

12

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: 83400955.7

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: **F 28 D 9/00**  
**F 28 F 13/02, F 28 F 21/04**

22 Date de dépôt: 11.05.83

30 Priorité: 14.05.82 FR 8208413

43 Date de publication de la demande:  
23.11.83 Bulletin 83/47

84 Etats contractants désignés:  
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

71 Demandeur: **BERTIN & CIE**  
**Boîte Postale No. 3**  
**F-78370 Plaisir(FR)**

72 Inventeur: **Galant, Serge**  
**52, Impasse de la Halte Harmonie Ouest**  
**F-78870 Bailly(FR)**

72 Inventeur: **Grouset, Didier**  
**Résidence Bellevue 92, Avenue de Montbrun**  
**F-64600 Anglet(FR)**

72 Inventeur: **Martinez, Ginés**  
**Jardin des Palombes, Bât. 2 Allée de Plaisance**  
**F-64600 Anglet(FR)**

72 Inventeur: **Mulet, Jean-Charles M. J.**  
**21, Rue des Roussières**  
**F-78760 Jouards Pont Chartrain(FR)**

72 Inventeur: **Rebuffat, Denis Demeure de Beyris**  
**Bat. C Avenue de l'Ursuya**  
**F-64100 Bayonne(FR)**

74 Mandataire: **De Boisse, Louis**  
**37, Avenue Franklin D. Roosevelt**  
**F-75008 Paris(FR)**

54 **Echangeur récupérateur de chaleur à effet convecto-radiatif.**

57 Echangeur constitué d'au moins un module (1,2), comportant deux compartiments (3,4), en forme de prisme tronqué, disposés de part et d'autre d'une surface d'échange (5).

Chaque compartiment est divisé en trois zones : une zone d'arrivée de fluide (6), une zone de répartition (7) et une zone d'échange (8).

La zone d'arrivée de gaz est la plus éloignée de la surface d'échange (5). La sortie du gaz (10) est prévue dans la zone d'échange (8), au sommet tronqué du prisme. Selon un exemple de réalisation, deux modules (1,2) forment un échangeur. Les modules sont constitués de flasques latéraux et de plaques maintenues dans des rainures des flasques.

/...



- 1 -

Echangeur récupérateur de chaleur à effet convecto-radiatif.

- L'invention concerne un échangeur de chaleur à effet convecto-radiatif, un gaz d'échange traversant des compartiments disposés les uns derrière les autres, chaque compartiment étant divisé selon sa hauteur en zones, une zone recevant le gaz d'échange, comportant une paroi, présentant des ouvertures, la séparant d'une autre zone comportant une surface d'échange disposée en face de la paroi, le gaz passant d'une zone à l'autre et d'un compartiment à l'autre.
- 5
- 10 Les échangeurs à gaz caloporteur ont généralement un faible rendement, dû au fait que le gaz s'écoule parallèlement à la surface chaude et qu'une très faible partie du flux gazeux vient en contact de la surface d'échange.
- Afin d'augmenter le rendement, plusieurs solutions ont été adoptées. C'est ainsi que le brevet des Etats-Unis d'Amérique 3.450.199 propose un compartiment divisé dans le sens de la hauteur, par une cloison oblique comportant des orifices. Le gaz froid est dévié vers la surface d'échange par les ouvertures de la cloison.
- 15
- 20 Le gaz chaud circulant à contre-courant et de l'autre côté

té de la surface d'échange, rencontre également une cloison qui le dévie vers cette surface, le changement de direction des flux de gaz, par rapport à la surface d'échange, élimine la couche à faible vitesse et permet  
5 un meilleur échange calorifique.

Un autre type d'échangeur est décrit dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3 771 589 dans lequel le fluide d'échange est amené à prendre un mouvement tourbillonnaire.

10 L'échangeur est formé d'un tube de section rectangulaire, dont une paroi constitue la surface d'échange. Le tube est divisé selon sa longueur en compartiments. Chaque compartiment est partagé en deux zones par une cloison inclinée faisant face à la surface d'échange, et définissant dans le sens de circulation du gaz d'échange, une  
15 première zone de hauteur décroissante.

La deuxième zone communique avec la première par une fente longitudinale dans la cloison, fente dont les bords sont prolongés par des flans, dirigés vers la surface d'échange. Le gaz d'échange passe par la fente et  
20 est canalisé par les flans vers la surface d'échange contre laquelle il s'échappe en tourbillonnant.

La formation de jets ou de tourbillons de fluide permet d'améliorer le transfert thermique par convection, mais  
25 dans les échangeurs à température élevée, une partie non négligeable de la chaleur se transfère par rayonnement.

Dans le cas de l'utilisation d'un gaz comme fluide caloporteur, l'échange par rayonnement est particulièrement réduit et l'efficacité de l'échangeur s'en trouve d'autant limité. Dans la plupart des échangeurs classiques,  
30 le rayonnement concourt à l'échauffement des parois extérieures du circuit de refroidissement qui échangent avec

le milieu ambiant, sans permettre une récupération et par conséquent un refroidissement valable.

L'échangeur, selon l'invention, permet non seulement d'améliorer les échanges thermiques par convection, grâce à l'impact des jets, mais également par radiation. Le rayonnement thermique provenant de la surface d'échange est arrêté par une (ou plusieurs) paroi d'échange radiatif, parallèle à la paroi d'échange séparant les gaz chauds des gaz froids. Les deux parois d'échange déterminent un canal dans lequel circule le gaz froid ou chaud, à contre-courant. Cette technologie est particulièrement bien adaptée pour une réalisation en matériau céramique.

Les explications et figures données ci-après, à titre d'exemples, permettront de comprendre comment l'invention peut être réalisée.

La figure 1 montre en perspective et partiellement arraché un échangeur gaz-gaz, selon une forme de réalisation préférée de l'invention. La figure 2 est une vue en coupe selon le plan longitudinal vertical de symétrie de l'échangeur de la figure 1. La figure 3 est une vue de dessus partiellement arrachée de l'échangeur de la figure 1. La figure 4 est une vue en perspective des deux flasques d'un même côté de deux modules constituant un échangeur selon l'invention. La figure 5 est une vue de face d'un élément support des lames formant un écran perforé.

L'échangeur récupérateur de chaleur à effet convecto-radiatif, selon l'invention, dont un exemple de réalisation est montré figure 1, en perspective partiellement arrachée, comporte deux modules 1 et 2, disposés l'un derriè-

re l'autre. Chaque module comprend deux compartiments (figure 2), 3, 4 disposés l'un au-dessus de l'autre et séparés par une paroi d'échange 5. Les compartiments reçoivent l'un le gaz chaud et l'autre le gaz froid, qui viennent en contact avec les surfaces de la paroi d'échange où ils subissent par échange convectif une variation de leur enthalpie.

Les compartiments ont une forme de prisme tronqué et sont symétriques par rapport à la paroi d'échange 5. Chaque compartiment est divisé en trois zones parallèles à la surface de la paroi d'échange : une zone d'arrivée du gaz 6, une zone de répartition 7 et une zone d'échange 8. La zone d'arrivée du gaz est la plus éloignée de la surface d'échange 5, et la tubulure d'entrée 9 du gaz est disposée près de la base du prisme. La sortie du gaz 10 est prévue au sommet tronqué du prisme, à l'extrémité de la zone d'échange 8.

Selon l'exemple de réalisation représenté, le compartiment 3 du module 1 est en série avec le compartiment 11 du module 2. Le compartiment 12, symétrique du compartiment 11 par rapport à la paroi d'échange 50 du module 2, est en série avec le compartiment 4 du module 1. Le compartiment 12 comporte également une tubulure d'entrée 9 du gaz.

La zone d'arrivée 6 du gaz est séparée de la zone de répartition 7 par un écran perforé 14, constitué de lames espacées. La zone de répartition 7 est séparée de la zone d'échange 8 par une plaque d'échange radiatif 15, comportant des ouvertures circulaires ou allongées pour former des jets de gaz dirigés vers la plaque d'échange 5. Selon l'exemple représenté figure 2, les ouvertures de la plaque 15 sont des fentes dirigées dans le sens d'écoulement du gaz et sont disposées selon deux rangées 16, 17, les fentes d'une rangée étant décalées d'une demi-distan-

ce par rapport aux fentes de l'autre rangée.

Dans le cas où l'écran perforé 14 est constitué de lames espacées, les ouvertures sont dirigées perpendiculairement par rapport aux fentes de la plaque d'échange radiatif 15. Cette disposition permet d'éviter les fuites thermiques préférentielles et de rendre le coefficient d'échange homogène. La longueur des lames étant relativement grande par rapport à la largeur, elles sont maintenues à leur partie médiane par un support de lames 19, reposant au moins en partie sur la plaque d'échange radiatif 15 (figure 5). Le support de forme triangulaire comporte parallèlement à un de ses côtés, des ouvertures allongées 19 dans lesquelles passent les lames.

Selon la forme de réalisation représentée, un module 1 ou 2 est constitué de deux flasques latéraux 20 (figure 4): un flasque droit et un flasque gauche. Les flasques sont en forme de parallélogramme et portent dans leur épaisseur des rainures ou logements, destinés à maintenir les plaques et écrans. Une rainure médiane 21, approximativement diagonale, est prévue pour recevoir les extrémités de la plaque d'échange convectif 5. Symétriquement, par rapport à la rainure médiane et de chaque côté, une rainure 22 de maintien de la plaque d'échange radiatif 15 et une rainure ou des logements 23 pour la plaque perforée 14 ou les barres la constituant. Parallèlement à au moins un petit côté du parallélogramme est prévue une rainure 24 dans laquelle vient déboucher les rainures 22 et 23. La rainure 24 débouche elle-même dans la rainure 21 de la plaque d'échange convectif 5, formant la séparation entre les compartiments dans lesquels circulent les gaz chaud et froid. La rainure 24 est destinée à maintenir la cloison terminale 25. Une rainure ou un décrochement 26 est prévu parallèlement aux bords de grands côtés du parallélogramme et est destiné à recevoir les cloisons supérieure et inférieure 27 et 28, la cloison

27 portant éventuellement l'arrivée de gaz 9.

Lorsque l'échangeur est constitué de deux modules, les rainures prévues sur les petits côtés du parallélogramme diffèrent d'un côté à l'autre. Le logement ou rainure recevant la cloison 29, séparant le compartiment 4 du module 1 du compartiment voisin 30 du module 2, est formé par moitié sur chaque bord, lors de l'assemblage symétrique des modules 1 et 2. Les cloisons 25 et 29 portent des rainures longitudinales pour maintenir les plaques 5 et 15 et l'écran 14.

Pour assurer l'alignement et le positionnement des flasques des modules 1 et 2, il est prévu un téton d'assemblage 31 qui vient se placer dans un évidement 32 et prolonge ainsi les rainures 21 et 22 du flasque du premier module.

L'assemblage d'un échangeur à deux modules, tel que décrit dans l'invention, s'opère de manière simple. On emboîte, l'un derrière l'autre et symétriquement, deux flasques identiques, pour chaque côté de l'échangeur et on introduit la plaque d'échange convectif 5 dans la rainure 21. On place les cloisons 25 et 29 et on glisse, dans les différentes rainures, les plaques 5 et 15. L'écran perforé 14 est assemblé en introduisant les barres dans les ouvertures 19 du support 18, puis en glissant les extrémités des barres dans les logements 23 des flasques. Les flasques, constituant l'autre côté de l'échangeur, sont mis en place sur les extrémités des plaques. L'échangeur est fermé par emboîtement des parois 27 et 28. Ces parois sont formées d'éléments standardisés permettant une modification aisée des arrivées de gaz.

L'ensemble des deux modules formant l'échangeur est entouré d'un isolant thermique 33 (figure 1), et le tout d'un carter métallique 34.

Les éléments constituant les modules de l'échangeur sont formés d'un matériau céramique, présentant une bonne conductivité thermique et résistant bien au choc thermique, tel par exemple le carbure de silicium, le nitrure de silicium, la mullite, le zircon stabilisé, la cordiélite, etc.

Le fonctionnement de l'échangeur selon l'invention et représenté figure 1 est le suivant :

Les gaz chauds sont admis par la tubulure d'arrivée 9 dans la zone 6. Les gaz traversent l'écran perforé 14. Du fait de la forme prismatique de la zone de répartition 7, les gaz sont forcés de manière sensiblement uniforme dans les fentes de la plaque d'échange radiatif 15, et les jets ainsi créés viennent frapper la plaque d'échange convectif 5. Le flux d'air chaud cède par convection ses calories à la plaque d'échange 5 du premier module, puis passe dans le deuxième module où il traverse un écran perforé 140, qui le répartit le long de la plaque d'échange radiatif 150 et, de là, sur la plaque d'échange convectif 50 vers la sortie 35, d'où il sort à basse température.

Le gaz froid pénètre par la tubulure d'arrivée 90 dans le compartiment inférieur du module 2 et suit un parcours semblable à celui du gaz chaud mais à contre-courant, et il sort du module 1, réchauffé, par la sortie 36.

Les plaques d'échange convectif 5, 50 pouvant être portées à une température élevée, elles échangent directement par rayonnement avec l'environnement. Aussi, c'est l'intérêt de disposer un réseau de plaques d'échange radiatif 15, 150 à forte émissivité qui, par rayonnement, récupère une fraction non négligeable de l'énergie émise par les plaques d'échange convectif, énergie retransmise par convection aux courants de gaz chaud ou froid.



(air à la pression atmosphérique)

- perte de charge du module côté air : 200 à 300 PASCAL.

REVENDEICATIONS DE BREVET

1. Echangeur de chaleur à effet convecto-radiatif, un gaz d'échange traversant des compartiments disposés les uns derrière les autres, chaque compartiment étant divisé selon sa hauteur en zones, une zone recevant le gaz d'échange comportant une paroi présentant des ouvertures la séparant d'une autre zone comportant une surface d'échange disposée en face de la paroi, le gaz passant d'une zone à l'autre et d'un compartiment à l'autre, caractérisé en ce qu'il est constitué d'au moins un module (1) comportant deux compartiments (3,4) en forme de prisme tronqué, disposés de part et d'autre d'une plaque d'échange convectif (5), chaque compartiment étant divisé en trois zones parallèles à la plaque d'échange : une zone d'arrivée de gaz (6), une zone de répartition (7) et une zone d'échange (8), la zone d'arrivée de gaz étant la zone la plus éloignée de la plaque d'échange (5), la sortie du gaz (10) étant prévue dans la zone d'échange (8) et au sommet tronqué du prisme.
2. Echangeur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un écran perforé (14) et une plaque d'échange radiatif (15) sont prévus respectivement entre la zone d'arrivée de gaz (6) et la zone de répartition (7) et entre cette dernière et la zone d'échange (8).
3. Echangeur selon la revendication 2, caractérisé en ce que la plaque d'échange radiatif (15) comporte des fentes dirigées dans le sens d'écoulement du gaz et en ce que l'écran perforé (14) comporte des fentes dirigées perpendiculairement à celles de la plaque d'échange radiatif (15).
4. Echangeur selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce qu'un modèle est constitué de deux flasques latéraux (20) portant dans leur épaisseur une rainu-

re médiane (21), approximativement diagonale, recevant les extrémités de la plaque d'échange convectif (5) et symétriquement par rapport à ladite rainure médiane, deux rainures (22, 23), prévues pour recevoir les extrémités de la plaque d'échange radiatif (15) et de l'écran perforé (14), au moins une rainure (24) parallèle à un petit côté du parallélogramme, maintenant les cloisons terminales (25), et au moins deux rainures (26) parallèles aux grands côtés pour maintenir les cloisons supérieure (27) et inférieure (28) du module, lesdites cloisons portant éventuellement les arrivées de fluide (9).

5. Echangeur selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'écran perforé (14) est formé par des lames parallèles espacées.

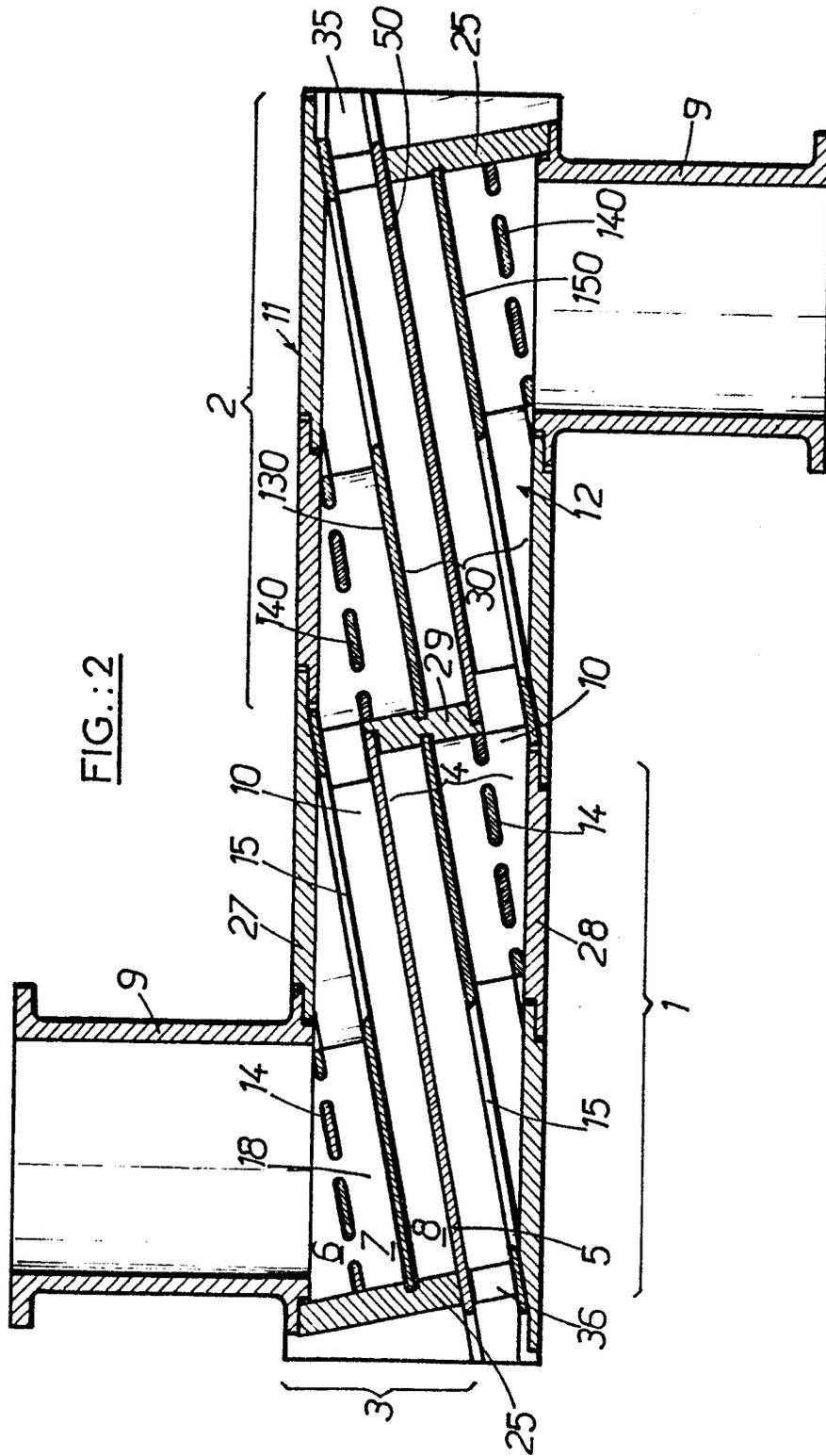
15 6. Echangeur selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce qu'une des rainures parallèles aux petits côtés du parallélogramme est formée par l'assemblage symétrique des flasques d'un deuxième module.

20 7. Echangeur selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'au moins un des petits côtés du parallélogramme comporte au moins un téton d'assemblage (31).

8. Echangeur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le ou les modules sont entourés d'un carter isolant thermique (34).

25 9. Echangeur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le matériau constituant les éléments du ou des modules est une céramique réfractaire.





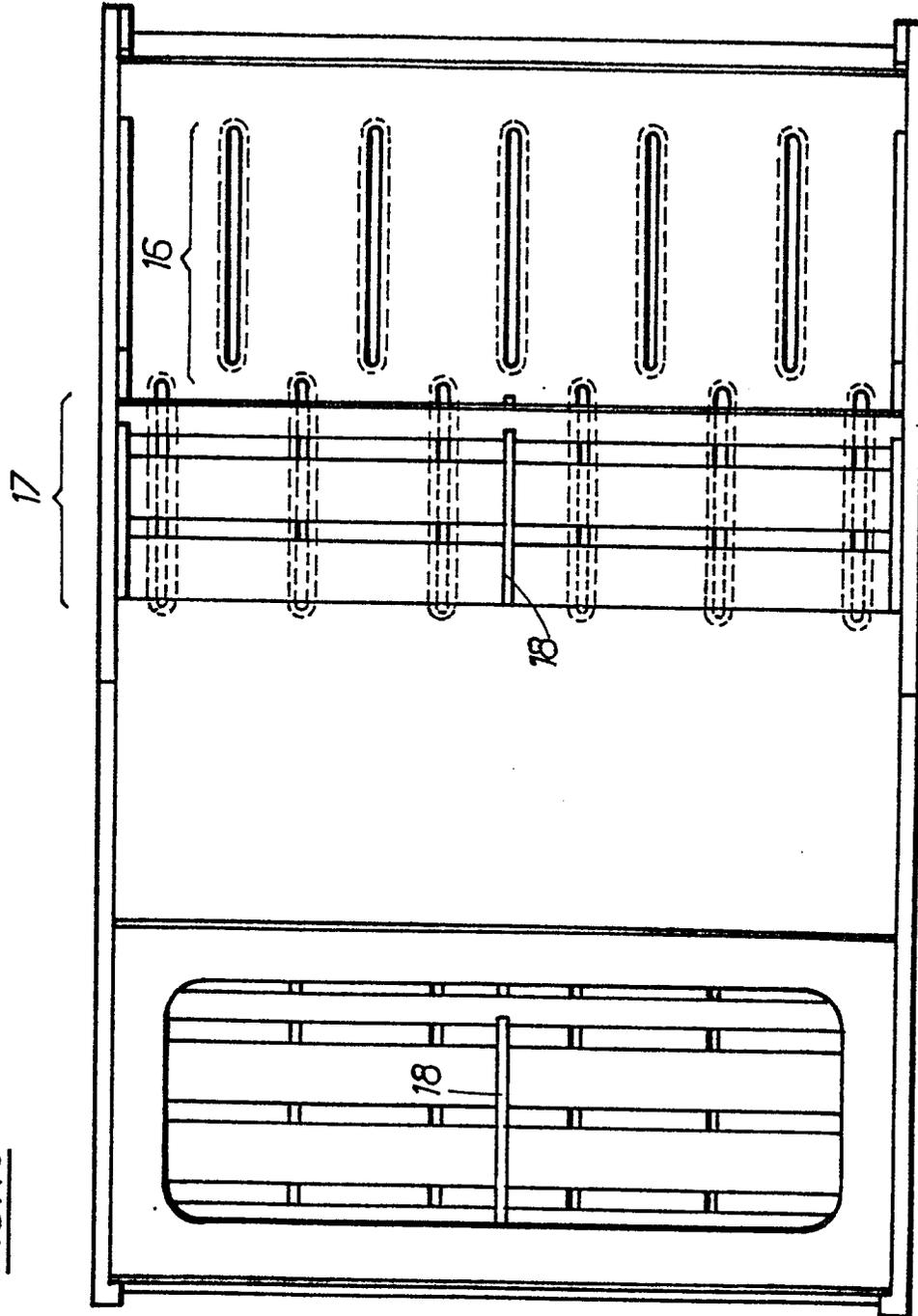
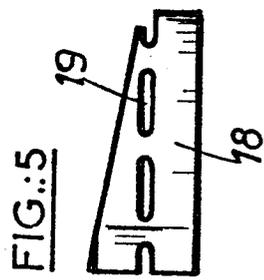
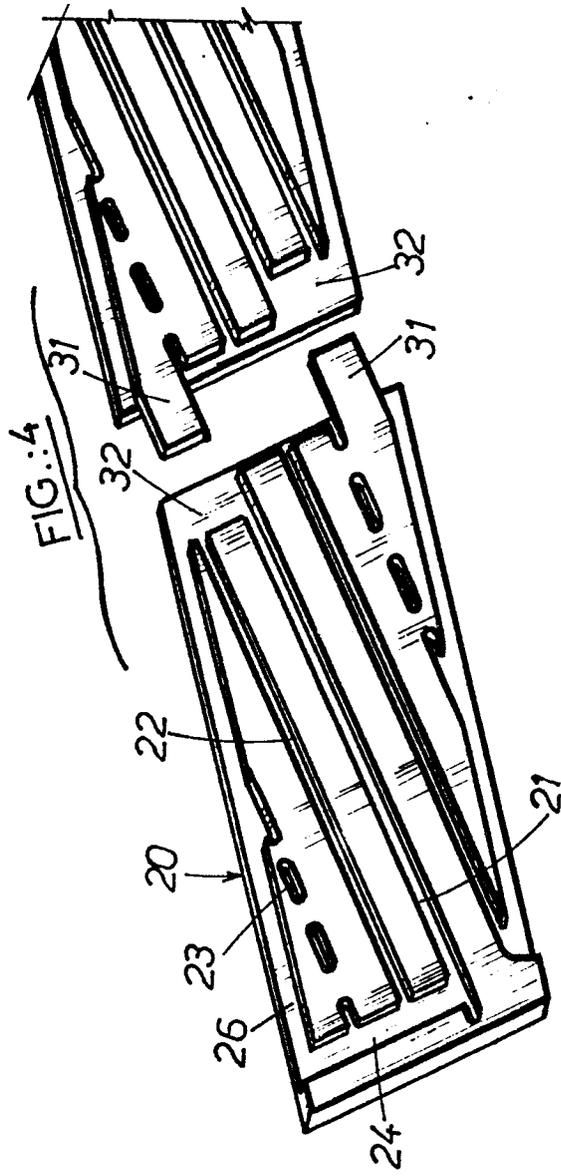


FIG. :3





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. <sup>3</sup> )
D,A	US-A-3 450 199 (WARREL) * Column 2, lignes 34-69; column 3, lignes 35-61; figures 1-9 *	1-3,5	F 28 D 9/00 F 28 F 13/02 F 28 F 21/04
A	FR-A- 614 851 (LÜTSCHEN) * Page 2, lignes 47-70; figure unique *	1,2	
A	GB-A-1 095 335 (MINNESOTA MINING) * Page 2, lignes 113-128; figures 2,5 *	1,9	
A	US-A-3 788 393 (PLIZAK) * Column 2, lignes 33-35; figure 1 *	4	
A	FR-A-1 353 902 (VEITSCHER) * Figures 1-3 *	4,7	
A	FR-A-2 414 988 (CERAVER) * Page 3, lignes 33-38; figure 4 *	8,9	F 28 D F 28 F F 27 B F 02 C C 21 B
A	FR-A-1 160 115 (BERTIN)		
D,A	FR-A-2 113 897 (LAGE)		
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 14-07-1983	Examineur FILTRI G.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>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</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons</p> <p>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			