

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑰ Numéro de dépôt: **87401167.9**

⑸ Int. Cl.4: **F 25 B 9/02**

⑱ Date de dépôt: **25.05.87**

⑳ Priorité: **26.05.86 FR 8607449**

㉑ Date de publication de la demande:
02.12.87 Bulletin 87/49

㉒ Etats contractants désignés:
BE CH DE ES FR GB IT LI

⑴ 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)

⑵ Inventeur: **Faure, Alain**
Le Moulin Mont-Bonnot
F-38330 Saint-Ismier (FR)

Reale, Serge
12, rue Hyppolyte Muller
F-38100 Grenoble (FR)

⑶ 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)

⑷ Procédé d'alimentation d'un refroidisseur joule-thomson et appareil de refroidissement pour sa mise en oeuvre.

⑸ Suivant ce procédé, on alimente le refroidisseur d'abord avec de l'argon à fort débit, puis avec de l'azote à fort débit, puis on réduit brusquement le débit de l'azote.
Application au refroidissement de détecteurs infra-rouge.

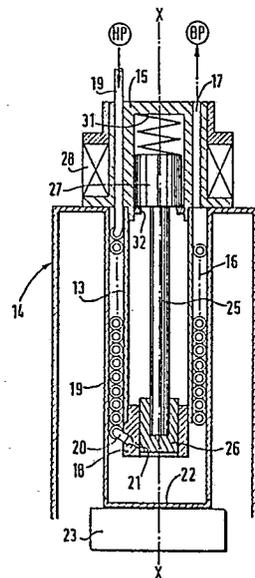


FIG. 3

Description

"PROCÉDE D'ALIMENTATION D'UN REFRIGÉREUR JOULE-THOMSON ET APPAREIL DE REFRIGÉREMENT POUR SA MISE EN OEUVRE"

La présente invention est relative à un procédé d'alimentation d'un réfrigéreur Joule-Thomson comprenant une conduite haute pression qui se termine par un orifice de détente, et un circuit d'évacuation basse pression en relation d'échange thermique avec la conduite haute pression et dans lequel débouche l'orifice de détente, et plus particulièrement à un procédé du type dans lequel on alimente successivement la conduite haute pression avec un fluide de démarrage puis avec un fluide de travail.

De façon générale, on cherche à réduire le temps de mise en froid ainsi que la température froide limite des réfrigéreurs Joule-Thomson. La température limite que l'on peut atteindre est la température d'ébullition du fluide détente, tandis que la vitesse de refroidissement dépend de l'effet Joule-Thomson de ce fluide, c'est-à-dire de la puissance frigorifique procurée par sa détente. Pour concilier ces deux objectifs, on a proposé des procédés du type précité (brevet FR 2322 337), mais, avec ces procédés connus, il n'a pas été possible d'obtenir en un temps très court des températures suffisamment basses pour certaines applications, par exemple une température d'environ 80 K avec comme fluide de démarrage et de travail, respectivement, l'argon et l'azote.

L'invention a pour but de permettre d'obtenir en un temps très court des températures plus basses qu'il n'était possible jusqu'à présent.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé du type précité, caractérisé en ce qu'on utilise le fluide de travail d'abord à fort débit, puis on réduit brusquement son débit pour terminer la phase de mise en froid du réfrigéreur.

Suivant des caractéristiques préférées :

- on assure la réduction du débit en masquant l'orifice de détente par une surface laissant subsister à la périphérie de l'orifice un passage de fuite ;
- on réduit le débit du fluide de travail dans un rapport au moins égal à 10 ;
- on passe du fluide de démarrage au fluide de travail lorsque la vitesse du refroidissement assuré par le premier devient inférieure à la vitesse du refroidissement assuré par le second.

L'invention a également pour objet un appareil de refroidissement destiné à mettre en oeuvre le procédé défini ci-dessus. Cet appareil, du type comprenant une première source de fluide de démarrage sous une première haute pression, une seconde source de fluide de travail sous une seconde haute pression, un réfrigéreur Joule-Thomson comprenant une conduite haute pression qui se termine par un orifice de détente et un circuit d'évacuation basse pression en relation d'échange thermique avec la conduite haute pression et dans lequel débouche l'orifice de détente, et des moyens de commutation pour relier la conduite haute pression d'abord à la première source puis à la seconde source, est caractérisé en ce qu'il com-

prend des moyens d'étranglement pour réduire brusquement le débit s'écoulant dans la conduite haute pression.

Dans un mode de réalisation préféré, les moyens d'étranglement comprennent un obturateur mobile d'une première position où l'orifice de détente est libre à une seconde position où cet orifice est masqué par une surface laissant substituer à la périphérie de l'orifice un passage de fuite.

Un exemple de mise en oeuvre de l'invention va maintenant être décrit en regard des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 représente en coupe longitudinale un réservoir de gaz sous haute pression d'un appareil suivant l'invention ;
- la figure 2 est une vue en coupe longitudinale d'un réfrigéreur Joule-Thomson associé au réservoir de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue analogue à la figure 2 qui montre le réfrigéreur dans une autre phase de son fonctionnement ; et
- la figure 4 est un diagramme montrant l'évolution de la température du réfrigéreur en fonction du temps lorsque le procédé suivant l'invention est mis en oeuvre.

Le réservoir 1 représenté à la figure 1 est divisé en deux chambres inégales par une cloison transversale 2 : une chambre auxiliaire aval 3 contenant un fluide de démarrage à effet Joule-Thomson important mais relativement peu volatil, par exemple de l'argon, sous une première haute pression qui peut être de l'ordre de 700 bars, et une chambre principale amont 4 contenant un fluide de travail plus volatil et à effet Joule-Thomson moindre, par exemple de l'azote, sous une seconde haute pression au plus égale à la première haute pression, par exemple de l'ordre de 400 bars.

La cloison 2 est percée d'un orifice 5 masqué par un morceau de clinquant 6 appliqué sur la face avant de la cloison. Une conduite 7 de remplissage en azote, pourvue d'une vanne d'arrêt 8, débouche dans la chambre amont 4 du réservoir. De la chambre aval 3 part une conduite de sortie 9 pourvue d'une vanne d'arrêt 10 et sur laquelle se pique, en amont de la vanne 10, une conduite 11 de remplissage en argon elle-même pourvue d'une vanne d'arrêt 12.

Le réfrigéreur représenté aux figures 2 et 3 est de révolution autour d'un axe X-X, supposé vertical pour la commodité de la description, et comprend un noyau intérieur tubulaire 13 et une double enveloppe extérieure 14 isolée sous vide et formant Dewar. Une tête supérieure 15 en forme de coupelle inversée obture l'extrémité supérieure du noyau 13 et de l'espace annulaire 16 compris entre le noyau 13 et l'enveloppe 14 ; l'espace 16 communique toutefois avec l'atmosphère environnante par une série de trous 17 traversant la tête 15. Les diamètres intérieurs du noyau 13 de l'enveloppe 14 sont respectivement de 2,5 mm et de 5 mm environ.

Un fourreau 18 est partiellement enfilé et fixé dans l'extrémité inférieure du noyau 13. Une conduite haute pression 19, constituée d'un tube portant une ailette hélicoïdale, est bobinée en hélice sur toute la longueur du noyau 13, en contact avec celui-ci et avec la paroi intérieure de l'enveloppe 14 ; son extrémité supérieure traverse la tête 15 et est reliée à la conduite de sortie 9 du réservoir 1, et son extrémité inférieure 20 est fixée dans un perçage incliné vers le bas qui est prévu dans la paroi du fourreau 18 et dont la partie intérieure, de diamètre réduit, forme un orifice de détente 21.

La paroi intérieure de l'enveloppe 14 porte à son extrémité inférieure un fond 22 sur lequel se fixe en contact d'échange thermique un élément 23 à refroidir, qui peut être par exemple un détecteur infra-rouge et qui est situé dans l'espace sous vide du Dewar. Au-dessus du fond 22 est ainsi délimitée une chambre de refroidissement 24 qui constitue la partie la plus froide du dispositif.

Une tige 25 est montée coulissante à l'intérieur du noyau 13. Cette tige porte à son extrémité inférieure une aiguille obturatrice 26 et, à son extrémité supérieure, un plongeur d'électro-aimant 27. L'aiguille 26 coulisse à ajustement étroit dans le fourreau 19, c'est-à-dire avec un jeu qui, compte tenu des coefficients de dilatation, est, sur le diamètre, de l'ordre de quelques microns pour la température froide de fonctionnement du refroidisseur. Par exemple, si l'aiguille est en acier 100 C 6 et le fourreau en bronze-béryllium, on prévoira un jeu, sur le diamètre, de 5 à 6 microns à la température ambiante, ce qui correspond à un jeu, sur le diamètre, de 2 à 3 microns à une température froide de l'ordre de 80 à 90 K.

Le plongeur 27 coulisse dans la tête 15. Autour de celle-ci est disposé un bobinage d'électro-aimant 28 dont les bornes 29, 30 sont adaptées pour être reliées aux bornes d'une source de courant continu (non représentée). Un ressort 31 est comprimé axialement entre le fond de la tête 15 et le plongeur 27. Le guidage de la tige 25 est assuré d'une part par l'aiguille 26, d'autre part par le plongeur 27. Une butée 32 pour le plongeur 27 est prévue au débouché de la tête 15.

Au repos, le refroidisseur est dans l'état représenté à la figure 3 : l'électro-aimant n'est pas alimenté en courant électrique, de sorte que le ressort 31 est détendu et repousse vers le bas la tige 27 jusqu'à une position de butée où l'aiguille 26 obture l'orifice 21 au petit jeu de coulissement près (5 à 6 microns sur le diamètre puisque le dispositif est à température ambiante).

Lors de la mise en froid, le bobinage 28 est mis sous tension et fait remonter le plongeur 27, la tige 25 et l'aiguille 26 à l'encontre du ressort 31 jusqu'à la position de la figure 2, où l'aiguille 26 dégage complètement l'orifice 21. Ce dernier peut alors être considéré comme débouchant librement dans la chambre 24.

Dans cette position, on ouvre la vanne 10 de la conduite 9, de sorte que l'argon sous haute pression est envoyé dans la conduite 19 et est détendu à fort débit (par exemple 1000 à 1500 NI/h) au passage de l'orifice 21. L'argon détendu et, par suite, refroidi

remonte entre les spires de la conduite 19 jusqu'à être évacué dans l'atmosphère environnante par les orifices 17, en refroidissant l'argon haute pression. Ainsi, la température régnant dans la chambre 24 diminue de plus en plus.

Simultanément, la pression baisse dans la chambre 3 du réservoir. A un instant t1 qui sera précisé plus loin, la pression de la chambre 3 est suffisamment inférieure à celle de la chambre 4 (400 bars dans cet exemple) pour provoquer la rupture du clinquant 6. L'azote contenu dans la chambre 4 chasse alors quasi instantanément du réservoir le reliquat d'argon, puis s'écoule à fort débit (par exemple 600 à 800 NI/h) dans la conduite 19 pour se détendre au passage de l'orifice 21.

Ainsi, la température continue à baisser dans la chambre 24, pour la même raison que précédemment.

A un second instant t2 qui sera précisé plus loin, on coupe l'alimentation électrique du bobinage 28, par exemple au moyen d'un temporisateur, de sorte que le ressort 31 ramène instantanément la tige 25 à sa position initiale de la figure 3 : l'aiguille 26 obture l'orifice 21 et, étant repoussée latéralement par le jet de gaz sortant de cet orifice, se trouve à une distance j de celui-ci égale au jeu diamétral à basse température, soit 2 à 3 microns avec les valeurs numériques indiquées plus haut. Le débit est ainsi réduit brusquement à une valeur faible, de préférence au moins dix fois inférieure à sa valeur précédente ; la perte de charge du circuit basse pression, qui était de l'ordre de quelques bars, est réduite d'autant, ce qui permet d'obtenir dans la chambre 24 de l'azote liquide à une température voisine du point d'ébullition de l'azote à la pression atmosphérique, c'est-à-dire d'environ 80 K.

On a représenté à la figure 4 la variation de la température dans la chambre 24 en fonction du temps.

Dans la première phase de la mise en froid, le refroidissement résulte uniquement de la détente de l'argon à fort débit. Comme ce gaz présente un effet Joule-Thomson important, ce refroidissement est très rapide.

Cependant, il est limité d'une part par la volatilité relativement faible de l'argon, d'autre part par l'importante perte de charge, de l'ordre de quelques bars, créée par le fort débit dans le circuit basse pression, et c'est pourquoi la vitesse de descente en température diminue : si l'on poursuivait le refroidissement avec de l'argon à fort débit, on suivrait la courbe C1 de la figure 4. On choisit donc l'instant t1 au début du ralentissement du refroidissement provoqué par l'argon, comme illustré en A à la figure 4. A la température correspondante, en effet, l'azote à fort débit assure un refroidissement plus rapide que l'argon, comme le montre la courbe C2 de la figure 4, qui correspond à l'utilisation d'azote à fort débit pour assurer la totalité de la mise en froid. Comme on le comprend, c'est par le choix de la haute pression de l'argon et du volume de la chambre 3 que l'on peut déterminer l'instant t1 où le clinquant 6 se brisera.

Ainsi, à partir de l'instant t1, la température décroît parallèlement à la courbe C2, c'est-à-dire

moins vite qu'avant cet instant, puisque l'effet Joule-Thomson de l'azote est moins fort que celui de l'argon, mais plus rapidement que si l'on continue à utiliser de l'argon. Puis, de nouveau, du fait de la proximité du point d'ébullition de l'azote et de la forte perte de charge du circuit basse pression, la vitesse de refroidissement décroît, à partir du point B de la figure 4.

On peut choisir cet instant pour diminuer brusquement le débit d'azote (instant t₂). On obtient alors la courbe finale C3 de la figure 4, qui est parallèle à la courbe C4 correspondant au cas où l'ensemble de la mise en froid serait effectuée avec de l'azote à faible débit.

Cette courbe C3 est très satisfaisante si l'on souhaite atteindre une température finale comprise entre 85 et 90 K. Mais pour descendre plus bas en température, il est préférable de laisser l'azote s'écouler à fort débit jusqu'à un instant t₃, postérieur à t₂, où certaine quantité d'azote sous quelques bars s'est formée dans la chambre 24 (point D de la figure 4). Dans ce cas, la réduction du débit d'azote provoque la vaporisation très rapide d'une partie de ce liquide (effet de flash), dont la température tombe quasi-instantanément au voisinage de 80 K. On obtient alors la courbe finale C5 de la figure 4.

Avec les valeurs de pressions indiquées plus haut, on peut de cette manière atteindre en deux secondes environ une température de 80 K dans la chambre 24. De plus, grâce à l'utilisation d'un petit débit de fuite de travail, on peut conserver cette température pendant une longue période, de sorte que l'appareil possède une grande autonomie de fonctionnement.

Revendications

1 - Procédé d'alimentation d'un refroidisseur Joule-Thomson comprenant une conduite haute pression (19) qui se termine par un orifice de détente (21), et un circuit d'évacuation basse pression (9,16,24) en relation d'échange thermique avec la conduite haute pression et dans lequel débouche l'orifice de détente, ce procédé étant du type dans lequel on alimente successivement la conduite haute pression (19) avec un fluide de démarrage puis avec un fluide de travail et étant caractérisé en ce qu'on utilise le fluide de travail d'abord à fort débit, puis on réduit brusquement son débit pour terminer la phase de mise en froid du refroidisseur.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'on assure la réduction du débit en masquant l'orifice de détente (21) par une surface (26) laissant subsister à la périphérie de l'orifice un passage de fuite.

3. Procédé suivant l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'on réduit le débit du fluide de travail dans un rapport au moins égal à 10.

4. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on

réduit le débit du fluide de travail lorsque la vitesse du refroidissement assuré par ce fluide commence à décroître.

5. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on maintient le fort débit du fluide de travail jusqu'à formation dans le circuit basse pression d'une certaine quantité de liquide, puis on procède à la réduction du débit de ce fluide.

6. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'on passe du fluide de démarrage au fluide de travail lorsque la vitesse du refroidissement assuré par le premier devient inférieure à la vitesse du refroidissement assuré par le second.

7. Appareil de refroidissement, du type comprenant une première source (3) de fluide de démarrage sous une première haute pression, une seconde source (4) de fluide de travail sous une seconde haute pression, un refroidisseur Joule-Thomson comprenant une conduite haute pression (19) qui se termine par un orifice de détente (21) et un circuit d'évacuation basse pression (9,16,24) en relation d'échange thermique avec la conduite haute pression et dans lequel débouche l'orifice de détente, et des moyens de commutation (6) pour relier la conduite haute pression (19) d'abord à la première source (3) puis à la seconde source (4), caractérisé en ce qu'il comprend des moyens d'étranglement (26) pour réduire brusquement le débit s'écoulant dans la conduite haute pression (19).

8. Appareil suivant la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens d'étranglement (26) comprennent un obturateur mobile d'une première position où l'orifice de détente (21) est libre à une seconde position où cet orifice est masqué par une surface laissant substituer à la périphérie de l'orifice un passage de fuite.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

0247935

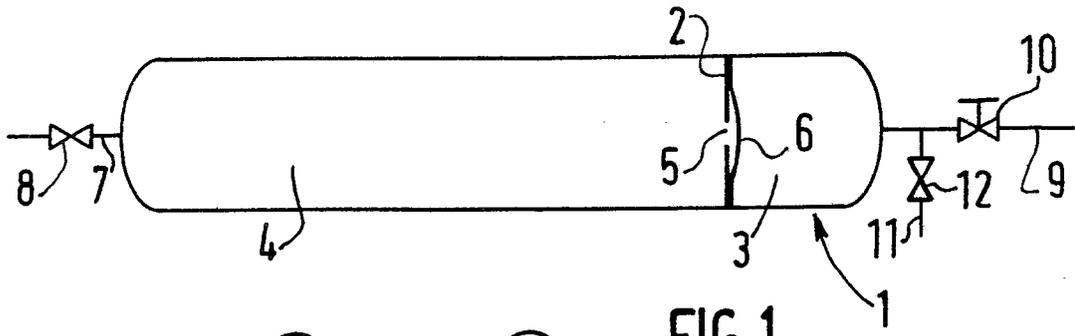


FIG. 1

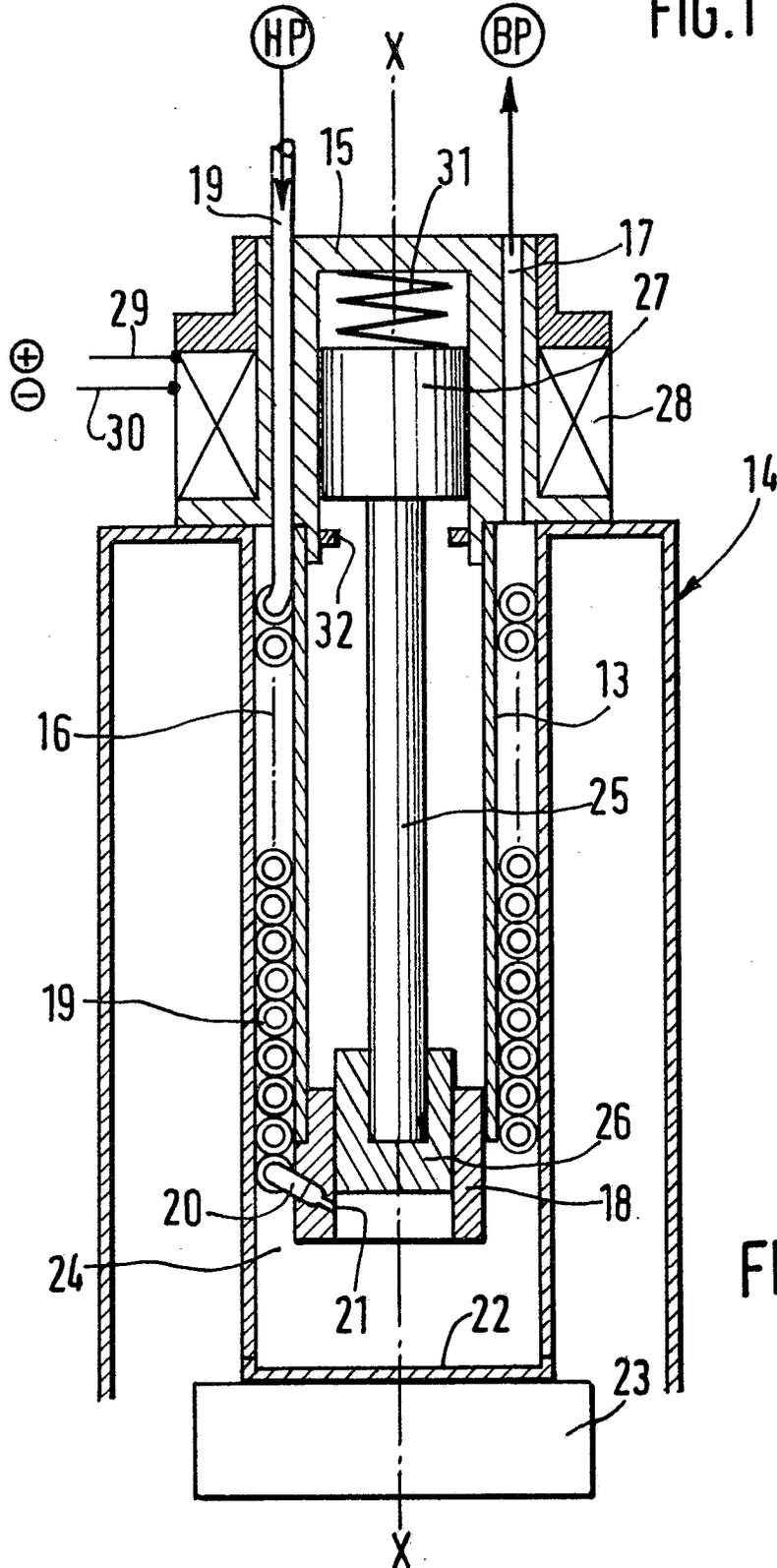


FIG. 2

0247935

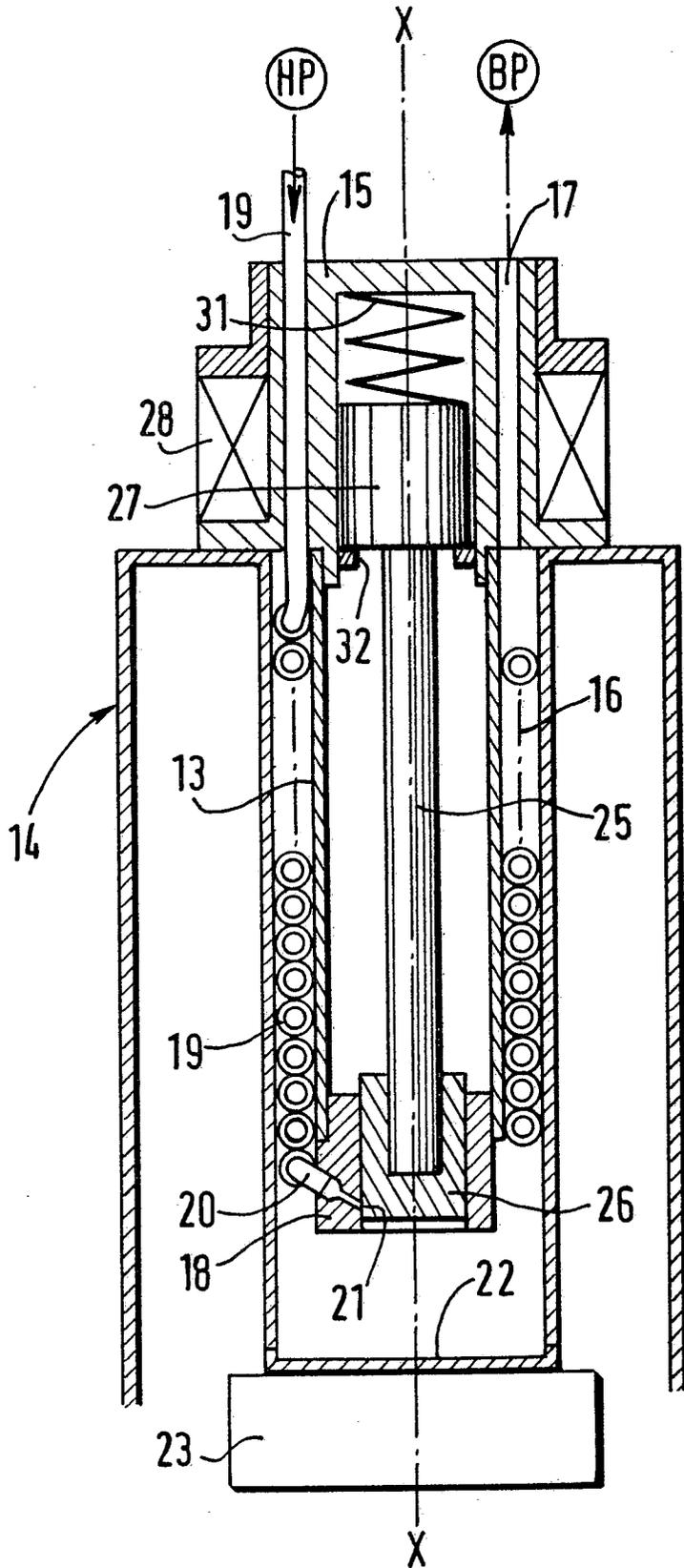


FIG. 3

0247935

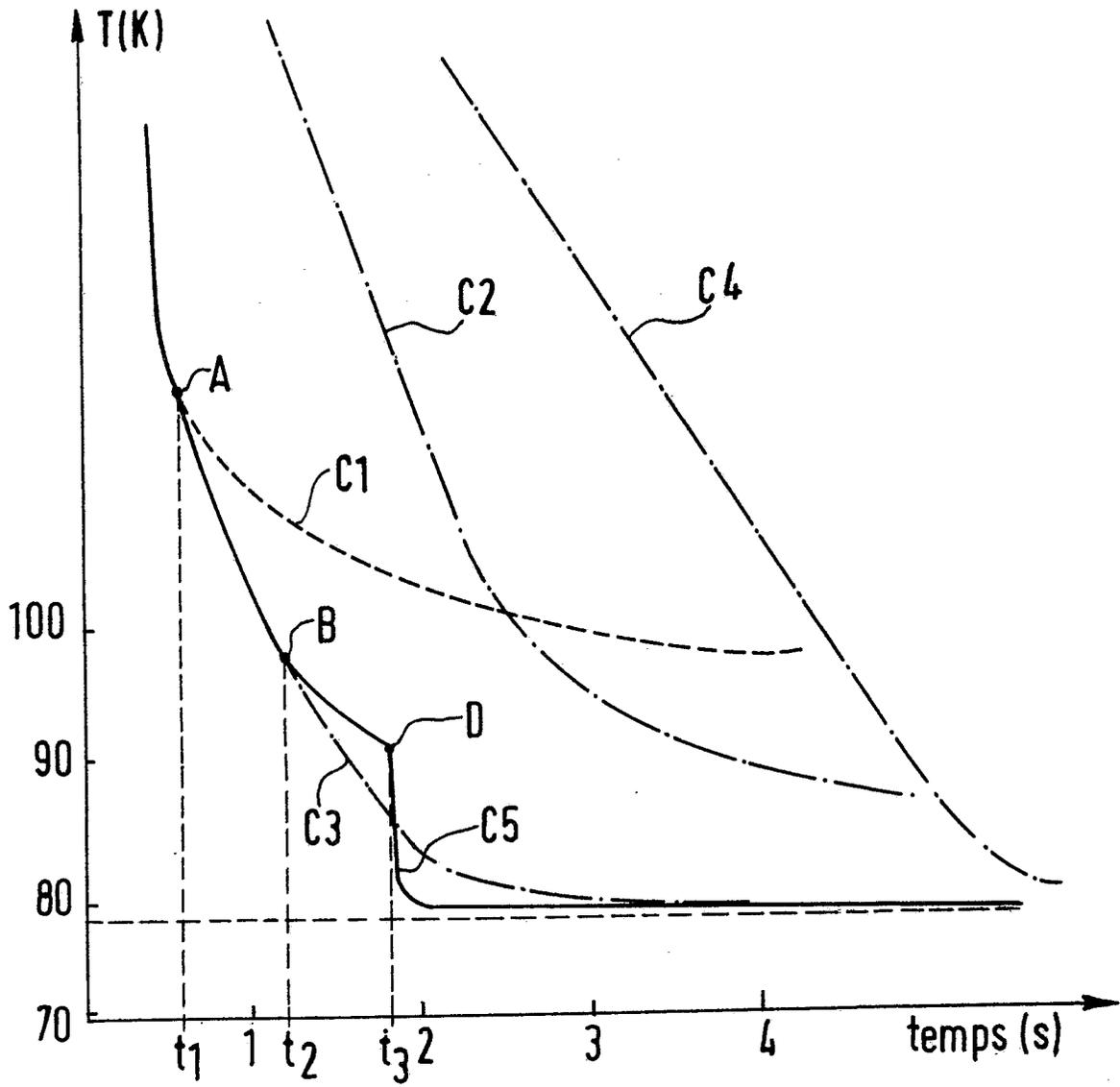


FIG.4



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	EP-A-0 020 111 (AIR PRODUCTS AND CHEMICALS) * Page 5, dernier paragraphe - page 9, dernier paragraphe; figures 1-7 *	1,7	F 25 B 9/02
Y	--- US-A-3 415 078 (LISTON) * Colonne 2, ligne 1 - colonne 3, ligne 29; figure unique *	1,7	
A	--- US-A-3 942 010 (PETERSON) * Colonne 1, ligne 40 - colonne 5, ligne 3; figures 1-4 *	1,5,7	
A	--- EP-A-0 084 308 (S.A. DE TELECOMMUNICATIONS) * Page 2, dernier paragraphe - page 6, paragraphe 2; figures 1-4 *	1-3,7,8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
A	--- FR-A-2 176 544 (L'AIR LIQUIDE) * Page 7, ligne 1 - page 11, ligne 14; figures 1-7 *	1,3,5	F 25 B F 25 J
A	--- US-A-2 991 633 (SIMON) * Colonne 2, ligne 64 - colonne 4, ligne 5; figures 1-4 *	1,3	
	--- -/-		
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 14-08-1987	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			



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.4)
D,A	FR-A-2 322 337 (L'AIR LIQUIDE) * Page 10, ligne 11 - page 16, ligne 10; figures 1-7 *	1, 4, 6	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
A	--- US-A-3 095 711 (WURTZ) * Colonne 2, ligne 5 - colonne 3, ligne 62; figures 1,2 *	1, 7	
A	--- US-A-3 714 796 (LONGSWORTH) * Colonne 2, ligne 4 - colonne 3, ligne 40; figures 1-3 *	1, 7	
A	--- FR-A-2 417 733 (DEUTSCHE FORSCHUNGS- UND VERSUCHSANSTALT FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT) * Page 7, ligne 2 - page 9, ligne 30; figures 1-8 *	2	
A	--- GB-A-2 085 139 (THE HYMATIC ENGINEERING) * Page 2, lignes 6-120; figures 1-3 *	5	
A	--- US-A-3 320 755 (JEPSEN)		
A	--- US-A-3 413 819 (HANSEN)		
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 14-08-1987	Examineur BOETS A. E. J.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			Page 3
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-2 095 319 (THE HYMATIC ENGINEERING) -----		
			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 14-08-1987	Examineur BOETS A.F.J.
<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>& : membre de la même famille, document correspondant</p>			