



(11) **EP 4 323 711 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

- (45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
07.08.2024 Bulletin 2024/32

(21) Numéro de dépôt: **22814485.3**

(22) Date de dépôt: **07.10.2022**
- (51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F28D 15/04^(2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F28D 15/046

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2022/051900

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2023/057730 (13.04.2023 Gazette 2023/15)

(54) **DISPOSITIF DIPHASIQUE DE TRANSFERT DE CHALEUR À RÉSERVOIR D'EXCÉDENT DE LIQUIDE**
ZWEIPHASIGE WÄRMEÜBERTRAGUNGSVORRICHTUNG MIT FLÜSSIGKEITSÜBERLAUFTANK
TWO-PHASE HEAT-TRANSFER DEVICE WITH LIQUID OVERFLOW TANK

(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 ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR (43) Date de publication de la demande: 21.02.2024 Bulletin 2024/08 (73) Titulaire: Airbus Defence and Space SAS 31402 Toulouse Cedex 4 (FR) (72) Inventeurs: • MARTINELLI, Matthieu 31402 TOULOUSE CEDEX 4 (FR) • FOURGEAUD, Laura 31402 TOULOUSE CEDEX 4 (FR)	• COQUARD, Typhaine 31402 TOULOUSE CEDEX 4 (FR) • FIGUS, Christophe 31402 TOULOUSE (FR) (74) Mandataire: Plasseraud IP 66, rue de la Chaussée d'Antin 75440 Paris Cedex 09 (FR) (56) Documents cités: WO-A1-2016/058966 DE-A1- 19 805 930 DE-U1- 202005 008 792 US-A1- 2007 107 878 US-A1- 2011 108 243 US-A1- 2018 066 898 US-B1- 6 695 040
--	--

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).

EP 4 323 711 B1

Description**Domaine technique**

[0001] La présente divulgation relève du domaine des dispositifs diphasiques de transfert de chaleur, contenant un fluide diphasique à saturation en circulation entre une source froide et une source chaude, et permettant ainsi d'évacuer de la chaleur générée par la source chaude. Elle trouve une application particulière dans le domaine spatial, notamment pour le contrôle thermique d'équipements d'un engin spatial, comme par exemple un satellite.

Technique antérieure

[0002] Un dispositif diphasique de transfert de chaleur comprend classiquement une cavité fermée contenant un fluide diphasique à saturation, dont une portion se trouve en phase liquide et une autre en phase gazeuse. Le dispositif de transfert de chaleur est en relation d'échange thermique d'une part avec une source dite chaude, et d'autre part avec une source dite froide, relativement plus froide que la source de chaleur.

[0003] Dans un dispositif diphasique de transfert de chaleur, le volume de fluide en phase liquide, présent dans la cavité, varie selon la température de fonctionnement. Ainsi un surplus de liquide peut venir perturber le fonctionnement du dispositif diphasique de transfert de chaleur. La demande de brevet WO2016/058966 intitulée caloduc plat avec fonction réservoir enseigne un réservoir de liquide disposé à une extrémité des canaux de condensation et sous une structure capillaire. Le document US 6 695 040 B1 décrit un dispositif selon le préambule de la revendication 1.

[0004] Ce type de solution impose cependant des contraintes sur la conception et l'utilisation du caloduc. Une partie de la surface de la plaque froide est notamment utilisée pour réaliser le contact thermique avec le réservoir de liquide, ce qui diminue donc la surface utile disponible pour le condenseur et donc les performances du caloduc. Par ailleurs le fait de disposer le réservoir en contact thermique avec la plaque froide représente également une contrainte supplémentaire de conception dont on souhaite s'affranchir.

Résumé

[0005] La présente invention vise ainsi à proposer une structure diphasique, également désignée en anglais par « two phase heat transport equipment » ou TPHE, plus performante et de conception plus simple.

[0006] Il est ainsi proposé selon la revendication 1 un dispositif diphasique de transfert de chaleur, comprenant une cavité fermée comprenant au moins une zone d'évaporation en situation d'échange thermique avec au moins une source chaude et au moins une zone de condensation en situation d'échange thermique avec au moins une

source froide,

la cavité fermée contenant un fluide diphasique à l'état d'équilibre liquide-vapeur et comprenant au moins un canal de circulation du fluide diphasique en phase vapeur et au moins une structure capillaire principale adaptée pour permettre la circulation du fluide diphasique en phase liquide entre ladite source froide et ladite source chaude, le dispositif diphasique étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins un milieu capillaire additionnel permettant un stockage et une restitution d'un excédent de liquide par rapport à une capacité maximale de liquide contenu dans la structure capillaire principale, ledit milieu capillaire additionnel et ladite structure capillaire principale étant connectés de façon à assurer une continuité capillaire pour le fluide diphasique en phase liquide.

[0007] Dans des modes de réalisation, ledit milieu additionnel formant au moins une zone capillaire réservoir, tandis que la structure capillaire principale comprend au moins une zone capillaire de condensation et au moins une zone capillaire d'écoulement reliée d'une part à la zone capillaire de condensation et d'autre part à l'évaporateur.

[0008] Dans des modes de réalisation, la zone capillaire réservoir présente une dimension capillaire caractéristique inférieure à une dimension capillaire caractéristique de la zone capillaire de condensation mais supérieure ou égale à une dimension capillaire caractéristique de la zone capillaire d'écoulement à laquelle la zone capillaire réservoir est reliée.

[0009] Dans des modes de réalisation, la zone capillaire réservoir présente une dimension capillaire caractéristique inférieure à une dimension capillaire caractéristique du canal de circulation du fluide diphasique en phase vapeur mais supérieure à une dimension capillaire caractéristique de la zone capillaire de condensation.

[0010] Dans des modes de réalisation ladite zone capillaire réservoir est reliée directement à la zone d'écoulement ou respectivement à la zone d'évaporation et présente une dimension capillaire caractéristique supérieure à une dimension capillaire caractéristique de la zone d'écoulement ou respectivement de la zone d'évaporation.

[0011] Dans des modes de réalisation, la structure capillaire principale présente une dimension capillaire caractéristique décroissante de la zone de condensation vers la zone d'évaporation.

[0012] Dans des modes de réalisation, le milieu capillaire additionnel présente une dimension capillaire caractéristique minimale au niveau de la connexion avec la structure capillaire principale pour la circulation du fluide diphasique en phase liquide.

[0013] Dans des modes de réalisation, le milieu capillaire additionnel est dimensionné de manière à présenter un taux de remplissage compris strictement entre 0 et

100%, de préférence compris strictement entre 5 et 95%, lorsque le dispositif diphasique de transfert de chaleur est en fonctionnement.

[0014] Dans des modes de réalisation, le volume disponible pour le liquide dans le milieu capillaire additionnel est compris entre 10 et 40 % du volume disponible pour le liquide dans la structure capillaire principale de la cavité.

[0015] Dans des modes de réalisation, le milieu capillaire additionnel est un treillis et/ou est formé en un matériau poreux.

[0016] Le dispositif de transfert de chaleur comprend avantageusement un réservoir de liquide présentant une structure capillaire et qui est connecté à la structure capillaire principale pour la circulation de liquide entre le condenseur et l'évaporateur, le réservoir de liquide étant connecté à la structure capillaire principale de façon à assurer une continuité capillaire entre eux permettant de maintenir la continuité liquide. Ainsi on évite d'avoir un surplus de liquide qui perturberait voire empêcherait le fonctionnement du dispositif de transfert de chaleur, par exemple s'il était localisé dans un endroit empêchant la circulation de vapeur jusqu'à la source froide, ou s'il venait masquer partiellement ou totalement une surface d'échange thermique avec la source froide.

[0017] De façon avantageuse, un volume de liquide en excès se loge dans le milieu capillaire additionnel évitant ainsi un surplus de volume inutile et inactif, qui se déplacerait au gré des variations de pression locales induites par les forces capillaires, les gradients de température et les forces hydrodynamiques et qui perturberait le fonctionnement du dispositif de transfert de chaleur. Pour cela, le milieu capillaire additionnel n'a pas besoin d'être situé en contact thermique avec la source froide. Plus généralement, les contraintes sur la conception et l'utilisation sont réduites. Le dispositif est adapté pour une utilisation en milieu spatial mais une utilisation sur Terre, en présence de gravité, est également possible. Les performances thermiques du dispositif de transfert de chaleur relatives à sa capacité de transport ou à son coefficient d'échange thermique sont avantageusement optimisées.

[0018] Avantageusement encore, grâce à la continuité capillaire notamment en maîtrisant une hiérarchie des dimensions capillaires entre le réservoir de liquide et la structure capillaire principale, on peut assurer un stockage et une restitution de fluide diphasique en phase liquide de façon à conserver un volume optimum de fluide diphasique en phase liquide dans la structure capillaire principale.

Brève description des dessins

[0019] D'autres caractéristiques, détails et avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après, et à l'analyse des dessins annexés, sur lesquels :

Fig. 1a

[Fig. 1a] représente un schéma de principe d'un dispositif diphasique de transfert thermique.

Fig. 1b

[Fig. 1b] représente une vue en coupe d'un évaporateur d'un dispositif de la figure 1a.

Fig. 2

[Fig. 2] est une vue en perspective partielle et schématique d'un dispositif diphasique de transfert thermique selon un mode de réalisation.

Fig. 3

[Fig. 3] est une vue en coupe en perspective du dispositif de la figure 2.

Fig. 4

[Fig. 4] est une vue en coupe de face d'un condenseur d'un dispositif diphasique de transfert thermique selon un mode de réalisation.

Fig. 5

[Fig. 5] représente schématiquement la circulation du fluide diphasique dans un dispositif de transfert thermique selon un mode de réalisation.

Fig. 6

[Fig. 6] représente un exemple de structure capillaire pouvant former le réservoir de surplus de liquide.

Fig. 7

[Fig. 7] représente schématiquement un autre exemple de dispositif diphasique dans lequel le milieu capillaire additionnel se situe dans le prolongement du condenseur.

Fig. 8a

[Fig. 8a] représente un exemple de hiérarchie des dimensions capillaires caractéristiques d'un dispositif lorsque notamment le dispositif est dépourvu de zone adiabatique et comprend un milieu capillaire additionnel formant une section supplémentaire du dispositif, adjacente au condenseur.

Fig. 8b

[Fig. 8b] représente un exemple de hiérarchie des dimensions capillaires caractéristiques d'un dispositif lorsque notamment le dispositif comprend une zone adiabatique et un milieu capillaire additionnel formant une section supplémentaire du dispositif, adjacente au condenseur.

Fig. 8c

[Fig. 8c] représente un exemple de hiérarchie des dimensions capillaires caractéristiques d'un dispositif lorsque notamment le dispositif comprend une zone adiabatique et un milieu capillaire additionnel relié au condenseur et à la zone adiabatique.

Fig. 8d

[Fig. 8d] représente un exemple de hiérarchie des dimensions capillaires caractéristiques d'un dispositif lorsque notamment le dispositif ne comprend pas de zone adiabatique et comprend un milieu capillaire additionnel relié au condenseur et à l'évaporateur.

Description des modes de réalisation

[0020] En référence aux figures 1a à 5, on a représenté deux exemples d'un dispositif diphasique 1 de transfert de chaleur. Sur les figures 1a et 1b, le dispositif présente une forme sensiblement cylindrique. Dans l'exemple représenté sur les figures 2 à 4, le dispositif présente une forme sensiblement parallélépipédique. La forme du dispositif n'est cependant pas limitative et peut être adaptée en fonction des contraintes d'utilisation, en particulier en fonction des positions relatives des sources chaude et froide entre lesquelles le transfert de chaleur doit être mis en oeuvre.

[0021] Le dispositif diphasique de transfert de chaleur 1 comprend une cavité fermée 10 de façon étanche et délimitée par une enveloppe 11, dans laquelle circule un fluide diphasique à saturation comprenant une phase vapeur et une phase liquide. La partie liquide du fluide diphasique s'évapore au voisinage de la source de chaleur, et la vapeur obtenue se déplace vers la source froide où elle se liquéfie, restituant ainsi l'énergie thermique, emmagasinée auprès de la source chaude, à la source froide. Pour permettre la circulation de la phase liquide au sein de la cavité, les dispositifs diphasiques de transfert de chaleur comprennent par exemple une structure particulière qui est conformée pour permettre un écoulement du liquide par capillarité. Ces structures peuvent prendre des formes variables, telles que par exemple un ensemble de rainures, une structure poreuse ou un treillis. La circulation de la phase vapeur est permise par un ou plusieurs canaux permettant un écoulement dissocié de la vapeur et du liquide.

[0022] Comme représenté schématiquement sur la figure 1a, la cavité 10 du dispositif diphasique de transfert de chaleur comprend au moins une zone d'évaporation ou évaporateur 20, cette zone étant en situation d'échange thermique, typiquement en contact thermique, avec une source chaude 2, comme par exemple un équipement à refroidir. Au niveau de l'évaporateur 20, la phase liquide du fluide contenu dans la cavité s'évapore en absorbant la chaleur fournie par la source chaude.

[0023] La zone d'évaporation comprend notamment une zone capillaire d'évaporation, par exemple sous la forme d'une structure capillaire. La zone d'évaporation comprend notamment au moins une structure capillaire pour le liquide et au moins un canal vapeur pour la vapeur.

[0024] Dans des modes de réalisation, le dispositif 1 de transfert de chaleur peut être utilisé en environnement spatial, pour refroidir un ou plusieurs équipements d'un

engin spatial tel qu'un satellite. Ces équipements peuvent inclure des équipements optiques, comme par exemple un plan focal, des équipements de télécommunication ou d'autres équipements comme par exemple des équipements électriques de commande d'actionneur.

[0025] Le dispositif 1 de transfert de chaleur comprend également au moins une zone de condensation ou condenseur 30, cette zone étant en situation d'échange thermique, typiquement en contact thermique, avec une source froide 3. Au niveau du condenseur, la phase vapeur du fluide contenu dans la cavité se condense en restituant ainsi, à la source froide, les calories absorbées auprès de la source chaude. La zone condenseur comprend notamment une zone capillaire de condensation par exemple sous la forme d'une structure capillaire. La zone condenseur comprend notamment au moins une structure capillaire pour le liquide et au moins un canal vapeur pour la vapeur.

[0026] Dans le cas où le dispositif de transfert de chaleur est utilisé dans un contexte spatial, la source froide peut par exemple comprendre un radiateur adapté pour évacuer de la chaleur vers l'espace.

[0027] Le fluide caloporteur contenu dans la cavité peut par exemple se présenter sous la forme d'eau, d'ammoniac, de méthane, d'éthane, de propylène, de méthanol ou d'éthanol, à l'état d'équilibre liquide-gaz.

[0028] Afin de permettre les échanges thermiques entre le fluide diphasique et la source chaude d'une part, et entre le fluide diphasique et la source froide d'autre part, l'enveloppe 11 est avantageusement réalisée, au moins au niveau de chaque évaporateur et de chaque condenseur, en un matériau thermiquement conducteur, comme par exemple un métal, ou un alliage métallique, par exemple à base d'aluminium.

[0029] Dans des modes de réalisation, et comme représenté par exemple sur la figure 1a, le dispositif 1 de transfert de chaleur peut également comprendre une zone adiabatique 12 située entre un évaporateur 20 et un condenseur 30, c'est-à-dire une zone où les transferts de chaleur entre le fluide diphasique présent dans la cavité et l'environnement du dispositif de transfert de chaleur sont limités. Une telle zone peut par exemple être prévue dans le cas où la source froide 3 et la source chaude 2 sont relativement éloignées l'une de l'autre et que l'on souhaite alors faire circuler le fluide diphasique entre les deux en limitant les transferts de chaleur avec l'environnement. A cet égard, un matériau thermiquement isolant peut être utilisé pour assurer une isolation thermique entre le fluide diphasique et l'environnement du dispositif 1 de transfert de chaleur, par exemple directement lors de la constitution de l'enveloppe de la cavité, au niveau de ladite zone adiabatique ou en ajoutant une enveloppe isolante additionnelle autour de la zone adiabatique. La zone adiabatique comprend notamment une zone capillaire d'écoulement par exemple sous la forme d'une structure capillaire. La zone adiabatique comprend notamment au moins une structure capillaire

pour le liquide et au moins un canal vapeur pour la vapeur.

[0030] La cavité fermée 10 est conformée pour permettre la circulation du fluide diphasique entre l'évaporateur 20 et le condenseur 30. A cet égard, la cavité fermée comprend au moins un canal 13 de circulation du fluide diphasique en phase vapeur qui permet, comme représenté par les flèches FV sur la figure 1a, de faire circuler la vapeur obtenue au niveau de l'évaporateur vers le condenseur. Le ou les canaux de circulation de vapeur 13, ou un réseau formé par ces canaux, s'étendent donc sur toute la longueur de la cavité, en allant de l'évaporateur au condenseur. De plus, la cavité fermée comprend également une structure capillaire 14 principale adaptée pour permettre la circulation de la phase liquide du fluide diphasique, et en particulier pour permettre au liquide condensé au niveau du condenseur de parvenir jusqu'à l'évaporateur, comme représenté par les flèches FL sur la figure 1a. La structure capillaire 14 principale s'étend également sur toute la longueur de la cavité, en allant de l'évaporateur au condenseur, pour permettre cette circulation de liquide.

[0031] Une structure capillaire est une structure dont la géométrie est telle qu'elle engendre des effets de tension de surface permettant ainsi de retenir et de faire circuler le liquide par capillarité. Les effets de tension de surface peuvent notamment être prédominants sur les effets de gravité ou d'inertie. La structure capillaire peut être réalisée de différentes manières. Par exemple, et comme visible sur la figure 1b, la structure capillaire peut être formée d'un ensemble de rainures 140 de faible diamètre, par exemple compris entre 1 et 3 mm. Dans l'exemple de la figure 2, la structure capillaire comprend une pluralité de rainures qui sont réparties autour d'un canal de circulation de vapeur 13, en s'étendant parallèlement à celui-ci. Les rainures 140 présentent chacune une ouverture latérale 141 s'étendant dans la direction principale de la rainure, l'ouverture latérale débouchant dans le canal de circulation 13 de vapeur pour permettre à de la vapeur contenue dans une rainure 140 de rejoindre le canal. Sur la figure 1b, le profil des rainures présente un profil ouvert arrondi en Ω . Ce type de profil favorise notamment l'apparition d'une pression capillaire.

[0032] En variante on pourrait avoir un profil ouvert en goutte d'eau ou en ω avec sa ou ses courbures larges disposées en vis-à-vis de la surface froide, à l'opposé de l'ouverture. Un tel profil se referme par exemple légèrement selon un ratio inférieur à 2 (c'est-à-dire que la largeur de l'ouverture est supérieure à la moitié de la plus grande largeur) de façon à éviter la formation d'un pont et éviter de piéger de la vapeur dans les rainures. Avantageusement avec un profil en goutte d'eau ou en ω , on évite de retenir de la vapeur à cause d'un pont liquide qui se formerait au niveau de l'extrémité, notamment en micro-gravité, pouvant rendre la structure diphasique instable voire non-opérationnelle. Avantageusement encore, un profil en goutte d'eau ou en ω favorise le drainage de la surface froide.

[0033] Le choix du profil sera par exemple effectué pour s'adapter au mieux au cas d'usage.

[0034] Dans un autre exemple, représenté en figure 4, le dispositif de transfert de chaleur 1 peut présenter une forme généralement parallélipédique, et comprendre au moins un canal de circulation de vapeur 13 s'étendant selon la direction principale du dispositif 1 de transfert de chaleur. Des rainures 140 pour la circulation de la phase liquide peuvent également s'étendre parallèlement selon la direction principale du dispositif de transfert de chaleur, et comprendre une ouverture latérale 141 s'étendant dans la direction principale de chaque rainure et débouchant dans le canal 13 de circulation de vapeur. En variante, comme représenté sur la figure 6, la structure capillaire 14 principale peut être formée d'un treillis, comprenant un ensemble de fibres capillaires de faible diamètre, par exemple compris entre 0.5 et 1 mm, interconnectées les unes aux autres. Selon encore une autre variante, la structure capillaire peut être un milieu poreux, par exemple en étant formée d'un matériau constitué d'une micro-structure poreuse rendant ledit matériau perméable au fluide considéré.

[0035] Sur la figure 1b on a représenté schématiquement la circulation du fluide diphasique au niveau d'un évaporateur 20. Le liquide contenu dans la structure capillaire et acheminé depuis le condenseur 30 se vaporise sous l'effet de la chaleur transmise par la source chaude 2. La vapeur obtenue rejoint le canal de circulation de vapeur 13 et comme visible sur la figure 1a, progresse dans la cavité 10 jusqu'à atteindre le condenseur 30, où elle se condense et le liquide condensé rejoint la structure capillaire 14 principale.

[0036] Le dispositif 1 de transfert de chaleur comprend en outre un réservoir 15 pour stocker un excédent de liquide du fluide diphasique, ce réservoir étant formé par un milieu capillaire additionnel. Le milieu capillaire additionnel 15 qui réalise un stockage et une restitution du fluide en phase liquide est connecté à la structure capillaire principale 14 de façon à assurer une continuité capillaire pour le fluide en phase liquide. Le milieu additionnel comprend une zone capillaire réservoir et peut comprendre également un canal vapeur. Un tel canal vapeur peut par exemple être utile dans les cas, comme représenté aux figures 8a et 8b, où le taux de remplissage en liquide dans le réservoir varie entre 0% et 100% voire entre 5% et 95%, de la vapeur étant alors également présente dans cette zone réservoir. Ainsi la présence d'un canal vapeur à proximité va permettre à la vapeur d'être évacuée plus facilement quand le liquide va pénétrer le réservoir.

[0037] Dans des modes de réalisation, le milieu capillaire additionnel n'a pas de fonction structurelle pour le dispositif 1 de transfert de chaleur, c'est-à-dire qu'il ne contribue pas à sa tenue mécanique, contrairement à la cavité 10 et notamment à son enveloppe 11.

[0038] Les canaux vapeurs sont par exemple tous reliés entre eux. Les canaux vapeurs interconnectés forment ainsi un unique espace continu. Dans des modes

de réalisation, si le milieu capillaire additionnel 15 est adjacent au canal vapeur 13 de la cavité 10, il n'obstrue pas complètement la section de ce canal vapeur.

[0039] On entend par « continuité capillaire pour le fluide en phase liquide » ou par « continuité capillaire liquide » le fait qu'un échange de fluide en phase liquide puisse s'effectuer par capillarité, dans un sens comme dans l'autre, au niveau de chaque endroit où se forme une continuité capillaire pour le fluide en phase liquide, notamment entre le milieu capillaire additionnel et la structure capillaire principale. Le milieu capillaire additionnel est ainsi accolé à la structure capillaire principale.

[0040] Le fluide en phase liquide peut ainsi se déplacer vers le milieu capillaire additionnel ou vers la structure capillaire. A cet égard, la structure capillaire principale 14 et le milieu capillaire additionnel 15 sont de préférence conformés de sorte qu'il n'y a pas, entre ces deux milieux capillaires, de discontinuité. On entend par discontinuité une ou plusieurs cavités dont la dimension dépasserait la dimension capillaire caractéristique la plus grande des deux milieux.

[0041] Ainsi lorsque le dispositif 1 s'échauffe, le volume de fluide diphasique sous forme liquide va avoir tendance à augmenter et le milieu capillaire additionnel de stockage va se remplir de manière passive et ainsi prévenir la formation de bouchon liquide. A contrario, lorsque le dispositif 1 va se refroidir, le volume de fluide diphasique sous forme liquide va avoir tendance à diminuer et le milieu capillaire additionnel de stockage va se vider de manière passive et ainsi prévenir l'assèchement de la structure capillaire principale.

[0042] De la sorte, le milieu capillaire additionnel 15 peut stocker un excès de liquide qui ne pourrait pas être contenu dans la structure capillaire principale 14 déjà pleine et qui perturberait le fonctionnement du dispositif de transfert de chaleur en se plaçant dans les canaux vapeur. Ce stockage permet de rendre le dispositif de transfert de chaleur opérationnel, avec des performances optimisées, quelle que soit la position ou la configuration du dispositif de transfert de chaleur.

[0043] Dans des modes de réalisation, le milieu capillaire additionnel est dimensionné, en fonction du dimensionnement du dispositif 1 de transfert de chaleur et de la quantité de fluide diphasique, pour présenter un taux de remplissage compris strictement entre 0 et 100%, de préférence compris strictement entre 5 et 95% lorsque le dispositif de transfert de chaleur est en fonctionnement. Le taux de remplissage correspond au ratio entre le volume de liquide contenu dans le milieu capillaire additionnel, constituant le ou les réservoirs, et le volume total pouvant être contenu dans ce milieu. En d'autres termes, la quantité de fluide diphasique dans la cavité étant constante mais avec un volume de liquide pouvant varier entre un volume minimum et un volume maximal, le milieu capillaire additionnel peut être avantageusement dimensionné, comme illustré aux figures 8a et 8b, de sorte que :

- lorsque le volume de liquide est minimal, la structure capillaire principale 14 est toujours pleine de liquide, et le milieu capillaire additionnel est faiblement rempli, de l'ordre de 0 à 5% de taux de remplissage, et

- lorsque le volume de liquide est maximal, la structure capillaire principale 14 est pleine de liquide et le milieu capillaire additionnel est complètement rempli, sans atteindre toutefois la saturation pour éviter une perturbation du fonctionnement du dispositif, c'est-à-dire avec un taux de remplissage de l'ordre de 95% à 100%.

[0044] Le volume de liquide dans la cavité peut varier entre Volume_min et Volume_max, de sorte qu'à tout instant le volume total de liquide est égal à $\text{Volume}_t = \text{Volume}_{\min} + \Delta \text{Volume}_t$

[0045] Par ailleurs, $\text{Volume}_{\max} = \text{Volume}_{\min} + \Delta \text{Volume}_{\max}$.

[0046] La structure capillaire principale présente, par exemple, un volume d'accueil égal à Volume_min et la totalité de l'excès de liquide, i.e. ΔVolume_t , va se loger dans la structure additionnelle formant réservoir. La structure additionnelle formant réservoir doit alors pouvoir contenir un volume correspondant à $\Delta \text{Volume}_{\max}$.

[0047] On peut ainsi prévoir un volume de la structure capillaire additionnelle formant réservoir supérieur ou égal à $\Delta \text{Volume}_{\max}$.

[0048] Ainsi pour un volume total minimal, seule la structure principale 14 sera remplie, tandis que pour un volume total maximum, la structure principale 14 et la structure additionnelle formant réservoir 15 sont pleines.

[0049] En pratique on peut prévoir une marge de sécurité de fonctionnement avec par exemple :

- pour un volume minimum, la structure principale 14 pleine et la structure additionnelle formant réservoir 15 remplie à 5 % et

- pour un volume maximum, la structure principale 14 pleine et la structure additionnelle formant réservoir 15 remplie à 95%.

[0050] Dans les cas des figures 8a et 8b, le réservoir 15 est par exemple rempli selon un taux de remplissage variant entre 0% et 100% voire entre 5% et 95%, tandis que le reste de la structure capillaire est toujours plein à 100%.

[0051] Dans les cas des figures 8c et 8d, le condenseur 143, qui présente la structure capillaire la plus grosse, se remplira en dernier, tandis que toutes les autres structures capillaires recevant du liquide sont toujours remplies à 100%. Le taux de remplissage du condenseur varie par exemple entre 0% et 100% voire entre 5% et 95%. La structure capillaire du condenseur (qui fait partie de la structure principale 14) n'est de préférence pas pleine à 100% puisque la structure capillaire additionnel-

le 15 a une dimension plus faible que celle du condenseur. La structure capillaire additionnelle 15 va donc avoir tendance à aspirer le liquide du condenseur. On a donc la structure évaporateur qui est pleine et la structure adiabatique qui est pleine, tandis que la structure capillaire du condenseur est partiellement remplie et varie par exemple entre 5 et 95 %.

[0052] Le volume additionnel de stockage de liquide représenté par le milieu capillaire additionnel est par exemple inférieur au volume de la structure capillaire 14 principale et de préférence inférieur à 50% du volume de la structure capillaire principale.

[0053] Dans des modes de réalisation, le volume de stockage disponible pour le liquide dans le milieu capillaire additionnel est compris entre 10 et 40 % du volume disponible pour le liquide dans la structure capillaire principale. Le volume du milieu additionnel de stockage dépend de fluide diphasique considéré ainsi que de la plage de température opérationnelle.

[0054] En référence aux figures 8a à 8d, on va maintenant décrire des modes de réalisation du dimensionnement des différentes structures capillaires.

[0055] Dans la suite, on appelle « dimension capillaire caractéristique » la dimension moyenne des cavités capillaires de la structure capillaire considérée. Dans le cas où la structure capillaire est poreuse, la dimension capillaire caractéristique peut correspondre au diamètre moyen des pores. Dans le cas où la structure capillaire est formée d'un treillis de fibres solides (fig 6), la dimension capillaire caractéristique peut correspondre au diamètre de la plus grosse particule sphérique qui pourrait passer au travers. Dans le cas où la structure capillaire est formée de rainures, la dimension capillaire caractéristique peut correspondre au diamètre hydraulique de l'ouverture 141 reliant une rainure 140 au canal de circulation de vapeur 13.

[0056] Plus la dimension capillaire caractéristique est petite, et plus le phénomène de capillarité est important. Par conséquent, les différentes structures capillaires du dispositif 1 présentent avantageusement une hiérarchie de dimension capillaire caractéristique permettant d'assurer le cheminement du liquide jusqu'à l'évaporateur.

[0057] Ainsi, la structure capillaire 14 principale peut présenter des dimensions capillaires caractéristique différentes le long de la cavité. Par exemple, la structure capillaire 14 peut comprendre au moins une zone capillaire de condensation 143 dans le condenseur 30, une zone capillaire d'évaporation 142 dans l'évaporateur 20 et optionnellement une zone capillaire d'écoulement 144 reliée d'une part à la zone capillaire de condensation et d'autre part à l'évaporateur, et les différentes zones de la structure capillaire 14 peuvent présenter des dimensions capillaires caractéristiques différentes.

[0058] Dans un mode de réalisation représenté schématiquement en figure 8a, la structure capillaire 14 présente une dimension capillaire caractéristique ε_c plus importante au niveau du condenseur 30, c'est-à-dire dans la zone capillaire de condensation 143, qu'au niveau de

l'évaporateur 20 (ε_{ev}).

[0059] Dans une variante représentée en figure 8b, la cavité 10 comprend en outre une zone adiabatique 12 et la structure capillaire principale 14 comprend une zone capillaire d'évaporation 142 présentant une dimension capillaire caractéristique ε_{ev} inférieure à la dimension caractéristique de la zone adiabatique ε_a , qui est elle-même inférieure à la dimension capillaire caractéristique ε_c de la zone capillaire de condensation 143.

[0060] Dans des modes de réalisation, le milieu capillaire additionnel 15 peut présenter une dimension capillaire caractéristique ε_r supérieure ou égale à la dimension capillaire caractéristique maximale de la structure capillaire principale 14. Ainsi, lorsque la quantité de liquide diminue et que le liquide en excès stocké dans le réservoir doit être récupéré pour contribuer au fonctionnement du dispositif, cette hiérarchie de dimensions capillaires permet d'assurer que le liquide revienne dans la structure capillaire principale et ne reste pas stocké dans le réservoir. C'est le cas représenté schématiquement dans les figures 8a et 8b.

[0061] En variante représentée schématiquement sur les figures 8c et 8d, qui représentent un dispositif respectivement avec et sans zone adiabatique, dans le cas où la structure capillaire principale 14 présente des zones de dimensions capillaires caractéristiques variables, le milieu capillaire additionnel 15 peut présenter une dimension capillaire caractéristique ε_r inférieure à une dimension capillaire caractéristique ε_c de la zone capillaire de condensation 143, mais supérieure ou égale à une dimension capillaire caractéristique ε_a de la zone capillaire d'écoulement 144 et/ou de celle ε_{ev} de la zone capillaire d'évaporation 142.

[0062] Le milieu capillaire de stockage additionnel 15 peut également présenter une dimension capillaire caractéristique variable et dans ce cas, la dimension capillaire caractéristique minimale du milieu capillaire de stockage additionnel est située au niveau de la connexion avec la structure capillaire principale.

[0063] Cette dimension capillaire caractéristique minimale du milieu de stockage peut être par exemple supérieure ou égale à la dimension capillaire caractéristique maximale de la structure capillaire principale.

[0064] Comme indiqué précédemment, la cavité 10 peut comprendre un ou plusieurs canaux de circulation de vapeur 13. Ces canaux 13 peuvent également présenter des sections différentes, les canaux de section minimale étant situés au niveau de la zone d'évaporation.

[0065] Dans des modes de réalisation, la dimension capillaire caractéristique maximale du milieu capillaire de stockage additionnel 15 est inférieure ou égale à la dimension caractéristique minimale des canaux de circulation de vapeur 14, qui correspond typiquement à leur diamètre hydraulique. Les canaux de la zone d'évaporation 20 uniquement peuvent présenter un diamètre inférieur à une dimension capillaire caractéristique du milieu capillaire additionnel.

[0066] Dans des modes de réalisation, le milieu capil-

laire de stockage additionnel 15 peut être connecté à la structure capillaire 14 principale au niveau de la zone de condensation 30.

[0067] Dans des modes de réalisation, le milieu capillaire de stockage additionnel peut aussi être connecté à la structure capillaire au niveau d'une zone adiabatique 12, voire aussi au niveau de la zone d'évaporation 20. Cependant, la zone de condensation 30 étant la plus froide et la plus éloignée de la source de chaleur, il est avantageux d'avoir au moins une connexion entre la structure capillaire 14 principale et un milieu capillaire de stockage additionnel 15 au niveau de cette zone de condensation 30.

[0068] On peut prévoir un ou plusieurs milieux capillaires additionnels reliés chacun par une connexion unique avec le milieu capillaire principal, le milieu capillaire principal assurant une circulation du liquide entre la source froide et la source chaude.

[0069] On a représenté sur la figure 5 la circulation du fluide diphasique entre l'évaporateur 20 et le condenseur 30, les flèches en pointillés représentant les connexions possibles entre un milieu capillaire de stockage additionnel et la structure capillaire principale, le milieu capillaire principal assurant une circulation du liquide entre la source froide et la source chaude. L'évaporation au niveau de l'évaporateur est représentée par la flèche $L \rightarrow V$ et la condensation au niveau du condenseur 30 est représentée par la flèche $V \rightarrow L$.

[0070] Dans des modes de réalisation, le milieu capillaire de stockage additionnel 15 est fabriqué par fabrication additive (impression 3D), également désignée par ALM, pour permettre de réaliser précisément la structuration capillaire de ce milieu.

[0071] En variante, le milieu capillaire de stockage additionnel peut également être réalisé par extrusion ou usinage.

[0072] Le milieu capillaire de stockage additionnel est par exemple réalisé en métal, par exemple en aluminium, en titane ou en invar.

[0073] En référence aux figures 2 à 4, on a représenté un exemple de configuration d'un milieu capillaire additionnel pour le stockage d'un excès de liquide. Sur les figures 2 et 3, l'enveloppe 11 du dispositif n'est pas représentée, contrairement à la figure 4.

[0074] Sur ces figures 2 à 4, le dispositif de transfert de chaleur présente une forme sensiblement parallélépipédique étendue dont la zone de condensation 30 occupe une section d'extrémité.

[0075] Le dispositif de transfert de chaleur peut comprendre une zone adiabatique 12, correspondant à une autre section du dispositif, cette zone adiabatique, comme représenté à la figure 2, peut être disposée dans le prolongement de la zone de condensation 30.

[0076] L'exemple de dispositif de transfert de chaleur selon la figure 2 comprend également une section d'évaporation. Cette section d'évaporation, non représentée à la figure 2, est reliée à la section adiabatique.

[0077] Le dispositif de transfert de chaleur peut com-

prendre un canal 13 de circulation de vapeur de section parallélépipédique s'étendant selon la direction principale du dispositif 1 de transfert de chaleur. Le canal 13 de circulation de vapeur peut être délimité, dans le condenseur, d'un côté, par la structure capillaire du condenseur 30 et sur d'autres côtés par le milieu capillaire additionnel 15. Comme représenté à la figure 4, la structure capillaire du condenseur 30 comprend un ensemble de rainures 140 s'étendant parallèlement au canal de circulation de vapeur. Les rainures 140 comprennent une ouverture latérale 141 s'étendant dans la direction principale des rainures et débouchant dans le canal de circulation de vapeur. Le milieu capillaire additionnel 15 est ici conformé en U pour entourer le canal de circulation de vapeur 13, et être relié, par les deux extrémités libres du U, à la structure capillaire du condenseur 30. Le milieu capillaire additionnel 15 peut ainsi délimiter, sur trois côtés, le canal de circulation de vapeur 13.

[0078] Comme représenté sur la figure 2, le canal vapeur peut se prolonger dans la zone adiabatique en passant au centre d'une structure capillaire adiabatique s'étendant en périphérie de la zone adiabatique.

[0079] La continuité capillaire entre d'une part la structure capillaire du condenseur 30 et d'autre part le milieu capillaire additionnel et éventuellement la structure capillaire de la zone adiabatique, est réalisée, par exemple, au niveau des extrémités des rainures 140 de la structure capillaire du condenseur 30.

[0080] Une continuité capillaire peut aussi être réalisée sur une face du U, entre le milieu capillaire additionnel 15 et la structure capillaire de la zone adiabatique.

[0081] Le milieu capillaire additionnel 15 peut être formé par exemple d'un treillis ou d'une structure poreuse. Un exemple de treillis est représenté à la figure 6.

[0082] Dans une variante de réalisation, représentée schématiquement en figure 7, le milieu capillaire additionnel 15 peut former une section supplémentaire à une extrémité d'un dispositif diphasique 1 comprenant successivement une zone d'évaporation 142, optionnellement une zone adiabatique 144 et une zone de condensation 143. La section supplémentaire correspondant au milieu capillaire additionnel 15 est de préférence adjacente à la zone de condensation 143 de sorte que le milieu capillaire additionnel 15 est relié en continuité capillaire liquide avec la structure capillaire de condensation.

Liste des signes de référence

[0083]

1 : dispositif de transfert de chaleur ou caloduc

2 : source chaude

3 : source froide

10 : cavité

11 : enveloppe	
12 : zone adiabatique	
13 : canal de circulation de vapeur	5
14 : structure capillaire principale	
140 : rainure	10
141 : ouverture latérale d'une rainure	
142 : zone d'évaporation de la structure capillaire principale	15
143 : zone de condensation de la structure capillaire principale	
144 : zone d'écoulement de la structure capillaire principale	20
15 : milieu capillaire de stockage additionnel	
150 : section du milieu capillaire additionnel	25
20 : zone d'évaporation / évaporateur	
30 : zone de condensation / condenseur	
FV : flèche de circulation de vapeur	30
FL : flèche de circulation de liquide	
ε_{ev} : dimension capillaire caractéristique de la zone d'évaporation de la structure capillaire principale	35
ε_c : dimension capillaire caractéristique de la zone de condensation de la structure capillaire principale	
ε_a : dimension capillaire caractéristique de la zone d'écoulement de la structure capillaire principale	40
ε_r : dimension capillaire caractéristique du milieu capillaire additionnel.	45

Revendications

1. Dispositif (1) diphasique de transfert de chaleur, comprenant une cavité fermée (10) comprenant au moins une zone d'évaporation (20) en situation d'échange thermique avec au moins une source chaude (2) et au moins une zone de condensation (30) en situation d'échange thermique avec au moins une source froide (3), la cavité fermée (10) contenant un fluide diphasique à l'état d'équilibre liquide-vapeur et comprenant au moins un canal (13) de circulation du fluide diphasique en phase vapeur et au

moins une structure capillaire (14) principale adaptée pour permettre la circulation du fluide diphasique en phase liquide entre ladite source froide et ladite source chaude,

le dispositif diphasique (1) étant **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre au moins un milieu capillaire additionnel (15) permettant un stockage et une restitution d'un excédent de liquide par rapport à une capacité maximale de liquide contenu dans la structure capillaire principale (14), ledit milieu capillaire additionnel (15) et ladite structure capillaire principale (14) étant connectés de façon à assurer une continuité capillaire pour le fluide diphasique en phase liquide. ledit milieu additionnel (15) comprenant au moins une zone capillaire réservoir, la structure capillaire principale (14) comprenant au moins une zone capillaire de condensation (143) et une zone capillaire d'évaporation (142), **caractérisé en ce que**

les zones d'évaporation (142) et de condensation (143) de la structure capillaire principale, prises dans l'ordre, présentent des dimensions capillaires caractéristiques croissantes, lesdites dimensions capillaires étant inférieures au diamètre du canal de circulation de vapeur, et le milieu capillaire additionnel (15) présente une dimension capillaire caractéristique supérieure à celle de la zone d'évaporation et inférieure au diamètre du canal de circulation de vapeur.

2. Dispositif (1) diphasique selon la revendication 1, dans lequel la zone capillaire réservoir est reliée directement à la zone capillaire de condensation et présente une dimension capillaire caractéristique (ε_r) supérieure à une dimension capillaire caractéristique (ε_c) de la zone capillaire de condensation (143).
3. Dispositif (1) diphasique selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel la structure capillaire principale (14) comprend en outre une zone capillaire d'écoulement reliée d'une part à la zone capillaire de condensation (143) et d'autre part à la zone capillaire d'évaporation (142), les zones, prises dans l'ordre, d'évaporation, d'écoulement, et de condensation présentant des dimensions capillaires caractéristiques croissantes, lesdites dimensions capillaires caractéristiques étant inférieures au diamètre du canal de circulation de vapeur.
4. Dispositif (1) diphasique selon la revendication 3, dans lequel ladite zone capillaire réservoir est reliée directement à la zone d'écoulement et présente une dimension capillaire caractéristique supérieure à une dimension capillaire caractéristique de la zone

d'écoulement.

5. Dispositif (1) diphasique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le milieu capillaire additionnel (15) est en contact d'une part avec le canal de circulation de vapeur (13) et d'autre part avec la structure capillaire principale (14).. 5
6. Dispositif (1) diphasique selon la revendication précédente, dans lequel le milieu capillaire additionnel (15) comprend la zone capillaire réservoir et un canal de circulation de vapeur. 10
7. Dispositif (1) diphasique selon l'une des revendications précédentes, le volume de fluide diphasique en phase liquide dans la cavité est variable entre un volume minimum V_{min} et un volume maximum V_{max} , le volume du milieu capillaire additionnel (15) est supérieur ou égal à l'écart de volume entre le volume maximum et le volume minimum, et inférieur à 50% du volume de la structure capillaire principale (14). 15 20
8. Dispositif (1) diphasique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le milieu capillaire additionnel (15) présente une dimension capillaire caractéristique minimale au niveau de la connexion avec la structure capillaire principale (14) pour la circulation du fluide diphasique en phase liquide. 25 30
9. Dispositif (1) diphasique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le milieu capillaire additionnel (15) est dimensionné de manière à présenter un taux de remplissage compris strictement entre 0 et 100%, de préférence compris strictement entre 5 et 95%, lorsque le dispositif (1) diphasique de transfert de chaleur est en fonctionnement. 35
10. Dispositif (1) diphasique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le volume disponible pour le liquide dans le milieu capillaire additionnel (15) est compris entre 10 et 40 % du volume disponible pour le liquide dans la structure capillaire principale (14) de la cavité (10). 40 45
11. Dispositif (1) diphasique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le milieu capillaire additionnel (15) est un treillis et/ou est formé en un matériau poreux. 50

Patentansprüche

1. Zweiphasige Wärmeübertragungsvorrichtung (1), aufweisend einen geschlossenen Hohlraum (10), der mindestens eine Verdampfungszone (20) in Wärmeaustauschsituation mit mindestens einer Wärmequelle (2) und mindestens eine Kondensati-

onszone (30) in Wärmeaustauschsituation mit mindestens einer Kältequelle (3) aufweist, wobei der geschlossene Hohlraum (10) ein zweiphasiges Fluid im Flüssigkeit-Dampf-Gleichgewichtszustand enthält und mindestens einen Zirkulationskanal (13) des zweiphasigen Fluids in Dampfphase und mindestens eine kapillare Hauptstruktur (14) aufweist, die eingerichtet ist, um die Zirkulation des zweiphasigen Fluids in Flüssigphase zwischen der Kältequelle und der Wärmequelle zu erlauben,

wobei die zweiphasige Vorrichtung (1) **dadurch gekennzeichnet ist, dass** sie ferner mindestens ein zusätzliches kapillares Milieu (15) aufweist, das eine Speicherung und eine Rückgabe eines Flüssigkeitsüberschusses, bezogen auf eine maximale Kapazität einer in der kapillaren Hauptstruktur (14) enthaltenen Flüssigkeit, erlaubt, wobei das zusätzliche kapillare Milieu (15) und die kapillare Hauptstruktur (14) so miteinander verbunden sind, um eine kapillare Kontinuität für das zweiphasige Fluid in Flüssigphase sicherzustellen, wobei das zusätzliche Milieu (15) mindestens eine kapillare Reservoirzone aufweist, die kapillare Hauptstruktur (14) mindestens eine kapillare Kondensationszone (143) und eine kapillare Verdampfungszone (142) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Verdampfungszone (142) und die Kondensationszone (143) der kapillaren Hauptstruktur, genommen in dieser Reihenfolge, größer werdende charakteristische kapillare Abmessungen haben, wobei die kapillaren Abmessungen kleiner als der Durchmesser des Dampfzirkulationskanals sind,

und das zusätzliche kapillare Milieu (15) eine charakteristische kapillare Abmessung hat, die größer als diejenige der Verdampfungszone und kleiner als der Durchmesser des Dampfzirkulationskanals ist.

2. Zweiphasige Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, in welcher die kapillare Reservoirzone direkt mit der kapillaren Kondensationszone verbunden ist und eine charakteristische kapillare Abmessung (ϵ_r) aufweist, die größer als eine charakteristische kapillare Abmessung (ϵ_c) der kapillaren Kondensationszone (143) ist.

3. Zweiphasige Vorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, in welcher die kapillare Hauptstruktur (14) ferner eine kapillare Abflusszone aufweist, die einerseits mit der kapillaren Kondensationszone (143) und andererseits mit der kapillaren Verdampfungszone (142) verbunden ist, wobei die Zonen, genommen in der Reihenfolge Verdampfungszone, Abflusszone und Kondensationszone, größer werdende charak-

teristische kapillare Abmessungen haben, wobei die charakteristischen kapillaren Abmessungen kleiner als der Durchmesser des Dampfzirkulationskanals sind.

4. Zweiphasige Vorrichtung (1) nach Anspruch 3, in welcher die kapillare Reservoirzone direkt mit der Abflusszone verbunden ist und eine charakteristische kapillare Abmessung hat, die größer als eine charakteristische kapillare Abmessung der Abflusszone ist.
5. Zweiphasige Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, in welcher das zusätzliche kapillare Milieu (15) in Kontakt einerseits mit dem Dampfzirkulationskanal (13) und andererseits mit der kapillaren Hauptstruktur (14) ist.
6. Zweiphasige Vorrichtung (1) nach dem vorstehenden Anspruch, in welcher das zusätzliche kapillare Milieu (15) die kapillare Reservoirzone und einen Dampfzirkulationskanal aufweist.
7. Zweiphasige Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Volumen des zweiphasigen Fluids in Flüssigphase in dem Hohlraum zwischen einem Minimalvolumen V_{min} und einem Maximalvolumen V_{max} variabel ist, das Volumen des zusätzlichen kapillaren Milieus (15) größer oder gleich der Volumendifferenz zwischen dem Maximalvolumen und dem Minimalvolumen und kleiner als 50% des Volumens der kapillaren Hauptstruktur (14) ist.
8. Zweiphasige Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, in welcher das zusätzliche kapillare Milieu (15) im Bereich der Verbindung mit der kapillaren Hauptstruktur (14) für die Zirkulation des zweiphasigen Fluids in Flüssigphase eine minimale charakteristische kapillare Abmessung hat.
9. Zweiphasige Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, in welcher das zusätzliche kapillare Milieu (15) derart bemessen ist, um eine Füllrate genau zwischen 0 und 100%, vorzugsweise genau zwischen 5 und 95% zu haben, wenn die zweiphasige Wärmeübertragungsvorrichtung (1) in Betrieb ist.
10. Zweiphasige Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, in welcher das für die Flüssigkeit verfügbare Volumen in dem zusätzlichen kapillaren Milieu (15) zwischen 10 und 40% des für die Flüssigkeit verfügbaren Volumens in der kapillaren Hauptstruktur (14) des Hohlraums (10) ist.
11. Zweiphasige Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, in welcher das zusätzliche ka-

pillare Milieu (15) ein Netz ist und/oder aus einem porösen Material gebildet ist.

5 Claims

1. A two-phase heat transfer device (1), comprising a closed cavity (10) comprising at least one evaporation area (20) in a situation of heat exchange with at least one hot source (2) and at least one condensation area (30) in a situation of heat exchange with at least one cold source (3), the closed cavity (10) containing a two-phase fluid in a state of liquid-vapour equilibrium and comprising at least one channel (13) for circulation of the two-phase fluid in the vapour phase and at least one main capillary structure (14) adapted to allow the circulation of the two-phase fluid in the liquid phase between said cold source and said hot source,
the two-phase device (1) being **characterised in that** it further comprises at least one additional capillary medium (15) allowing storage and restitution of an excess of liquid in relation to a maximum capacity of liquid contained in the main capillary structure (14), said additional capillary medium (15) and said main capillary structure (14) being connected so as to ensure capillary continuity for the two-phase fluid in the liquid phase, said additional medium (15) comprising at least one capillary reservoir area, the main capillary structure (14) comprising at least one capillary condensation area (143) and a capillary evaporation area (142), **characterised in that** the evaporation (142) and condensation (143) areas of the main capillary structure, taken in order, have increasing characteristic capillary dimensions, said capillary dimensions being less than the diameter of the vapour circulation channel, and the additional capillary medium (15) has a characteristic capillary dimension greater than that of the evaporation area and less than the diameter of the vapour circulation channel.
2. The two-phase device (1) according to claim 1, wherein the capillary reservoir area is directly connected to the capillary condensation area and has a characteristic capillary dimension (ϵ_r) greater than a characteristic capillary dimension (ϵ_c) of the capillary condensation area (143).
3. The two-phase device (1) according to one of claims 1 or 2, wherein the main capillary structure (14) further comprises a capillary flow area connected on the one hand to the capillary condensation area (143) and on the other hand to the capillary evaporation area (142), the areas, taken in order, of evaporation, flow, and condensation having increasing characteristic capillary dimensions, said characteristic capillary dimensions being less than the diam-

eter of the vapour circulation channel.

4. The two-phase device (1) according to claim 3, wherein said capillary reservoir area is directly connected to the flow area and has a characteristic capillary dimension greater than a characteristic capillary dimension of the flow area. 5

5. The two-phase device (1) according to one of the preceding claims, wherein the additional capillary medium (15) is in contact, on the one hand, with the vapour circulation channel (13), and on the other hand, with the main capillary structure (14). 10

6. The two-phase device (1) according to the preceding claim, wherein the additional capillary medium (15) comprises the capillary reservoir area and a vapour circulation channel. 15

7. The two-phase device (1) according to one of the preceding claims, the volume of the two-phase fluid in liquid phase in the cavity is variable between a minimum volume V_{min} and a maximum volume V_{max} , the volume of the additional capillary medium (15) is greater or equal to the volume difference between the maximum volume and the minimum volume, and less than 50% of the volume of the main capillary structure (14). 20 25

8. The two-phase device (1) according to one of the preceding claims, wherein the additional capillary medium (15) has a minimum characteristic capillary dimension at the connection with the main capillary structure (14) for the circulation of the two-phase fluid in liquid phase. 30 35

9. The two-phase device (1) according to one of the preceding claims, wherein the additional capillary medium (15) is dimensioned so as to have a filling rate strictly comprised between 0 and 100%, preferably strictly comprised between 5 and 95 %, when the two-phase heat transfer device (1) is in operation. 40

10. The two-phase device (1) according to one of the preceding claims, wherein the volume available for the liquid in the additional capillary medium (15) is comprised between 10 and 40% of the volume available for the liquid in the main capillary structure (14) of the cavity (10). 45 50

11. The two-phase device (1) according to one of the preceding claims, wherein the additional capillary medium (15) is a lattice and/or is formed of a porous material. 55

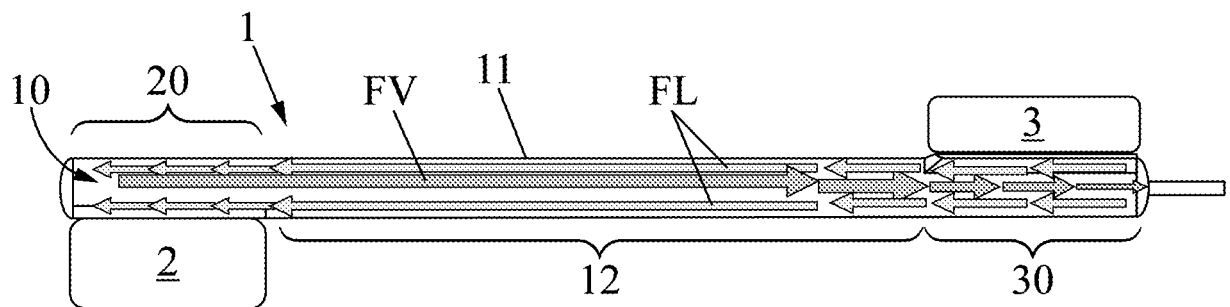


FIG. 1a

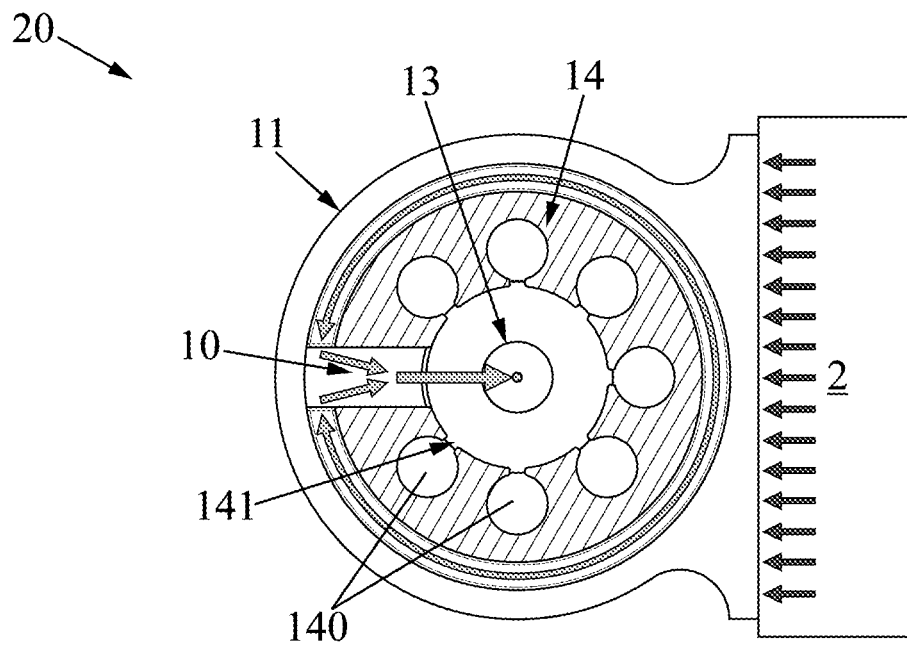


FIG. 1b

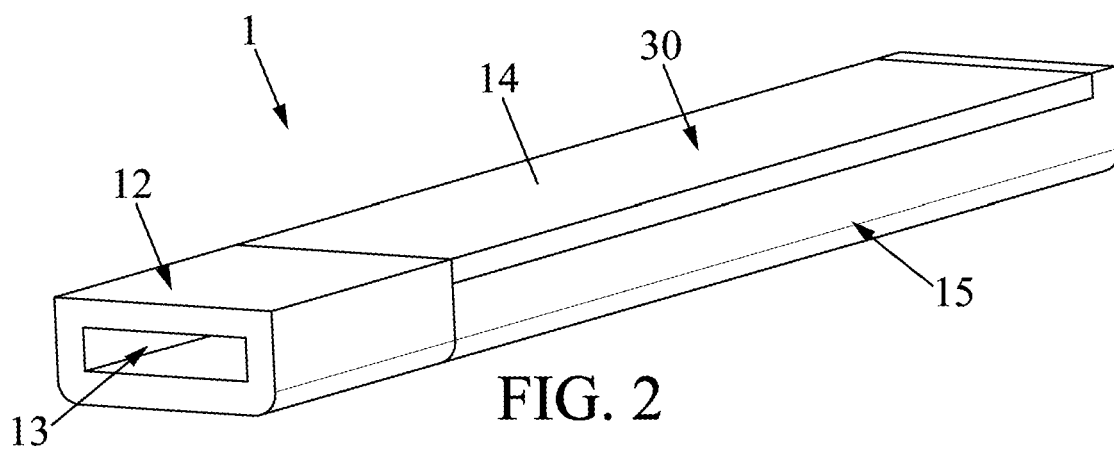
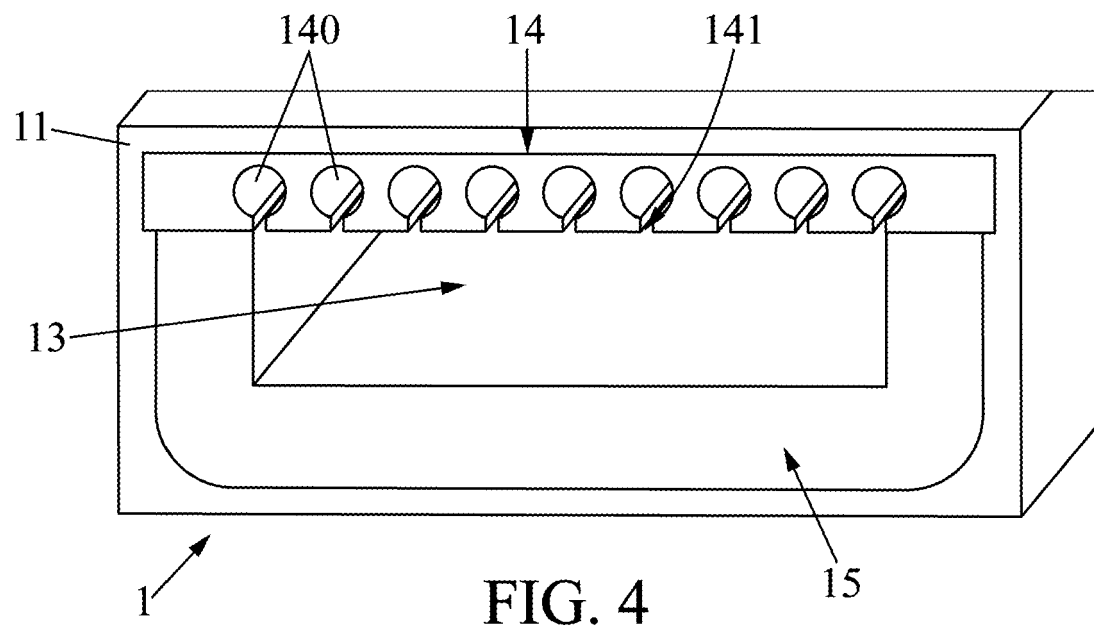
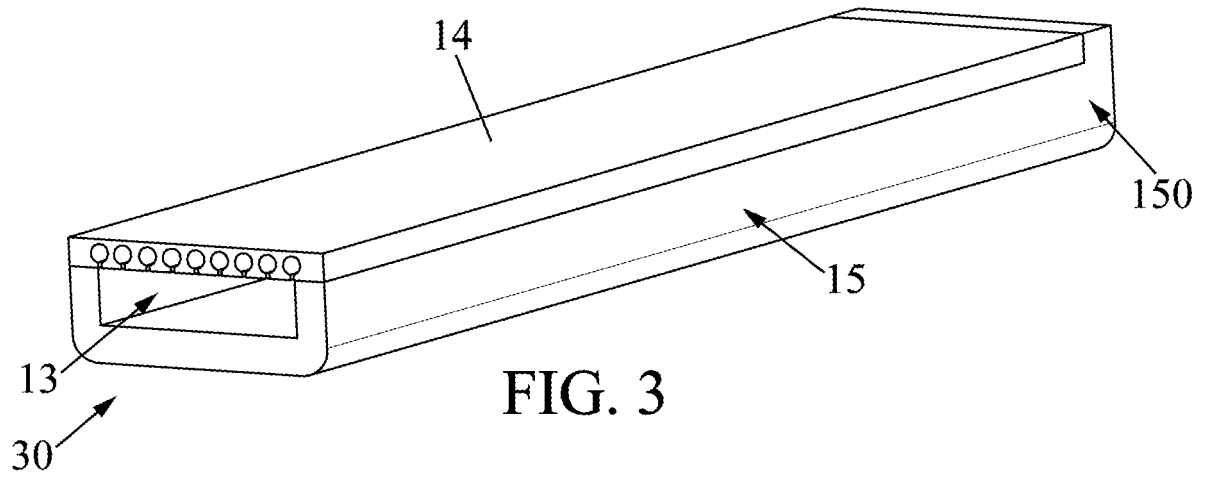


FIG. 2



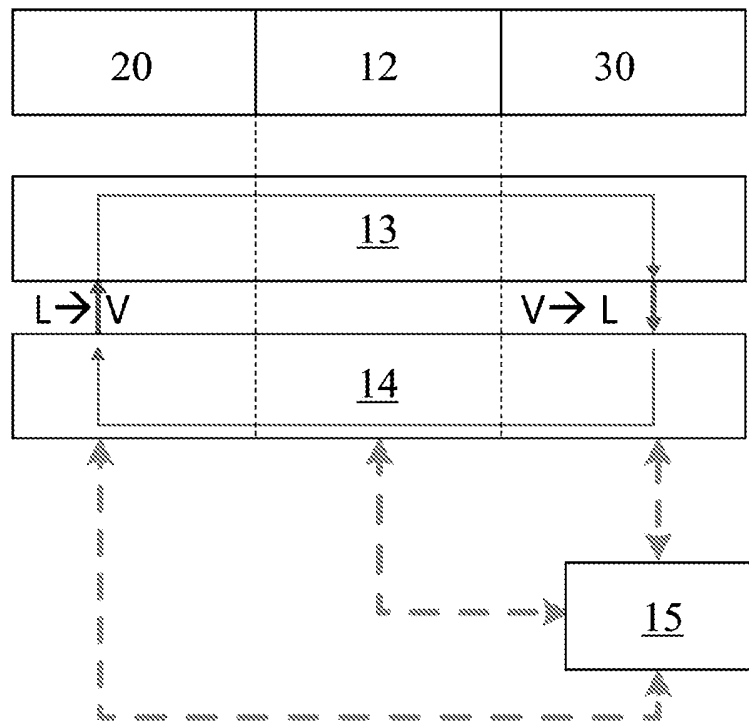


FIG. 5

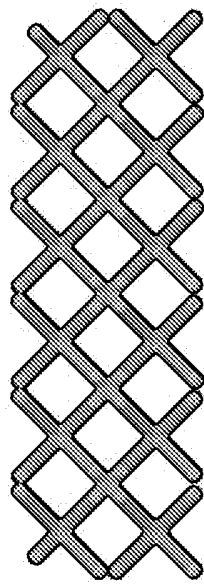


FIG. 6

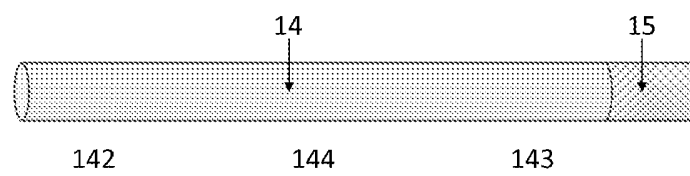
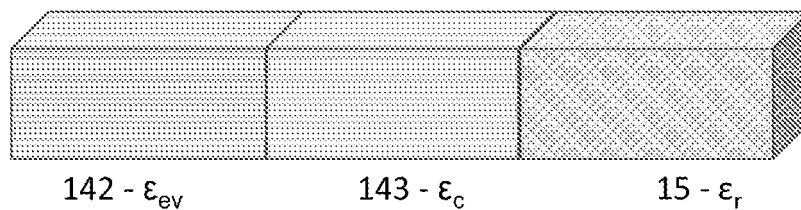
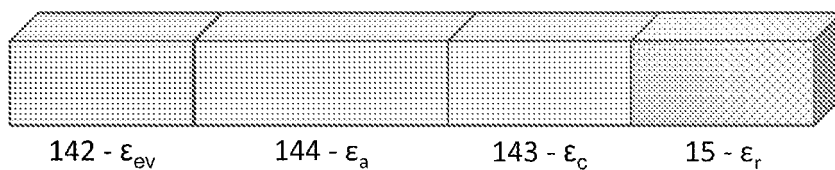


FIG. 7



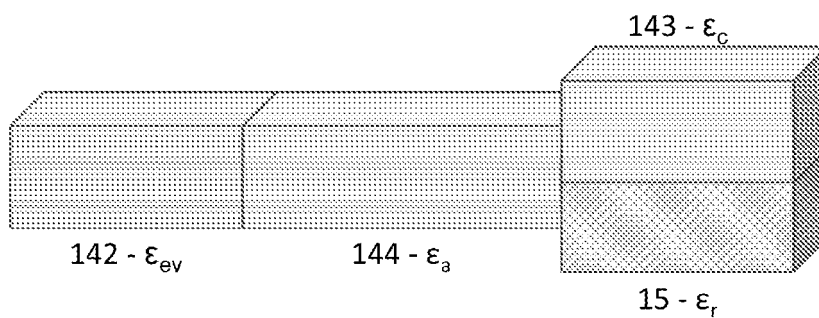
$$\epsilon_{ev} \leq \epsilon_c < \epsilon_r$$

FIG. 8a



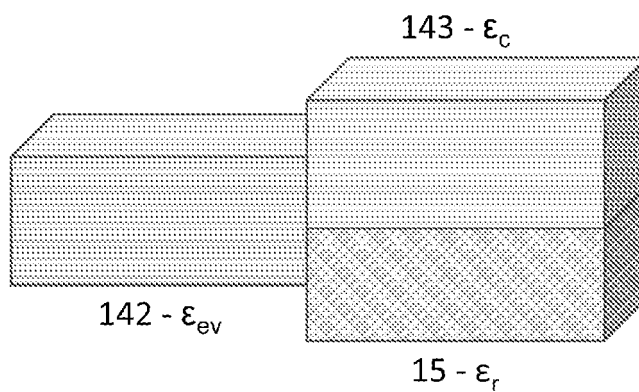
$$\epsilon_{ev} \leq \epsilon_a \leq \epsilon_c < \epsilon_r$$

FIG. 8b



$$\epsilon_{ev} \leq \epsilon_a \leq \epsilon_r < \epsilon_c$$

FIG. 8c



$$\epsilon_{ev} \leq \epsilon_r < \epsilon_c$$

FIG. 8d

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

- WO 2016058966 A [0003]
- US 6695040 B1 [0003]