

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 83401272.6

(51) Int. Cl.³: **G 05 D 23/01**
F 28 F 13/00, C 22 C 28/00

(22) Date de dépôt: 20.06.83

(30) Priorité: 21.06.82 FR 8210787

(43) Date de publication de la demande:
01.02.84 Bulletin 84/5

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

(71) Demandeur: **CENTRE NATIONAL D'ETUDES
SPATIALES**
129, Rue de l'Université
F-75007 Paris(FR)

(72) Inventeur: **Cambon, Gérard**
8, Avenue Léon Viala
F-31400 Toulouse(FR)

(74) Mandataire: **Mongrédien, André et al,**
c/o BREVATOME 25, rue de Ponthieu
F-75008 Paris(FR)

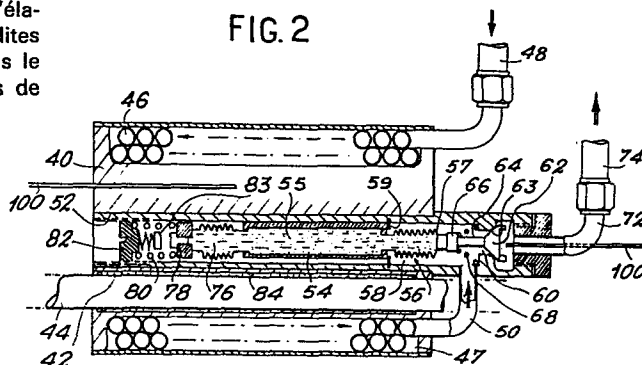
(54) **Puits de chaleur à régulation de température.**

(57) **Puits de chaleur à régulation de température.**

Selon l'invention ce puits comprend un pointeau (62) obturant plus ou moins une ouverture (60) empruntée par un liquide de refroidissement circulant dans un serpentin (46), le pointeau est solidaire d'un soufflet (56) rempli d'un fluide contenu dans un réservoir (54). Une augmentation de la température du puits provoque une augmentation du débit du liquide de refroidissement et vice versa. Le transfert de chaleur s'effectuant à basse température, un contact thermique utilisant un métal liquide est utilisé.

Application à la réalisation d'appareils concernant l'élaboration de matériaux dans l'espace à bord de satellites artificiels ou fusées sondes, aussi bien qu'au sol dans le champ de gravité naturelle ou dans d'autres champs de gravité artificielle.

FIG. 2



La présente invention a pour objet un puits de chaleur à régulation de température. Elle trouve une application dans la réalisation de matériels mettant en oeuvre des processus thermiques ayant pour but d'élaborer des matériaux divers. En particulier, l'invention trouve une application dans l'élaboration de matériaux à bord de satellites artificiels.

Les matériels embarqués à bord de satellites artificiels doivent répondre à des conditions particulières qui tiennent aux conditions exceptionnelles de leur utilisation : leur poids doit être faible, leur fiabilité grande, leur besoin en énergie limité, etc... Ces contraintes s'appliquent en particulier aux moyens d'étude des phénomènes de solidification dans l'espace, en apesanteur, aussi bien qu'au sol, dans le champ de gravité, qui font l'objet aujourd'hui d'un certain nombre de travaux.

Pour mieux comprendre ces difficultés et par là même mieux saisir l'intérêt de l'invention, un appareil d'expérimentation sur la solidification, destiné à être embarqué à bord d'un satellite va d'abord être décrit dans ses grandes lignes, et cela à l'aide de la figure 1.

L'appareil représenté sur la figure 1 comprend une structure support 10, un banc 12 reposant sur cette structure, un ou plusieurs tubes d'expérimentation 14 (par exemple trois tubes à 120°) maintenus fixés par rapport au banc, un premier four fixe 20 associé à un premier puits de chaleur 22 également fixe, un second four 24 mobile associé à un second puits de chaleur mobile 26, une table de translation 30 supportant le four et le puits mobiles, et enfin un système 32 de commande du déplacement de la table. Sur le diagramme situé en haut de la figure est représentée la répartition de température le long du tube 14.

Il apparaît deux gradients de température G_1 et G_2 , le premier fixe et le second mobile. Deux interfaces solide-liquide SL1 et SL2 marquent les zones où le matériau contenu dans les tubes 14 passe de la phase solide (extrémités droite et gauche) à la phase liquide (zone centrale). Lorsque l'équipement mobile constitué par les ensembles 24 et 26 se déplace de la droite vers la gauche, il apparaît à l'extrémité droite du tube d'expérimentation une zone cristalline 35.

La présente invention porte sur un puits de chaleur pouvant être utilisé dans une installation de ce genre, comme moyen 22 ou 26. Un puits de chaleur est un dispositif apte à évacuer une certaine quantité de chaleur. En l'occurrence cette chaleur est celle qui provient de la zone centrale de l'appareil située dans les fours et qui se propage vers les extrémités (par conduction, convection, rayonnement, etc...). Pour assurer aux extrémités des tubes d'expérimentation une température constante et maintenir ainsi un gradient de température correct, il convient d'évacuer cette chaleur et d'assurer une régulation de température.

A cette fin, un puits de chaleur comprend un bloc conducteur de la chaleur (par exemple en métal) associé à un moyen d'évacuation des calories et de régulation de la température du bloc.

L'un des problèmes majeurs posés par les puits de chaleur est celui du transfert thermique entre le tube d'expérimentation et le bloc conducteur.

La présente invention a justement pour but de résoudre ce problème dans le contexte très particulier de l'espace.

De façon précise, l'invention a pour objet un puits de chaleur à régulation de température comprenant un bloc conducteur de la chaleur, en contact thermique avec un serpentин parcouru par un liquide de

refroidissement, caractérisé en ce que le bloc est percé d'un canal apte à recevoir au moins un tube d'expérimentation, une couche de métal allié ayant une température de fusion inférieure à la température de fonctionnement du puits étant interposée entre le tube
5 d'expérimentation et le puits de chaleur.

L'invention se propose également de résoudre un problème connexe qui est la régulation de la température, à l'aide d'une combinaison de moyens qui
10 remplissent les conditions que l'on exige dans le domaine spatial, et qui ont été évoquées plus haut. De telles conditions permettent de repousser a priori certaines solutions qui pourraient être envisagées pour réaliser une telle régulation. On pourrait penser
15 par exemple utiliser un caloduc dont le puits constituerait la source chaude, ce caloduc étant associé à un élément chauffant apte à assurer une régulation de température. L'inconvénient d'un tel système serait de nécessiter une source d'énergie auxiliaire pour alimenter l'élément chauffant. Pour un puits de chaleur
20 capable d'évacuer 200 W, un tel élément chauffant consommerait de 50 à 80 W, ce qui serait prohibitif dans un satellite.

On pourrait aussi imaginer un dispositif capable de mesurer la température du puits, de comparer
25 cette température à une valeur de consigne, d'engendrer un signal d'erreur fonction de l'écart entre la température mesurée et la valeur de consigne et de commander le débit d'un fluide de refroidissement à l'aide du signal d'erreur pour ramener la température
30 à la valeur de consigne. Cette solution présenterait l'inconvénient de nécessiter des organes électroniques qui augmenteraient la complexité de l'appareil, diminueraient sa fiabilité et entraîneraient encore un excès de consommation d'énergie.
35

La présente invention a justement pour autre but de remédier à ces inconvénients. A cette fin elle

propose un puits de chaleur qui ne requiert ni source d'énergie auxiliaire, ni circuit électronique de régulation. En outre, l'invention procure des avantages liés à un faible encombrement des moyens utilisés, à leur grande fiabilité et à leur coût modique.

De manière précise, le puits de chaleur défini plus haut est en outre caractérisé en ce qu'il comprend un réservoir de fluide dilatable intégré au bloc et comportant un soufflet ayant une extrémité mobile, une chambre reliée en série avec le serpentin et traversée par le liquide de refroidissement, le soufflet étant situé dans cette chambre et baignant dans le liquide de refroidissement, cette chambre ayant une sortie susceptible d'être en tout ou partie obturée par un pointeau mobile relié par une tige à l'extrémité mobile du soufflet, de sorte que le pointeau dégage la sortie de la chambre et facilite l'écoulement du liquide de refroidissement à travers le serpentin lorsque la température du puits excède une valeur de consigne et inversement obture la sortie et ralentisse l'écoulement du liquide à travers le serpentin lorsque la température est en-dessous de cette valeur de consigne.

On voit que de tels moyens remplissent bien les fonctions visées : l'évacuation des calories s'effectue par le liquide de refroidissement et la régulation s'effectue de manière automatique par action sur le débit de ce liquide, sans nécessiter d'organe électronique de mesure ou de correction. Par ailleurs le nombre de pièces en mouvement étant très faible la fiabilité est grande et la robustesse remarquable. Enfin tous les organes de régulation étant intégrés dans le bloc conducteur, l'encombrement du puits est à son minimum.

Les caractéristiques de l'invention apparaîtront mieux après la description qui suit d'exem-

ples de réalisation donnés à titre explicatif et nullement limitatif. Cette description se réfère à des dessins annexés, qui font suite à la figure 1 déjà décrite et sur lesquels :

- 5 - la figure 2 représente un premier mode de réalisation de l'invention,
- la figure 3 représente un second mode de réalisation.

La figure 2 représente en coupe longitudinale un puits de chaleur conforme à l'invention. Selon
10 un premier mode de réalisation tel que représenté, ce puits comprend un bloc métallique 40 percé de canaux cylindriques 42 destinés à recevoir des tubes d'expérimentation 44 (un seul tube est visible sur la figure),
15 un serpentin 46 en contact thermique étroit avec le bloc 40, (par exemple au moyen d'un liquide 47 constitué par un métal liquide indium-gallium, ou par de la paraffine, de l'eau, de l'alcool etc...), un connecteur hydraulique d'entrée 48 et une tubulure de
20 sortie 50. Le liquide de refroidissement peut être quelconque mais, pour l'application spatiale envisagée, l'eau semble avantageuse ou le liquide désigné par FC75.

Le dispositif illustré comprend encore,
25 dans un logement 52 percé dans le bloc 40 un ensemble de moyens constitué par les éléments suivants : un réservoir 54 rempli d'un fluide 55 présentant un fort coefficient de dilatation avec la température (un gaz par exemple ou un liquide comme l'alcool), ce réservoir
30 étant en appui sur une butée 59 et se prolongeant par un soufflet 56 ayant une extrémité mobile 57. Ce soufflet est situé dans une chambre 58 dans laquelle pénètre la tubulure de sortie 50. Le soufflet baigne donc extérieurement dans le liquide de refroidissement
35 et intérieurement dans le liquide de détection de température.

La chambre 58 possède une ouverture 60 pouvant être plus ou moins obturée par un pointeau 62, qui peut prendre appui sur un siège 63. Le pointeau 62 est relié par une tige 64 à l'extrémité mobile 57 du soufflet. La tige 64 possède une butée 66 sur laquelle vient prendre appui un ressort 68 qui s'appuie par ailleurs sur le fond de la chambre 58. L'ouverture 60 communique avec une tubulure de sortie 72 munie d'un connecteur hydraulique de sortie 74.

Le dispositif représenté comprend encore et accessoirement un second soufflet 76 et une base 78 sur laquelle s'appuie un ressort 80 tenu par ailleurs par un bouchon 82 à filetage, dont l'enfoncement peut être réglé de l'extérieur par rotation. Sur ce bouchon est fixée une butée élastique 83.

Le fonctionnement de ce dispositif est le suivant. Le liquide de refroidissement qui parcourt le serpentín 46 a un débit qui est fixé par la position du pointeau 62 par rapport à l'ouverture 60. Or, ce pointeau se déplace avec la tige 64 elle-même actionnée par le soufflet 56. Celui-ci s'allonge lorsque le fluide qu'il contient se dilate sous l'effet d'une élévation de température et se rétracte sous l'effet inverse. Le débit du liquide de refroidissement se trouve donc modifié lors des variations de température du fluide contenu dans le réservoir, donc finalement lors des variations de température du puits. On observera qu'une augmentation de température a pour effet d'ouvrir le dispositif et d'augmenter le débit du liquide. En revanche, dans les vannes thermostatées classiques utilisées dans certains appareils de chauffage, la fonction est inversée : lorsque la température s'élève la vanne se ferme. De telles vannes ne peuvent donc être utilisées comme moyen de régulation comme c'est le cas dans l'invention.

On observera encore que le système de régulation décrit est insensible à la pression du liquide de refroidissement, puisque l'élément de commande (en l'occurrence le soufflet 56) plonge dans ce liquide et est donc toujours à la pression de celui-ci.

Lorsque la température du puits est inférieure à une température de consigne le pointeau 62 est sur son siège et le liquide de refroidissement ne circule pas. Lorsque la température s'élève la dilatation des soufflets 56 et 76 a pour effet de faire reculer la base 78, le pointeau restant toujours sur son siège. Lorsque la base 78 vient en contact avec la butée élastique 83, le pointeau se dégage de son siège et le liquide de refroidissement commence à circuler.

Le réglage de la température de consigne peut s'effectuer en enfonçant plus ou moins le bouchon 82, ce qui a pour effet de régler la position de la butée élastique 83 et, par suite, la température d'ouverture du pointeau 62. Des capteurs de température 100 sont implantés en différents endroits de l'appareil afin de faciliter le réglage et la surveillance de la température de fonctionnement.

Par ailleurs, la butée élastique 83 est un organe de sécurité qui cède sous la poussée de la base 78 lorsque cette poussée est trop élevée (par exemple dans le cas de surchauffage due à un arrêt ou à un ralentissement extérieur de la circulation du liquide de refroidissement).

Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 3, le fluide 55 dont la dilatation commande l'ouverture de la vanne est situé à l'extérieur du soufflet 56, le liquide de refroidissement étant alors à l'intérieur. La tige 64 qui relie l'extrémité mobile 57 du soufflet au pointeau 62 traverse alors le soufflet. Mise à part cette différence de disposition le

principe de cette variante est le même que précédemment : lors d'une élévation de température, le soufflet se contracte (au lieu de se dilater puisque le fluide 55 est à l'extérieur du soufflet) et sous l'effet de cette déformation, le pointeau 62 s'écarte de son siège 63 ce qui a pour effet de mettre en circulation le liquide de refroidissement.

Dans cette variante, comme dans la précédente, on obtient une compensation de pression puisque le soufflet baigne toujours dans le liquide de refroidissement.

Le mode de réalisation de la figure 3 se distingue encore de celui de la figure précédente par le fait que les moyens de réglage de la température agissent cette fois sur la position du siège. A cette fin le siège 63 est solidaire d'une pièce mobile 90 dont la position peut être modifiée par action sur un bouton moleté 92.

Naturellement, d'autres dispositions pourraient être imaginées à partir de celles qui viennent d'être décrites sans sortir du cadre de l'invention.

En ce qui concerne le transfert thermique avec le bloc conducteur, l'invention prévoit un joint métallique liquide 84 intercalé entre le canal cylindrique 42 percé dans le bloc 40 et le tube d'expérimentation 44. Un tel joint favorise le transfert thermique entre le tube et le puits et améliore donc l'efficacité de celui-ci. Le métal employé doit être liquide à la température de fonctionnement du puits, et il est de préférence, solide à la température ambiante (par exemple à 20°C). Un métal qui convient bien à cette utilisation est l'alliage indium-gallium dont le point de fusion est situé vers 50°C. La conductibilité thermique des métaux liquides étant de l'ordre de 15W/m°C, avec une épaisseur de 1 mm, on obtient une

conductance thermique d'environ $47\text{W}/^\circ\text{C}$, ce qui est bien meilleur qu'avec une couche d'hélium, où avec une couche d'épaisseur $0,2\text{ mm}$ la conductance thermique ne serait que de $2,6\text{W}/^\circ\text{C}$ ou avec de l'air, où cette conductance serait de $0,5\text{W}/^\circ\text{C}$.

La solution du joint métallique liquide offre un autre avantage. Si le joint est solide à la température ambiante, il participe au maintien du tube d'expérimentation dans le puits, ce qui est particulièrement utile pendant la phase de lancement et de mise en orbite du satellite où les vibrations risquent d'endommager le tube.

Pour finir et à titre seulement explicatif, il peut être indiqué que le dispositif décrit est capable d'évacuer 200W à une température réglable entre 50°C et 100°C avec une régulation de température de $\pm 1^\circ\text{C}$ avec un liquide de refroidissement qui est de l'eau à une pression comprise entre $4,2$ et 6 bars, cette eau ayant une température d'entrée nominale de 21°C (minimum 4°C maximum 49°C) et une température de sortie de 93°C maximum avec un débit maximal de l'ordre de $0,02\text{ kg/s}$. Le réservoir de fluide de détection de température peut présenter un volume de 5 à 10 cm^3 et le serpentin avoir une longueur de 4 à 6 mètres avec 4 mm de diamètre intérieur, ce serpentin peut être enroulé sur un diamètre moyen de 50 mm et comprendre 37 spires.

La définition d'un puits capable d'évacuer plus de 200 W est immédiate à partir de ces données par simple extrapolation.

Naturellement, si l'appareil qui vient d'être décrit est qualifié pour être utilisé à bord de satellites artificiels, il l'est a fortiori pour des matériels de laboratoire au sol.

REVENDICATIONS

1. Puits de chaleur à régulation de température comprenant un bloc conducteur de la chaleur (40), en contact thermique avec un serpentin (46) parcouru
5 par un liquide de refroidissement, caractérisé en ce que le bloc est percé d'un canal (42) apte à recevoir au moins un tube d'expérimentation, une couche de métal allié (84) ayant une température de fusion inférieure à la température de fonctionnement du puits
10 étant interposée entre le tube d'expérimentation (46) et le puits de chaleur.

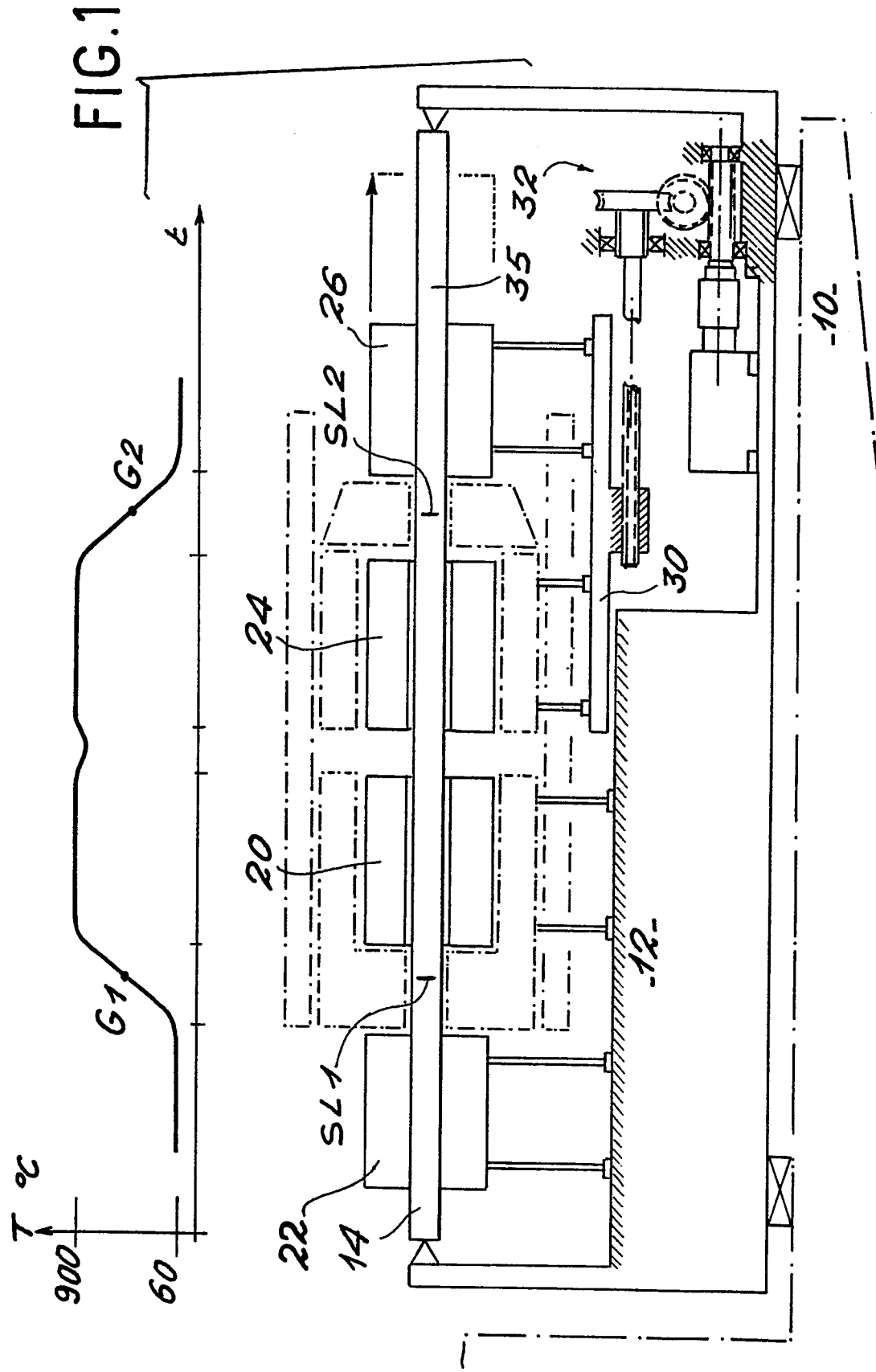
2. Puits de chaleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le métal allié est un alliage indium-gallium.

15 3. Puits de chaleur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un réservoir (54) de fluide dilatable (55) intégré au bloc (40) et comportant un soufflet (56) ayant une extrémité mobile (57), une chambre (58) reliée en série avec le serpentin (46) et traversée par le liquide de refroidissement, cette chambre (58) ayant une sortie (60) susceptible d'être en tout ou partie obturée par un pointeau
20 mobile (62) relié par une tige (64) à l'extrémité mobile (57) du soufflet (56), de sorte que le pointeau dégage la sortie de la chambre et facilite l'écoulement du liquide de refroidissement à travers le serpentin lorsque la température du puits excède une valeur de consigne et obture la sortie et ralentit l'écoulement du liquide à travers le serpentin lorsque
25 la température est en-dessous de cette valeur de consigne.

4. Puits de chaleur selon la revendication 3, caractérisé en ce que le fluide dilatable (55) est situé à l'intérieur du soufflet (56) et le liquide
35 de refroidissement à l'extérieur du soufflet, et en ce que la tige (64) est située à l'extérieur du soufflet.

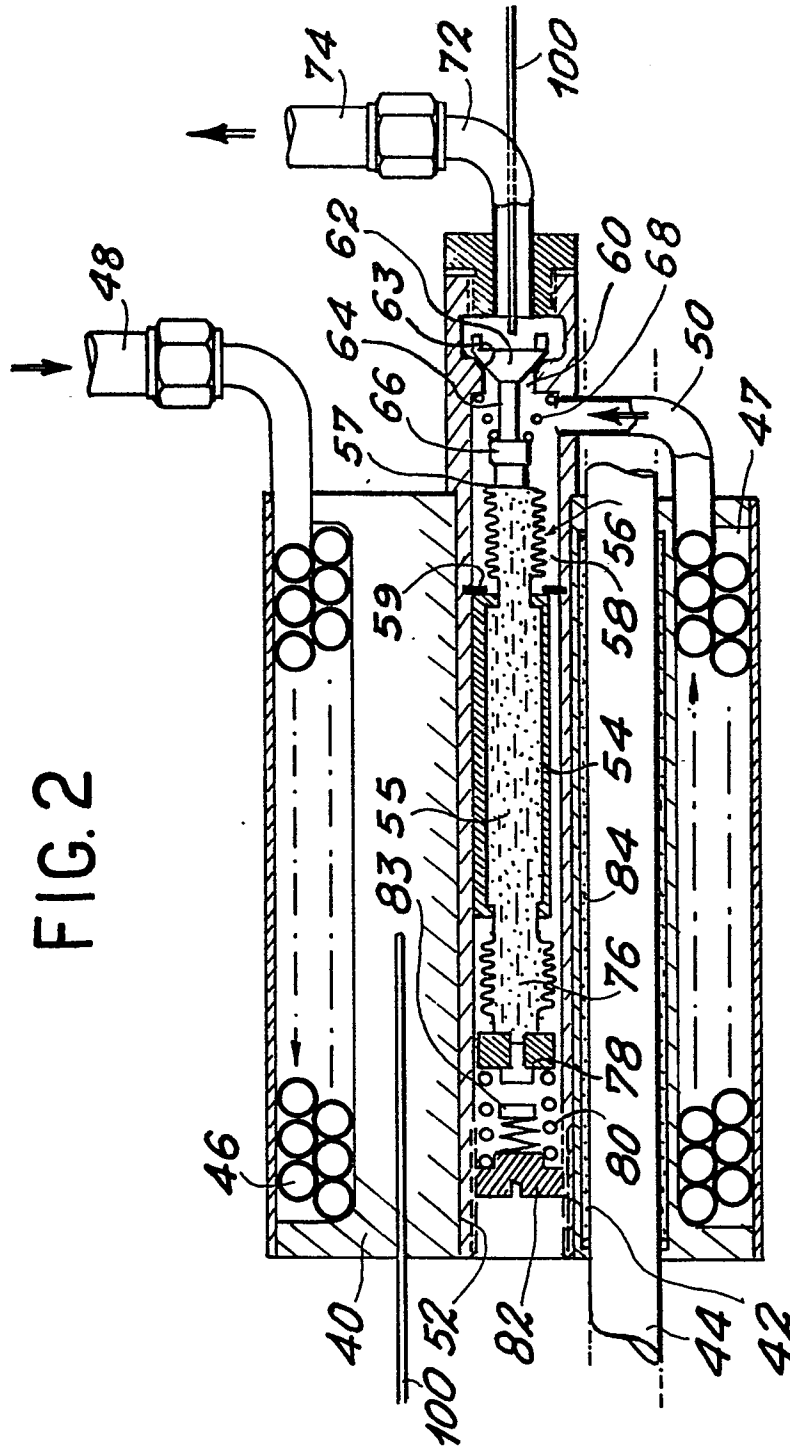
5. Puits de chaleur selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'extrémité du soufflet autre que l'extrémité (57) reliée à la tige (64) est reliée à une base (78) susceptible, lors de l'allongement du soufflet, de venir en appui sur une butée élastique (83) reliée à des moyens de réglage de sa position.

6. Puits de chaleur selon la revendication 3, caractérisé en ce que le fluide dilatable (55) est situé à l'extérieur du soufflet et en ce que la chambre (58) communique avec l'intérieur du soufflet qui contient le liquide de refroidissement.



2.3

FIG. 2



3,3

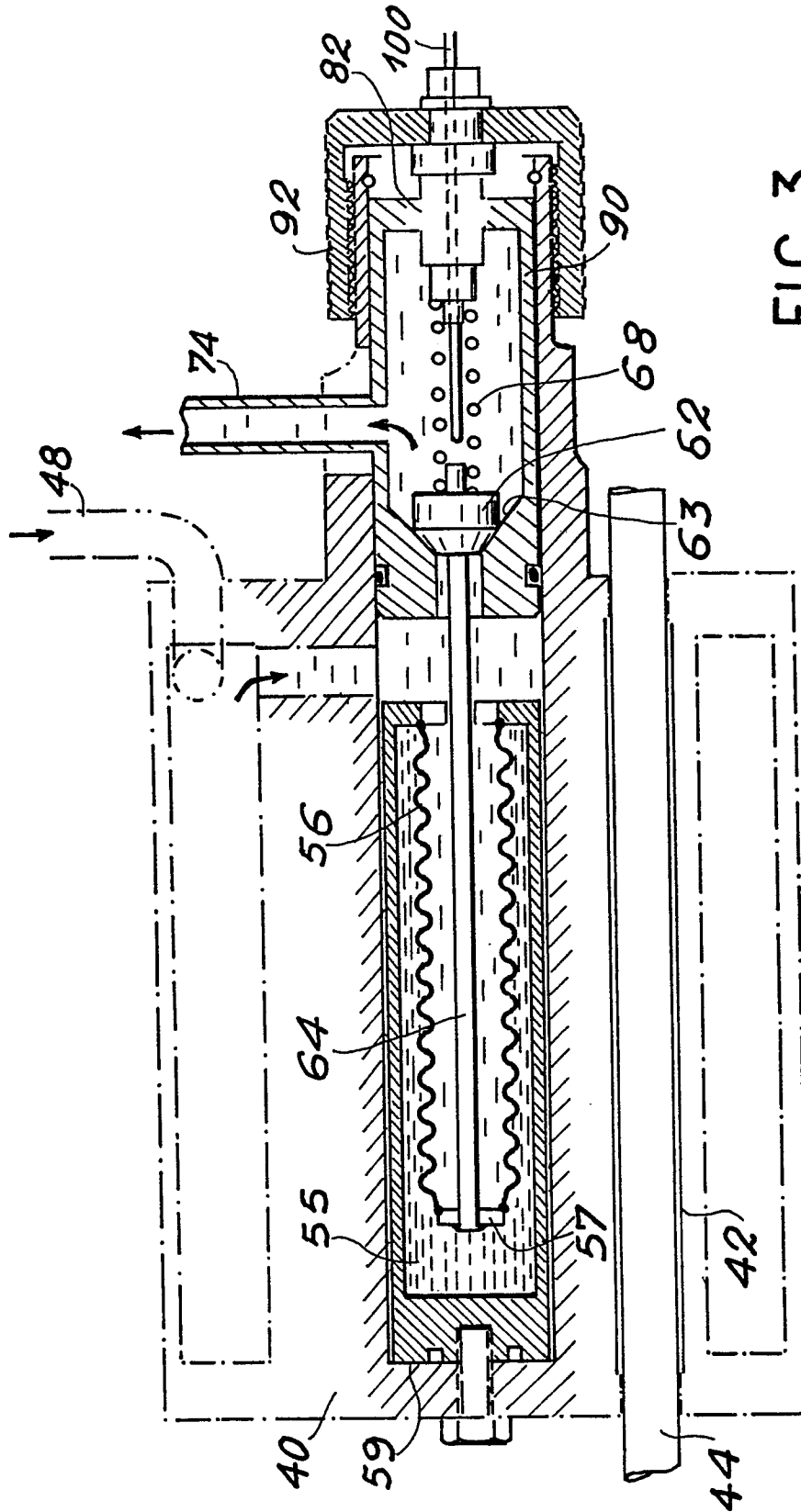


FIG. 3



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0099777

Numéro de la demande

EP 83 40 1272

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. 3)
A	DE-A-2 844 805 (DR. LANGE) * Page 1, lignes 1-25; figure 1 *	1	G 05 D 23/01 F 28 F 13/00 C 22 C 28/00
A	GB-A-2 056 042 (NERATOOM) * Abrégé; figures 2,4 *	1	
A	US-A-2 649 368 (A. SMITH) * Colonne 1, lignes 1-13 *	1	
A	US-A-3 150 901 (H. ESTEN) * Colonne 1, ligne 64 - colonne 2, ligne 7 *	2	
A	US-A-3 302 703 (F. KELLY) * Colonne 3, ligne 22 - colonne 4, ligne 1; figure 4 *	1	
A	FR-A-1 432 935 (HUGUES AIRCRAFT) * Page 1, colonne de gauche, lignes 7-22; page 1, colonne de droite, ligne 29 - page 2, colonne de droite, ligne 26; figures 1-4 *	3-5	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3) G 05 D F 28 F C 22 C G 01 N
A	FR-A-1 028 294 (DAIMLER BENZ) * Page 2, colonne de gauche, lignes 26-37; figure 2 *	4,5	
---		-/-	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 05-10-1983	Examineur HELOT H.V.
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	



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0099777

Numéro de la demande

EP 83 40 1272

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			Page 2
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ³)
A	GB-A- 196 395 (B. WINGFIELD) * Page 1, lignes 35-52; figure 2 * -----	6	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ³)
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 05-10-1983	Examineur HELOT H.V.
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	