

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 87401727.0

51 Int. Cl.⁴: **F 25 B 9/02**

22 Date de dépôt: 24.07.87

30 Priorité: 31.07.86 FR 8611087

43 Date de publication de la demande:
02.03.88 Bulletin 88/09

84 Etats contractants désignés:
BE CH DE ES GB IT LI SE

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

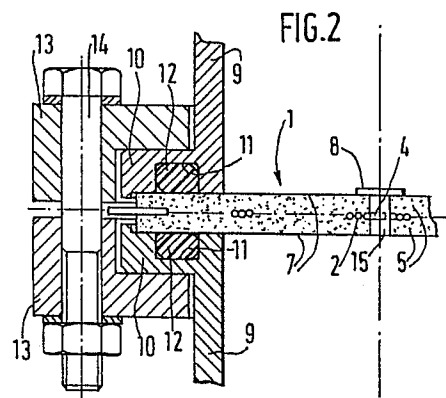
72 Inventeur: **Reale, Serge**
12, rue Hyppolyte Muller
F-38100 Grenoble (FR)

Bragard, Virginie
7, rue du Général Ferrière
F-38100 Grenoble (FR)

74 Mandataire: **Jacobson, Claude et al**
L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE
75, quai d'Orsay
F-75321 Paris Cédex 07 (FR)

54 **Réfrigérant Joule-Thomson et cryostat comprenant ce réfrigérant.**

57 Le réfrigérant Joule-Thomson (1) est constitué par un tube capillaire haute pression (2) en spirale pris en sandwich entre deux disques poreux (5) formant le circuit basse pression et eux-mêmes pris en sandwich entre deux plaques circulaires (7) en acier inoxydable dont l'une porte un élément (8) à refroidir. Le vide est réalisé de part et d'autre des deux plaques (7) pour constituer un cryostat.
Application au refroidissement de détecteurs infra-rouge.



Description

"REFROIDISSEUR JOULE-THOMSON ET CRYOSTAT COMPRENANT CE REFROIDISSEUR"

La présente invention est relative aux refroidisseurs Joule-Thomson et aux cryostats destinés à obtenir très rapidement des températures basses comprises entre 80 et 130K. Ces refroidisseurs sont utilisés par exemple pour refroidir des détecteurs infra-rouge.

La technologie la plus courante dans ce domaine consiste à utiliser comme cryostat un Dewar à double paroi dont la paroi intérieure forme un puits cylindrique sur le fond duquel est fixé l'élément à refroidir. Le refroidisseur proprement dit comprend un noyau cylindrique sur lequel est bobiné hélicoïdalement un tube capillaire aileté pourvu à son extrémité de moyens de détente, lesquels peuvent être constitués par un simple perçage ou par un dispositif de régulation de débit plus complexe.

Bien que ces appareils aient été continuellement perfectionnés, ils sont difficiles et coûteux à réaliser industriellement, d'une part à cause de la configuration complexe du Dewar, qui comporte un puits et une double paroi, et d'autre part à cause de la haute précision mécanique nécessaire pour assurer une introduction étanche mais sans déformation du refroidisseur dans le puits cylindrique du cryostat.

La présente invention a pour but de fournir une technique permettant de réaliser ces appareils de façon plus simple et plus économique.

A cet effet, l'invention a pour objet un refroidisseur Joule-Thomson, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une enveloppe ouverte constituée par deux plaques à peu près planes et présentant un emplacement central à refroidir ;
- un serpentin destiné à véhiculer du gaz sous haute pression, ce serpentin formant une spirale plane avec un orifice de détente au centre et étant disposé entre les deux plaques de l'enveloppe ; et
- une masse poreuse emplissant la région de l'enveloppe qui contient le serpentin mais laissant libre une chambre de détente dans laquelle débouche ledit orifice de détente.

De façon avantageuse, la spirale est à spires jointives, et la masse poreuse est constituée par deux plaquettes poreuses présentant un trou central et disposées respectivement entre chaque face de la spirale et la plaque à peu près plane correspondante.

Il est alors particulièrement avantageux que la conductibilité thermique des plaquettes poreuses dans le sens axial de la spirale soit très supérieure à leur conductibilité thermique dans le sens radial.

L'invention a également pour objet un cryostat comprenant :

- un refroidisseur Joule-Thomson tel que défini ci-dessus ; et
- une enceinte sous vide entourant ledit emplacement central et reliée à joint étanche à l'enveloppe, laquelle débouche à l'extérieur de cette enceinte.

Quelques exemples de mise en oeuvre de l'invention vont maintenant être décrits en regard des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 représente en plan les pièces qui constituent un refroidisseur suivant l'invention ;

- la figure 2 est une demi-vue partielle en coupe axiale d'un cryostat comprenant le refroidisseur de la figure 1 ;

- la figure 3 est une vue en élévation, à plus petite échelle, de ce cryostat ;

- les figures 4, 6 et 7 illustrent en coupe axiale trois phases de la fabrication d'une variante du refroidisseur de la figure 1 ;

- la figure 5 est une vue prise suivant la flèche V de la figure 4 ; et

- la figure 8 est une vue en coupe axiale d'une variante du cryostat de la figure 2.

Le cryostat représenté aux figures 2 et 3 comprend un refroidisseur Joule-Thomson 1 constitué des pièces représentées à la figure 1, à savoir :

- un tube capillaire 2 en acier inoxydable enroulé en une spirale plane à spires jointives ; l'extrémité extérieure de ce tube est pourvue d'un filtre 3, tandis que son extrémité intérieure est obturée et présente un orifice de détente calibré 4 orienté axialement (figure 2) ;

- deux plaquettes planes 5 constituées d'une matière poreuse à porosités ouvertes qui peut être une mousse, un feutre ou un fritté thermiquement conducteur, en pratique métallique, et notamment une mousse de nickel compactée ayant une porosité volumique de 35 % ; chacune de ces plaquettes à la forme d'un disque dont le diamètre est nettement supérieur au diamètre extérieur de la spirale 2 et qui présente un trou central 6 ayant un diamètre du même ordre que la spire intérieure de cette spirale ;

- deux plaques planes 7 ayant une bonne résistance aux contraintes mécaniques et thermiques, notamment en acier inoxydable. Ces plaques 7 ont le même diamètre que les disques 5.

Pour réaliser le refroidisseur 1 à partir des pièces ci-dessus, on les superpose dans l'ordre représenté à la figure 1, à savoir une plaque 7, un disque 5, la spirale 2, l'autre disque 5 et l'autre plaque 7, ceci de façon coaxiale, et on les fixe les uns aux autres par collage ou brassage.

On intègre ensuite ce refroidisseur en forme générale de disque plan dans un cryostat de la manière représentée aux figures 2 et 3. Un élément 8 à refroidir, par exemple un détecteur infra-rouge, est fixé au centre d'une des deux plaques 7. On dispose coaxialement de part et d'autre du refroidisseur 1 deux tronçons tubulaires 9 se terminant chacun par une collerette extérieure 10 pourvue d'une gorge circulaire 11, laquelle reçoit un joint d'étanchéité annulaire 12. La région périphérique du refroidisseur est pincée entre les deux collerettes 10, le serrage étant assuré par deux brides annulaires 13 qui prennent appui sur les collerettes 10 et qui sont traversées par des boulons 14. Ce serrage provoque d'une part un écrasement des joints 12 sur les plaques 7, ce qui permet d'obtenir une étanchéité au vide, et d'autre part un léger rapprochement des

régions périphériques des plaques 7 et des disques 5, ces derniers, qui sont relativement souples, venant en contact mutuel dans le plan médian du refroidisseur, bien que, cette vanne en contact ne soit pas indispensable. Le refroidisseur 1 définit alors, entre les plaques 7, une spirale plane 2 noyée dans la masse poreuse constituée par les deux disques 5, cette masse laissant libre une chambre centrale 15 dans laquelle, débouche l'orifice de détente 4, qui est orienté vers l'élément 8 à refroidir.

Comme on le voit à la figure 3, le cryostat est complété par deux tronçons tubulaires 16 prolongeant respectivement les deux tronçons 9 et mis en communication par un tube latéral 17. L'un des tronçons 16 est obturé hermétiquement, tandis que l'autre peut se raccorder par une conduite 18 à une pompe à vide (non représentée).

En fonctionnement, après avoir établi un vide secondaire (inférieure à 10^{-3} mb) dans l'enceinte constituée par les éléments 9, 16 et 17, on relie l'extrémité extérieure du tube 2 à une source 19 d'un gaz sous très haute pression, par exemple d'argon sous 700 bars. Le gaz haute pression, épuré par le filtre 3, circule dans la spirale 2, est détendu et donc refroidi au passage de l'orifice 4, et pénètre dans la chambre centrale 15. De là, il circule radialement vers l'extérieur à travers les disques poreux 5, et sort librement à l'atmosphère par la périphérie de ces derniers. Le gaz basse pression refroidit à contre-courant le gaz haute pression contenu dans la spirale 2, essentiellement par l'intermédiaire des disques 5, de sorte que la température diminue rapidement dans la chambre 15, jusqu'à formation dans celle-ci de liquide à la température qui correspond à la pression qui y règne. Cette pression est définie par la perte de charge du circuit basse pression à travers les disques 5. Il est à noter que la section de passage offerte au gaz basse pression augmente au fur et à mesure où la détente se termine et où le gaz se réchauffe, ce qui est très favorable en ce qui concerne les pertes de charge du circuit basse pression.

Pour améliorer l'échange thermique entre les gaz basse pression et haute pression, il est préférable de fixer la spirale 2 aux disques 5 par brasage. De plus, pour diminuer les entrées de chaleur radiales par conduction, il est préférable de fixer les plaques 7 aux disques 5 par collage.

Pour réduire le temps de mise en froid, c'est-à-dire le temps nécessaire à l'apparition de liquide dans la chambre 15, ainsi que la température de ce liquide, il faut réduire la capacité calorifique du refroidisseur ainsi que les pertes de charge du circuit basse pression, sans diminuer l'efficacité de l'échange de chaleur entre les gaz basse pression et haute pression ni favoriser les entrées de chaleur par conduction entre la périphérie du refroidisseur, qui est à la température ambiante, et la zone centrale refroidie.

Ce problème complexe trouve une solution dans le mode de réalisation dont la fabrication est illustrée aux figures 4 à 7 : deux bandes de tissu métallique, par exemple de toile de bronze à maille carrée de 50 microns de diamètre de fil et de 80 microns d'ouverture, sont bobinées chacune sur un noyau

poreux 20, par exemple en bronze fritté, présentant une extrémité creuse 21 qui affleure un côté de la bande correspondante (figure 4). La face 22 de chaque bobinage située du côté de l'extrémité 21 est rectifiée, puis (figure 6) les deux faces 22 sont collées ou brasées coaxialement sur les deux faces de la spirale 2. L'ensemble ainsi obtenu est ensuite découpé à la scie de part et d'autre de la spirale 2 puis rectifié au tour pour obtenir un ensemble constitué de la spirale et des deux disques 5 avec l'épaisseur souhaitée. Enfin, les plaquettes 7 sont rapportées sur les deux faces de cet ensemble, quelques cales d'épaisseur étant disposées entre les zones périphériques de ces deux plaques.

Avec cette construction, chaque disque 5 est constitué d'une étroite bande de tissu métallique enroulé en spirale. Il présente une bonne conduction thermique dans cette direction axiale, qui est celle du tissu, et une mauvaise conduction thermique dans le sens radial, du fait du nombre important de résistances thermiques de contact en série existant entre les couches successives de tissu.

On a ainsi réalisé un circuit basse pression thermiquement anisotrope, c'est-à-dire ayant dans le sens axial, qui est celui de l'échange thermique recherché, une conductibilité thermique très supérieure à sa conductibilité thermique dans le sens radial, qui est celui des pertes de chaleur parasites.

En fait, le cryostat des figures 2 et 3 constitue un appareil expérimental. Pour une réalisation en série, on adopterait de préférence la variante de la figure 8, qui en diffère par les points suivants : les disques 5 et les plaques 7 ont sensiblement le même diamètre extérieur que la spirale 2, et les plaques 7 comportent un rebord périphérique cylindrique 7A dirigé à l'opposé de la spirale. Une rondelle 23 est fixée par brasage, soudage ou collage sur chaque rebord 7A, après mise sous vide, de façon à constituer de chaque côté du refroidisseur une chambre sous vide scellée.

Par ailleurs, dans cette variante comme dans celle des figures 2 et 3, les plaques 7 peuvent être réalisées en verre ou en une matière céramique et, dans ce cas, intégrer directement l'élément 8 à refroidir, qui est généralement un circuit électronique, dans leur partie centrale.

Revendications

1 - Refroidisseur Joule-Thomson, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une enveloppe ouverte (7) constituée par deux plaques à peu près planes et présentant un emplacement central à refroidir ;
- un serpentin (2) destiné à véhiculer du gaz sous haute pression, ce serpentin formant une spirale plane avec un orifice de détente (4) au centre et étant disposé entre les deux plaques de l'enveloppe ; et
- une masse poreuse (5) emplissant la région de l'enveloppe qui contient le serpentin mais laissant libre une chambre de détente (15) dans laquelle débouche ledit orifice de détente.

2 - Refroidisseur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le serpentin (2) est espacé de l'enveloppe (7).

3 - Refroidisseur suivant la revendication 2, caractérisé en ce que la spirale (2) est à spires jointives, et en ce que la masse poreuse (5) est constituée par deux plaquettes poreuses présentant un trou central (6) et disposées respectivement entre chaque face de la spirale et la plaque à peu près plane (7) correspondante.

5

10

4 - Refroidisseur suivant la revendication 3, caractérisé en ce que les plaquettes poreuses (5) sont constituées d'une mousse, d'un feutre ou d'un fritté métallique.

15

5 - Refroidisseur suivant la revendication 3, caractérisé en ce que la conductibilité thermique des plaquettes poreuses (5) dans le sens axial de la spirale (2) est très supérieure à leur conductibilité thermique dans le sens radial.

20

6 - Refroidisseur suivant la revendication 5, caractérisé en ce que chaque plaquette poreuse (5) est constituée par une étroite bande de toile métallique enroulée en spirale coaxialement à ladite spirale (2).

25

7 - Refroidisseur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les différentes couches du refroidisseur sont fixées les unes aux autres par collage ou brasage.

30

8 - Refroidisseur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'extrémité intérieure de la spirale (2) est obturée, l'orifice de détente (4) étant ménagé latéralement en direction axiale, près de cette extrémité.

35

9 - Cryostat, caractérisé en ce qu'il comprend :

- un refroidisseur Joule-Thomson suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8 ; et
- une enceinte sous vide entourant ledit emplacement et reliée à joint étanche à l'enveloppe (7), laquelle débouche à l'extérieur de cette enceinte.

40

45

50

55

60

65

4

0258093

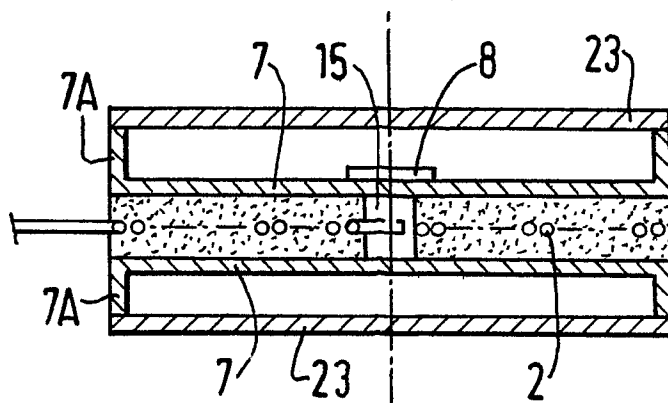
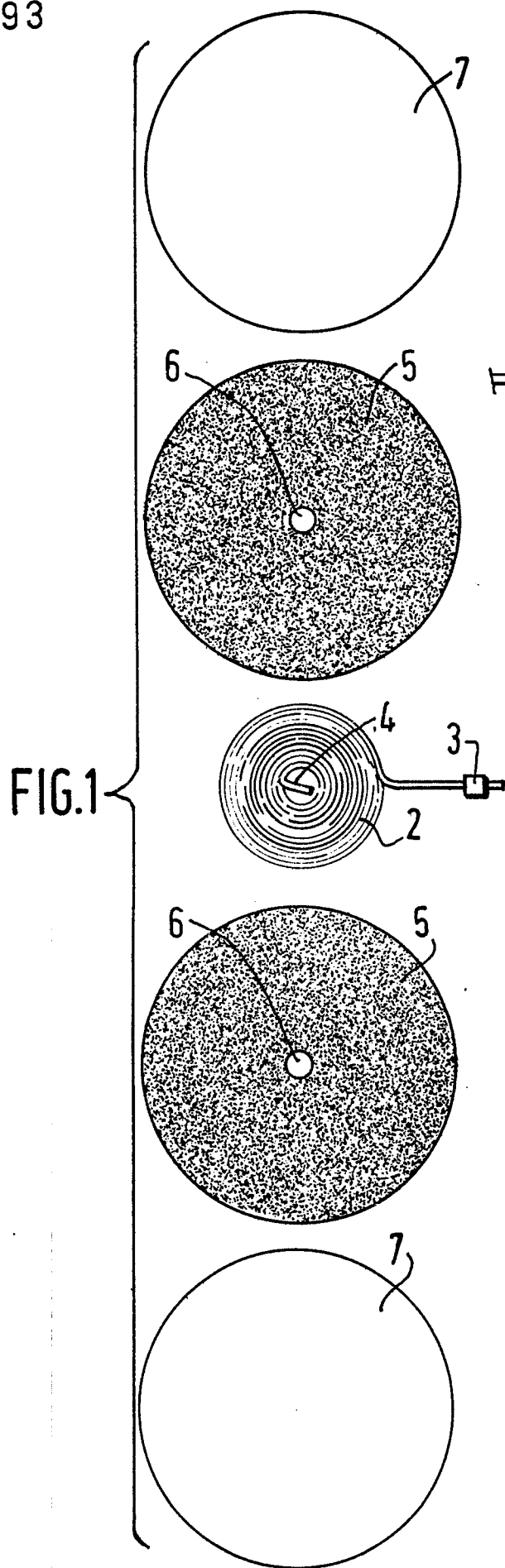


FIG.8

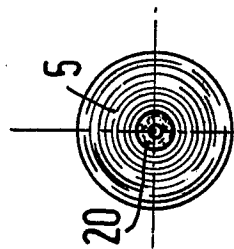
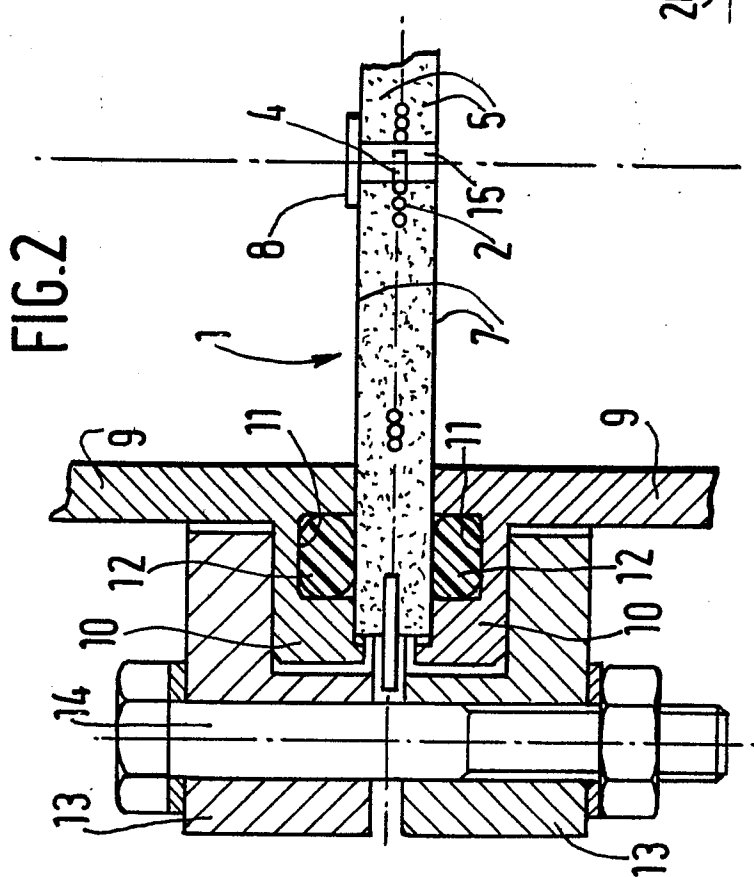
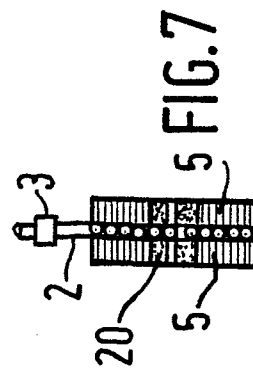
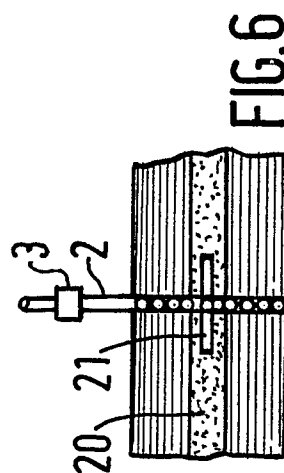
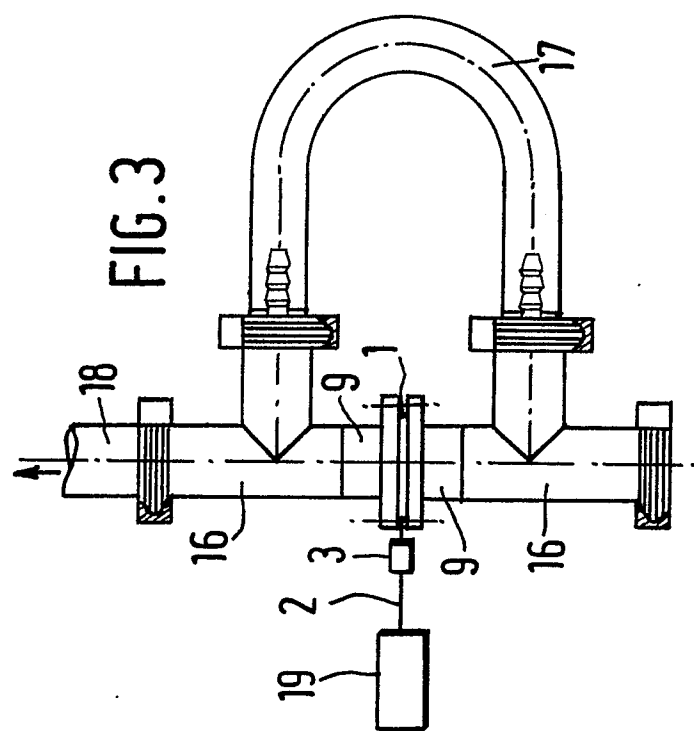
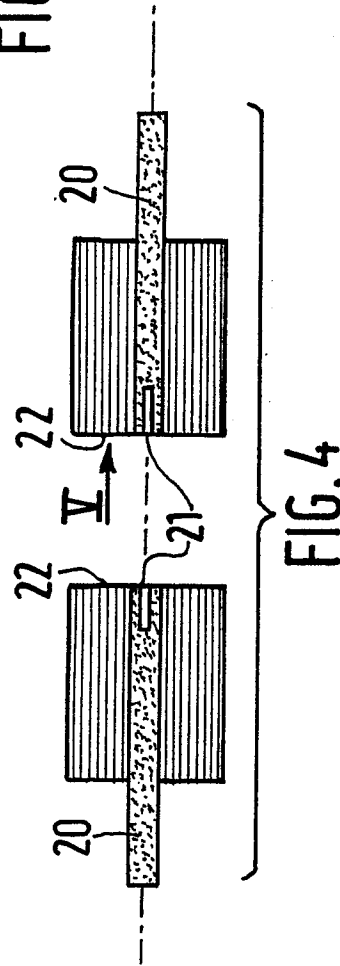


FIG. 5





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 87 40 1727

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. 4)												
Y	FR-A-2 477 406 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) * Page 3, ligne 17 - page 8, ligne 2; figures 1-5 *	1	F 25 B 9/02												
A	---	3, 4, 7													
Y	GB-A-1 168 997 (ELECTRIC & MUSICAL INDUSTRIES) * Page 1, ligne 74 - page 2, ligne 104; figures 1-3 *	1													
A	--- SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED, Sections P,Q: Mechanical & General, 9 février 1983, semaine J51, résumé no. B4600; & SU-A-9 03 667 (ANIKEEV G.N.) 09-02-1982	1, 2, 9													
A	--- FR-A-2 026 088 (DUNLOP) * Page 2, ligne 18 - page 3, ligne 7; page 4, ligne 5 - page 9, ligne 36; figures 1-13 *	1, 4	F 25 B F 25 J												
A	--- FR-A-1 267 447 (PHILCO) * Page 3, colonne de droite, dernier paragraphe - page 4, colonne de gauche, paragraphe 2; figure 3 *	8													
	--- --/-														
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications															
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 09-11-1987	Examineur BOETS A.F.J.												
<table border="0"><tr><td>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</td><td>T : théorie ou principe à la base de l'invention</td></tr><tr><td>X : particulièrement pertinent à lui seul</td><td>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date</td></tr><tr><td>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie</td><td>D : cité dans la demande</td></tr><tr><td>A : arrière-plan technologique</td><td>L : cité pour d'autres raisons</td></tr><tr><td>O : divulgation non-écrite</td><td></td></tr><tr><td>P : document intercalaire</td><td>& : membre de la même famille, document correspondant</td></tr></table>				CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES	T : théorie ou principe à la base de l'invention	X : particulièrement pertinent à lui seul	E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	D : cité dans la demande	A : arrière-plan technologique	L : cité pour d'autres raisons	O : divulgation non-écrite		P : document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES	T : théorie ou principe à la base de l'invention														
X : particulièrement pertinent à lui seul	E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date														
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	D : cité dans la demande														
A : arrière-plan technologique	L : cité pour d'autres raisons														
O : divulgation non-écrite															
P : document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant														



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. 4)
A	FR-A-1 559 510 (HYMATIC ENGINEERING)		

A	US-A-3 415 077 (COLLINS)		

A	US-A-2 746 264 (KEYES)		

A	CRYOGENICS, octobre 1977, pages 543-548, Guilford, GB; Z. MALEK et al.: "Porous heat exchangers for continuous flow helium cryostats"		

A	FR-A-2 061 500 (ATELIERS ET FORGES DE LA LOIRE)		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)

Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 09-11-1987	Examineur BOETS A.F.J.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	