effet, l'invention a pour objet une ailette ondulée à décalage partiel du type précité, caractérisée en ce qu'au moins certaines jambes d'onde comportent une
15 échancrure sur au moins un bord et sur au moins une partie de leur hauteur.

L'ailette ondulée suivant l'invention peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes leurs combinaisons techniquement
20 possibles :

- la profondeur de l'échancrure est choisie de manière à fournir à une veine de fluide qui s'écoule suivant une direction voisine de ladite direction générale principale une section de passage au moins sensiblement
25 constante, ou augmentée, dans la région échancrée de chaque jambe ;

- l'échancrure est prévue sur le bord d'attaque ;
- l'échancrure est prévue sur le bord de fuite ;
- certaines échancrures sont décalées par rapport
30 aux autres perpendiculairement au plan général de l'ailette;
- les échancrures sont décalées perpendiculairement au plan général de l'ailette d'une jambe d'onde à la suivante sur une même rangée ;

- l'échancrure s'étend sur toute la hauteur de la jambe d'onde;

- l'échancrure se prolonge sur le sommet d'onde et/ou sur la base d'onde adjacente ; et

5 - le décalage d'une rangée à l'autre est inférieur au demi-pas d'onde.

L'invention a également pour objet un échangeur de chaleur à plaques comportant des ailettes ondulées telles que définies plus haut. Cet échangeur, du type comprenant un
10 empilement de plaques parallèles qui définissent une pluralité de passages de circulation de fluides de forme générale plate, des barres de fermeture qui délimitent ces passages, et des ailettes ondulées disposées dans les passages, est caractérisé en ce qu'au moins une partie des
15 ailettes ondulées sont conformes à la définition fournie plus haut.

Des exemples de réalisation de l'invention vont maintenant être décrit en regard des Figures 6 à 17 des dessins annexés, sur lesquels :

20 - la Figure 6 représente en perspective une ailette ondulée conforme à l'invention ;

- les Figures 7 à 13 sont des vues analogues à la Figure 6 mais correspondant à divers autres modes de réalisation de l'ailette ondulée suivant l'invention ;

25 - la Figure 14 est une vue analogue à la Figure 5 mais relative à une ailette ondulée telle que celles des Figures 6, 7 et 8 ;

- la Figure 15 est une vue analogue à la Figure 14 mais relative à une ailette ondulée telle que celles des
30 Figures 9, 10 et 11 ; et

- les Figures 16 et 17 sont des détails des Figures 5 et 14 respectivement, illustrant une propriété des ailettes ondulées suivant l'invention.

Dans le mode de réalisation de la Figure 6, chaque jambe 10 comporte une échancrure 18 sur son seul bord d'attaque 11. Cette échancrure 18 s'étend de la base 14 jusqu'à mi-hauteur, c'est-à-dire jusqu'au niveau $\underline{h}/2$.

5 Sur chacune des Figures 6 à 13, on a représenté en perspective deux rangées d'ondes 9A et 9B. Les éléments des ondes sont affectés des suffixes A et B suivant la rangée à laquelle ils appartiennent.

10 Le mode de réalisation de la Figure 7 ne diffère de celui de la Figure 6 que par le fait que les échancrures 18, qui ont de nouveau comme longueur $\underline{h}/2$, sont prévues à mi-longueur des bords d'attaque 11 des jambes 10.

15 Le mode de réalisation de la Figure 8 ne diffère des précédents que par le fait que les échancrures 18 ont comme longueur $\underline{h}$ et s'étendent sur toute la hauteur des bords d'attaque 11, sans toutefois affecter les sommets 13 et les bases 14.

20 Le mode de réalisation de la Figure 9 ne diffère du précédent que par le fait que les jambes 10 comportent en outre une échancrure 21 sur toute la hauteur de la hauteur de leur bord de fuite 12, ces échancrures 21 n'affectant pas non plus les sommets 13 et les bases 14.

25 L'aillette ondulée de la Figure 10 ne diffère de celle de la Figure 7 que par l'ajout d'une échancrure 21 de longueur $\underline{h}/2$ à mi-hauteur du bord de fuite 12 de chaque jambe. En variante, les échancrures 18 et 21 peuvent avoir une longueur différente de $\underline{h}/2$ et inférieure à $\underline{h}$.

30 Dans le mode de réalisation de l'aillette ondulée de la Figure 11, chaque jambe 10 comporte une échancrure 18 sur son bord d'attaque et une échancrure 21 sur son bord de fuite ; ces deux échancrures ont la même hauteur comprise entre $\underline{h}/2$ et $\underline{h}$, et la même position verticale, mais les échancrures sont décalées verticalement d'une jambe à l'autre. Ainsi, sur une rangée 9A ou 9B, d'une jambe à la

suivante, les échancrures 18 et 21 sont alternativement adjacentes au sommet d'onde 13 et à la base 14.

Le mode de réalisation de la Figure 12 ne diffère de celui de la Figure 9 que par le fait que les échancrures 18 et 21 se prolongent alternativement dans les sommets 13 et dans les bases 14, ce qui affaiblit ceux-ci. Cet affaiblissement peut être gênant dans le cas de fluides véhiculés sous pression, car il réduit la surface de l'ailette brasée sur les plaques adjacentes de l'échangeur.

C'est pourquoi il peut être préférable, dans certaines applications, comme représenté sur la Figure 13, d'adopter dans cette variante un décalage inférieur à $p/2$ d'une rangée 9 à la suivante. On obtient ainsi un avantage de plus grande résistance mécanique mais, en revanche, une perte d'efficacité thermique.

Comme illustré sur les Figures 14 et 15, dans toutes les variantes de l'ailette 8 décrite plus haut, les échancrures 18 ou 18 et 21 (ou 21) favorisent un écoulement bi-dimensionnel du fluide dans la région des lignes de décalage 17. De façon correspondante, les veines de fluide issues des différents canaux de l'ailette sont en partie remélangées. L'efficacité de l'échange thermique est ainsi améliorée.

Lorsqu'en outre existe un décalage vertical entre les échancrures 18 et 21, comme dans le cas de la Figure 11, on induit sur l'écoulement du fluide un effet tridimensionnel qui favorise encore plus l'échange thermique.

La comparaison des Figures 16 et 17, qui illustrent respectivement la circulation d'une veine fluide dans une onde serrated classique (Figure 16) et dans une onde serrated suivant l'invention (Figure 17), permet de constater que la perte de charge par restriction au passage d'une ligne de décalage 17 est fortement réduite si la

section de passage 22 définie par l'échancrure 18 (ou par l'échancrure 21 si seul le bord de fuite est pourvue d'une échancrure, ou encore par les échancrures 18 et 21 en regard) est au moins égale à la demi-section de passage 23
5 de chaque canal défini entre deux jambes 10. En effet, l'étranglement au franchissement de la ligne 17 est alors supprimé.

Les ailettes décrites ci-dessus peuvent être réalisées en divers matériaux couramment utilisés dans les
10 échangeurs à plaques : aluminium et alliages d'aluminium, cuivre et alliages de cuivre, aciers inoxydables, titane.

REVENDICATIONS

1. Ailette ondulée à décalage partiel pour échangeur de chaleur à plaques, du type définissant une direction générale principale d'ondulation (D1) et comprenant une pluralité de rangées adjacentes (9) d'ondes, chaque rangée étant sensiblement transversale par rapport à ladite direction générale principale et étant décalée, suivant sa propre direction longitudinale (D2), par rapport aux deux rangées adjacentes, chaque rangée d'ondes comportant un ensemble de jambes d'onde (10) reliées alternativement par un sommet d'onde (13) et par une base d'onde (14), caractérisée en ce qu'au moins certaines jambes d'onde (10) comportent une échancrure (18, 21) sur au moins un bord (11, 12) et sur au moins une partie de leur hauteur.

2. Ailette ondulée suivant la revendication 1, caractérisée en ce que la profondeur de l'échancrure (18, 21) est choisie de manière à fournir à une veine de fluide qui s'écoule suivant une direction voisine de ladite direction générale principale (D1) une section de passage (22) au moins sensiblement constante, ou augmentée, dans la région échancrée de chaque jambe (10).

3. Ailette ondulée suivant la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que l'échancrure (18) est prévue sur le bord d'attaque (11).

4. Ailette ondulée suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que l'échancrure (21) est prévue sur le bord de fuite (12).

5. Ailette ondulée suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que certaines échancrures (18, 21) sont décalées par rapport aux autres perpendiculairement au plan général de l'ailette.

6. Ailette ondulée suivant la revendication 5, caractérisée en ce que les échancrures (18, 21) sont décalées perpendiculairement au plan général de l'ailette

d'une jambe d'onde (10) à la suivante sur une même rangée (9A, 9B).

7. Ailette ondulée suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que l'échancrure (18, 21) s'étend sur toute la hauteur de la jambe d'onde (10).

8. Ailette ondulée suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que l'échancrure (18, 21) se prolonge sur le sommet d'onde (13) et/ou sur la base d'onde (10) adjacente.

9. Ailette ondulée suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que le décalage d'une rangée à l'autre est inférieur au demi-pas d'onde ($p/2$).

10. Echangeur de chaleur à plaques, du type comprenant un empilement de plaques parallèles (2) qui définissent une pluralité de passages (3 à 5) de circulation de fluides de forme générale plate, des barres de fermeture (6) qui délimitent ces passages, et des ailettes ondulées (8) disposées dans les passages, caractérisé en ce qu'au moins une partie des ailettes ondulées (8) sont conformes à l'une quelconque des revendications 1 à 9.

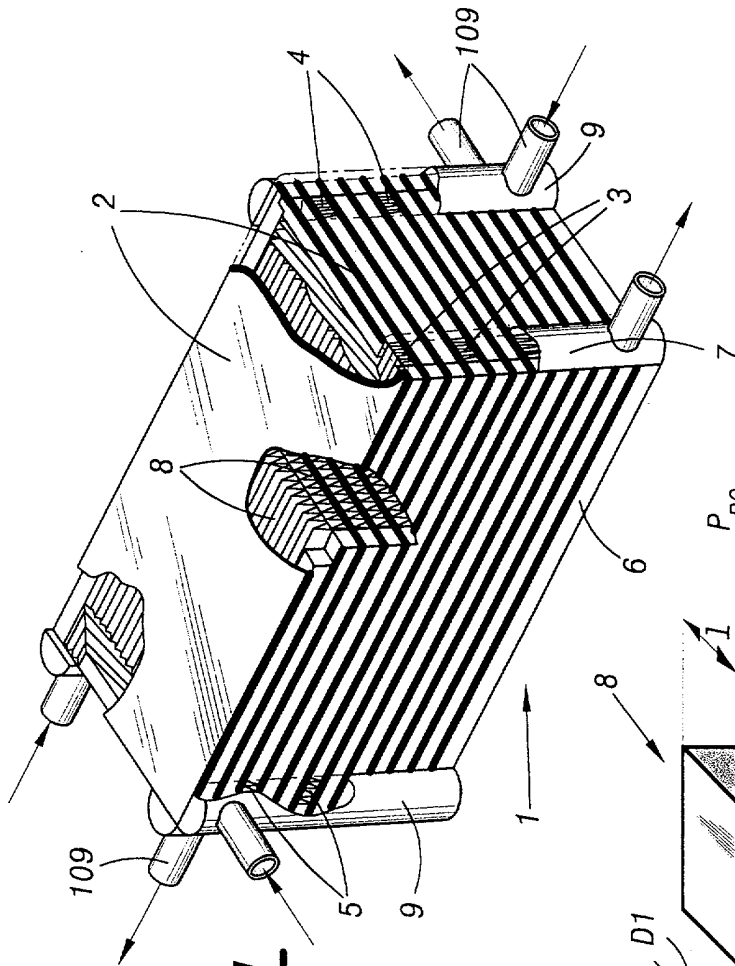


FIG. 1

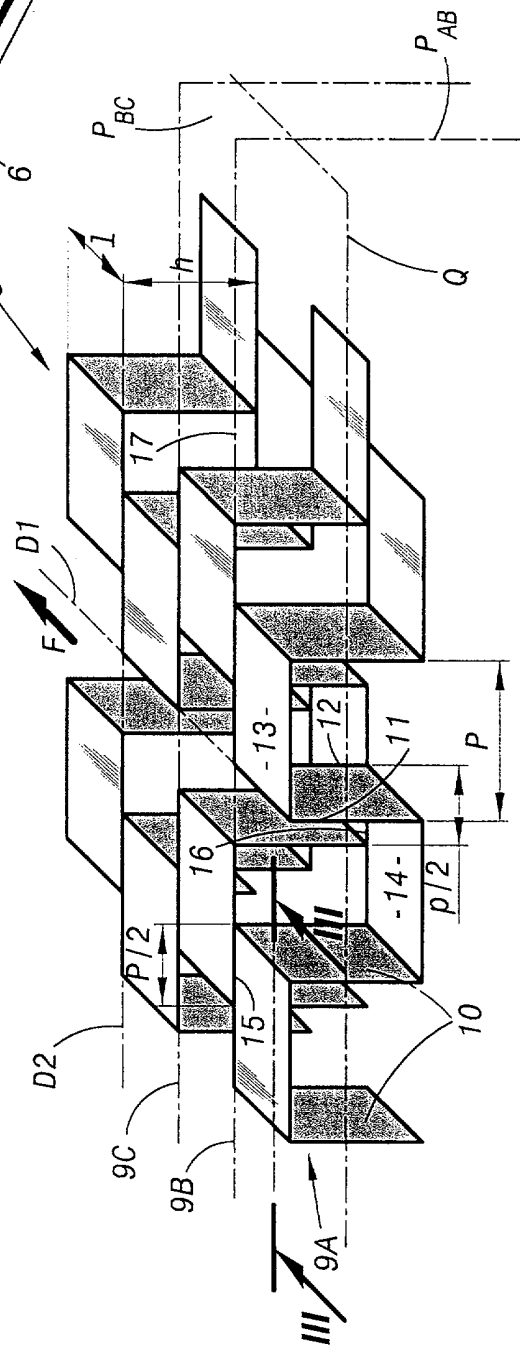


FIG. 2

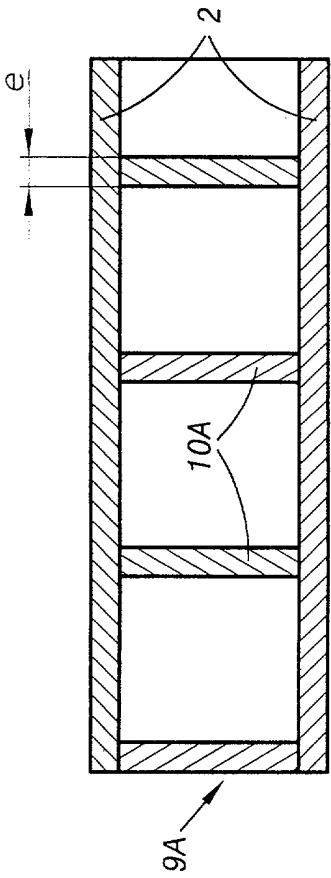


FIG. 3

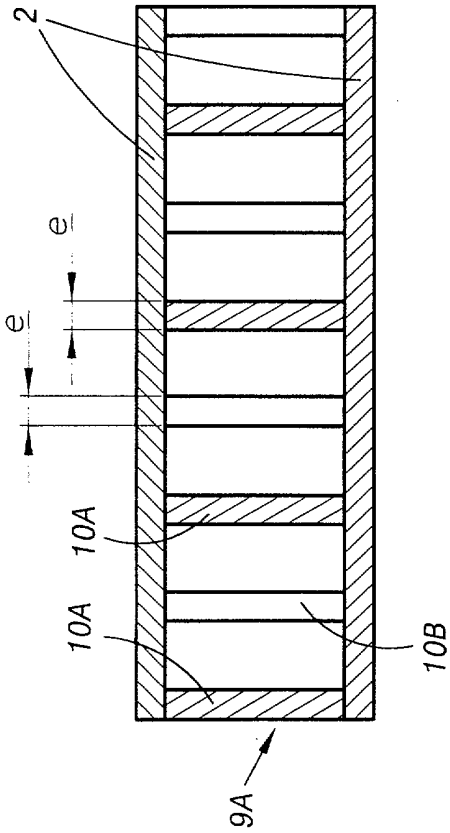


FIG. 4

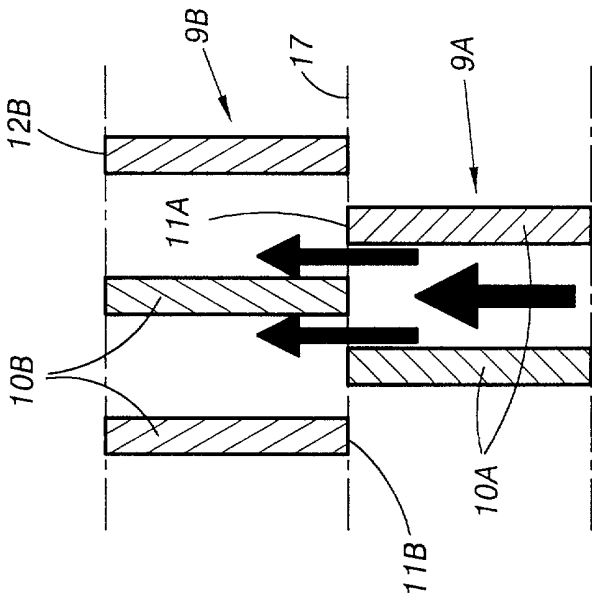
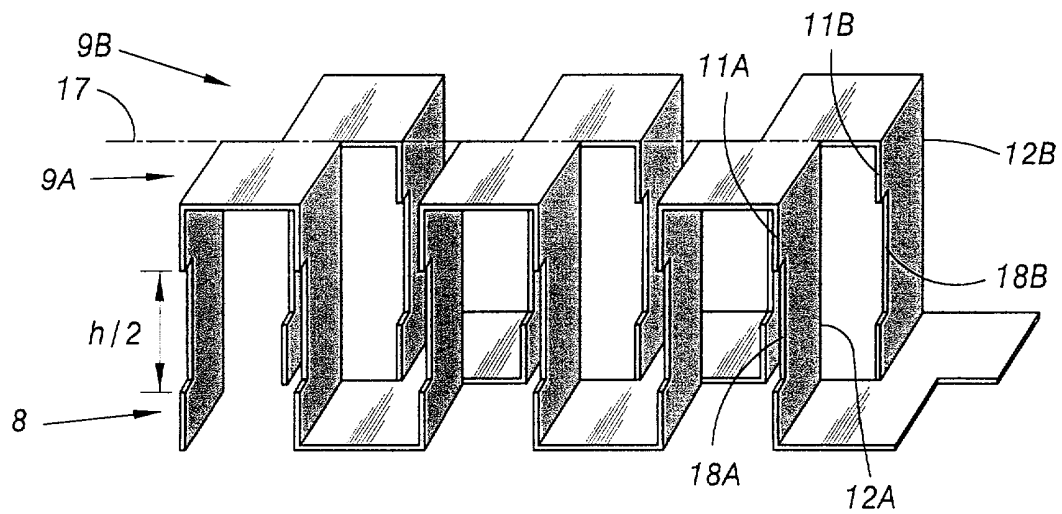
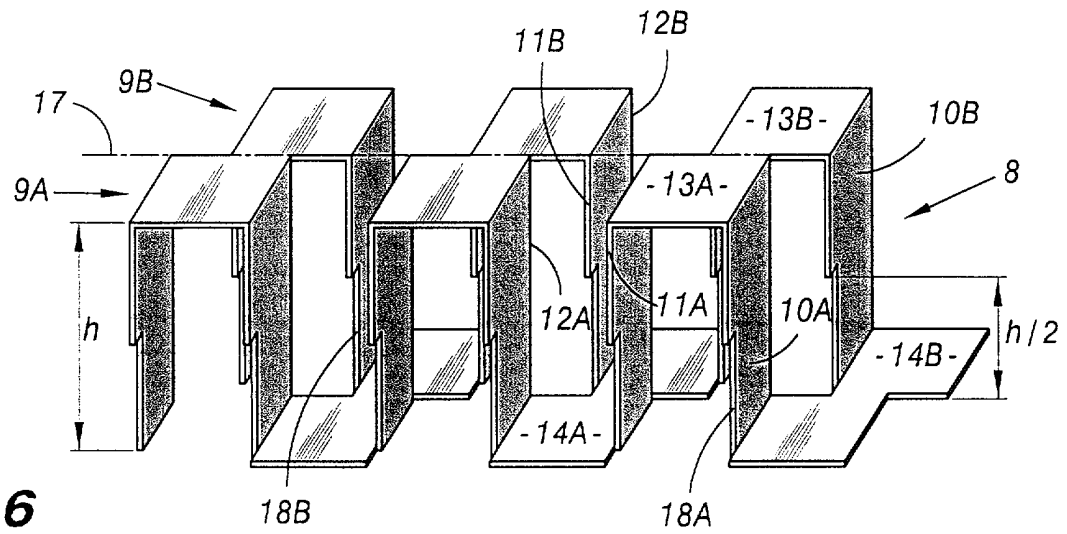
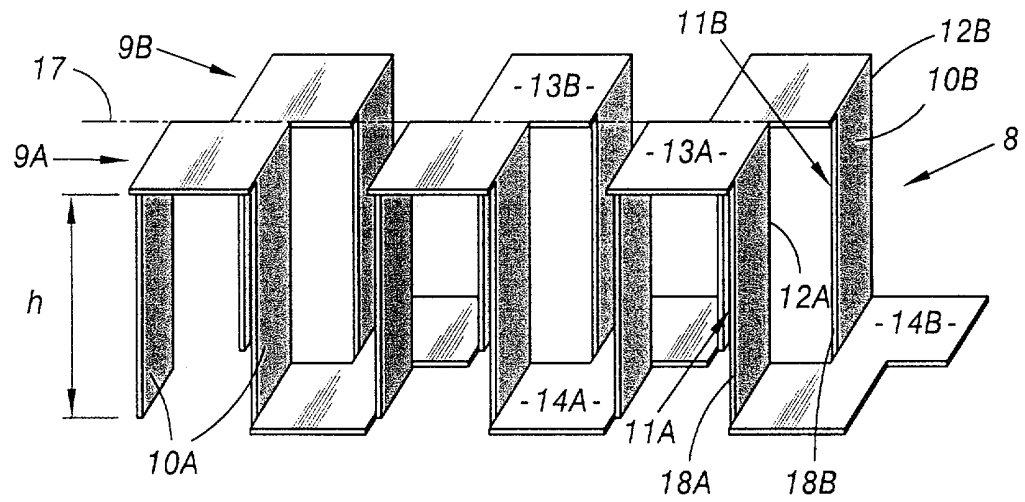
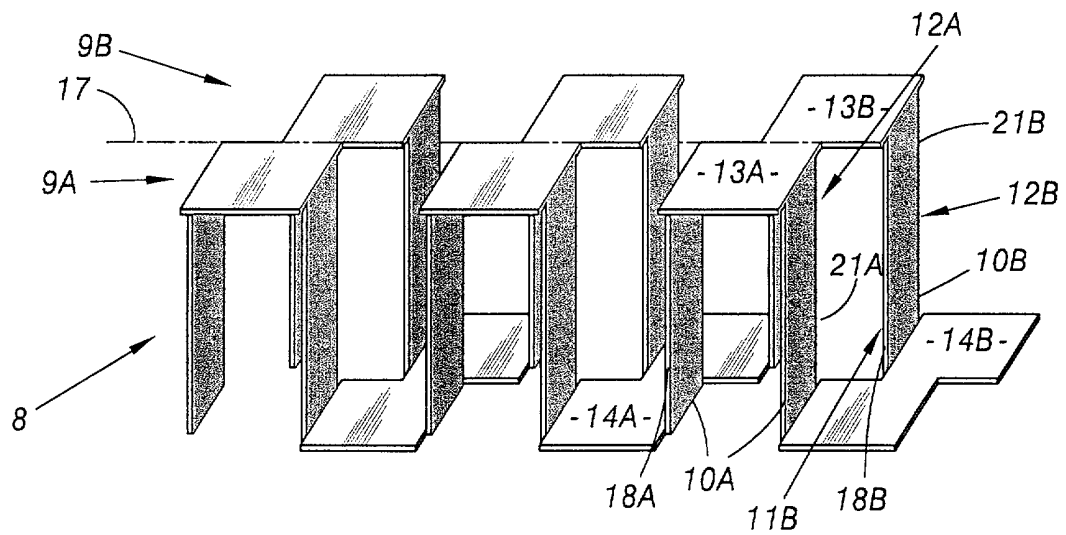


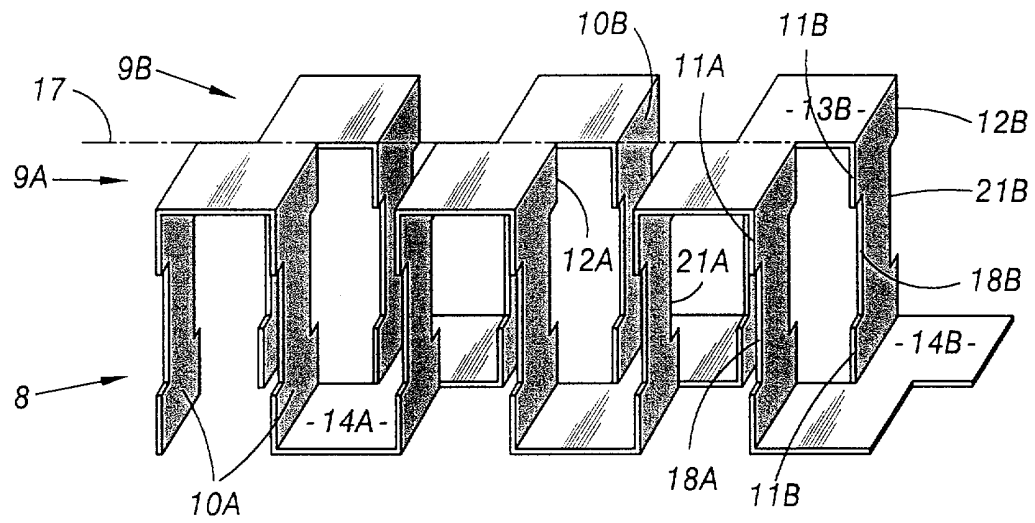
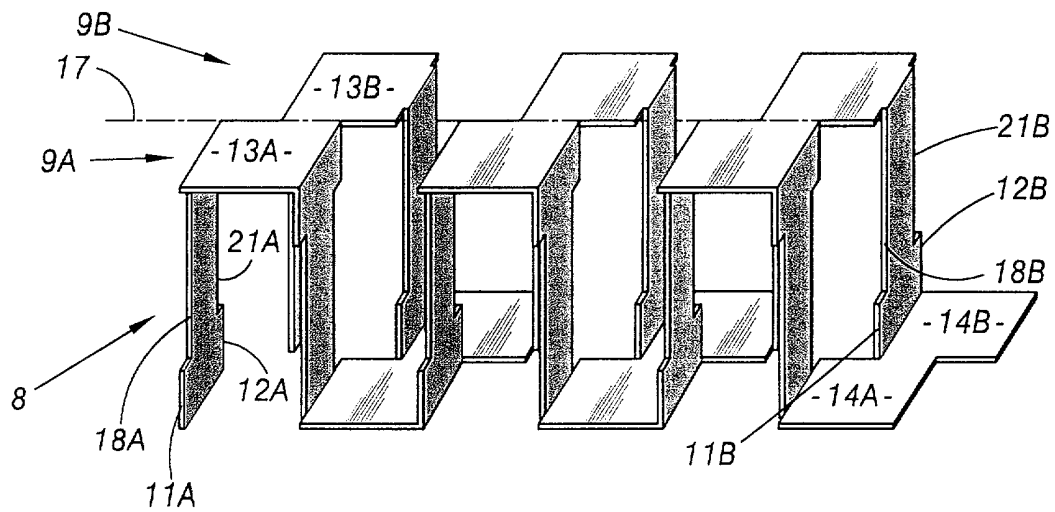
FIG. 5

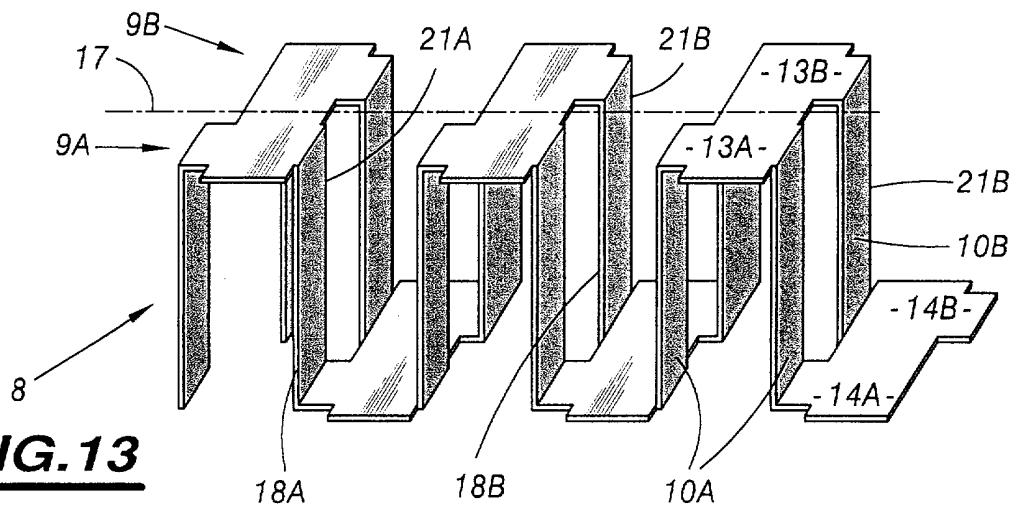
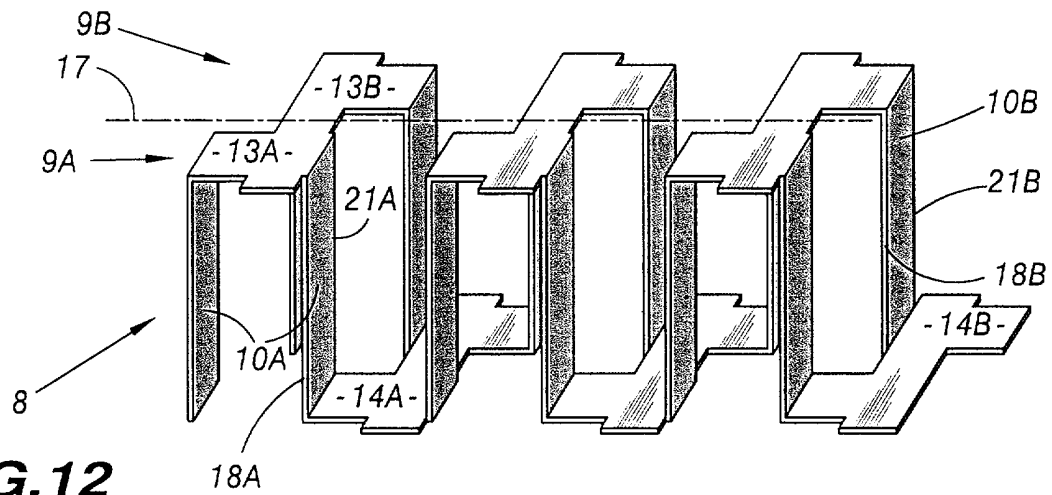


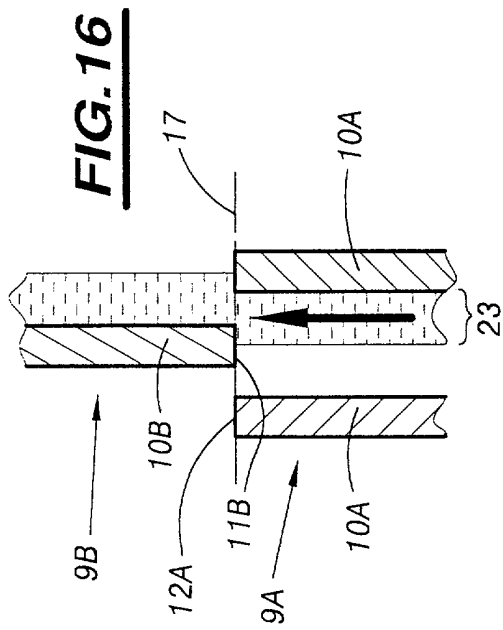
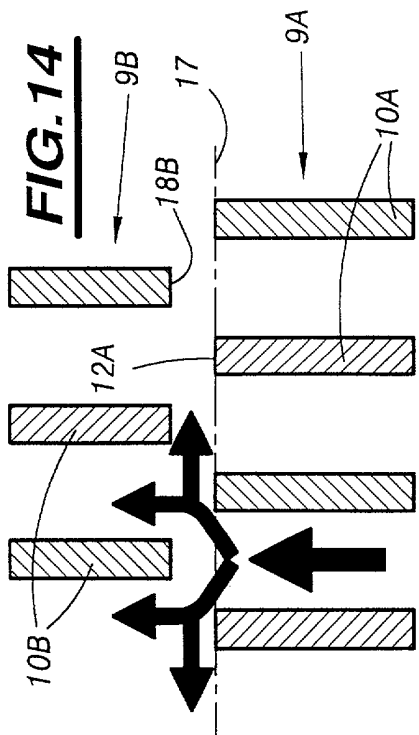
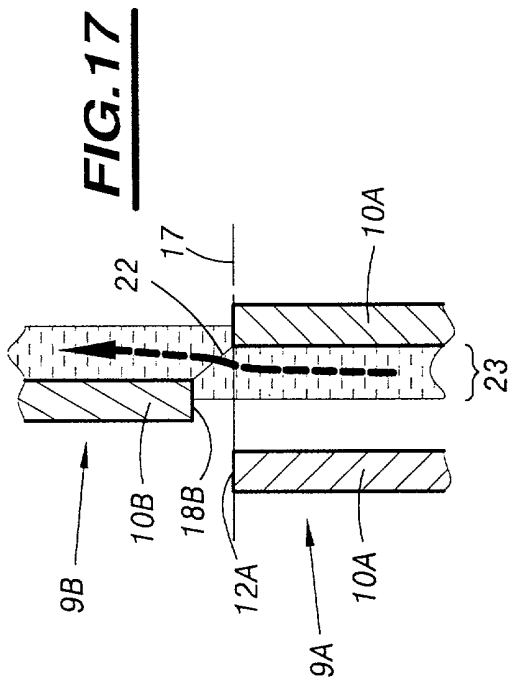
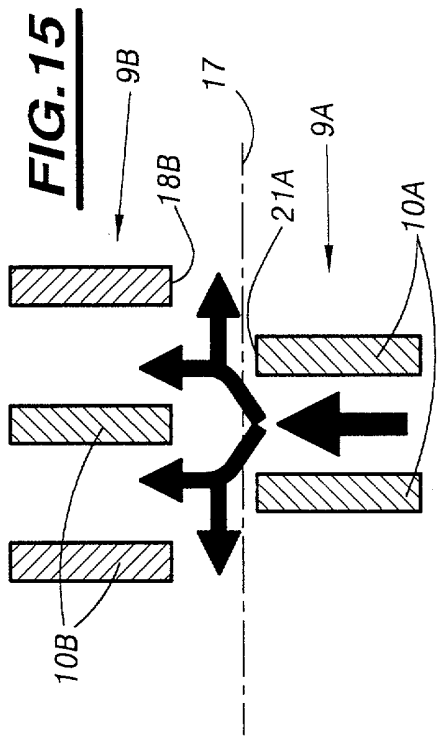
4/7

**FIG. 8****FIG. 9**

5/7

**FIG. 10****FIG. 11**







RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

2807828

N° d'enregistrement
national

FA 587015
FR 0004942

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 3 992 168 A (TOYAMA ET AL) 16 novembre 1976 (1976-11-16) * colonne 3, ligne 36 - colonne 5, ligne 30; figures 5,6 *	1,10	F28F3/02
A	DE 18 09 822 A (MC DONNEL DOUGLAS CORP.) 6 novembre 1969 (1969-11-06) * page 7, ligne 1 - page 11, ligne 3; figures 1-3 *	1,10	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 166 (M-593), 28 mai 1987 (1987-05-28) -& JP 61 295494 A (SHOWA ALUM CORP), 26 décembre 1986 (1986-12-26) * abrégé *	1,10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			F28F F28D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 janvier 2001		Beltzung, F	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			