



(11) **EP 2 956 729 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
05.09.2018 Bulletin 2018/36

(51) Int Cl.:
F28D 15/02 ^(2006.01) **F28D 15/04** ^(2006.01)
F28D 15/06 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **14704781.5**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2014/052896

(22) Date de dépôt: **14.02.2014**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2014/125064 (21.08.2014 Gazette 2014/34)

(54) **DISPOSITIF DE TRANSPORT DE CHALEUR À FLUIDE DIPHASIQUE**

WÄRMETRANSPORTVORRICHTUNG MIT ZWEIPHASIGER FLÜSSIGKEIT

HEAT TRANSPORT DEVICE WITH DIPHASIC FLUID

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **14.02.2013 FR 1351282**

(43) Date de publication de la demande:
23.12.2015 Bulletin 2015/52

(73) Titulaire: **Euro Heat Pipes
1400 Nivelles (BE)**

(72) Inventeur: **DUPONT, Vincent
B-1040 Etterbeek (BE)**

(74) Mandataire: **Cabinet Plasseraud
66, rue de la Chaussée d'Antin
75440 Paris Cedex 09 (FR)**

(56) Documents cités:
**JP-A- S6 196 395 US-A- 4 576 009
US-A- 5 203 399 US-A- 5 816 313
US-A1- 2004 194 929**

EP 2 956 729 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention est relative aux dispositifs de transport de chaleur à fluide diphasique, en particulier les dispositifs passifs à boucle fluide diphasique à pompage capillaire ou utilisant la gravité.

[0002] Il est connu du document FR-A-2949642 un exemple d'un tel dispositif utilisé comme moyen de refroidissement pour convertisseur de puissance électrotechnique. Le document US 4 576 009 divulgue un dispositif de transfert thermique, adapté pour extraire de la chaleur depuis une source chaude et pour restituer cette chaleur à une source froide au moyen d'un fluide de travail diphasique contenu dans un circuit général clos.

[0003] En conditions de fonctionnement établies, ces dispositifs donnent pleine satisfaction. Cependant, il est apparu que les phases de démarrage à partir d'un état 'à froid' (Température ambiante minimale et flux thermique nul) pouvaient être particulièrement délicates pour des puissances thermiques importantes, et pouvaient nécessiter une étape préalable de mise en condition, par exemple par un réchauffement préalable du réservoir. Sans cette mise en condition, la pression dans le circuit peut s'avérer insuffisante pour assurer un transfert de chaleur suffisant.

[0004] Il est donc apparu un besoin d'améliorer la disponibilité du démarrage concernant de telles boucles diphasiques.

[0005] A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de transfert thermique, dépourvu de régulation active, sans système de commande actif, adapté pour extraire de la chaleur depuis une source chaude et pour restituer cette chaleur à une source froide au moyen d'un fluide de travail diphasique contenu dans un circuit général clos, comprenant au moins un évaporateur, ayant une entrée et une sortie, au moins un condenseur, distinct et à distance de l'évaporateur, un réservoir ayant un volume intérieur, avec une portion liquide et une portion gaz séparées par une interface liquide-vapeur et au moins un orifice d'entrée/sortie agencé au niveau de la portion liquide, le volume de la portion liquide pouvant varier entre un volume minimum V_{min} et un volume maximum V_{max} ,

- un premier circuit de communication, pour du fluide de travail essentiellement en phase vapeur, reliant la sortie de l'évaporateur à une entrée du condenseur,
- un deuxième circuit de communication, pour du fluide de travail essentiellement en phase liquide, reliant une sortie du condenseur au réservoir et à l'entrée de l'évaporateur,

caractérisé en ce que la portion gaz du réservoir comprend de la phase vapeur du fluide de travail avec une première pression partielle P_1 (pression déterminée par la température du réservoir) et un gaz auxiliaire non condensable avec une deuxième pression partielle P_2 , cette dernière étant prédéterminée pour permettre d'obtenir

une pression totale supérieure ou égale à une pression minimale de fonctionnement prédéterminée requise lorsque la portion liquide dans l'entière du circuit général clos est à un volume total minimum.

[0006] Grâce à ces dispositions, en particulier grâce à la deuxième pression partielle P_2 , on assure une pression minimale dans le réservoir du fait de la présence du gaz auxiliaire non condensable dans la portion gaz du réservoir, même lorsque la portion de liquide est à son minimum, ou que le dispositif est complètement à froid, sans apport de chaleur sur l'évaporateur depuis assez longtemps. La pression minimale liée à la présence du gaz auxiliaire non condensable dans le réservoir permet d'obtenir une température de saturation élevée dans le deuxième circuit de communication (la conduite gaz), ce qui permet d'obtenir une densité minimale de la phase vapeur du fluide de travail, et étant donné que la capacité de transport de chaleur de la boucle est proportionnelle à la densité de la phase vapeur, on peut obtenir instantanément dès le démarrage à froid de la boucle une capacité de transport de chaleur améliorée.

[0007] De plus, grâce à ces dispositions, on obtient une régulation passive sans besoin de système de commande actif, ce qui accroît la fiabilité de ce genre de dispositif. Un tel système, sans pompage actif et sans système de commande actif, ne nécessite aucun entretien et présente une fiabilité très élevée ; et sa consommation énergétique est très faible voire nulle.

[0008] De préférence on choisit, comme gaz auxiliaire non condensable, un gaz qui reste à l'état gazeux sur toute la plage de température/pression auquel est soumis le dispositif ; de plus on choisit comme gaz auxiliaire un gaz avec un faible coefficient de diffusion dans les liquides.

[0009] Dans divers modes de réalisation de l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

- le gaz auxiliaire non condensable peut être de l'hélium ; moyennant quoi les propriétés physico-chimiques de l'hélium conviennent parfaitement et ce gaz présente une bonne disponibilité industrielle ;
- le fluide de travail peut être du méthanol ; ce fluide permettant de travailler dans une gamme de température satisfaisante et présente une performance capillaire satisfaisante.
- la deuxième pression partielle P_2 peut être au moins plusieurs fois supérieure à la première pression partielle P_1 lorsque la portion liquide est à son volume minimum ; de sorte que la pression minimale est assez élevée pour autoriser un démarrage instantané sans préparation sous charge thermique importante ;
- le volume du réservoir peut être compris entre 1,3 et 2,5 fois le volume maximum de la portion liquide ; de sorte que lorsque le volume de la portion liquide est maximal, la pression et la température dans le réservoir et dans la boucle restent limitées et restent

compatible avec un prélèvement efficace des calories au niveau de l'évaporateur ;

- le dispositif peut être principalement soumis à la gravité terrestre, l'orifice d'entrée/sortie étant agencé au niveau d'au moins un point bas du réservoir ; moyennant quoi on évite que le gaz auxiliaire ne soit aspiré en direction de l'évaporateur ;
- le dispositif peut être principalement soumis à une microgravité, le réservoir comprenant une masse poreuse agencée au moins au voisinage de l'orifice d'entrée ; moyennant quoi une barrière de liquide est formée dans la masse poreuse et on évite que le gaz auxiliaire ne soit aspiré en direction de l'évaporateur ;
- l'évaporateur peut comprendre une masse microporeuse adaptée pour assurer un pompage capillaire de fluide en phase liquide ; on obtient ainsi un système passif sans entretien ;
- dans le cas où le dispositif est principalement soumis à la gravité, l'évaporateur sans structure capillaire peut être placé en dessous du condenseur et du réservoir, de sorte que la gravité est utilisée pour déplacer le liquide vers l'évaporateur ; ce qui représente une solution très simple et particulièrement robuste et fiable ;
- un clapet anti-retour peut être agencé à l'entrée de l'évaporateur ; on peut ainsi empêcher un retour de liquide en direction inverse au sens de circulation normal, et empêcher ainsi un assèchement de l'évaporateur au démarrage sous forte charge ;

[0010] D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante de deux modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, en regard des dessins joints sur lesquels :

- la figure 1 montre une vue générale d'un dispositif selon un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 2 illustre les fluides dans un diagramme pression-température général,
- les figures 3A et 3B montrent le réservoir avec une portion liquide respectivement minimale et maximale,
- la figure 4 montre un second mode de réalisation du dispositif,
- les figures 5A et 5B illustrent des diagrammes de pression et température de saturation en fonction de la température ambiante.

[0011] Sur les différentes figures, les mêmes références désignent des éléments identiques ou similaires.

[0012] La figure 1 montre un dispositif de transport de chaleur à boucle fluide diphasique. Dans le cas de premier mode, le pompage est assuré en tirant partie du phénomène de capillarité. Le dispositif comprend un évaporateur **1**, ayant une entrée **1a** et une sortie **1b**, et une masse microporeuse **10** adaptée pour assurer le pom-

page capillaire. A cet effet, la masse microporeuse **10** entoure un évidement longitudinal central borgne **15** en communication avec l'entrée **1a** pour recevoir du fluide de travail à l'état liquide depuis une conduite de fluide en phase liquide.

[0013] L'évaporateur **1** est thermiquement couplé à une source chaude **11**, comme par exemple un ensemble comprenant des composants électroniques de puissance ou tout autre élément générant de la chaleur, par exemple par effet joule, ou par tout autre processus.

[0014] Sous l'effet de l'apport de calories au contact **16** de la masse microporeuse emplie de liquide, du fluide passe de l'état liquide à l'état vapeur et s'évacue par la chambre de transfert **17** et par un premier circuit de communication **4** qui achemine ladite vapeur vers un condenseur **2** ayant une entrée **2a** et une sortie **2b** ; le condenseur **2** étant distinct et non adjacent par rapport à l'évaporateur **1**.

[0015] Dans l'évaporateur **1**, les cavités libérées par la vapeur évacuée sont comblées par du liquide aspiré par la masse microporeuse **10** à partir de l'évidement central **15** susmentionné ; il s'agit du phénomène de pompage capillaire bien connu en soi. Le flux de chaleur **Q** prélevé sur la source chaude correspond au débit multiplié par la chaleur latente **L** de vaporisation du fluide de travail ($Q = L \cdot dm/dt$).

[0016] A l'intérieur du condenseur **2**, de la chaleur est cédée par le fluide en phase vapeur à une source froide **12**, ce qui provoque un refroidissement du fluide en phase vapeur et son changement de phase vers la phase liquide, autrement dit sa condensation.

[0017] Au niveau du condenseur **2**, la température du fluide de travail est abaissée en dessous de sa température d'équilibre liquide-vapeur, ce qui est aussi appelé sous-refroidissement ('sub cooling' en anglais) de sorte que le fluide ne peut pas repasser à l'état vapeur sans apport conséquent de chaleur.

[0018] La pression de vapeur pousse le liquide en direction de la sortie **2b** du condenseur **2** qui débouche sur un deuxième circuit de communication **5**, relié à l'entrée **1a** de l'évaporateur **1**. On obtient ainsi une boucle de circulation du fluide diphasique capable d'extraire de la chaleur depuis la source chaude **11** pour restituer cette chaleur à une source froide **12**.

[0019] La chaleur transportée par la phase vapeur dans le premier circuit de communication peut s'écrire $Q = pVS$, avec **p** représentant la densité de la phase vapeur, **V** la vitesse de déplacement de la phase vapeur et **S** la section du circuit de communication.

[0020] Le deuxième circuit de communication **5** est relié par ailleurs à un réservoir **3**. Ce réservoir sert de vase d'expansion pour le fluide de travail, et contient du fluide de travail à la fois en phase liquide et en phase gazeuse. Ledit réservoir forme, avec les premier et second circuits de communication **4,5**, ensemble avec l'évaporateur **1** et le condenseur **2**, un circuit général clos autrement dit hermétique.

[0021] Le réservoir **3** présente au moins un orifice d'en-

trée/sortie **31**, et un certain volume intérieur **30** généralement fixé à la conception pour une application considérée. Ce volume peut-être éventuellement ajustable par un dispositif mécanique manoeuvré manuellement ou automatiquement. Le réservoir comporte également un orifice de remplissage **36** qui permet un remplissage initial du circuit, cet orifice de remplissage étant fermé le reste du temps. Il est à noter que le réservoir **3** peut avoir une forme quelconque, et en particulier parallélépipédique, cylindrique, ou autre.

[0022] Le dispositif de transfert de chaleur est conçu pour pouvoir fonctionner dans une certaine gamme de température ambiante ; dans l'exemple illustré cette gamme de température peut être : [-50°C, +50°C]. Par ailleurs, il est souhaitable que la source chaude **11** ne dépasse pas une certaine température maximale prédéterminée, quel que soit le flux de chaleur à évacuer. Cette température maximale prédéterminée peut être par exemple 100°C. Bien sûr, ces températures peuvent dépendre du type d'application visée, applications spatiales en microgravité, applications terrestres à bord d'un véhicule ou dans un emplacement fixe.

[0023] Le fluide de travail de la boucle est choisi pour être toujours potentiellement diphasique dans la plage de températures et pressions du fluide de la boucle diphasique, en fonction de la gamme de température susmentionnée (voir référence **14** sur Fig. 2).

[0024] Ainsi le fluide de travail peut être choisi parmi une liste comprenant notamment l'ammoniac, l'acétone, le méthanol, l'eau, des fluides diélectriques du type HFE7200 ou tout autre fluide approprié. Dans l'exemple détaillé ci-après, on choisira préférentiellement du méthanol.

[0025] À l'intérieur du réservoir **3**, on trouve une portion liquide **6** comprenant essentiellement du fluide de travail (ici du méthanol) en phase liquide et une portion gaz **7** comprenant du fluide en phase vapeur, mais aussi, comme il sera vu en détail plus loin, un gaz auxiliaire non condensable **8**. Le gaz auxiliaire non condensable **8** (noté 'NCG' de l'anglais Non Condensable Gas) reste confiné dans la portion gaz du réservoir sans participer directement aux échanges thermiques ; il a pour effet de créer une pression minimale dans cette portion gaz. La pression partielle de ce gaz auxiliaire non condensable **8** est notée **P2**. Sur la gamme de températures et pressions de l'application, ce gaz auxiliaire non condensable reste à l'état gazeux comme ceci apparaît à la figure 2, en partie droite.

[0026] Il faut remarquer ici que selon l'art connu antérieurement, la présence de gaz non condensable dans le circuit de travail est indésirable car si des bulles de gaz non condensable parviennent dans la zone de l'évaporateur capillaire, cela diminue les performances thermiques de vaporisation et cela peut même aller jusqu'à un désamorçage de l'évaporateur capillaire, ce qui dans certaines applications critiques peut être catastrophique.

[0027] Dans un environnement où une gravité s'exerce, la portion gaz **7** se situe au-dessus de portion liquide

6 et une interface liquide-vapeur **19** généralement horizontale sépare les deux phases (surface libre du liquide dans le réservoir).

[0028] Dans un environnement où une microgravité s'exerce (en apesanteur), la portion liquide est contenue dans du matériau poreux et la portion gaz occupe le reste du volume du réservoir ; il y a aussi dans ce cas de figure une interface liquide-vapeur **19**, mais elle n'est pas plane.

[0029] La température de cette surface de séparation **19** est reliée de façon univoque à la pression partielle **P1** de fluide de travail dans la portion gaz, cette pression correspond à la pression de saturation **Psat** du fluide à la température **Tsat** prévalant à la surface de séparation **19**, comme ceci apparaît à la figure 2, en partie gauche.

[0030] En pratique, la température de la portion liquide, de la portion gaz et de l'enveloppe du réservoir sont relativement homogènes ; il y a peu de gradient de température à l'intérieur du réservoir. La température du réservoir est par ailleurs peu éloignée de la température ambiante dans laquelle il se situe.

[0031] Selon un aspect avantageux de la présente invention, l'orifice d'entrée/sortie **31** est agencé au niveau de la portion liquide, de manière à ce que la portion gaz ne soit jamais directement en communication avec le circuit de communication liquide **5**. La configuration du lien capillaire entre le réservoir et la masse poreuse peut-être comme celle décrit dans le brevet EP0832411.

[0032] Selon un aspect particulier, notamment dans les cas d'utilisation en microgravité (cas de figure non représenté sur les dessins) mais non exclusivement, on peut prévoir une masse poreuse **9** agencée au voisinage de l'orifice d'entrée/sortie **31**, dont la fonction est de retenir du liquide, et par conséquent de former une barrière empêchant des composants de la phase gaz d'être aspirés en direction du circuit de communication liquide **5**.

[0033] Dans les applications terrestres la gravité s'exerce, l'orifice d'entrée/sortie **31** est agencé au niveau d'un point bas du réservoir. Il faut remarquer qu'il peut y avoir plusieurs points bas dans le réservoir.

[0034] Le volume de la portion liquide **6** dans le réservoir peut varier entre volume minimum ('**Vmin**') représenté à la figure 3A qui correspond à un volume total minimum de liquide dans l'entièreté du circuit général, et un volume maximum ('**Vmax**') représenté à la figure 3B qui correspond à un volume total maximum de liquide dans l'entièreté du circuit général.

[0035] La différence entre **Vmax** et **Vmin** est au moins égale à la somme de 2 volumes que l'on appelle respectivement, volume de dilation **V0c** et volume de purge **Vpurgé** qui représentent respectivement d'une part l'expansion thermique du liquide et, d'autre part l'évacuation du liquide chassé par la présence de vapeur dans la conduite vapeur **4** et d'une partie du condenseur **2** de la boucle. Autrement dit, lorsque la boucle diphasique est au repos depuis un certain temps, il n'y a plus de vapeur dans la boucle et le liquide occupe tout le volume intérieur de la boucle, ce qui donne un petit volume de portion liquide dans le réservoir ; à l'inverse lorsque le flux ther-

mique est maximal ($Q=Q_{\max}$), le premier circuit de communication **4** est entièrement occupé par de la vapeur ainsi qu'une partie du circuit du condenseur **2**, et de par le fait, le liquide est repoussé dans le réservoir où il occupe un grand volume. Le volume de portion liquide est aussi influencé par la température ambiante, ce qui conduit au volume de dilation **V0c**.

[0036] Plus précisément, le volume minimum **Vmin** correspond à une température ambiante minimale et un flux thermique nul ($Q=0$) sur l'évaporateur ; cette situation est représentée dans les figures 5A-5B par les points **61**. On remarque que la pression qui règne dans la portion gaz est essentiellement due à la présence gaz auxiliaire **8** (pression **P2**) et non pas à la pression partielle **P1** du fluide de travail qui est très faible. La pression totale qui règne dans le réservoir vaut **Pres = P1 + P2** ; c'est aussi sensiblement la pression qui règne partout ailleurs dans la boucle diphasique.

[0037] Toujours sans rapport de calories sur l'évaporateur (flux thermique nul, $Q=0$), mais avec une température ambiante maximale, on constate une dilatation de liquide qui donne un volume de portion liquide noté **V0c**, supérieur à **Vmin**. Cette situation est représentée dans les figures 5A-5B par les points **62**.

[0038] Dans les circonstances où la température ambiante est maximale et le flux thermique est lui aussi maximal $Q=Q_{\max}$, le volume de la portion liquide est augmenté du volume correspondant à la purge **Vpurgé**, ce qui conduit au cas illustré figure 3B. Cette situation est représentée dans les figures 5A-5B par les points **64**.

[0039] On constate donc que, lorsque la portion liquide 6 est à son volume minimum (**Vmin**) ce qui correspond à un volume total minimum de liquide dans l'entière du circuit général, la deuxième pression **P2** est telle qu'elle permet d'obtenir une pression totale dans le réservoir supérieure ou égale à une pression minimale de fonctionnement prédéterminée requise (illustré à 0,7 bar dans la figure 5B à titre non limitatif, en effet cette valeur minimale peut être déterminée en fonction de l'application considérée).

[0040] On peut aussi constater que, dans un exemple illustratif, lorsque la portion liquide 6 est à son volume minimum (**Vmin**), la deuxième pression partielle **P2** (NCG) est supérieure à la première pression partielle **P1**. Cette condition reste vérifiée sur une majeure partie de la plage de température ambiante à $Q=0$ et même lorsque $Q=Q_{\max}$ sur la zone des températures froides.

[0041] On peut aussi constater que lorsque la portion liquide 6 est à son volume minimum (**Vmin**), la deuxième pression partielle **P2** (NCG) peut être plusieurs fois, par exemple 5 fois ou 10 fois supérieure à la première pression partielle **P1** (cf points 61).

[0042] La pression minimale liée à la présence du gaz auxiliaire non condensable dans le réservoir (0,7 bar sur l'exemple la figure 5B) permet d'obtenir une température de saturation élevée dans le deuxième circuit de communication (50°C sur l'exemple la figure 5A), ce qui permet d'obtenir une densité p minimale de la phase vapeur

du fluide de travail, et étant donné que la capacité de transport de chaleur de la boucle est proportionnelle à la densité de la phase vapeur ($Q=pVS$), on peut obtenir instantanément dès le démarrage à froid de la boucle une capacité de transport de chaleur suffisante pour éviter un désamorçage de l'évaporateur et obtenir un bon rendement de boucle.

[0043] Pour conserver une performance d'évacuation thermique satisfaisante dans le cas thermique le plus contraint (température ambiante maximale et flux thermique maximale), illustré par les points **64**, il est nécessaire de prévoir un volume de la portion de gaz **7** suffisant au-dessus du volume de portion liquide **Vmax**.

[0044] De manière avantageuse, on pourra prévoir que le volume total **30** du réservoir est compris entre 1,3 et 2,5 fois ledit volume maximum **Vmax** de la portion liquide (cas du volume total maximum de phase liquide). Ainsi la température de saturation **Tsat**, pour une température ambiante de 50°C et un flux maximum **Qmax**, reste inférieure à 90°C ; ceci permet de continuer à prélever des calories à la source chaude 11.

[0045] S'agissant du choix du gaz auxiliaire non condensable **8**, ce gaz doit rester en phase vapeur dans toute la plage de fonctionnement de la boucle et notamment des conditions pression et température dans le réservoir, il doit avoir un point d'ébullition très bas ; de plus son coefficient de diffusion à l'intérieur des liquides et son coefficient d'Oswald doivent être également bas pour éviter que ce gaz auxiliaire ne s'infiltre à l'intérieur de la portion liquide 6 du réservoir et dans le reste de la boucle.

[0046] Avantageusement, on pourra choisir l'hélium comme gaz auxiliaire. L'hélium est chimiquement neutre et sa disponibilité industrielle est satisfaisante. Cependant, il n'est pas exclu d'utiliser d'autres gaz comme l'azote, l'argon ou le néon.

[0047] La figure 4 illustre un deuxième mode de réalisation de type thermosiphon, dans lequel on place le condenseur **2** au-dessus de l'évaporateur **1** de manière à ce que la gravité conduise naturellement le liquide en direction de l'évaporateur ; dans ces conditions le rôle du matériau poreux dans l'évaporateur est de favoriser les échanges thermiques et la vaporisation plutôt que de réaliser la fonction de pompage capillaire proprement dit. Hormis la source du mouvement de liquide et la position relative des éléments qui diffèrent, tout le reste et notamment le principe de fonctionnement est identique au premier mode décrit plus haut, et ne sera donc pas répété.

[0048] Grâce à la pressurisation exercée par la présence du gaz auxiliaire **8**, il est possible de s'affranchir de la présence d'un élément chauffant pour mettre en condition la boucle diphasique avant le démarrage thermique effectif.

[0049] Il faut aussi remarquer qu'une telle boucle diphasique peut être dépourvue de régulation active, ce qui est un avantage déterminant en matière de fiabilité.

[0050] Avantageusement selon l'invention, le dispositif est dépourvu d'une quelconque pompe mécanique bien que l'invention n'exclut pas la présence d'une pompe mé-

canique d'appoint.

[0051] Il faut bien noter que les proportions des éléments sur les dessins ne sont pas forcément représentatives des proportions ou dimensions relatives des différents organes.

[0052] Les premier et second circuits de communication fluide 4,5 sont de préférence des conduites tubulaires, mais il pourrait s'agir d'autres types de conduites ou de canaux de communication fluides (conduites rectangulaires, flexibles, etc.). De même, l'orifice d'entrée/sortie 31 pourrait se présenter comme une entrée et une sortie distinctes.

[0053] La boucle diphasique peut être équipée avantageusement d'un clapet anti-retour 18 situé à l'entrée de chaque évaporateur de manière à accroître la puissance maximale de démarrage. En effet, le clapet anti-retour 18 empêche un retour de liquide en direction inverse au sens de circulation normal, et empêche ainsi un assèchement de l'évaporateur au démarrage sous forte charge.

[0054] Dans une application soumise à la gravité, le clapet anti-retour peut être formé par un élément flottant rappelé par la poussée de flottaison contre une portée pour fermer le passage et ainsi empêcher un retour de liquide.

[0055] On remarque que, avantageusement selon l'invention, le système à fluide diphasique présenté ici est entièrement auto adaptatif, il ne nécessite aucune loi de commande, aucun capteur. Il en résulte une conception particulièrement simple, une fabrication particulièrement simple, une absence de besoin de maintenance, et une fiabilité incomparable.

Revendications

1. Dispositif de transfert thermique, dépourvu de régulation active, sans système de commande actif, adapté pour extraire de la chaleur depuis une source chaude (11) et pour restituer cette chaleur à une source froide (12) au moyen d'un fluide de travail diphasique contenu dans un circuit général clos, comprenant :

- au moins un évaporateur (1), ayant une entrée et une sortie,
- au moins un condenseur (2), distinct et à distance de l'évaporateur,
- un réservoir (3) ayant un volume intérieur (30), avec une portion liquide (6) et une portion gaz (7) séparées par une interface liquide-vapeur (19) et au moins un orifice d'entrée/sortie (31) agencé au niveau de la portion liquide, le volume de la portion liquide pouvant varier entre un volume minimum (V_{min}) et un volume maximum (V_{max}),
- un premier circuit de communication (4), pour du fluide de travail essentiellement en phase va-

peur, reliant la sortie de l'évaporateur à une entrée du condenseur,

- un deuxième circuit de communication (5), pour du fluide de travail essentiellement en phase liquide, reliant une sortie du condenseur au réservoir et à l'entrée de l'évaporateur,

caractérisé en ce que la portion gaz (7) du réservoir comprend la phase vapeur du fluide de travail avec une première pression partielle (P_1) et un gaz auxiliaire non condensable (8) avec une deuxième pression partielle (P_2), cette dernière étant prédéterminée pour permettre d'obtenir une pression totale (Pres) supérieure ou égale à une pression minimale de fonctionnement prédéterminée requise lorsque la portion liquide dans l'entière du circuit général clos est à un volume total minimum.

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel le gaz auxiliaire non condensable est de l'hélium.
3. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 2, dans lequel le fluide de travail est du méthanol.
4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le volume total (30) du réservoir est compris entre 1,3 et 2,5 fois le volume maximum (V_{max}) de la portion liquide.
5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, principalement soumis à la gravité terrestre, dans lequel l'orifice d'entrée est agencé au niveau d'un point bas du réservoir.
6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, principalement soumis à une micro-gravité, dans lequel le réservoir comprend une masse poreuse (9) agencée au moins au voisinage de l'orifice d'entrée.
7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel l'évaporateur comprend une masse microporeuse (10) adaptée pour assurer un pompage capillaire de fluide en phase liquide.
8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, principalement soumis à la gravité, dans lequel l'évaporateur est placé en dessous du condenseur et du réservoir, de sorte que la gravité est utilisée pour déplacer le liquide vers l'évaporateur.
9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel un clapet anti-retour (18) est agencé à l'entrée de l'évaporateur (1).
10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel la deuxième pression partielle (P_2) est au moins plusieurs fois supérieure à la première pression partielle (P_1) lorsque la portion liquide est à son

volume minimum (V_{min}).

Patentansprüche

1. Wärmeübertragungsvorrichtung ohne aktive Regelung, und ohne aktives Steuersystem, die dazu ausgelegt ist, Wärme aus einer Wärmequelle (11) zu gewinnen und diese Wärme mittels eines zweiphasigen Arbeitsfluids, das in einem geschlossenen allgemeinen Kreislauf enthalten ist, an eine Kältequelle (12) abzugeben, umfassend:

- mindestens einen Verdampfer (1), der einen Eingang und einen Ausgang aufweist,
- mindestens einen Kondensator (2), der vom Verdampfer separat und beabstandet ist,
- einen ein Innenvolumen (30) aufweisenden Behälter (3) mit einem Flüssigkeitsteil (6) und einem Gasteil (7), die durch eine Flüssigkeitsdampfgrenzfläche (19) und mindestens eine auf Höhe des Flüssigkeitsteils angeordnete Eingangs-/Ausgangsöffnung (31) getrennt sind, wobei das Volumen des Flüssigkeitsteils zwischen einem Mindestvolumen (V_{min}) und einem Höchstvolumen (V_{max}) variieren kann,
- einen ersten Verbindungskreislauf (4) für ein im Wesentlichen in der Dampfphase vorliegendes Arbeitsfluid, der den Ausgang des Verdampfers mit einem Eingang des Kondensators verbindet,
- einen zweiten Verbindungskreislauf (5) für ein im Wesentlichen in der Flüssigphase vorliegendes Arbeitsfluid, der einen Ausgang des Kondensators am Behälter und am Eingang des Verdampfers verbindet,

dadurch gekennzeichnet, dass der Gasteil (7) des Behälters die Dampfphase des Arbeitsfluids mit einem ersten Teildruck (P_1) und ein nicht kondensierbares Hilfsgas (8) mit einem zweiten Teildruck (P_2) umfasst, wobei Letzteres dafür vorherbestimmt ist, es zu ermöglichen, einen Gesamtdruck (P_{res}) zu erlangen, der größer oder gleich einem vorherbestimmten Mindestarbeitsdruck ist, der erforderlich ist, wenn sich der Flüssigkeitsteil in der Gesamtheit des geschlossenen allgemeinen Kreislaufs auf ein Mindestgesamtvolumen ausdehnt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das nicht kondensierbare Hilfsgas Helium ist.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei das Arbeitsfluid Methanol ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Gesamtvolumen (30) des Behälters zwischen dem 1,3- und dem 2,5-Fachen des Höchstvo-

lomens (V_{max}) des Flüssigkeitsteils liegt.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, die prinzipiell der Erdanziehungskraft unterliegt, wobei die Eingangsöffnung auf Höhe eines Tiefpunkts des Behälters angeordnet ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, die prinzipiell einer Mikrogravitation unterliegt, wobei der Behälter eine poröse Masse (9) umfasst, die zumindest in der Nähe der Eingangsöffnung angeordnet ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Verdampfer eine mikroporöse Masse (10) umfasst, die dazu ausgelegt ist, ein kapillares Pumpen von Fluid in der Flüssigphase sicherzustellen.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, die prinzipiell der Gravitation unterliegt, wobei der Verdampfer unterhalb des Kondensators und des Behälters platziert ist, sodass die Gravitation zum Verlagern der Flüssigkeit in Richtung des Verdampfers verwendet wird.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei ein Rückschlagssicherungsventil (18) am Eingang des Verdampfers (1) angeordnet ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der zweite Teildruck (P_2) mindestens um ein Vielfaches höher als der erste Teildruck (P_1) ist, wenn sich der Flüssigkeitsteil auf sein Mindestvolumen (V_{min}) ausdehnt.

Claims

1. Device for heat transfer, without active regulation, without active control, suited for extracting heat from a hot source (11) and for returning this heat to a cold source (12) by means of a two-phase working fluid contained in a general closed circuit, comprising:
- at least one evaporator (1), having an inlet and an outlet,
 - at least one condenser (2), separate from and away from the evaporator,
 - a tank (3) with an internal volume (30), a liquid portion (6) and a gas portion (7) separated by a liquid-vapor interface (19), and at least one inlet/outlet orifice (31) laid out near the liquid portion, where the volume of the liquid portion can vary between a minimum volume (V_{min}) and a maximum volume (V_{max}),
 - a first connection circuit (4), for the working fluid essentially in vapor phase, connecting the outlet of the evaporator to the inlet of the con-

denser;

- a second connection circuit (5), for the working fluid essentially in liquid phase, connecting an outlet from the condenser to the tank and to the inlet of the evaporator;

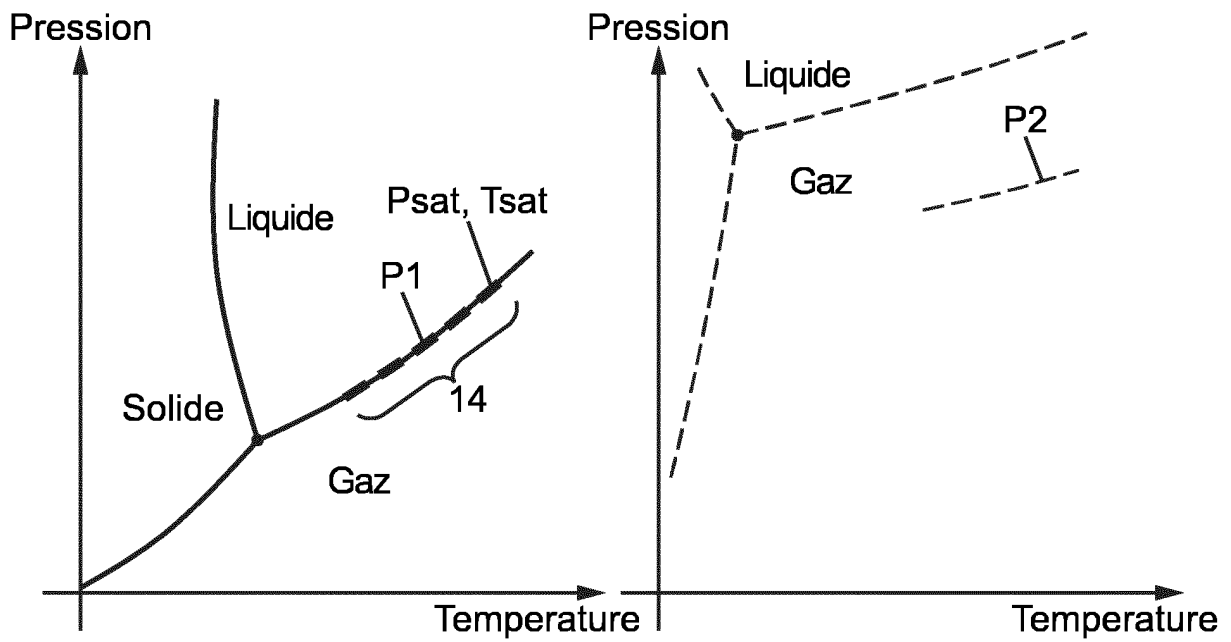
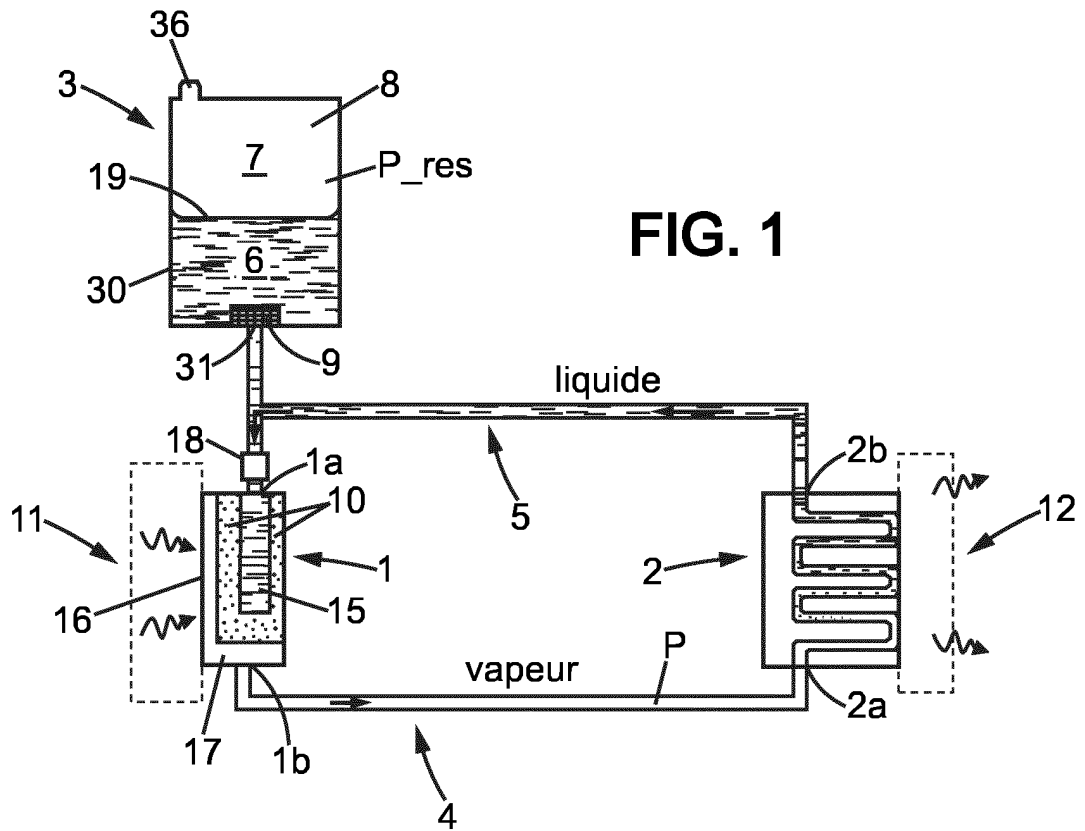
5

characterized in that the gas portion (7) from the tank includes the vapor phase of the working fluid with a first partial pressure (P1) and a non-condensable auxiliary gas (8) with a second partial pressure (P2), where this partial pressure is predetermined to make it possible to obtain a total pressure (Pres) greater than or equal to a preset minimum operating pressure required when the liquid portion in the entire general closed circuit is at a minimum total volume.

10

15

2. Device according to claim 1, wherein the non-condensable auxiliary gas is helium.
3. Device according to one of claims 1 to 2, wherein the working fluid is methanol. 20
4. Device according to one of claims 1 to 3, wherein the total volume (30) of the tank is included between 1.3 and 2.5 times said maximum volume (Vmax) of the liquid portion. 25
5. Device according to one of claims 1 to 4, mainly subject to terrestrial gravity, wherein the inlet orifice is arranged in the area of a low point of the tank. 30
6. Device according to one of claims 1 to 4, mainly subject to microgravity, wherein the tank comprises a porous mass (9) laid out at least in the area of the inlet orifice. 35
7. Device according to one of claims 1 to 6, wherein the evaporator includes a micro-porous mass (10) adapted for assuring capillary pumping of the liquid phase fluid. 40
8. Device according to one of claims 1 to 5, subject mainly to gravity, wherein the evaporator is placed below the condenser and the tank, whereby gravity is used for moving the liquid towards the evaporator. 45
9. Device according to one of claims 1 to 8, wherein an anti-backflow valve (18) is laid out at the inlet of the evaporator (1). 50
10. Device according to one of claims 1 to 9, wherein the second partial pressure (P2) is at least several times greater than the first partial pressure (P1) when the liquid portion is at the minimum volume (Vmin). 55



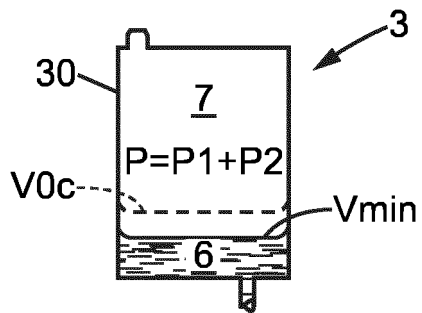


FIG. 3A

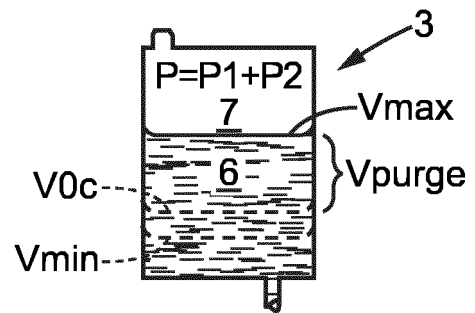


FIG. 3B

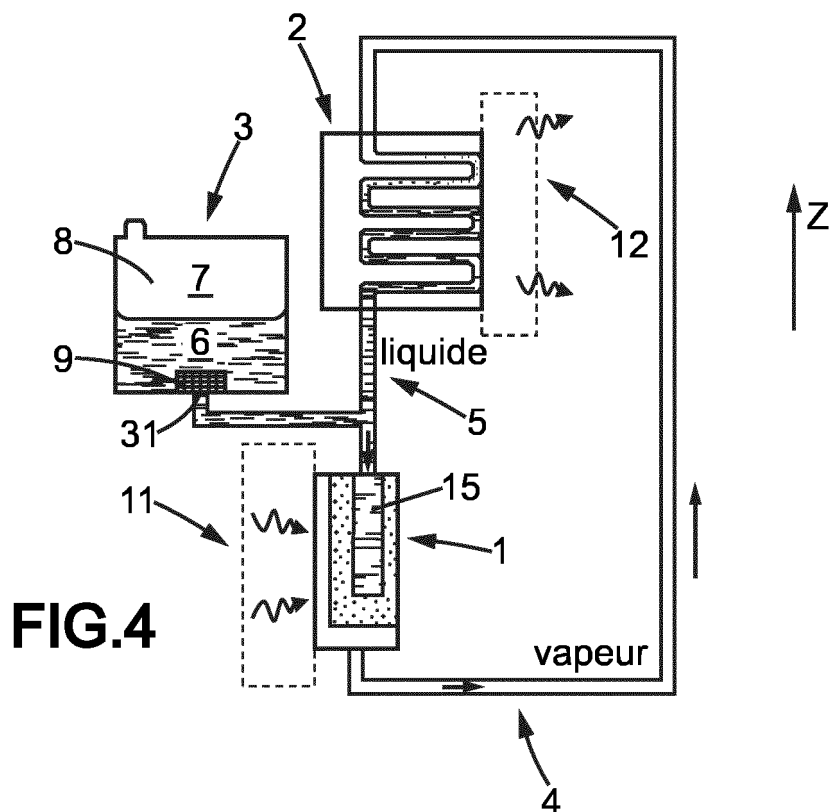


FIG.4

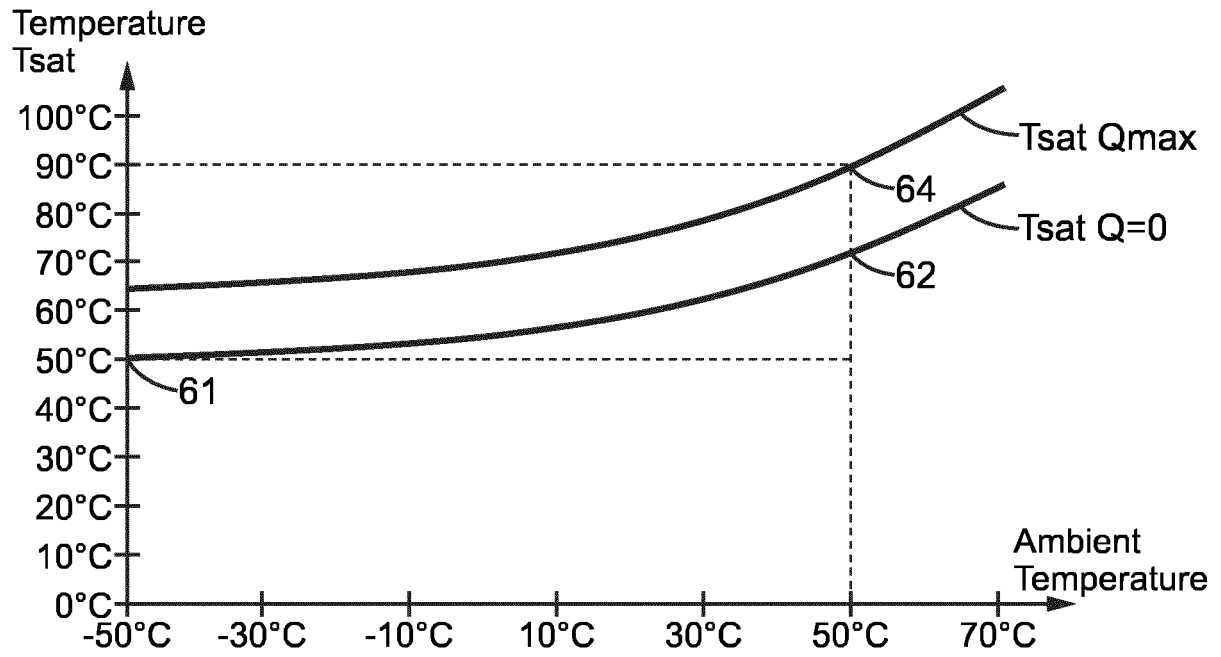


FIG.5A

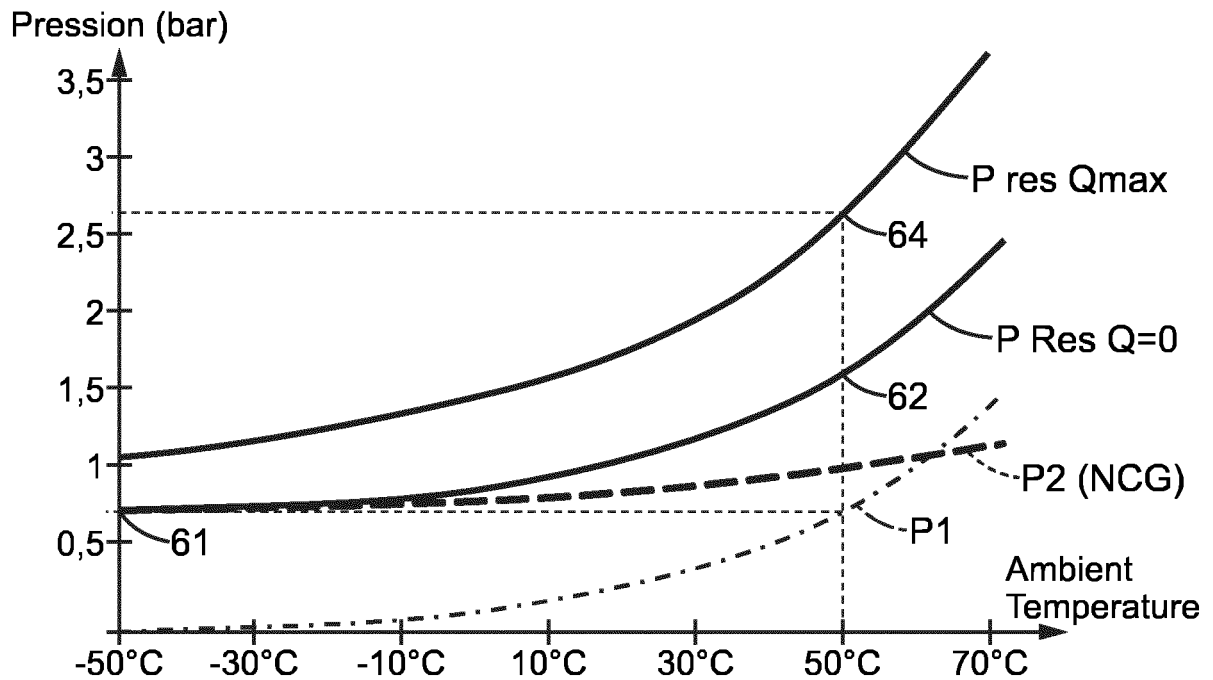


FIG.5B

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2949642 A [0002]
- US 4576009 A [0002]
- EP 0832411 A [0031]