

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 562 645

②1 N° d'enregistrement national :

84 11465

⑤1 Int Cl⁴ : F 25 D 3/10.

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 19 juillet 1984.

③0 Priorité : US, 9 avril 1984, n° 597 983.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 41 du 11 octobre 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : *Société dite : CVI INCORPORATED.* —
US.

⑦2 Inventeur(s) : Jack E. Jensen.

⑦3 Titulaire(s) :

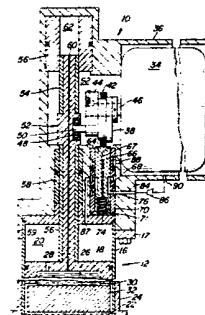
⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Bert, de Keravenant et Herrbur-
ger.

⑤4 Réfrigérateur cryogénique.

⑤7 a. Réfrigérateur cryogénique.

b. Caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour guider
une glissière 52 reliée au dispositif de piston 18, un moteur
pour communiquer un mouvement de va-et-vient, un élément
de soupape 66 de commande des débits de fluide haute et
basse pression, entraîné en synchronisme avec le mouvement
de la glissière 52 de façon à introduire du fluide haute
pression, dans les première et seconde chambres 20, 22
lorsque le dispositif de piston 18 se trouve à l'une des
extrémités de sa course.

c. L'invention concerne un réfrigérateur cryogénique.



FR 2 562 645 - A1

REFRIGERATEUR CRYOGENIQUE

L'invention concerne un réfrigérateur cryogénique constituant un perfectionnement du cycle de Gifford - Mc Mahon qui est supposé bien connu.

15 Parmi les brevets de l'art antérieur décrivant ce cycle, peuvent être cités les Brevets U.S.A. 2 966 035; 3 188 818; 3 218 815; et 4 305 741.

20 Pour obtenir un maximum de rendement et de fiabilité, il est important de pouvoir disposer d'un transfert de volume de gaz maximum à travers le réfrigérateur. Pour obtenir ce résultat, il est important que le sens du débit de gaz soit inversé lorsque le piston se trouve à son point mort haut ou à son point mort bas.

25 Dans l'art antérieur, les orifices ou les trous de la soupape à bobine ont tous le même diamètre et sont placés de façon que leurs centres soient situés tous dans un plan perpendiculaire à l'axe du support de manchon. Cette disposition des
30 orifices permet d'obtenir une soupape à ouverture rapide et à débit de masse très élevé au démarrage de la compression, car la différence de pression entre les haute et basse pressions est à son maximum juste avant l'ouverture de la soupape. Ce débit de
35 masse élevé produit une grande différence de pression

à travers la matrice de régénérateur lorsque le fluide la traverse.

Une grande chute de pression dans le régénérateur se traduit d'elle-même par de grands efforts mécaniques sur le système d'entraînement du piston, et introduit des pertes par frottement du fluide. Le temps de séjour du fluide dans la matrice de régénérateur diminue, ce qui peut avoir pour résultat de réduire le transfert de chaleur entre la matrice et le fluide. L'invention a pour but de résoudre ce problème des débits de masse irréguliers arrivant au piston et partant de celui-ci.

A cet effet, l'invention concerne un réfrigérateur cryogénique dans lequel un dispositif de piston mobile définit, à l'intérieur d'une enceinte, une première et une seconde chambres de volumes variables, et dans lequel le mouvement du dispositif de piston permet de faire circuler le fluide réfrigérant suivant un chemin de fluide compris entre la première chambre et la seconde chambre, réfrigérateur caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de chambre destinés à guider une glissière reliée au dispositif de piston, un moteur relié à cette glissière pour lui communiquer un mouvement de va-et-vient, une soupape munie d'un élément de soupape pouvant aller et venir pour commander le débit de fluide haute pression et de fluide basse pression, cet élément de soupape comportant une rainure périphérique, ce moteur étant conçu pour entraîner l'élément de soupape en synchronisme avec le mouvement de la glissière de façon que l'élément de soupape introduise du fluide haute pression, par l'intermédiaire de la rainure, dans les première et seconde chambres lorsque le dispositif de piston se trouve à l'une des extrémités de sa course, et des moyens permettant de contrôler ce débit de façon que le débit de la rainure,

provenant du piston ou allant vers celui-ci, soit en corrélation avec la différence de pression de part et d'autre de la soupape.

5 L'invention présente ainsi l'avantage d'améliorer le rendement du réfrigérateur cryogénique et de réduire les pertes de débit de manière à augmenter le rendement global et la capacité de réfrigération.

10 D'autres avantages de l'invention apparaîtront également ci-après.

L'invention sera décrite en détail, à titre d'exemple non limitatif, en se référant aux dessins joints dans lesquels:

- 15 - la figure 1 est une vue en coupe verticale d'un réfrigérateur selon l'invention dans lequel le piston se trouve à son point mort bas;
- la figure 2 est une vue en perspective d'un palier de manchon de soupape;
- 20 - la figure 3 est une vue en coupe suivant la ligne 3-3 de la figure 2;
- la figure 4 est une projection en plan du pourtour du palier de manchon de soupape; et
- 25 - la figure 5 est une vue partielle en élévation, d'une rainure formée sur une variante de palier de manchon.

En se référant en détail aux dessins dans lesquels les mêmes références désignent les mêmes éléments, un réfrigérateur selon l'invention est repéré, d'une façon générale, par la référence 10. Comme illustré par les dessins, le réfrigérateur 10 30 comporte un premier étage 12 et il est du domaine de l'invention d'utiliser un ou plusieurs étages. En cours d'utilisation, les étages sont disposés à l'intérieur d'un carter sous vide non représenté. 35 Chaque étage comprend un carter 16 dans lequel est

5 monté un piston 18. La longueur de ce piston 18 est inférieure à celle du carter 16 de manière à définir une chambre chaude 20 au-dessus du piston et une chambre froide 22 au-dessous du piston. Les appellations de chaud et froid sont relatives, comme cela est bien connu des spécialistes de la question.

10 A l'intérieur du piston 18 est prévu un régénérateur 26 contenant une matrice. Les orifices 28 font communiquer l'extrémité supérieure de la matrice du régénérateur 26 avec la chambre chaude 20. Des orifices radiaux 30 font communiquer l'extrémité inférieure de la matrice du régénérateur 26 avec un espace de dégagement 32 compris entre le pourtour
15 extérieur de l'extrémité inférieure du piston 18 et le pourtour intérieur du carter 16. Ainsi, l'extrémité inférieure de la matrice du régénérateur 26 communique avec la chambre froide 22 par les orifices 30 et le dégagement 32 constituant un échangeur de chaleur
20 à intervalle annulaire.

La matrice du régénérateur 26 est, de préférence, constituée par un empilement de 250 mailles d'un matériau à forte chaleur spécifique, tel que du cuivre sans oxygène. La matrice présente
25 une faible surface de vides et une faible chute de pression. Cette matière peut être réalisée dans d'autres matériaux tels que des sphères de plomb, du nylon, du verre etc...

30 Un moteur électrique 34, tel qu'un moteur synchrone pas à pas réversible, est monté dans un carter 36. Le carter 16 part vers le bas du carter 36 et est boulonné à celui-ci par un rebord 17. Une came 38 est reliée à l'arbre de sortie 46 du moteur 34. Un suiveur de came 42, du type à roulement à
35 rouleaux, est relié au pourtour extérieur de la came

38. Un bras de manivelle 44 est relié à l'arbre 46. Ce bras de manivelle 46 est relié à un suiveur de came 48 du type à roulement à rouleaux, par l'arbre 50. Les arbres 50 et 46 sont parallèles. Le suiveur de came 48 se place à l'intérieur d'une fente transversale de la glissière 52. Cette glissière 52 est reliée à l'extrémité supérieure du piston 18.

La glissière 52 comporte un élément d'insertion de support cylindrique 54 guidé par un palier de manchon 58 à joint de rattrapage de jeu. Les éléments d'insertion de support sont, de préférence, réalisés dans un matériau dur tel que de l'acier rapide traité à chaud, et le palier de manchon est réalisé dans un composé plastique à faible coefficient de frottement imprégné d'autres matériaux de stabilisation et de réduction d'usure. Le palier de manchon 58 est maintenu en place par un élément de retenue 59 relié au carter 36. Une chambre 62 formée à l'intérieur du palier de manchon 56 communique avec le régénérateur 26 par un passage de débit axial 60 ménagé dans la glissière 52. Le passage 60 empêche le gaz d'être comprimé dans la chambre 62 lorsque la glissière 52 se déplace vers le haut. Par suite, la glissière 52 est équilibrée par le gaz lorsque son diamètre est uniforme à ses extrémités.

Le carter 36 comporte un alésage parallèle à la glissière 52. Dans cet alésage est logée une soupape à tiroir repérée d'une façon générale par la référence 64. Un palier de manchon 70 à joint de rattrapage de jeu, réalisé de préférence en matériau métallique finement granulé, est placé dans l'alésage. La soupape 64 comprend un élément de soupape à tiroir cylindrique 66 de préférence réalisé en céramique à l'intérieur du palier 70. L'élément 66 comporte sur son pourtour extérieur une rainure 68 comprise entre

ses extrémités, ainsi qu'un passage d'égalisation axial 67. Un joint d'étanchéité 71 est prévu entre le palier 70 et l'élément de retenue 59. Des joints toriques d'étanchéité sont de préférence montés sur les éléments 18, 58, 56 et 70, comme indiqué en figure 1.

Un ressort hélicoïdal 74 est monté entre l'élément de retenue 59 et une cavité de l'élément de soupape 66 pour pousser l'élément de soupape 66 en contact avec le suiveur de came 42 venant sur la came 38. L'élément de soupape 66 est entraîné vers le bas par la came 38 et vers le haut par la dilatation du ressort 74.

En se référant aux figures 2 et 3, le palier de manchon 70 comporte des rainures périphériques espacées axialement 76, 78 et 80. Les passages de débit 82 traversent radialement la paroi de fond des rainures. Comme indiqué en figure 4, les passages de débit 82 de chaque rainure ont leurs axes situés sur une ligne en biais d'un angle d'environ 3° par rapport à la ligne radiale. Par suite, lorsque l'un des passages de débit 82, appelé X, est complètement ouvert, un autre passage de débit, appelé Y, commence juste à s'ouvrir. Les débits traversant les passages 82 compris entre les passages X et Y sont à des stades intermédiaires de débits partiels. Les passages 82 sont disposés dans une configuration en hélice sur le palier de manchon 70 et présentent, de préférence, un diamètre compris entre 0,78 mm et 2,3 mm lorsque le palier 70 présente un diamètre intérieur de 1,27 cm. Bien que soient représentés six passages de débit 82 dans chaque rainure de palier de manchon 70, il est également possible d'utiliser un plus grand nombre ou un plus petit nombre de passages avec des modifications de diamètre appropriées pour tenir compte du

débit désiré.

La figure 5 représente une variante de palier de manchon 70' semblable au palier 70 sauf sur les points suivants: Les passages 83 sont tous équidistants des bords de la rainure 76', mais présentent une forme triangulaire à pointe tournée vers le bas.

En se référant à la figure 1, du fluide haute pression est introduit dans l'orifice 84, ce fluide provenant de la sortie d'un compresseur 86. L'orifice 84 communique avec la rainure 68, lorsque l'élément de soupape 66 se trouve dans la position indiquée en figure 1, par l'intermédiaire des passages 82 de la rainure 76. Lorsque l'élément de soupape 66 se trouve dans la position indiquée en figure 1, la rainure 68 communique également avec la chambre chaude 20 par le passage 87.

Un passage 88 part de l'intérieur du carter 36 et se trouve bloqué par l'élément de soupape 66 dans la position de celui-ci représenté en figure 1. Lorsque l'élément de soupape 66 se trouve dans sa position haute maximum, la rainure 68 fait communiquer le passage 87 avec le passage 88. L'intérieur du carter 36 communique avec l'entrée du compresseur 86 par l'orifice 90. La chambre 92 est en communication directe avec l'intérieur du carter 36. Le débit de réfrigérant passant du passage 88 à l'orifice 90 présente un effet de refroidissement sur le moteur 34. Il est possible, si on le désire, de supprimer le passage 88 en faisant communiquer la rainure 68 avec la chambre 92 au point mort haut de l'élément de soupape 66. Il est à remarquer que la longueur axiale de la rainure 68 est inférieure à la distance axiale entre l'orifice 84 et le passage 88, de manière à réduire au minimum la fuite de gaz haute pression

entre l'orifice et le passage.

Le carter 36 est construit en plusieurs éléments de manière à faciliter l'usinage, le montage, et l'accès à l'élément de soupape 66 et à la glissière 52. La manière de réaliser le carter 36 en plusieurs éléments n'est pas représentée aux dessins, mais cette manière est évidente pour les spécialistes de la question.

Le réfrigérateur 10 est, de préférence, conçu pour être utilisé avec un fluide cryogénique tel que de l'hélium, mais il est également possible d'utiliser d'autres fluides tels que de l'air et de l'azote. Le réfrigérateur 10 est conçu pour avoir une puissance de sortie d'au moins 65 watts à 77°K et d'un minimum de 5 watts à 20°K.

Fonctionnement

Comme indiqué en figure 1, le piston 18 est au point mort bas. Le mouvement de va-et-vient vertical de la glissière 52 est commandé par la position de rotation de la came 38 et la coopération entre le suiveur de came 48 et la rainure de glissière recevant le suiveur de came. L'élément de soupape à bobine 66 se trouve dans sa position inférieure extrême, le ressort 74 étant comprimé par contact de l'élément 66 avec le suiveur de came 42 à roulement à rouleaux. Du fluide haute pression est introduit par l'orifice 84 et passe par les rainures 68, 70 et le passage 87 pour atteindre la chambre chaude 20. Le passage 88 est bloqué par l'élément de soupape 66.

Le rôle du régénérateur 26 est de refroidir le gaz descendant à travers celui-ci, et de réchauffer le gaz montant à travers celui-ci. Dans son passage vers le bas à travers le régénérateur

le gaz se trouve refroidi ce qui produit une diminution de la pression et l'introduction de gaz supplémentaire dans le système pour maintenir la pression maximum du cycle. La diminution de température du gaz contenu dans la chambre 22 est la réfrigération utile qu'on cherche à atteindre au moyen de l'appareil à l'endroit du poste de chaleur 24. Lorsque le gaz monte dans le régénérateur 26, ce gaz est chauffé par la matrice jusqu'au voisinage de la température ambiante, ce qui refroidit la matrice.

Le moteur 34 fait tourner la came 38 et le piston 18 est entraîné vers le haut à partir de son point mort bas. Lorsque la came 38 continue de tourner, l'élément de soupape 66 se déplace vers le haut sous la pression du ressort 74. L'élément de soupape 66 coupe le débit de l'orifice 84 après s'être déplacé vers le haut.

Lorsque la came 38 continue de tourner la glissière 52 et le piston 18 continuent de monter. Lorsque la glissière 52 arrive près de son point mort haut, le suiveur de came 42 permet à l'élément de soupape 66 de monter suffisamment vers le haut, dans son mouvement de va-et-vient, pour faire communiquer la reinure 68 avec les passages 87 et 88 en entamant ainsi la partie d'échappement du cycle. Les passages 82 des rainures 78 et 80 s'ouvrent progressivement jusqu'au plein débit. Pendant cette période, la pression diminue dans le piston 18, ce qui fait augmenter la différence de pression de part et d'autre de l'élément de soupape 66 en nécessitant ainsi une surface de débit plus importante (plus de passages 82 complètement ouverts) pour vider complètement le volume du piston 18.

Cette technique d'adaptation de la surface de débit à la différence de pression de part

et d'autre de la soupape 64 permet d'atteindre un débit de masse pratiquement constant pénétrant ou sortant du piston 18, ce qui permet d'augmenter le temps de séjour du fluide à l'intérieur de la matrice de régénération tout en réduisant la chute de pression risquant de produire des pertes de fluide et des chocs dans le mécanisme d'entraînement.

Lorsque la came 38 continue de tourner, l'élément de soupape 66 se déplace vers le bas et ferme le passage 88. Lorsque le piston arrive près de son point mort bas, l'élément de soupape 66 est suffisamment entraîné vers le bas pour amener la rainure 68 à faire communiquer l'orifice 84 avec le passage 87. La modification progressive du débit est analogue à celle décrite ci-dessus. Pendant la période d'ouverture, la pression augmente dans le piston 18 et la différence de pression diminue de part et d'autre de la soupape 64, ce qui demande une plus grande surface de débit pour remplir le volume du piston.

Une forme typique de réalisation de l'invention fonctionne au rythme de 72 à 80 cycles par minute. Les mouvements de va-et-vient du piston 18 et de l'élément de soupape 66 sont synchronisés pour s'effectuer simultanément dans le même sens, la course du piston 18 étant supérieure à celle de l'élément de soupape 66. La synchronisation est prédéterminée par la came 38 de façon que l'élément de soupape 66 et le piston 18 effectuent leurs mouvements de va-et-vient à des rythmes différents. La longueur de la course de l'élément de soupape 66 ne dépasse pas 9 à 12 mm et celle du piston 18 est de 30 mm. L'élément de soupape 66 comporte un passage de débit axial 67 faisant communiquer la chambre basse pression 92 avec la chambre contenant le ressort 74 pour éviter

la compression du gaz contenu dans la chambre de ressort.

Le refroidissement obtenu dans le
poste de chaleur 24 peut s'appliquer à une grande
5 variété de dispositifs, l'un de ces dispositifs pouvant
être une pompe cryogénique. Les relations de structure
décrites ci-dessus permettent d'obtenir une commande
effective des mouvements simultanés de la glissière 52
et de l'élément de soupape 66, de manière à synchroniser
10 efficacement l'introduction de gaz haute pression et
l'échappement de gaz basse pression. Le fait d'introduire
du gaz haute pression exactement au point
mort bas de la glissière 52, ou de faire sortir du gaz
basse pression exactement au point mort haut de la
15 glissière 52, permet d'augmenter le rendement avec
l'assurance d'une introduction complète ou d'un échappement
complet d'une charge de gaz.

REVENDICATIONS

1- Réfrigérateur cryogénique dans lequel
un dispositif de piston mobile définit, à l'intérieur
5 d'une enceinte, une première et une seconde chambres de
volumes variables, et dans lequel le mouvement du
dispositif de piston permet de faire circuler le
fluide réfrigérant suivant un chemin de fluide compris
entre la première chambre et la seconde chambre, réfri-
10 gérateur caractérisé en ce qu'il comprend des moyens
de chambre destinés à guider une glissière (52) reliée
au dispositif de piston (18), un moteur (34) relié à
cette glissière (52) pour lui communiquer un mouvement
de va-et-vient, une soupape (64) munie d'un élément de
15 soupape (66) pouvant aller et venir pour commander le
débit de fluide haute pression et de fluide basse pres-
sion, cet élément de soupape (66) comportant une
rainure périphérique (68), ce moteur (34) étant conçu
pour entraîner l'élément de soupape (66) en synchronisme
20 avec le mouvement de la glissière (52) de façon que l'élé-
ment de soupape introduise du fluide haute pression, par
l'intermédiaire de la rainure (68), dans les première
et seconde chambres (20, 22) lorsque le dispositif de
piston (18) se trouve à l'une des extrémités de sa course,
25 et des moyens (70, 82) permettant de contrôler ce débit
de façon que le débit de la rainure (68), provenant
du piston (18) ou allant vers celui-ci, soit en corrélation
avec la différence de pression de part et d'autre de la
soupape (64).

30 2- Réfrigérateur selon la revendication
1, caractérisé en ce que ces derniers moyens de contrôle
de débit sont constitués par un manchon cylindrique (70)
à l'intérieur duquel l'élément de soupape (66) effectue
son mouvement de va-et-vient, et par deux rangées
35 séparées de passages de débit (82) de fluide ménagés

dans le manchon, la rainure (68) ne communiquant qu'avec une seule de ces rangées à la fois, ces rangées de passages étant disposées en hélice par rapport à l'axe du manchon (70).

5

3-Réfrigérateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que ces derniers moyens de contrôle de débit sont constitués par un manchon cylindrique (70) entourant l'élément de soupape, et en ce que ce manchon comporte une rangée de passages de débit (83) de fluide présentant une forme triangulaire, ces passages étant découverts par l'élément de soupape (66) lorsque celui-ci effectue son mouvement de va-et-vient.

10

4- Réfrigérateur cryogénique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un régénérateur (26) associé au dispositif de piston (18), des moyens de chambre destinés à guider une glissière (52) reliée au dispositif de piston, un moteur (34) relié à la glissière pour lui communiquer un mouvement de va-et-vient, une soupape (64) munie d'un élément de soupape (66) pouvant aller et venir pour commander les débits de fluide haute pression et basse pression, cet élément de soupape (66) comportant une rainure périphérique (68), ce moteur (54) étant conçu pour entraîner l'élément de soupape (66) en synchronisme avec le mouvement de la glissière (52) de façon que l'élément de soupape (66) introduise du fluide haute pression, par l'intermédiaire de la rainure (68), dans les première et seconde chambres (21, 22) lorsque le dispositif de piston (18) se trouve à l'une des extrémités de sa course, et des moyens permettant de contrôler ce débit de façon que le débit de la rainure (68), provenant du piston ou allant vers celui-ci, s'effectue à masse de fluide constante de manière à augmenter ainsi le temps de séjour du fluide à l'intérieur du régénérateur.

15

20

25

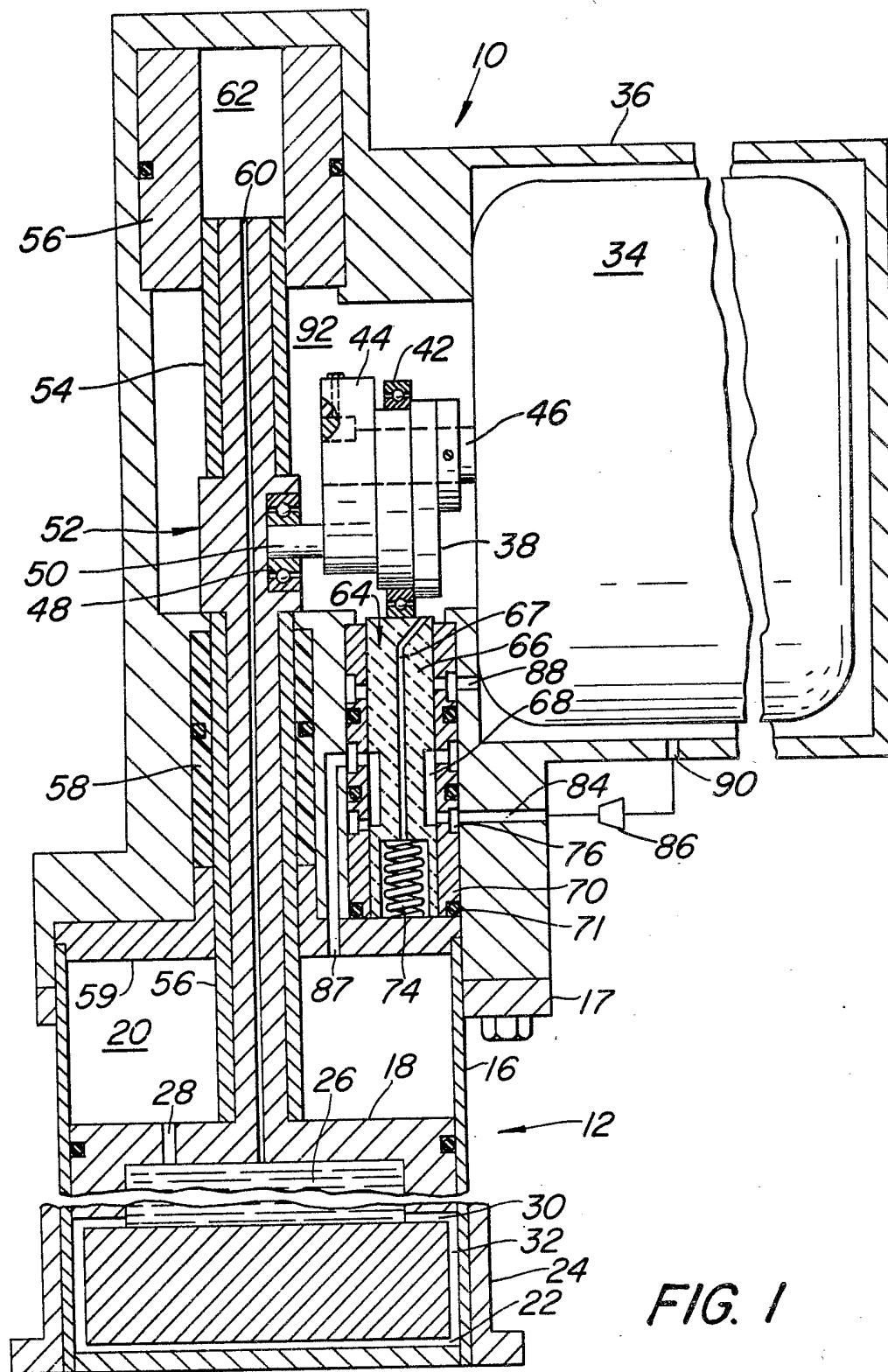
30

35

5- Réfrigérateur selon la revendication

4, caractérisé en ce que ces derniers moyens de contrôle de débit comprennent un manchon cylindrique à l'intérieur duquel l'élément de soupape (66) effectue un mouvement de va-et-vient, et deux rangées espacées de passages de débit de fluide ménagés dans le manchon, cette rainure (68) ne communiquant qu'avec une seule de ces rangées à la fois et ces rangées de passages étant disposées en hélice par rapport à l'axe des manchons .

2562645



2562645

FIG. 2

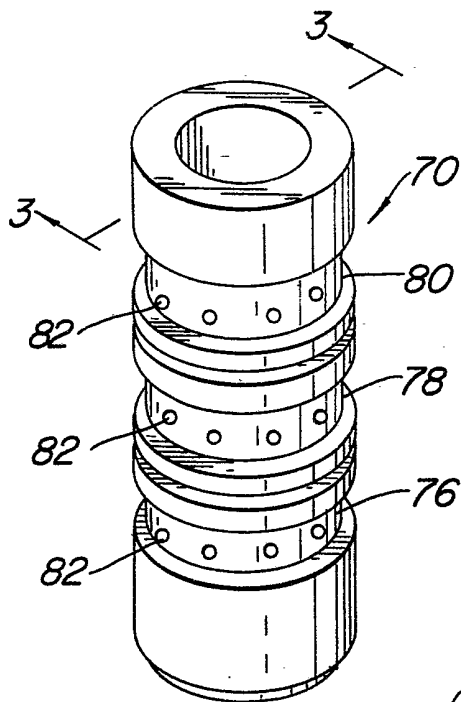


FIG. 3

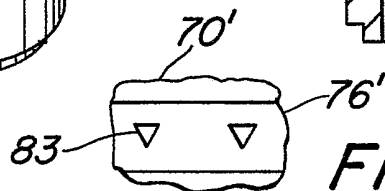
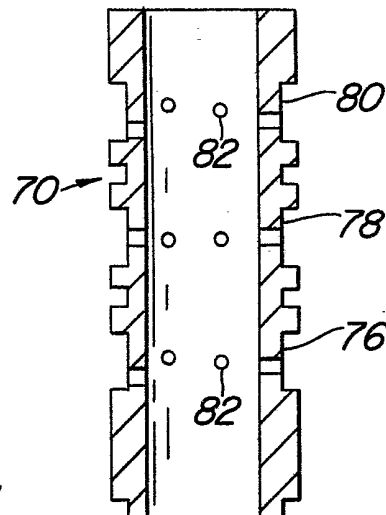


FIG. 5

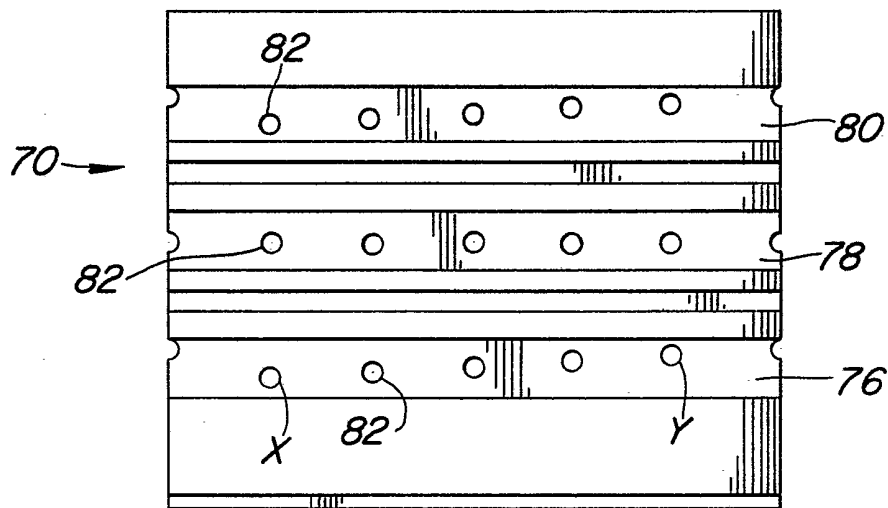


FIG. 4