

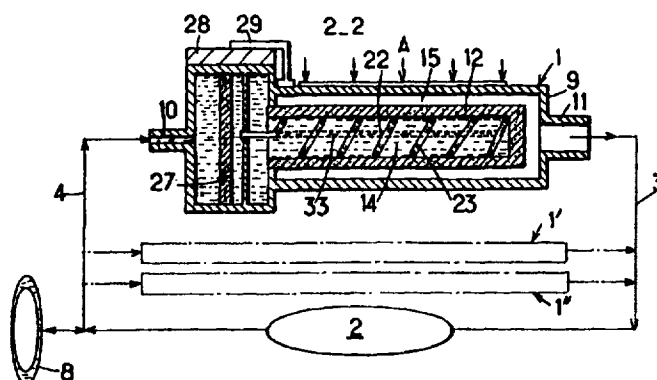


DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>F28D 15/02, 15/04</b>	A1	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 98/06992</b> (43) Date de publication internationale: 19 février 1998 (19.02.98)
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR97/01470</p> <p>(22) Date de dépôt international: 8 août 1997 (08.08.97)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité: 96/10110 12 août 1996 (12.08.96) FR</p> <p>(71) Déposant (<i>pour tous les Etats désignés sauf US</i>): CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES [FR/FR]; 2, place Maurice Quentin, F-75001 Paris (FR).</p> <p>(72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (<i>US seulement</i>): MACIASZEK, Thierry [FR/FR]; Route d'Issus, F-31450 Montbrun-Lauragais (FR). MAUDUYT, Jacques [FR/FR]; 1, allée du Pré Tolozan, F-31000 Auzerville (FR).</p> <p>(74) Mandataires: DE BOISSE, L., A. etc.; Cabinet de Boisse, 37, avenue Franklin D. Roosevelt, F-75008 Paris (FR).</p>	<p>(81) Etats désignés: CA, JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i></p>	

(54) Title: CAPILLARY EVAPORATOR FOR DIPHASIC LOOP OF ENERGY TRANSFER BETWEEN A HOT SOURCE AND A COLD SOURCE

(54) Titre: EVAPORATEUR CAPILLAIRE POUR BOUCLE DIPHASIQUE DE TRANSFERT D'ENERGIE ENTRE UNE SOURCE CHAUDE ET UNE SOURCE FROIDE



## (57) Abstract

The evaporator comprises a) a chamber (12) made of a porous material with an inlet for a heat exchanging fluid in liquid form, b) a shell (9) in which is located said chamber (12) to define around it, a chamber (15) for collecting said fluid in vapour form, said shell (9) having an outlet by which the vapour collected in said chamber (15) is evacuated. It further comprises a tube (22) which extends through the whole internal space of the chamber (12) with a porous wall, from one end (24) of the tube constituting the chamber (12) inlet for the heat exchanging fluid, said tube (22) being pierced over its whole length with holes (33) for injecting the heat exchanging liquid into the chamber (12) wall.

(57) Abrégé

L'évaporateur comprend a) une enceinte (12) en un matériau poreux présentant une entrée pour un fluide caloporteur à l'état liquide, b) une enveloppe (9) dans laquelle est placée ladite enceinte (12) pour définir, autour de celle-ci, une chambre (15) de collection dudit fluide à l'état de vapeur, ladite enveloppe (9) présentant une sortie par laquelle s'évacue la vapeur recueillie par ladite chambre (15). Il comprend en outre un tube (22) qui se développe dans tout l'espace (14) intérieur à l'enceinte (12) à paroi poreuse, à partir d'une extrémité (24) du tube constituant l'entrée de l'enceinte (12) en liquide caloporteur, ledit tube (22) étant percé sur toute sa longueur de trous (33) d'injection du liquide caloporteur dans la paroi de l'enceinte (12).

*UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION*

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brsil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Caméroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

EVAPORATEUR CAPILLAIRE POUR BOUCLE DIPHASIQUE DE TRANSFERT  
D'ENERGIE ENTRE UNE SOURCE CHAUDE ET UNE SOURCE FROIDE

La présente invention est relative à un évaporateur capillaire pour boucle diphasique de transfert d'énergie  
5 entre une source chaude et une source froide, du type qui comprend a) une enceinte en un matériau poreux présentant une entrée pour un fluide caloporteur à l'état liquide, b) une enveloppe dans laquelle est placée ladite enceinte pour définir, autour de celle-ci une chambre de  
10 collection dudit fluide à l'état de vapeur, ladite enveloppe présentant une sortie par laquelle s'évacue la vapeur recueillie par ladite chambre.

On connaît un tel évaporateur notamment de la demande de brevet français N° 94 09459 déposée le  
15 29 juillet 1994 par la demanderesse. De tels évaporateurs font partie de boucles diphasiques telles que celle représentée à la figure 1 du dessin annexé, qui sert à transférer de l'énergie thermique d'une zone A dite "source chaude", vers une zone B, à température  
20 inférieure, dite "source froide". La boucle prend la forme d'un circuit fermé dans lequel circule un fluide caloporteur qui peut être, selon les températures d'utilisation, de l'eau, de l'ammoniac, un "Fréon", etc... Ce circuit comprend des évaporateurs "capillaires"  
25 1, 1',.... branchés en parallèle, des condenseurs 2, également branchés en parallèle (ou en série-parallèle), un conduit de circulation de vapeur 3 et un conduit de circulation de liquide 4. Le sens de circulation du fluide est indiqué par les flèches 5. Un isolateur 6 peut  
30 être placé à l'entrée de chaque évaporateur, pour empêcher un retour de vapeur accidentel dans le conduit 4. Un sous-refroidisseur 7 est placé sur le conduit 4 pour condenser de la vapeur qui, accidentellement, n'aurait pas été totalement condensée à la sortie de  
35 l'ensemble des condenseurs 2 et pour abaisser la

température de manière à assurer une sécurité vis-à-vis du risque d'atteindre localement la température de saturation et générer ainsi des bulles de vapeur en amont des évaporateurs.

5 La température de fonctionnement de la boucle est contrôlée par un réservoir pressuriseur diphasique 8 monté sur le conduit 4. Ce réservoir est contrôlé thermiquement (par des moyens non représentés) de manière à assurer un contrôle de la température de vaporisation.

10 Avec ce type de boucle, on peut contrôler avec une précision meilleure que le degré, dans la majorité des cas, une température de consigne fixée pour la source chaude A, et ce quelles que soient les variations de puissance subies par la boucle au niveau des évaporateurs  
15 ou condenseurs. A titre d'exemple, la source chaude peut être constituée par un équipement dégageant de la chaleur et monté dans un véhicule spatial, ou installé au sol, équipement dont la boucle maintient la température à une valeur compatible avec un bon fonctionnement de cet  
20 équipement.

La puissance maximale qu'il est possible de transporter est conditionnée par la remontée maximale de pression que peuvent assurer les évaporateurs capillaires et par la somme des pertes de charge du circuit pour la  
25 puissance maximale considérée. Comme décrit dans la demande de brevet français précitée, avec de l'ammoniac on peut atteindre des remontées de pression de l'ordre de 5000 Pa.

Les figures 2 et 3 représentent un évaporateur 1  
30 susceptible d'être utilisé dans la boucle de la figure 1. Il est décrit dans le document intitulé "Capillary pumped loop technology development", auteurs : J. Kroliczek, R. Mc Intosh, présenté lors de la conférence ICES tenue à LONG BEACH (Californie) en 1987. Des évaporateurs de ce

type sont commercialisés par la société OAO des Etats-Unis d'Amérique.

L'évaporateur 1 comprend une enveloppe tubulaire métallique 9 bonne conductrice de la chaleur, ayant une entrée 10 à une extrémité et une sortie 11 à l'extrémité opposée. A l'intérieur de l'enveloppe, une enceinte cylindre 12 à paroi en matière poreuse est maintenue par des entretoises 13 (voir figure 3) coaxialement à l'enveloppe 9.

La matière poreuse, appelée "mèche capillaire", peut être constituée de tout matériau ayant des pores de dimensions convenables et sensiblement homogènes, par exemple des matériaux frittés métalliques ou plastiques (polyéthylène) ou encore céramiques.

Comme on l'explique dans la demande de brevet français précitée, à laquelle on se reportera pour plus de détails, en fonctionnement normal, l'espace 14 intérieur à l'enceinte 12 est rempli du fluide caloporteur à l'état liquide alors que la chambre annulaire 15 collecte la vapeur de ce liquide qui se forme dans cette chambre sous l'effet de la chaleur dégagée par la source chaude A. La pression de la vapeur est supérieure à la pression du liquide ce qui permet la circulation du fluide caloporteur dans la boucle et l'évacuation de la chaleur transportée vers la source froide B. En disposant plusieurs évaporateurs en parallèle, comme représenté à la figure 1, on augmente la puissance de l'installation.

Cependant le fluide caloporteur qui circule dans la boucle n'est pratiquement jamais pur et contient souvent des gaz incondensables dans la boucle, tels que l'hydrogène. Ce gaz peut provenir d'une décomposition du fluide caloporteur, lorsque celui-ci est constitué par de l'ammoniac, par exemple. Il peut aussi provenir de réactions chimiques entre cet ammoniac et des parties

métalliques de la boucle réalisées en aluminium, par exemple. En microgravité, ce gaz incondensable peut se rassembler dans une poche 16 au fond de l'enceinte 12, comme représenté à la figure 2.

5 L'espace 14 intérieur à cette enceinte 12 peut aussi accueillir des bulles 17 de vapeur non condensée du fluide caloporteur. Il peut en résulter un arrêt local de la circulation de ce fluide et donc un emballement thermique de la boucle. En effet, lorsqu'une partie du  
10 matériau capillaire constituant la paroi de l'enceinte 12, soumise au flux thermique en provenance de la source chaude A, n'est plus directement alimentée par du liquide venu de l'intérieur de l'enceinte, à cause d'une poche 16 de gaz ou de vapeur incondensable ou incondensé, le  
15 liquide contenu dans cette partie du matériau capillaire se vaporise rapidement. Un "perçage" 18 de l'enceinte 12 apparaît et la vapeur sous pression vient alors remplir instantanément l'espace 14 intérieur à l'enceinte 12, ce qui arrête la circulation du fluide caloporteur.

20 La figure 4 représente schématiquement un évaporateur d'un autre type, décrit dans le document intitulé "Method of increase the evaporation reliability for loop heat pipes and capillary pumped loops", auteurs : E.Yu. Kotliarov, G.P. Serov, présenté à la conférence ICES tenue à  
25 Colorado Springs, USA, en 1994. Des évaporateurs de ce type sont commercialisés par la société Lavotchkin de la Fédération de Russie.

Dans les figures 4 et suivantes du dessin annexé, des références numériques identiques à des références  
30 utilisées aux figures 1 à 3 repèrent des éléments ou organes identiques ou similaires.

L'évaporateur de la figure 4 se distingue de celui des figures 2 et 3 en ce qu'il intègre un réservoir tampon 19 à l'entrée de l'évaporateur proprement dit, qui  
35 comprend une enveloppe 9 et une enceinte 12 en matériau

poreux analogues à ceux de l'évaporateur de la figure 2. L'évaporateur comprend en outre un tube 20 à paroi pleine qui traverse axialement et le réservoir pressuriseur 19 et l'enceinte 12, ce tube débouchant à proximité du fond de cette enceinte.

Si le liquide caloporteur qui arrive par l'entrée 10 du tube contient des bulles 17 de gaz ou 17' de vapeur incondensable, ces bulles traversent le tube 20 et reviennent à contre-courant dans le réservoir 19 sans perturber le fonctionnement de la paroi poreuse de l'enceinte 12, qui ne souffre alors d'aucun désamorçage.

Par contre, l'évaporateur de la figure 4 comportant son propre réservoir pressuriseur 19, il devient pratiquement impossible de disposer plusieurs tels évaporateurs parallèles dans une boucle telle que celle de la figure 1, un déséquilibre éventuel de pression entre deux réservoirs vidant l'un pour remplir l'autre. De ce fait, la puissance transportable par la boucle demeure limitée.

La figure 5 représente schématiquement un évaporateur d'encore un autre type, décrit dans le document "Test results of reliable and very high capillary multi-evaporation condensers loops", auteurs : S. Van Ost, M. Dubois et G. Beckaert, présenté à la conférence ICES tenue à San Diego, Californie, USA, en 1995. La société belge SABCA commercialise des évaporateurs de ce type.

L'évaporateur est placé dans l'une des branches d'un circuit qui compte un évaporateur par branche, un même réservoir pressuriseur 8 alimentant toutes ces branches. L'évaporateur comprend, comme les précédents, une enveloppe 9 et une enceinte à paroi poreuse 12. Entre le réservoir 8 et l'évaporateur, la liaison est réalisée par un conduit tubulaire garni intérieurement d'un "lien capillaire" 21 constitué par un tube réalisé en une toile métallique. En fonctionnement normal, le liquide caloporteur qui arrive du condenseur 2 traverse le

réservoir pressuriseur 8 et remplit l'ensemble du conduit 3 ainsi que l'espace intérieur à l'enceinte 12.

En présence de gaz incondensable dans la boucle, mais sans génération de vapeur dans le coeur de l'évaporateur, situation caractéristique d'un fonctionnement à forte puissance thermique (typiquement supérieure à 50 Watt pour de l'ammoniac), le gaz incondensable s'accumule dans l'enceinte 12 de l'évaporateur à l'intérieur du lien capillaire 21 seulement. Le matériau poreux de l'enceinte 12 reste alors toujours alimenté par du liquide caloporteur, ce qui assure le fonctionnement de l'évaporateur.

En présence de gaz incondensable et avec génération de vapeur dans l'enceinte 12, situation caractéristique d'un fonctionnement à faible puissance thermique, la vapeur qui se forme dans cette enceinte peut, si sa pression génératrice est suffisante, revenir dans le réservoir pressuriseur 8 comme schématisé à la figure 5, et entraîner le gaz incondensable. Le liquide, quant à lui, circule à la périphérie du lien capillaire 21 et permet l'alimentation du matériau poreux de l'enceinte, ce qui assure le fonctionnement de l'évaporateur.

Il est alors possible de placer plusieurs évaporateurs en parallèle, et la boucle ainsi constituée résiste bien à la présence de vapeur ou de gaz incondensable dans l'enceinte poreuse 12 des évaporateurs.

Par contre, le lien capillaire 21 présent dans les conduits 3 d'alimentation des évaporateurs rendent ceux-ci rigides et encombrants (diamètre de l'ordre de 10 mm), inconvenients qui peuvent s'avérer rédhibitoires quant la boucle doit être disposée dans un espace restreint et de forme complexe, comme c'est souvent le cas dans les véhicules spatiaux, par exemple.

La présente invention a donc pour but de réaliser un évaporateur pour boucle diphasique à pompage capillaire, qui soit tolérant à la présence de gaz ou de vapeur incondensable à l'intérieur de son enceinte poreuse.

5 La présente invention a aussi pour but de réaliser un tel évaporateur propre à s'intégrer à une boucle diphasique contenant une pluralité de tels évaporateurs montés en parallèle, la géométrie de cette boucle pouvant être adaptée à une installation dans un espace réduit  
10 et/ou de forme complexe.

On atteint ces buts de l'invention, ainsi que d'autres qui apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, avec un évaporateur du type décrit en préambule de la présente description, remarquable en ce  
15 qu'il comprend un tube qui se développe dans tout l'espace intérieur à l'enceinte à paroi poreuse, à partir d'une extrémité du tube constituant l'entrée de l'enceinte en liquide caloporteur, ledit tube étant percé sur toute sa longueur de trous d'injection du liquide  
20 caloporteur dans la paroi de l'enceinte.

Comme on le verra plus loin en détail, ce tube permet, en toutes circonstances, d'alimenter l'ensemble de l'enceinte à paroi poreuse avec du liquide caloporteur, ce qui assure la génération nécessaire de  
25 vapeur par l'évaporateur, même en présence de gaz ou de vapeur incondensables ou incondensés dans ladite enceinte.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la  
30 description qui va suivre et à l'examen du dessin annexé dans lequel :

- la figure 1 est une représentation schématique d'une boucle diphasique de transfert d'énergie comprenant des évaporateurs capillaires, décrite en préambule de la  
35 présente description,

- les figures 2 à 5 représentent des évaporateurs capillaires de la technique antérieure, également décrits en préambule de la présente description,

5 - la figure 6 est une représentation schématique d'une boucle diphasique comprenant au moins un évaporateur capillaire (en coupe axiale) suivant la présente invention, et

10 - les figures 7 à 9 sont des représentations schématiques de l'évaporateur capillaire suivant l'invention, analogues à celle de la figure 6 et utiles à la description de son fonctionnement.

On se réfère à la figure 6 du dessin annexé où l'on retrouve les parties essentielles de la boucle diphasique de la figure 1, à savoir, outre un ou plusieurs 15 évaporateurs capillaires 1,1',1".... suivant l'invention, des conduits 3 de gaz et 4 de vapeur, un condenseur 2 et un réservoir pressuriseur 8.

L'évaporateur suivant l'invention comprend, comme les précédents, une enveloppe tubulaire 9 et une enceinte 20 à paroi poreuse 12 maintenue dans l'enveloppe 9 à l'écart de cette enveloppe par des entretoises telles que les entretoises 13 représentées à la figure 3, ou par des rainures formées sur la face intérieure de l'enveloppe 9, de manière à définir entre l'enveloppe et l'enceinte une 25 chambre 15 de collection de la vapeur formée dans l'évaporateur. L'évaporateur comprend encore une entrée 10 pour le fluide caloporteur à l'état liquide et une sortie 11 pour la vapeur de ce fluide.

Suivant une caractéristique de l'évaporateur selon 30 l'invention, celui-ci comprend (voir figure 16) un tube 22, par exemple de forme hélicoïdale, se développant axialement dans tout l'espace intérieur à l'enceinte 12, jusqu'au fond de celle-ci. Le tube 22 est bouché à son extrémité 22' voisine de ce fond mais il est percé sur 35 toute sa longueur de trous 23, par exemple régulièrement

espacés. Le tube hélicoïdal 22 s'ajuste sensiblement au diamètre intérieur de l'enceinte 12 de manière à suivre étroitement la paroi poreuse de cette enceinte. Les trous 23 sont percés en face de cette paroi, pour injecter du liquide caloporteur dans l'espace 14 intérieur à l'enceinte 12, en arrosant continûment cette paroi, comme on le verra plus loin.

L'extrémité 24 non bouchée du tube 22 traverse, et est portée par, une cloison 25 en un matériau étanche monté transversalement dans une chambre 26 interposée, suivant l'invention, entre l'entrée 10 de l'évaporateur et l'ensemble constitué par l'enveloppe 9 et l'enceinte 12. La cloison 25 divise la chambre 26 en un premier compartiment ( $26_1$ ,  $26_2$ ), voir figure 7, et un deuxième compartiment  $26_3$  dont l'un ( $26_1$ ,  $26_2$ ) contient une cloison 27 en un matériau poreux analogue à celui constituant la paroi de l'enceinte 12. La cloison 27 est transversale à l'axe X de l'évaporateur, et elle est donc sensiblement parallèle à la cloison étanche 26. Elle divise le premier compartiment ( $26_1$ ,  $26_2$ ) en deux sous-compartiments  $26_1$  et  $26_2$ .

Suivant une autre caractéristique de la présente invention, des moyens 28 de refroidissement de la chambre 26 sont montés sur celle-ci. Comme on le verra plus loin, ces moyens 28 sont utilisés pour condenser du fluide caloporteur à l'état de vapeur présent, dans certains types de fonctionnement de l'évaporateur, dans la chambre 26. A titre d'exemple illustratif et non limitatif, ces moyens 28 peuvent être constitués par une source froide à effet Peltier. Dans ce cas, un drain thermique 29 peut être disposé entre les moyens 28 et l'enveloppe métallique 9.

L'évaporateur suivant l'invention fonctionne alors comme suit.

En l'absence de gaz incondensable et de vapeur dans l'enceinte ou à l'entrée de l'évaporateur, situation idéale illustrée à la figure 6, le liquide caloporteur qui revient du condenseur 2 traverse la cloison poreuse 27 et est ensuite obligé d'emprunter le tube troué 22 qui plonge au coeur de l'évaporateur. Le liquide gicle par les trous 23 du tube en injectant du liquide caloporteur dans la paroi poreuse de l'enceinte qui fait face à ces trous. L'enceinte 12 de l'évaporateur est pleine de liquide et sa paroi poreuse est toujours alimentée en liquide. Les moyens de condensation 28 sont alors inutiles et donc inactifs. L'évaporateur fonctionne normalement.

On se réfère maintenant à la figure 7 pour expliquer le fonctionnement de l'évaporateur suivant l'invention, en présence de bulles de gaz incondensable 30 dans la boucle, et en l'absence de formation de vapeur dans l'enceinte 12. C'est une situation que l'on rencontre dans un fonctionnement à forte puissance de l'évaporateur (typiquement supérieure à 50 W pour de l'ammoniac). Dans ce cas, les bulles 30 de gaz incondensable sont arrêtées par la cloison poreuse 27 à l'entrée de l'évaporateur, comme représenté à la figure. Cependant, en microgravité par exemple, une certaine quantité de gaz incondensable peut s'accumuler dans une partie 31 de l'enceinte 12 par désorption du gaz dissous dans le liquide. Toutefois, grâce au tube troué 22, la paroi poreuse de l'enceinte 12 est toujours mouillée par du liquide même dans cette partie 31 de l'enceinte où s'est accumulé le gaz incondensable. Dans ce cas, la source froide 28 peut rester inactive et les performances de l'évaporateur restent nominales.

On se réfère maintenant à la figure 8 pour expliquer le fonctionnement de l'évaporateur suivant l'invention, en présence de bulles 30 de gaz incondensable dans la

boucle et avec formation de bulles 32 de vapeur dans l'enceinte 12. C'est une situation que l'on rencontre dans un fonctionnement à faible puissance thermique (typiquement inférieure à 50 W pour l'ammoniac). Dans ce cas, la cloison poreuse 27 arrête à la fois le gaz incondensable 30 et la vapeur 32 qui entrent dans l'évaporateur sous l'effet de la circulation du fluide caloporteur. Cependant une certaine quantité de gaz incondensable peut s'accumuler en 31 dans l'enceinte 12 comme dans le cas précédent et cette enceinte contient aussi, par hypothèse, de la vapeur 32 qui s'y forme, en faible quantité dans cette hypothèse. Toutefois, grâce au tube troué 22, la paroi poreuse de l'enceinte 12 reste mouillée par du liquide caloporteur, même dans la partie 31 où s'est accumulé le gaz incondensable et la vapeur. Pour éviter que la vapeur qui s'accumule en amont de la cloison poreuse 27 ne vienne à couvrir toute la surface de cette cloison en bloquant alors le fonctionnement de l'évaporateur, on active, suivant l'invention, la source froide 28 à effet Peltier pour condenser cette vapeur. Sa puissance de refroidissement doit évidemment être compatible avec la puissance (très faible cependant) nécessaire à la condensation du débit massique total de vapeur générée dans l'enceinte 12 de l'évaporateur et arrivant à l'entrée de celui-ci. A titre d'exemple, la puissance typique de refroidissement qu'il faut installer pour un évaporateur à ammoniac est de l'ordre de quelques watts.

On a illustré schématiquement à la figure 9 un fonctionnement extrême de l'évaporateur suivant l'invention, dans lequel l'enceinte 12 est remplie de vapeur et de gaz incondensable, seul le tube troué 22 restant rempli de liquide caloporteur pour l'arrosage de la face interne de la paroi poreuse de cette enceinte 12, de manière à assurer le fonctionnement de l'évaporateur.

Dans ce cas extrême, la puissance délivrée par la source froide 28 est exactement égale à celle qui est nécessaire à la condensation de toute la vapeur incondensée arrivant contre la cloison poreuse 27.

5 Il apparaît maintenant que l'invention permet bien d'atteindre les buts fixés, à savoir réaliser un évaporateur susceptible d'être disposé en parallèle avec d'autres dans une boucle diphasique de transfert de puissance thermique, contrairement à l'évaporateur de la  
10 technique antérieure représentée à la figure 4. Cet évaporateur est en outre robuste vis-à-vis de la génération de gaz incondensable et de vapeur dans l'enceinte à paroi poreuse de l'évaporateur, contrairement à l'évaporateur des figures 2 et 3. La  
15 connexion de son entrée à une boucle diphasique exige un simple conduit flexible et non rigide, contrairement à celle de l'évaporateur de la technique antérieure représentée à la figure 5, ce qui facilite l'intégration d'une telle boucle dans des espaces réduits et/ou de  
20 forme complexe, comme on en rencontre dans les équipements de véhicules spatiaux.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit et représenté qui n'a été donné qu'à titre d'exemple. C'est ainsi que l'invention n'est  
25 pas limitée à sa mise en oeuvre dans des circuits de conditionnement thermique d'équipements de véhicules spatiaux et peut trouver applications aussi dans des équipements fonctionnant au sol. En outre, l'évaporateur suivant l'invention peut s'intégrer à tout type de  
30 boucles diphasiques à pompage capillaire, quel que soit le niveau de la température à réguler.

Egalement, l'évaporateur suivant l'invention peut subir une modification pour faciliter ses essais au sol. En effet, dans ces conditions, si l'évaporateur est  
35 disposé verticalement avec sa sortie en partie haute, la

gravité rassemble le liquide en partie basse et les gaz en partie haute, aussi bien dans l'enceinte 12 que dans le tube 22 dont l'extrémité haute n'est plus alimentée en liquide caloporteur, celui-ci n'arrosant plus alors la  
5 partie haute de l'enceinte 12. Pour éviter cet inconvénient, on peut disposer un tube droit 33 à paroi pleine (comme représenté en trait interrompu à la figure 6) dans l'enceinte 12 pour que le liquide entrant dans  
10 cette enceinte pénètre dans le tube hélicoïdal par l'extrémité de ce tube qui est voisine du fond de l'enceinte. Dans ce cas, c'est évidemment l'autre extrémité du tube 22, voisine de la cloison 25 qui est bouchée. On comprend qu'ainsi le liquide caloporteur entrant dans le tube 22 arrose la paroi de l'enceinte, y  
15 compris au niveau d'une éventuelle poche de gaz incondensable telle que celle représentée en 31 à la figure 7.

## REVENDEICATIONS

1. Evaporateur capillaire pour boucle diphasique de transfert d'énergie entre une source chaude (A) et une source froide (B), du type qui comprend a) une enceinte  
5 (12) en un matériau poreux présentant une entrée pour un fluide caloporteur à l'état liquide, b) une enveloppe (9) dans laquelle est placée ladite enceinte (12) pour définir, autour de celle-ci, une chambre (15) de collection dudit fluide à l'état de vapeur, ladite  
10 enveloppe (9) présentant une sortie par laquelle s'évacue la vapeur recueillie par ladite chambre (15), évaporateur caractérisé en ce qu'il comprend un tube (22) qui se développe dans tout l'espace (14) intérieur à l'enceinte (12) à paroi poreuse, à partir d'une extrémité (24) du  
15 tube constituant l'entrée de l'enceinte (12) en liquide caloporteur, ledit tube (22) étant percé sur toute sa longueur de trous (33) d'injection du liquide caloporteur dans la paroi de l'enceinte (12).

2. Evaporateur conforme à la revendication 1,  
20 caractérisé en ce qu'il comprend une chambre (26) placée à l'entrée de l'enceinte (12) à paroi poreuse, cette chambre étant divisée en des premier (26<sub>1</sub>, 26<sub>2</sub>) et deuxième (26<sub>3</sub>) compartiments par une cloison (25) en un matériau étanche, le fluide caloporteur entrant à l'état  
25 liquide dans le premier compartiment (26<sub>1</sub>, 26<sub>2</sub>) et pénétrant dans l'enceinte (12) par l'entrée (24) du tube troué (22), qui traverse ladite cloison (25) et le deuxième compartiment (26<sub>3</sub>).

3. Evaporateur conforme à la revendication 2,  
30 caractérisé en ce que ledit premier compartiment (26<sub>1</sub>, 26<sub>2</sub>) est subdivisé en des premier (26<sub>1</sub>) et deuxième (26<sub>2</sub>) sous-compartiments par une cloison (27) en matériau poreux, sensiblement parallèle à la cloison (25) en un matériau étanche, les entrées (10) du premier

compartiment et du tube troué (22) étant situées de part et d'autre de ladite cloison (27) en matériau poreux.

4. Evaporateur conforme à la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (28) de condensation de vapeur du fluide caloporteur éventuellement présente dans le premier sous-compartiment (26<sub>1</sub>).

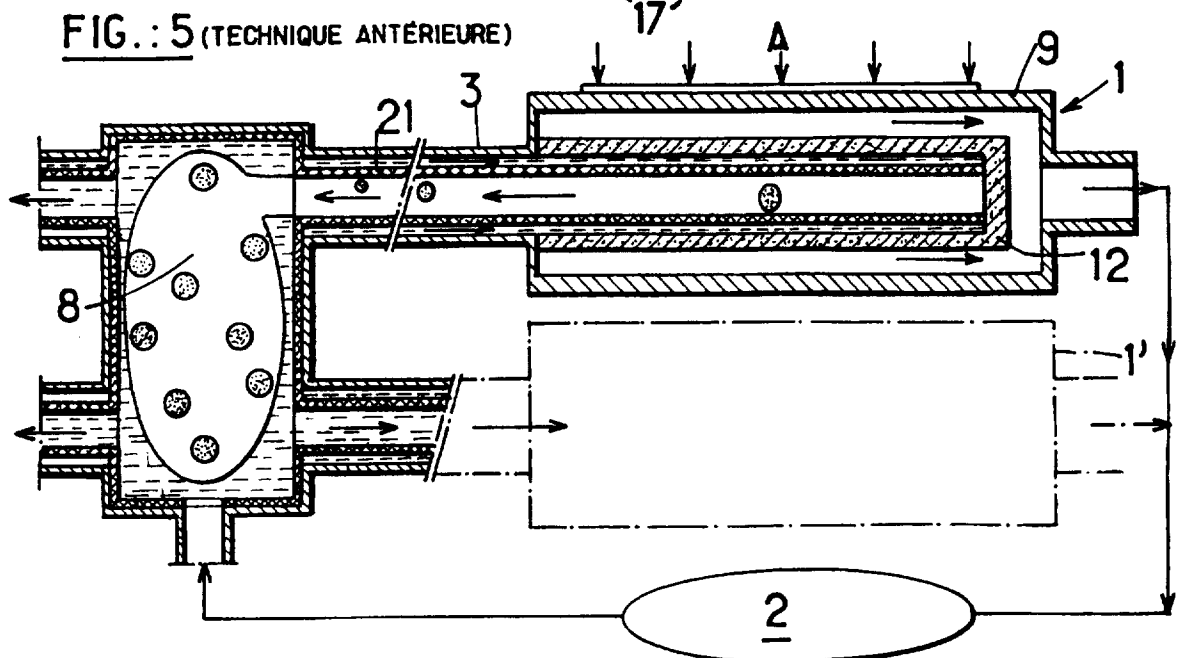
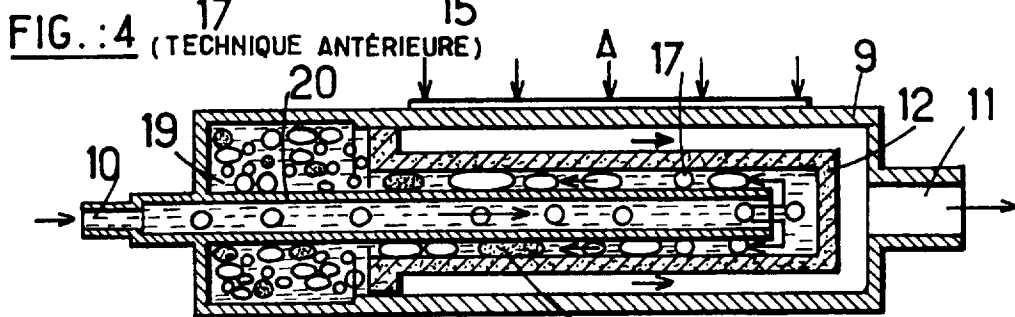
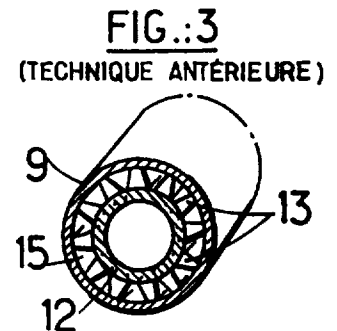
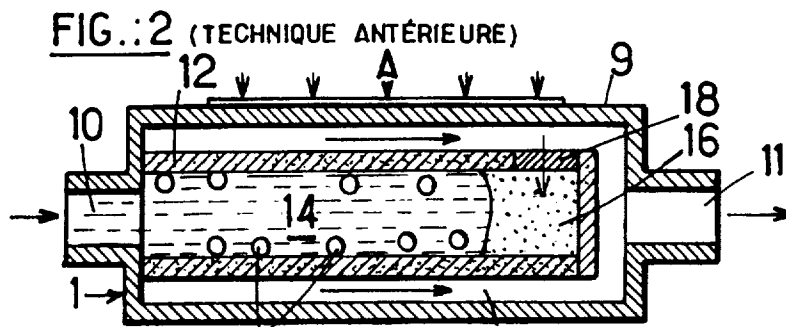
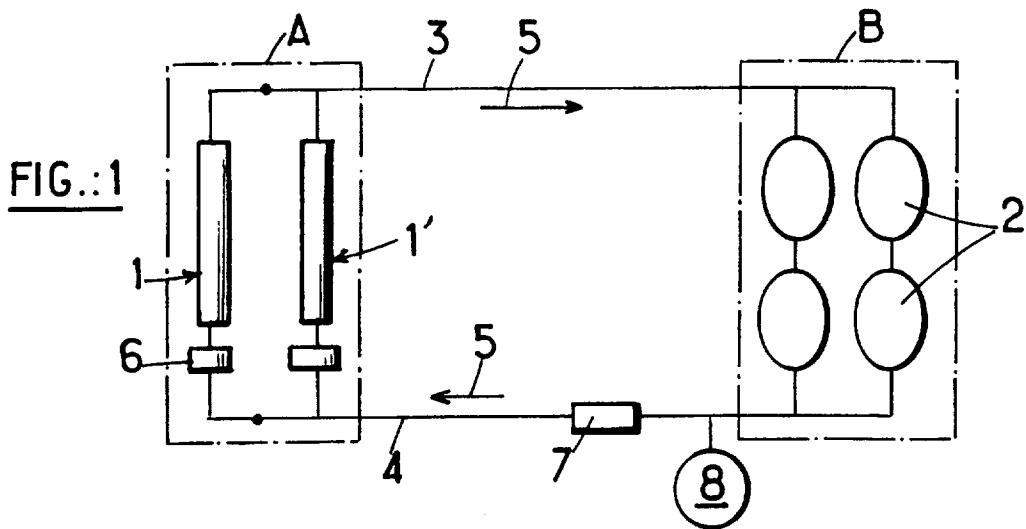
5. Evaporateur conforme à la revendication 3, caractérisé en ce que lesdits moyens (28) de condensation sont du type à effet Peltier.

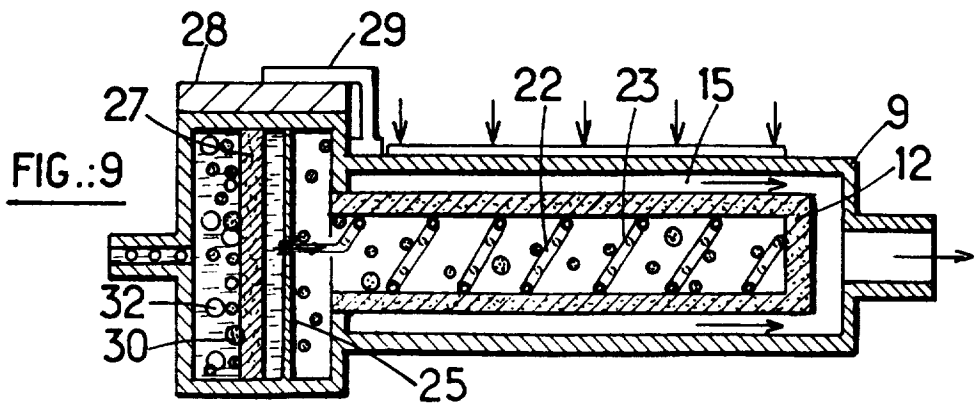
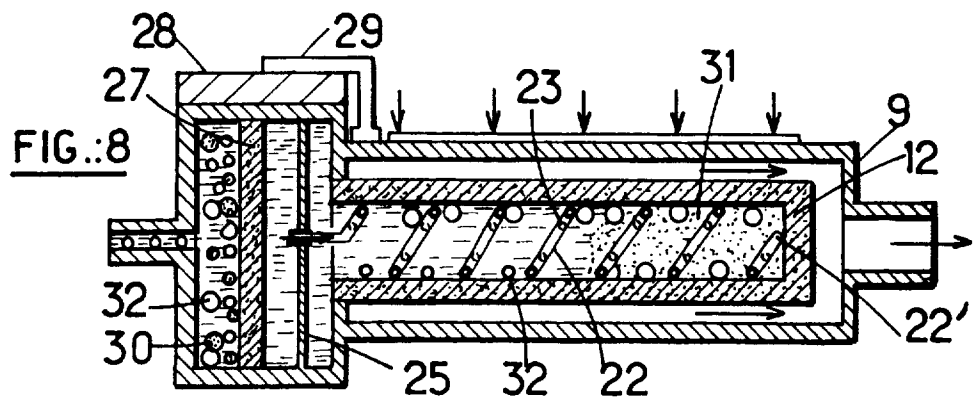
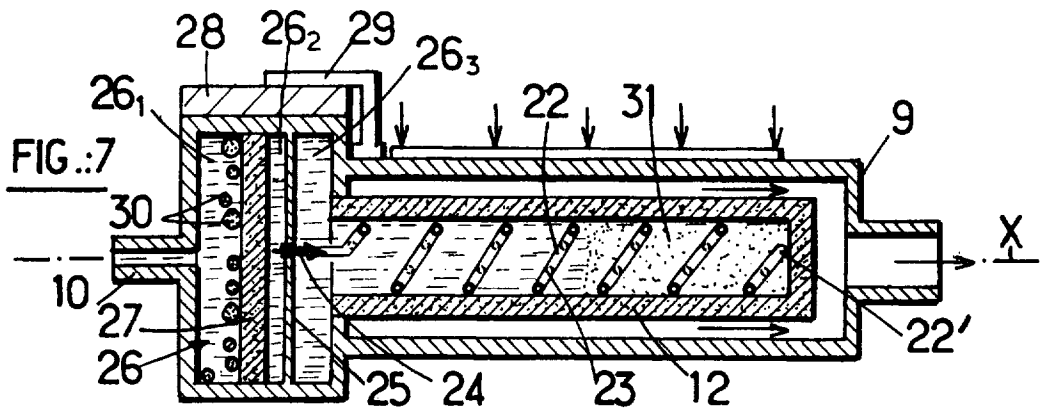
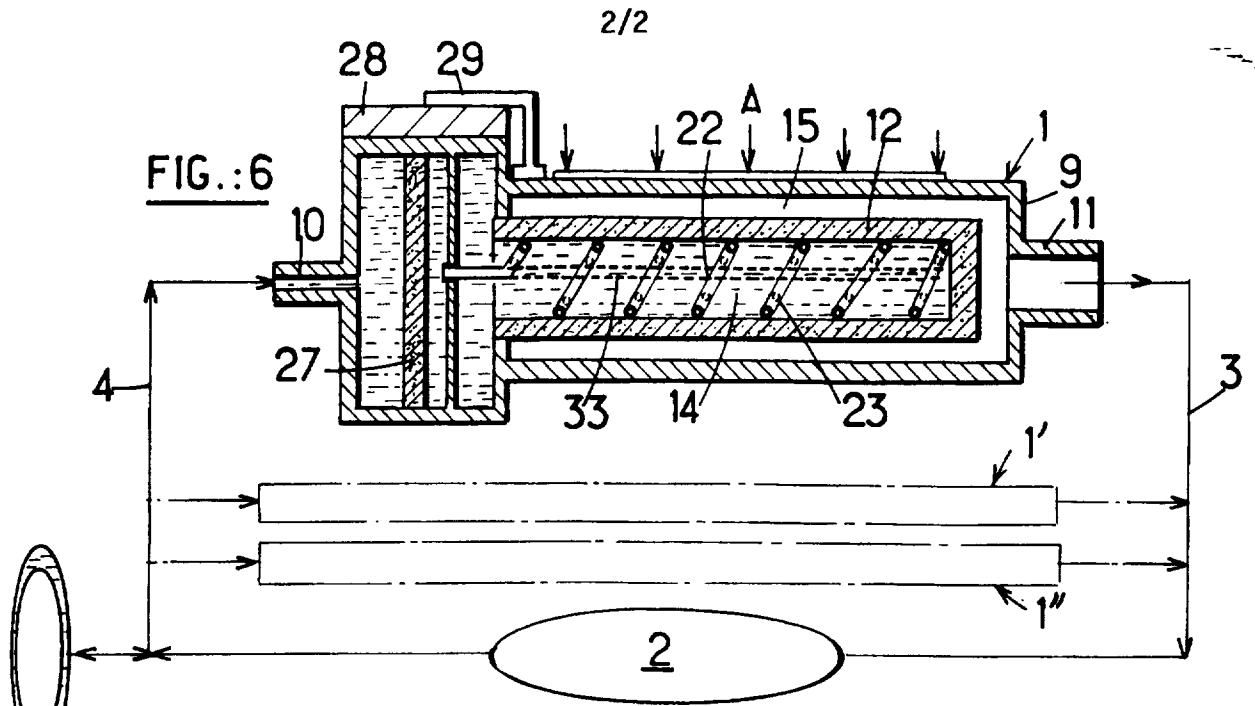
10 6. Evaporateur conforme à la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend un drain thermique (29) entre lesdits moyens (28) de condensation et l'enveloppe (9) de l'évaporateur, cette enveloppe (9) étant constituée en un matériau bon conducteur de la chaleur.

15 7. Evaporateur conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le tube troué (22) est de forme hélicoïdale et se développe à proximité d'une face interne cylindrique de la paroi poreuse de l'enceinte (12), les trous (23) percés dans ledit tube (22) débouchant vers cette paroi et l'extrémité du tube (22) opposée à son extrémité d'entrée de fluide étant bouchée.

25 8. Evaporateur conforme à l'une quelconque des revendications 2 à 7, caractérisé en ce que le liquide pénétrant dans l'enceinte (12) traverse d'abord un tube (33) à paroi pleine raccordé par son autre extrémité au tube troué (22), au voisinage du fond de l'enceinte 12.

30 9. Boucle diphasique de transfert d'énergie entre une source chaude et une source froide, comprenant au moins un évaporateur capillaire conforme à l'une quelconque des revendications précédentes.





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internationa Application No <b>PCT/FR 97/01470</b>
---

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 6 F28D15/02 F28D15/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 6 F28D F25B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 96 04517 A (CENTRE NAT ETD SPATIALES ;MACIASZEK THIERRY (FR); HUXTAIX HERVE (F) 15 February 1996 cited in the application see the whole document ---	1
A	EP 0 210 337 A (DORNIER SYSTEM GMBH) 4 February 1987 see the whole document -----	1

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 November 1997

Date of mailing of the international search report

0 6 . 1 1 . 9 7

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Zaegel, B

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internationa	Application No
PCT/FR 97/01470	

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9604517 A	15-02-96	FR 2723187 A CA 2196045 A DE 772757 T EP 0772757 A	02-02-96 15-02-96 25-09-97 14-05-97
EP 0210337 A	04-02-87	DE 3526574 C	26-03-87

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
PCT/FR 97/01470

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 6 F28D15/02 F28D15/04

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 6 F28D F25B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 96 04517 A (CENTRE NAT ETD SPATIALES ;MACIASZEK THIERRY (FR); HUXTAIX HERVE (F) 15 février 1996 cité dans la demande voir le document en entier ---	1
A	EP 0 210 337 A (DORNIER SYSTEM GMBH) 4 février 1987 voir le document en entier -----	1

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

3 novembre 1997

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

06.11.97

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Zaegel, B

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 97/01470

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9604517 A	15-02-96	FR 2723187 A	02-02-96
		CA 2196045 A	15-02-96
		DE 772757 T	25-09-97
		EP 0772757 A	14-05-97
-----			
EP 0210337 A	04-02-87	DE 3526574 C	26-03-87
-----			