

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 15.09.14.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 18.03.16 Bulletin 16/11.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES — FR.

72 Inventeur(s) : TANTOLIN CHRISTIAN.

73 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES.

74 Mandataire(s) : CABINET HECKE Société anonyme.

54 CALODUC ET PROCEDE DE REALISATION D'UN CALODUC.

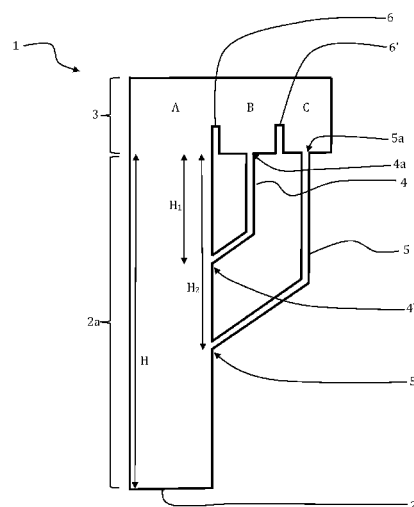
57 Caloduc (1) comprenant :

- un fluide thermique,
- un évaporateur (2), configuré pour faire évaporer le fluide thermique,
- un condenseur (3), configuré pour faire condenser le fluide thermique, l'évaporateur (2) et le condenseur (3) étant séparés d'une première distance H selon un premier axe reliant le condenseur (3) et l'évaporateur (2),
- au moins un canal d'évaporation (2a) configuré pour faire circuler le fluide thermique en phase vapeur depuis l'évaporateur (2) vers le condenseur (3),
- au moins deux canaux de condensation (4, 5) du fluide thermique configurés pour faire circuler le fluide thermique en phase liquide depuis le condenseur (3) vers l'évaporateur (2), chaque canal de condensation (4, 5) étant muni d'une première extrémité (4a, 5a) et d'une deuxième extrémité (4b, 5b).

La deuxième extrémité (4b) du premier canal (4) est positionnée à une hauteur H_1 dans le canal d'évaporation (2a).

La deuxième extrémité (5b) du deuxième canal (5) est positionnée à une hauteur H_2 dans le canal d'évaporation (2a).

Les hauteurs H_1 et H_2 étant différentes selon le premier axe.



Caloduc et procédé de réalisation d'un caloduc.

Domaine technique de l'invention

5

L'invention est relative à un caloduc et à un procédé de réalisation d'un caloduc.

10 État de la technique

Les caloducs sont usuellement utilisés dans des applications en électronique de puissance pour refroidir des composants, comme par exemple des transistors, ou encore pour refroidir des microprocesseurs (sur les ordinateurs portables).

15

Les caloducs sont des dispositifs fermés contenant un liquide en équilibre avec sa phase vapeur. Le fluide est choisi en fonction de l'application et notamment des températures de fonctionnement. Ce fluide peut être par exemple de l'eau, un alcool, un alcane, de l'acétone, du mercure ou encore du sodium...

20 Dans une première partie du caloduc, l'évaporateur, le liquide est chauffé par une source extérieure en contact thermique avec l'évaporateur. Le liquide s'évapore jusqu'à une deuxième partie du caloduc, le condenseur, dans lequel la vapeur est condensée. Le condenseur est en contact thermique avec une source à réchauffer ou avec un élément permettant d'évacuer la chaleur

25 transportée par le caloduc en provenance de l'évaporateur. Le condensat rejoint ensuite l'évaporateur soit par gravité soit par capillarité. Le liquide subit, ensuite, un nouveau cycle d'évaporation/condensation.

Les caloducs sont des dispositifs passifs, robustes, présentant une grande

30 durée de vie et ne nécessitant pas d'entretien spécifique. De ce fait, ils sont

particulièrement, adaptés pour être insérés dans des capteurs solaires. De nombreuses recherches se sont tournées vers ce domaine d'application.

Le document FR2942030 décrit, par exemple, un caloduc pour capteur solaire (figure 1). L'énergie thermique, provenant de l'absorption du rayonnement solaire, est transmise à un ensemble de caloducs 54, et plus particulièrement, à la partie chaude 66 des caloducs 54. Ceci permet de chauffer le fluide du caloduc et de provoquer un changement de phase du fluide de caloduc 58, qui passe de l'état liquide à l'état gazeux. La vapeur s'élève dans la partie froide 68, à travers des canaux 70. La chaleur est alors transmise à un fluide caloporteur en contact thermique avec la partie froide 68. La température du fluide caloduc s'abaisse et le fluide retourne à l'état liquide. Il redescend alors, sous l'effet de la gravité, dans la partie chaude 66 où il pourra être de nouveau réchauffé.

Dans les caloducs, le condensat circule dans le sens condenseur-évaporateur alors que la vapeur circule dans le sens évaporateur-condenseur.

La circulation de la vapeur se fait donc à contre-courant de la circulation du liquide. La vapeur, de par sa vitesse, peut empêcher l'écoulement du liquide et s'opposer à son retour dans l'évaporateur : il s'agit de la limite d'entraînement.

Lorsque la vitesse de la vapeur devient élevée, elle tend à former des vagues sur la surface du liquide située directement à son contact. Avec l'amplification de ce phénomène, des gouttelettes de liquides sont arrachées par la vapeur et le phénomène peut devenir tel que l'écoulement liquide se trouve totalement interrompu, bloquant ainsi le fonctionnement du caloduc.

Cette limite est d'autant plus facilement atteinte que la puissance à transférer est élevée, i.e. les débits massiques et/ou volumiques des phases liquide et vapeur sont importants.

Ce problème d'entraînement se traduit par des problèmes d'alimentation en phase liquide de l'évaporateur et une instabilité du fonctionnement du caloduc.

Dans le cas d'un capteur solaire, cette instabilité du caloduc se traduit par des oscillations en température avec des amplitudes de plusieurs dizaines de degrés.

La puissance fournie par le caloduc n'est donc pas constante et les pertes thermiques vers l'extérieur sont augmentées, ce qui se traduit par une réduction des performances du capteur solaire.

- 10 Pour remédier à ce problème, une des solutions envisagées consiste à faire circuler les phases liquides et solides dans des canaux distincts.

Cette solution a été décrite par le document WO2012/176133 (figure 2). Les canaux 10 pour mener la vapeur de l'évaporateur au condenseur sont différents des canaux 8 permettant de conduire le condensat du condenseur à l'évaporateur. Une géométrie en forme de siphon, au niveau de la zone de condensation 6, permet de faciliter une circulation unidirectionnelle du fluide dans le circuit de circulation du caloporteur.

- 20 Cependant, une telle géométrie est difficile à réaliser, surtout au niveau du siphon où les canaux sont très fins. Des phénomènes de tensions superficielles peuvent également devenir prépondérant au niveau du siphon, pouvant ralentir l'écoulement du fluide et les performances du caloduc.

25 **Objet de l'invention**

L'invention a pour but de remédier aux inconvénients de l'art antérieur et, en particulier, de proposer un caloduc présentant des performances améliorées et notamment, un bon écoulement fluide, à la fois en phase vapeur et en phase liquide.

30 Cet objet est atteint par un caloduc comprenant :

- un fluide thermique,
 - un évaporateur, configuré pour faire évaporer le fluide thermique,
 - un condenseur, configuré pour faire condenser le fluide thermique, l'évaporateur et le condenseur étant séparés d'une première distance H
- 5 selon un premier axe reliant le condenseur et l'évaporateur,
- au moins un canal d'évaporation configuré pour faire circuler le fluide thermique en phase vapeur depuis l'évaporateur vers le condenseur,
 - au moins deux canaux de condensation du fluide thermique configurés pour faire circuler le fluide thermique en phase liquide depuis le
- 10 condenseur vers l'évaporateur,

chaque canal de condensation étant muni d'une première extrémité et d'une deuxième extrémité,

la première extrémité des canaux de condensation étant connectée au condenseur de manière à collecter le fluide thermique condensé,

- 15 la deuxième extrémité des canaux de condensation débouchant dans le canal d'évaporation, de manière à réinjecter le fluide thermique condensé dans ledit évaporateur.

La deuxième extrémité du premier canal est positionnée à une hauteur H_1 dans le canal d'évaporation.

- 20 La deuxième extrémité du deuxième canal est positionnée à une hauteur H_2 dans le canal d'évaporation.

Les hauteurs H_1 et H_2 étant différentes selon le premier axe.

Cet objet est également atteint par un procédé de réalisation d'un caloduc

25 comportant les étapes successives suivantes :

- fournir une première feuille et une deuxième feuille, lesdites feuilles étant métalliques,
 - assembler les deux feuilles en fusionnant localement les deux feuilles métalliques, les zones de fusion délimitant au moins un condenseur, un
- 30 évaporateur, un canal d'évaporation et au moins deux canaux de condensation du fluide thermique.

Description sommaire des dessins

- 5 D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :
- les figures 1 et 2 représentent, de manière schématique, en coupe, des
 - 10 caloducs selon l'art antérieur,
 - les figures 3 à 7 représentent de manière schématique, en coupe, des caloducs selon différents modes de réalisation de l'invention.

15 Description d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention

Comme illustré à la figure 3, le caloduc 1 comprend :

- un fluide thermique,
- un évaporateur 2, configuré pour faire évaporer le fluide thermique,
- 20 - un condenseur 3, configuré faire condenser le fluide thermique.

Le fluide thermique est choisi, par l'homme du métier, de manière à pouvoir passer de l'état liquide à l'état gazeux, et inversement, dans les conditions normales d'utilisation du caloduc.

25

- Le fluide thermique circule dans le caloduc 1 en boucle fermée, passant successivement de l'évaporateur 2, l'extrémité dite chaude, où le fluide passe de l'état liquide à l'état gazeux, au condenseur 3, l'extrémité dite froide, où le fluide thermique passe de l'état gazeux à l'état liquide. Puis le fluide est, de
- 30 nouveau évaporé, et les cycles d'évaporation/condensation continuent ainsi.

Les phases gazeuse et liquide du fluide thermique sont constamment en équilibre thermodynamique dans le caloduc 1.

5 Pour apporter la chaleur nécessaire à l'évaporation du fluide, l'évaporateur est en contact thermique avec une source de chaleur. Dans certaines applications de type réfrigération, cette configuration permet de refroidir ladite source de chaleur. La source de chaleur peut être un composant à refroidir.

10 Le condenseur est en contact thermique avec un élément à chauffer ou d'un élément capable d'évacuer la chaleur fournie, qui est à une température inférieure à celle du fluide sous forme gazeuse pour obtenir la condensation du fluide. Le fluide, sous forme gazeuse, au contact de cet élément plus froid lui transfère sa chaleur, ce qui diminue la température du fluide, qui passe de nouveau en phase liquide. Avantageusement, le transfert de chaleur depuis le
15 fluide thermique vers la cible permet de chauffer ladite cible. Le fluide peut être, par exemple, en contact thermique avec une réserve d'eau à chauffer.

L'évaporateur 2 est relié au condenseur 3 par au moins un canal d'évaporation. Le canal d'évaporation est configuré pour faire circuler le fluide thermique en
20 phase vapeur depuis l'évaporateur 2 vers le condenseur 3. Au contact de l'évaporateur, le fluide thermique se réchauffe et se transforme en vapeur qui circule dans le canal d'évaporation.

Préférentiellement, le caloduc 1 comprend également au moins deux canaux de
25 condensation 4, 5 du fluide thermique. Au contact du condenseur, le fluide thermique se refroidit et il passe en phase liquide. Le liquide se déplace vers l'évaporateur par gravité et/ou par capillarité à travers les canaux de condensation. Les canaux de condensation permettent ici l'écoulement du fluide à l'état liquide.

De manière à augmenter la limite d'entraînement du caloduc, le condenseur est configuré pour faciliter la séparation du fluide thermique en phase liquide et en phase vapeur. Le fluide en phase vapeur se déplace exclusivement dans le canal d'évaporation depuis l'évaporateur vers le condenseur. Le fluide en phase liquide se déplace majoritairement dans les canaux de condensation. Une faible proportion de la phase liquide se déplace dans le canal d'évaporation.

Par canal, on entend un conduit permettant le passage d'un fluide.

- 10 Le canal de condensation présente des dimensions nettement inférieures aux dimensions du canal d'évaporation : la taille du canal de condensation représente de l'ordre de 5% à 40% de la taille du canal d'évaporation, en section.

Les canaux de condensation peuvent être de sections identiques ou différentes.

- 15 La section du canal doit être dimensionnée en fonction du débit de condensat de la zone considérée. Avantageusement, les sections des canaux de condensation sont identiques ou sensiblement identiques. Par sensiblement identiques, on entend que les sections des différent ne diffèrent pas de plus de 20%, et, encore plus préférentiellement, pas plus de 10%.

20

Chaque canal de condensation 4, 5 est muni d'une première extrémité 4a, 5a et d'une deuxième extrémité 4b, 5b respectivement.

Les premières extrémités 4a, 5a des canaux de condensation 4, 5 sont connectées au condenseur 3, de manière à collecter le fluide thermique condensé. En d'autres termes, le condenseur alimente les canaux de condensation 4 et 5 en fluide thermique liquide.

25

Les deuxièmes extrémités 4b, 5b des canaux de condensation 4, 5 sont configurées pour déboucher dans le canal d'évaporation 2a à distance de l'évaporateur 2, de manière à pouvoir avoir humidifier les parois l'évaporateur 2.

30

L'injection de fluide thermique en phase liquide est assurée en différents points du canal d'évaporation : à l'extrémité du canal d'évaporation mais également dans au moins une zone intermédiaire entre l'évaporateur et le condenseur.

Cette configuration particulière permet d'humidifier les parois latérales évitant ainsi une élévation de température préjudiciable. Cela permet également de mieux répartir l'apport de phase liquide dans le canal d'évaporation et ainsi de conserver des valeurs limites d'entraînement élevées.

La présence de plusieurs canaux de condensation 4, 5 permet de fractionner le volume de fluide thermique condensé et de diriger les fractions de condensats indépendamment les unes des autres vers l'évaporateur 2.

L'utilisation de plusieurs canaux de condensation permet de réduire les phénomènes d'engorgement. L'engorgement d'un canal intervient lorsque la quantité de liquide générée dans le condenseur est supérieure au débit du canal de condensation. Le canal n'est plus en mesure d'assurer le transit de la phase liquide depuis le condenseur jusqu'à l'évaporateur et l'évaporateur n'a plus de fluide à évaporer. Ce fonctionnement est préjudiciable car les performances du caloduc évoluent en fonction de la quantité de liquide apportée à l'évaporateur.

Dans un mode de réalisation privilégié, les différents canaux de condensation sont disposés à des distances variables de l'évaporateur. La distance entre l'évaporateur et le canal de condensation représente la dimension la plus longue séparant ces deux points.

Le condenseur 3 et l'évaporateur 2 sont séparés d'une distance H selon un premier axe X . Avantagusement, la distance H correspond à la longueur du canal d'évaporation 2a.

La distance séparant le condenseur 3 et la sortie du canal de condensation 4b, 5b peut être représentée par la hauteur H_x , c'est-à-dire la hauteur de la

deuxième extrémité dans le canal d'évaporation selon le premier axe. Le condenseur 3 correspondant à l'origine du premier axe.

Préférentiellement, la deuxième extrémité 4b du premier canal de condensation 4 est positionnée à une hauteur H_1 dans l'évaporateur 2 et la deuxième extrémité 5b du deuxième canal de condensation 5 est positionnée à une hauteur H_2 dans l'évaporateur 2.

Les hauteurs H_1 et H_2 sont différentes.

10 Par sont différentes, on entend que la deuxième extrémité 4b, 5b des canaux 4, 5 n'est pas située à la même hauteur dans l'évaporateur 2, de manière à réinjecter le fluide condensé au niveau de différentes parties de l'évaporateur 2. Plusieurs zones de l'évaporateur 2 peuvent ainsi être alimentée en phase liquide en même temps.

15

Si on considère que l'évaporateur 2 présente une hauteur H , la différence de hauteur entre H_1 et H_2 représente au moins 10% de la hauteur H , et encore plus préférentiellement, au moins 20%.

20 Par rapport à une structure où l'alimentation est uniquement réalisée par la base de l'évaporateur, cette distribution de fluide liquide sur plusieurs niveaux permet d'éviter que les parties hautes et/ou basses de l'évaporateur 2 soient dépourvues de liquide. Ceci diminue considérablement les risques d'assèchement des parois latérales de l'évaporateur 2 ainsi que les risques
25 d'augmentation de la température au niveau de ces parois sèches. Les contraintes thermiques et/ou mécaniques au sein du dispositif sont diminuées, la durée de vie et les performances du caloduc sont améliorées.

Préférentiellement, le condenseur 3 est divisé en au moins trois zones de
30 condensation A, B, C.

Préférentiellement, le condenseur 3 comprend de 3 à 8 zones de condensations.

Encore plus préférentiellement, le condenseur 3 comprend de 3 à 5 zones de condensations.

5

Préférentiellement, au moins une partie des zones de condensation est disposée perpendiculairement à l'évaporateur et, plus particulièrement, au flux de vapeur.

10 Les zones d'évaporation sont séparées les unes des autres de sorte que le liquide condensé dans la première zone ne peut pas être utilisé dans la deuxième zone B et/ou dans la troisième zone C. Chacune des zones alimente une partie du canal d'évaporation.

15 La première zone de condensation A est configurée de manière à ce que le fluide à l'état liquide circule intégralement dans le canal d'évaporation. La deuxième zone de condensation B est configurée de manière à alimenter le premier canal de condensation 4. En d'autres termes, la première extrémité du premier canal de condensation 4 est connectée à la deuxième zone de
20 condensation B. La troisième zone de condensation C est configurée de manière à alimenter le deuxième canal de condensation 5. En d'autres termes, la première extrémité du deuxième canal de condensation 5 est connectée à la troisième zone de condensation C.

25 Comme représenté sur la figure 3, les trois zones de condensation A, B, C sont disposées en série selon le sens de transit du fluide thermique depuis l'évaporateur vers une extrémité du condenseur. Le canal d'évaporation et le condenseur sont agencés dans une architecture en forme de « L » inversé.

30 Selon un autre mode de réalisation, les zones de condensation B et C pourraient être disposées de part et d'autre de la zone de condensation A

(figures 4 et 6). Cette architecture peut être dite en forme de « T » car le condenseur s'étend au-delà de la surface délimitée par le canal d'évaporation. Les deuxièmes extrémités des canaux de condensation seraient alors placées à différentes hauteurs dans le canal d'évaporation mais en plus en différentes positions sur la ou les parois latérales. Dans le cas d'un réservoir de section rectangulaire ou cubique, i.e. le cas où le canal d'évaporation présente quatre parois latérales, les deuxièmes extrémités des canaux de condensation seraient, avantageusement, disposées sur les parois latérales opposées. Dans le cas d'une section circulaire, les deuxièmes extrémités des canaux de condensation seraient, avantageusement, diamétralement opposées.

Selon un autre mode de réalisation, les zones de condensation pourraient être dans l'axe du flux de vapeur, empilées les unes au-dessus des autres, au-dessus de l'évaporateur. La structure aurait la forme d'un « I ».

15

La figure 3 représente un caloduc 1 dont le condenseur 3 est divisé en trois zones de condensation A, B, C.

Un élément de séparation 6 est, préférentiellement, disposé entre chaque zone de condensation. Le nombre d'éléments de séparation 6 est lié au nombre de zones de condensation.

20

Les éléments de séparation 6 permettent de bien délimiter les zones de condensation, d'isoler des fractions de condensat et de les diriger efficacement vers les canaux de condensation des zones de condensation correspondantes.

La première zone de condensation A est située directement au-dessus du canal d'évaporation ce qui permet d'avoir un dispositif compact. La première zone de condensation A est dépourvue de canal de condensation. Les condensats issus de cette zone A retombent directement dans l'évaporateur, par gravité. Le fluide s'écoule le long des parois du canal d'évaporation et permet d'alimenter en phase liquide la partie supérieure du canal d'évaporation.

30

La circulation de la vapeur et du liquide se fait à contre-courant. Cependant, comme le condensat est fractionné, grâce à la présence des autres zones de condensation, le volume de liquide, issu de la première zone de condensation A, est faible, les sections de passage de la phase liquide sont réduites et les problèmes d'entraînements sont limités.

Dans un mode de réalisation, un élément de séparation 6, 6' est disposé entre chaque zone de condensation de manière à empêcher le transfert du fluide thermique entre deux zones de condensation adjacentes.

- 10 Ainsi, la surface de la zone de condensation permet de définir la quantité de condensat généré et donc le débit massique de condensat dans le canal de condensation.

- 15 Dans une variante de réalisation, une zone de condensation peut être connectée à plusieurs canaux de condensation différents de manière à alimenter différentes zones du canal d'évaporation.

- 20 Le débit de fluide condensé est proportionnel à la surface de la zone condensation dont il provient. Le débit relatif de chaque zone de condensation est, avantageusement, maîtrisé en contrôlant la surface des zones de condensation.

Par surface de condensation, on entend la somme des surfaces des parois de d'une zone de condensation donnée sur lesquelles la vapeur peut se condenser.

- 25 Les parois des éléments de séparation 6, 6', une partie de la paroi supérieure du condenseur ou encore une partie de la paroi inférieure du condenseur sont des surfaces sur lesquelles la vapeur peut se condenser.

- 30 Avantageusement, chaque zone de condensation A, B, C présente une surface de condensation au moins égale à 10% de la surface totale de condensation du condenseur 3.

Cela permet de récupérer un volume de fluide suffisant pour hydrater la partie de l'évaporateur, disposée au niveau de chaque deuxième extrémité des canaux de condensation.

- 5 Lorsque les zones de condensation sont agencées en série (figure 3), la hauteur H_x définissant la position de la deuxième extrémité des canaux de condensation selon le premier axe est définie par :

$$H_x = H \cdot (100 - S_{x-1})$$

Avec H_x la hauteur du canal x , avec x un entier supérieur ou égal à 1,

- 10 H la distance entre l'évaporateur 2 et le condenseur 3,
 S_{x-1} la surface de la zone de condensation disposée en amont selon le sens de circulation du fluide et dissociée du canal de condensation x par au moins un élément de séparation, en pourcentage de la surface totale de condensation.

- 15 Dans l'exemple illustré à la figure 3, la zone de condensation A est au moins en partie dans le prolongement du canal d'évaporation. Il n'y a pas d'élément de séparation 6 et donc la hauteur est nulle. Le canal de condensation équivalent débouche en haut du canal d'évaporation.

La zone de condensation B est disposée après la zone de condensation A et

- 20 les deux zones de condensation sont séparées par un élément de séparation.
 Si la zone de condensation A représente 20% de la surface totale, la sortie du premier canal de condensation est disposée à 20% de la hauteur totale entre le condenseur et l'évaporateur à partir du condenseur.

La zone de condensation C est disposée après les zones de condensation A et

- 25 B. Les deux zones de condensation B et C sont séparées par un élément de séparation. Si les zones de condensation A et B représentent 60% de la surface totale, la sortie du premier canal de condensation est disposée à 60% de la hauteur totale entre le condenseur et l'évaporateur à partir du condenseur.

Le débit de condensat, issu de la première zone de condensation A, permettra d'irriguer le canal d'évaporation 2a sur une hauteur égale à au moins 20% de la hauteur totale.

5 A partir de la position de la deuxième extrémité 4b du premier canal de condensation 4, la fraction de liquide, issu de la deuxième zone de condensation B, permet à son tour d'irriguer le canal d'évaporation 2a sur une hauteur égale à au moins 40% de la hauteur totale.

A partir de ce point là, le canal d'évaporation 2a est irrigué par le condensat provenant de la troisième zone de condensation C. Cette fraction du condensat
10 permet ensuite d'irriguer le canal d'évaporation sur une hauteur égale à 40% de la hauteur totale, jusqu'à la base du canal d'évaporation 2a.

Avec une telle répartition des fractions de condensat, chaque zone du canal d'évaporation 2a reçoit suffisamment de liquide pour que la paroi de
15 l'évaporateur 2 soit alimentée en phase liquide, sur toute sa hauteur. Ceci permet de faciliter l'évaporation du liquide tout en limitant les risques d'assèchement. Les pertes thermiques sont limitées et les performances du caloduc sont améliorées.

20 Cette hauteur est donnée en pourcentage par rapport à la hauteur totale séparant l'évaporateur du condenseur.

Une organisation sensiblement équivalente peut être mise en œuvre dans un caloduc tel que représenté à la figure 4.

25 Par exemple, la surface S_0 de la première zone de condensation A représente 20% de la surface totale de condensation du condenseur 3. La surface S_0 est représentée par les parois latérales des éléments de séparation et le fluide sous forme liquide se déplace le long des parois latérales jusqu'à atteindre les sorties 4b et 5b.

30 La surface S_1 de la deuxième zone de condensation B représente 40% de la surface totale de condensation du condenseur 3. La deuxième zone de

condensation est connectée au premier canal de condensation 4 qui est débouche dans le canal d'évaporation 2a à une hauteur égale à 40% de la distance H_1 séparant le condenseur et l'évaporateur depuis le condenseur 3.

La surface S_2 de la troisième zone de condensation C représente 40% de la surface totale de condensation du condenseur 3. La troisième zone de condensation est connectée au deuxième canal de condensation 5 qui est débouche dans le canal d'évaporation 2a à une hauteur égale à 60% de la distance H_2 séparant le condenseur et l'évaporateur depuis le condenseur 3.

- 10 Selon un mode de réalisation particulier, comme représenté sur la figure 3, les deuxièmes extrémités 4b, 5b des canaux de condensation sont disposées au niveau de la paroi de l'évaporateur 2, le fluide condensé coule directement sur les parois de l'évaporateur 2.

- 15 Selon une autre alternative, et comme représenté sur la figure 5, la deuxième extrémité 5b d'un canal de condensation 5 pourrait être en saillie par rapport à la paroi de l'évaporateur 2. Le fluide est amené vers le centre de l'évaporateur, plutôt que sur le bord.

- 20 Le canal d'évaporation peut avoir une section rectangulaire selon un plan perpendiculaire à un axe reliant l'évaporateur et le condenseur. Le canal d'évaporation est formé de deux grandes parois latérales, disposées face à face, et de deux petites parois latérales, disposées face à face. L'injection du condensat au centre dudit canal permet, avantageusement, une meilleure alimentation des deux grandes parois latérales en phase liquide. Les parois du canal sont mieux hydratées, dans cette configuration, par rapport à un dispositif où l'injection de la phase liquide se ferait au niveau d'une des petites parois. Le risque d'assèchement est réduit.

- 30 Selon une autre alternative, dans le cas d'un canal de section rectangulaire ou de toute autre section présentant au moins une paroi latérale d'une dimension très supérieure à une autre, la deuxième extrémité 5b du canal de condensation

5 est, avantageusement, disposée au niveau de la paroi de plus grande dimension.

Selon un autre mode de réalisation, comme représenté sur la figure 6, le canal
5 de condensation est disposé dans une partie centrale de l'évaporateur 2. Le canal de condensation sépare deux canaux d'évaporation. Comme dans les modes de réalisation précédents, les différentes zones de condensation sont séparées par des éléments de séparation.

- 10 Dans le mode de réalisation illustré à la figure 6, au moins deux canaux de condensation sont disposés au centre de l'évaporateur 2 de manière à séparer trois canaux d'évaporation.

- 15 La surface des échanges thermiques entre l'évaporateur et l'extérieur est augmentée.

- Selon un autre mode de réalisation particulier, comme représenté sur les figures 6 et 7, un élément d'obstruction 7 est disposé face à la deuxième
20 extrémité d'au moins un canal de condensation de manière à séparer le fluide condensé en au moins deux parties distinctes. De préférence, l'élément d'obstruction est disposé en sortie du canal de condensation juste avant son injection dans l'évaporateur 2.

- Dans un mode de réalisation, l'élément d'obstruction est configuré pour injecter
25 du fluide thermique en phase liquide vers deux parties distinctes de l'évaporateur, c'est-à-dire deux parties séparées par un élément de séparation.

Les différents modes de réalisation peuvent être combinés entre eux.

- 30 Par exemple, comme représenté sur la figure 6, le dispositif caloduc comporte 5 zones de condensation A, B, C, D et E. La deuxième zone de condensation B et

la troisième zone de condensation C sont chacune connectées à des canaux de condensation 4, 5, via les premières extrémités 4a, 5a desdits canaux.

Les canaux de condensation 4, 5 sont disposés au centre de l'évaporateur.

Par au centre, on entend par exemple que les canaux ne sont pas en contact
5 avec la ou les parois latérales de l'évaporateur ou en périphérie de l'évaporateur.

Au niveau de la deuxième extrémité 4b, 5b des canaux de condensation 4, 5, un élément d'obstruction 7 est disposé de façon à séparer le condensat en
10 plusieurs parties. L'élément d'obstruction 7 peut être configuré de manière à séparer le fluide condensé sous la forme d'un Y. Dans ce cas, la séparation se fait, avantageusement, de manière égale entre les deux branches. L'élément d'obstruction 7 est agencé pour que le fluide initial se sépare en deux fluides dissociés.

15

Selon une autre alternative représentée à la figure 7, un réservoir peut être disposé au niveau de la deuxième extrémité d'un canal. Cela permet, avantageusement, de favoriser la répartition du fluide des deux côtés du canal et d'avoir une bonne répartition des débits.

20

Préférentiellement, les parois extérieures du caloduc sont définies par une première feuille et une deuxième feuille.

Les feuilles sont métalliques. Préférentiellement, elles sont en aluminium.

Les première et deuxième feuilles sont localement fusionnées entre elles. Les
25 zones de fusion permettent de délimiter au moins le condenseur 3, l'évaporateur 2 et au moins deux canaux de condensation du fluide thermique 4, 5.

Préférentiellement, le caloduc 1 est utilisé pour réaliser un capteur solaire plan.

30

Il pourrait également être utilisé pour réaliser un capteur à tubes sous vide.

Selon un autre mode de réalisation, le caloduc est utilisé pour réaliser un système de réfrigération ou un système de chauffage.

Il peut s'agir de systèmes réfrigérés de type cave à vin ou enceintes climatique, ou encore pour des systèmes de climatisation.

5

Préférentiellement, le caloduc est utilisé pour réaliser un capteur plan.

Un revêtement sélectif peut être déposé sur au moins une des faces extérieures du caloduc pour permettre une meilleure absorption du rayonnement solaire.

Par revêtement sélectif, on entend un revêtement permettant une absorption
10 maximale de l'énergie solaire tout en réémettant le moins possible de rayonnement infra-rouge.

L'énergie solaire est utilisée pour faire évaporer le fluide thermique.

Le condenseur du caloduc est en contact thermique avec un fluide caloporteur.

Le fluide caloporteur, plus froid que la vapeur du fluide thermique, se réchauffe
15 à son contact. L'énergie ainsi accumulée va être transportée, grâce au fluide caloporteur, vers un collecteur. Le caloduc peut servir à chauffer un ballon d'eau par exemple.

La chaleur est transmise par conduction.

20 Le procédé de réalisation d'un caloduc 1 tel que défini précédemment comprend les étapes successives suivantes :

- fournir une première feuille et une deuxième feuille, lesdites feuilles étant métalliques,
- assembler les deux feuilles en fusionnant localement les deux feuilles
25 métalliques, les zones de fusion délimitant au moins le condenseur 3, l'évaporateur 2, un canal d'évaporation 2a et au moins deux canaux de condensation du fluide thermique 4, 5.

L'assemblage des deux plaques est, préférentiellement, réalisé par laminage
30 des deux feuilles. Il s'agit, plus particulièrement, d'un colaminage puisque les deux feuilles sont écrasées simultanément par les rouleaux d'un laminoir.

Selon une autre alternative, la première feuille et la deuxième feuille pourraient être à base d'une matière plastique. L'assemblage des deux feuilles pourrait être réalisé par fusion. Il peut s'agir d'une fusion grâce à une technique laser par exemple.

Avant l'étape d'assemblage des deux feuilles, une encre est déposée par sérigraphie, sur au moins la première feuille ou la deuxième feuille, les motifs sérigraphiés étant configurés pour former au moins le condenseur 3, l'évaporateur 2, un canal d'évaporation 2a et au moins deux canaux de circulation du fluide thermique 4, 5.

La forme et la taille des canaux, et des différents éléments sont définies lors du dépôt de l'encre par sérigraphie. De nombreuses géométries peuvent être envisagées.

Après l'étape d'assemblage, de l'air comprimé est injecté entre les deux feuilles, au niveau des motifs sérigraphiés, de manière à créer une surpression entre les deux plaques pour permettre la formation ultérieure d'au moins le condenseur 3, le canal d'évaporation 2a, l'évaporateur 2 et d'au moins deux canaux de circulation du fluide thermique 4, 5.

Le caloduc, ainsi obtenu, permet d'avoir du condensat, non seulement, dans la partie inférieure du canal d'évaporation, mais également dans les parties intermédiaires, entre l'évaporateur et le condenseur, et/ou dans la partie supérieure du canal d'évaporation. Le changement de phase liquide/vapeur se fait sur toute la longueur du canal, et pas uniquement dans la partie inférieure. Cette architecture est adaptée pour des caloducs de quelques dizaines de centimètres mais également pour des caloducs dont la longueur de l'évaporateur peut atteindre un mètre ou plus. Le capteur solaire plan et le capteur à tubes sous vide, utilisant un tel caloduc, présenteront de bonnes performances.

Plusieurs caloducs peuvent être disposés en série de manière à former un ensemble de caloducs.

Le caloduc 1 est préférentiellement plat. Il pourrait avoir toute forme appropriée.

5

Une telle structure est, avantageusement, utilisée pour des caloducs dits gravitaires, i.e. le retour de la phase liquide vers l'évaporateur se fait par gravité.

10 Il pourrait également être utilisé pour des caloducs de type capillaire, dans lesquels le liquide circule dans les canaux depuis le condenseur vers l'évaporateur par capillarité. Dans ce cas, l'intérieur du caloduc est également tapissé d'un réseau capillaire et le caloduc est utilisé en position inclinée de telle manière que l'extrémité froide soit surélevée par rapport à l'extrémité chaude, pour permettre également l'écoulement du fluide par gravité.

15

Revendications

1. Caloduc (1) comprenant :

- un fluide thermique,
- un évaporateur (2), configuré pour faire évaporer le fluide thermique,
- un condenseur (3), configuré pour faire condenser le fluide thermique, l'évaporateur (2) et le condenseur (3) étant séparés d'une première distance H selon un premier axe reliant le condenseur (3) et l'évaporateur (2),

- au moins un canal d'évaporation (2a) configuré pour faire circuler le fluide thermique en phase vapeur depuis l'évaporateur (2) vers le condenseur (3),

- au moins deux canaux de condensation (4, 5) du fluide thermique configurés pour faire circuler le fluide thermique en phase liquide depuis le condenseur (3) vers l'évaporateur (2),

chaque canal de condensation (4, 5) étant muni d'une première extrémité (4a, 5a) et d'une deuxième extrémité (4b, 5b),

la première extrémité (4a, 5a) des canaux de condensation (4, 5) étant connectée au condenseur (3), de manière à collecter le fluide thermique condensé,

la deuxième extrémité (4b, 5b) des canaux de condensation (4, 5) débouchant dans le canal d'évaporation, de manière à réinjecter le fluide thermique condensé dans ledit évaporateur (2),

caractérisé en ce que la deuxième extrémité (4b) du premier canal (4) est positionnée à une hauteur H_1 dans le canal d'évaporation (2a),

la deuxième extrémité (5b) du deuxième canal (5) est positionnée à une hauteur H_2 dans le canal d'évaporation (2a), les hauteurs H_1 et H_2 étant différentes selon le premier axe.

2. Caloduc (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que le condenseur (3) est divisé en au moins trois zones de condensation (A, B, C),

la première zone (A) de condensation étant configurée de manière à ce que le fluide thermique condensé circule intégralement dans le canal de d'évaporation, la première extrémité (4a) du premier canal de condensation (4) étant connectée à la deuxième zone de condensation (B),

- 5 la première extrémité (5a) du deuxième canal de condensation (5) étant connectée à la troisième zone de condensation (C), de manière à fractionner le volume de fluide thermique condensé.

3. Caloduc (1) selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'un élément de
10 séparation (6, 6') est disposé entre chaque zone de condensation de manière à empêcher le transfert du fluide thermique entre deux zones de condensation adjacentes.

4. Caloduc (1) selon l'une des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que
15 le condenseur (3) comprend de 3 à 8 zones de condensations.

5. Caloduc (1) selon la revendication 4, caractérisé en ce que le condenseur (3) comprend de 3 à 5 zones de condensations.

- 20 6. Caloduc (1) selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que chaque zone de condensation (A, B, C) présente une surface de condensation au moins égale à 10% de la surface totale de condensation du condenseur (3).

- 25 7. Caloduc (1) selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, caractérisé en ce que le condenseur (3) est divisé en trois zones de condensation (A, B, C), la surface de la première zone de condensation (A) représentant 20% de la surface totale de condensation du condenseur (3),
la surface de la deuxième zone de condensation (B) représentant 40% de la
30 surface totale de condensation du condenseur (3),

la surface de la troisième zone de condensation (C) représentant 40% de la surface totale de condensation du condenseur (3).

8. Caloduc (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'un élément d'obstruction (7) est disposé au niveau de la deuxième extrémité d'au moins un canal de condensation de manière à séparer le fluide condensé en au moins deux parties distinctes.

9. Caloduc (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'au moins un canal de condensation est disposé à l'extérieur de l'évaporateur (2).

10. Caloduc (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'au moins un canal de condensation est disposé au centre de l'évaporateur (2).

11. Caloduc (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'au moins une partie d'un canal de condensation a une paroi commune avec une paroi de l'évaporateur (2).

12. Caloduc (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que les parois extérieures du caloduc (1) sont définies par une première feuille et une deuxième feuille, lesdites feuilles étant métalliques et localement fusionnées entre elles, les zones de fusion délimitant au moins le condenseur (3), l'évaporateur (2), le canal d'évaporation (2a) et au moins deux canaux de condensation (4, 5) du fluide thermique.

13. Caloduc (1) selon la revendication 12, caractérisé en ce que les feuilles sont en aluminium.

14. Utilisation d'un caloduc (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, pour réaliser un capteur solaire plan ou un capteur à tubes sous vide.

15. Utilisation d'un caloduc (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, pour réaliser un système de réfrigération ou un système de chauffage.

16. Procédé de réalisation d'un caloduc (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 comportant les étapes successives suivantes :

- fournir une première feuille et une deuxième feuille, lesdites feuilles étant métalliques,
- assembler les deux feuilles en fusionnant localement les deux feuilles métalliques, les zones de fusion délimitant au moins un condenseur (3), un évaporateur (2), un canal d'évaporation (2a) et au moins deux canaux (4, 5) de condensation du fluide thermique.

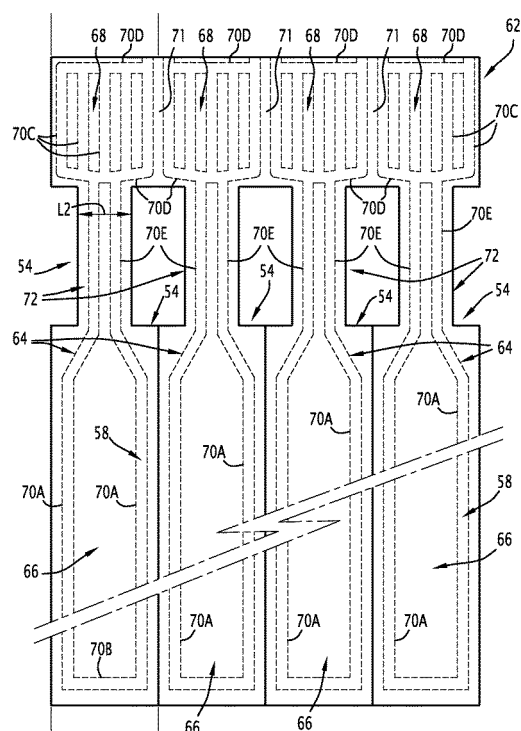


Figure 1 (art antérieur)

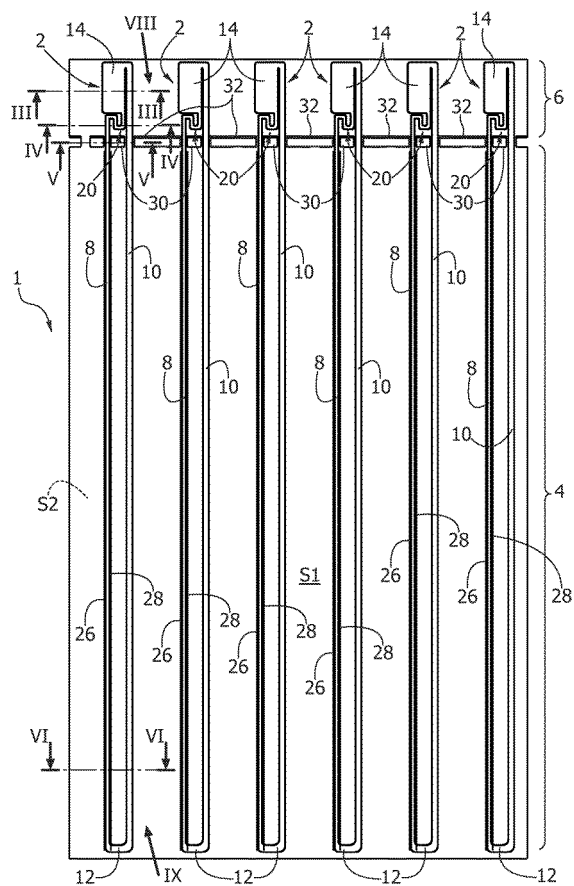


Figure 2 (art antérieur)

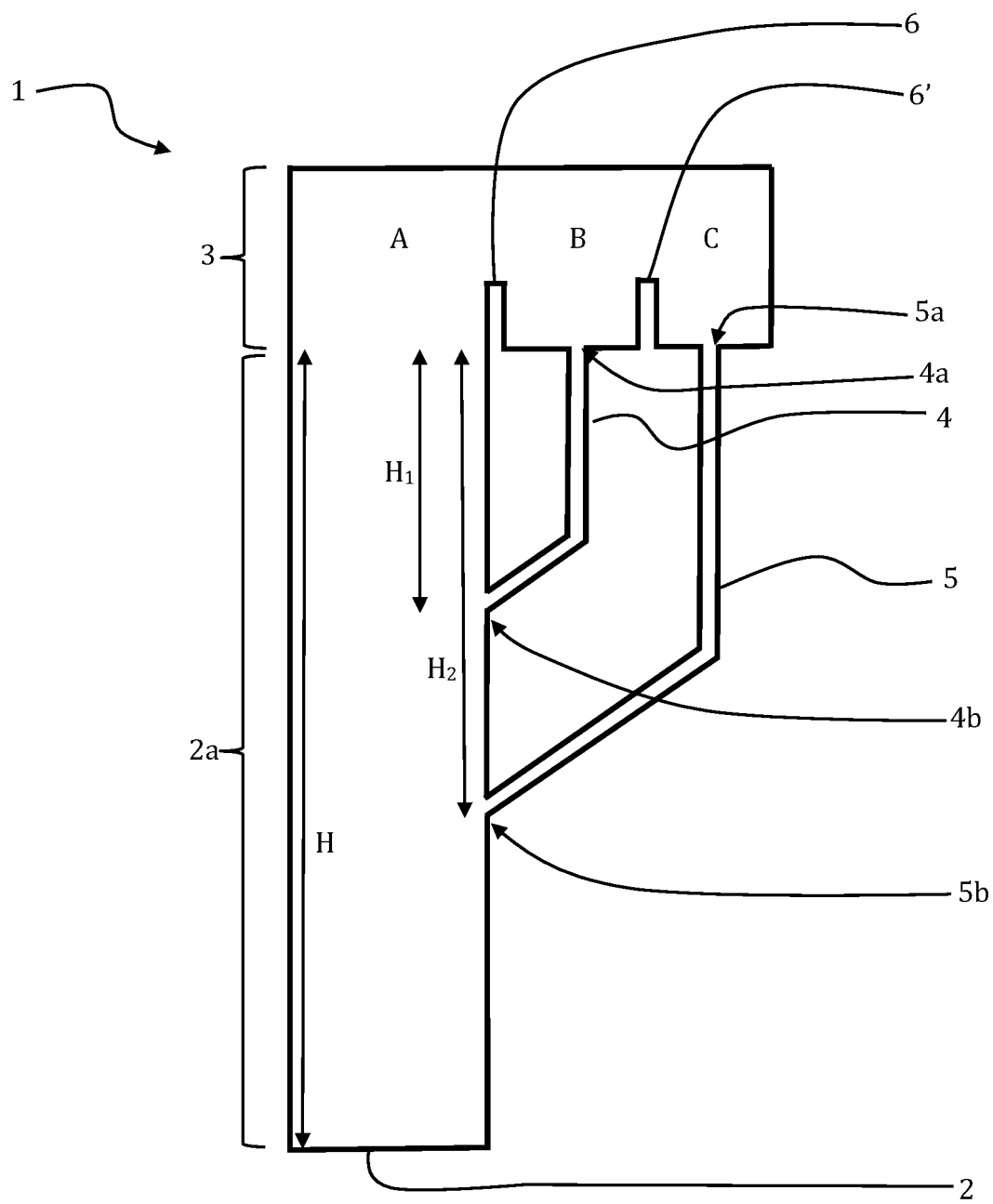


Figure 3

3/4

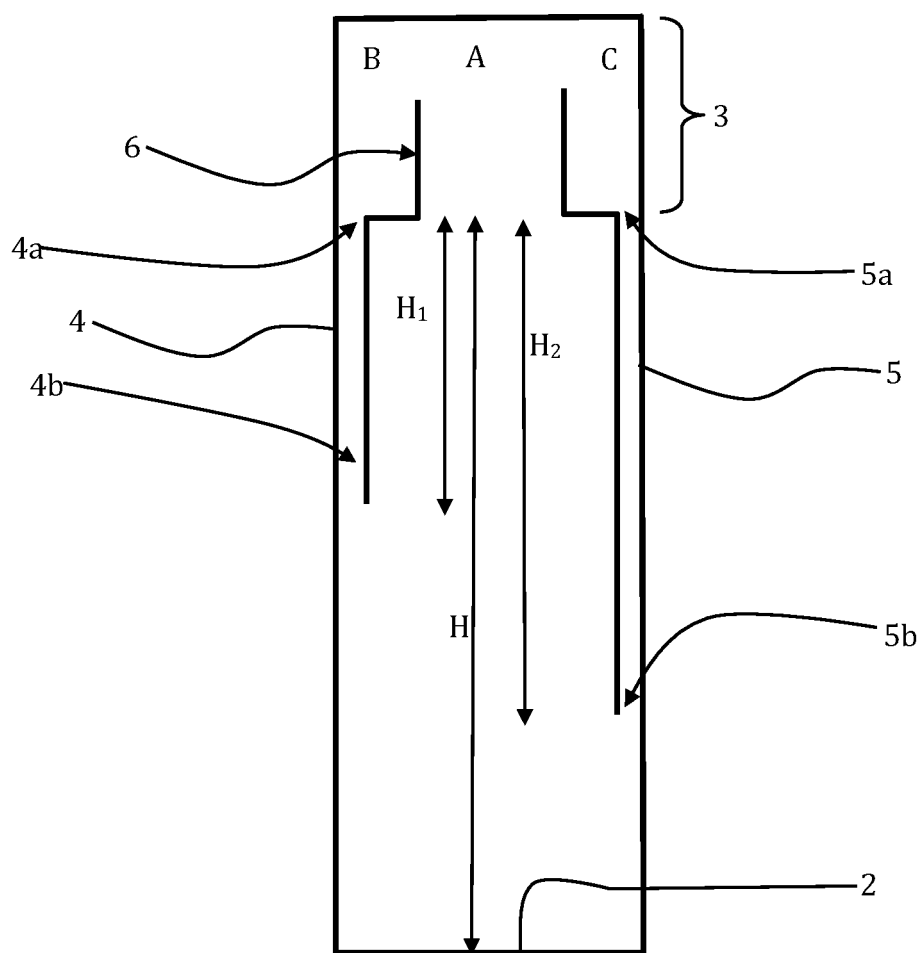


Figure 4

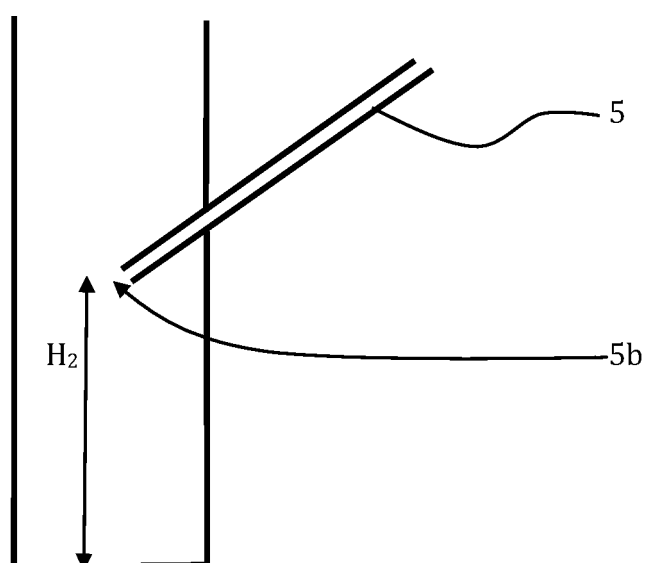


Figure 5

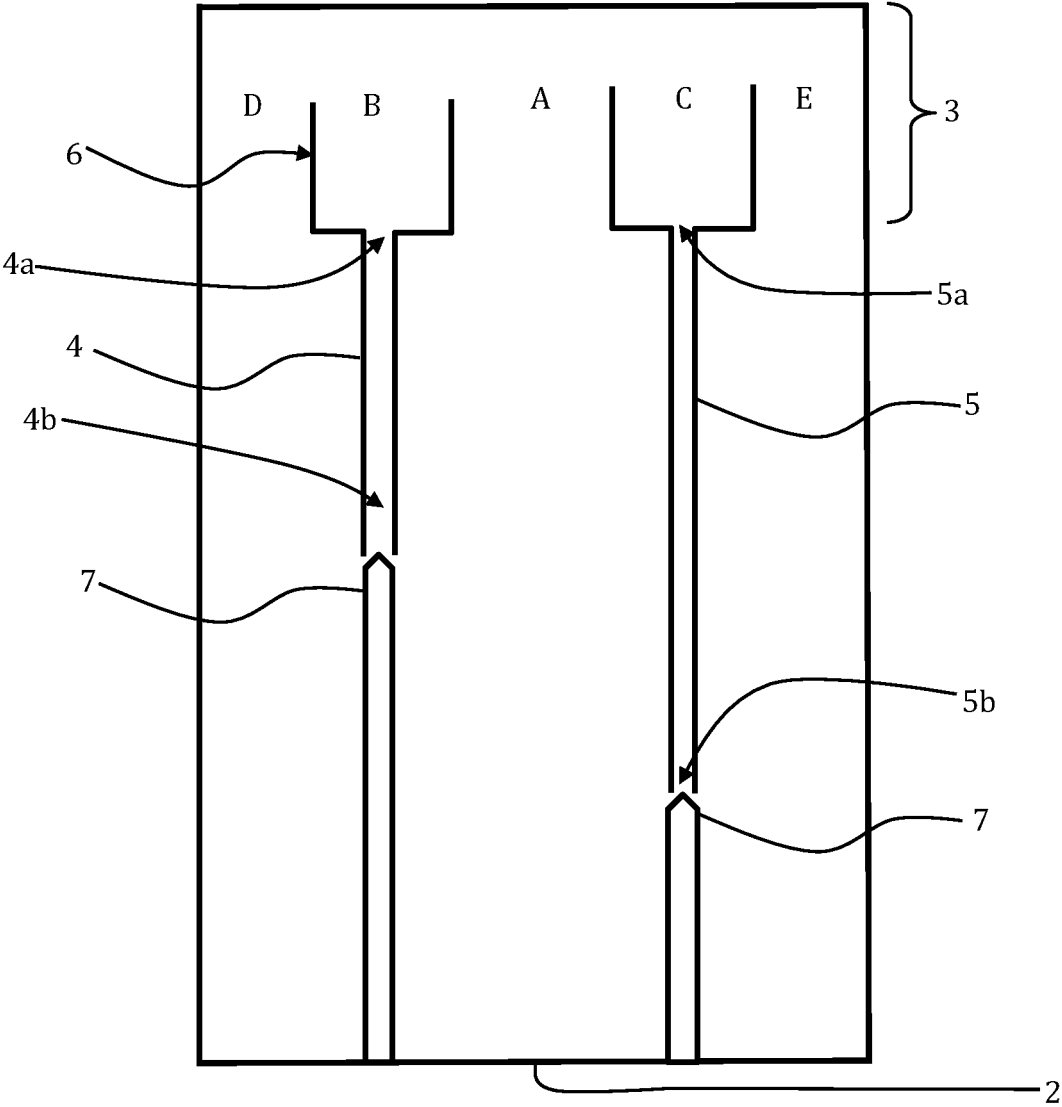


Figure 6

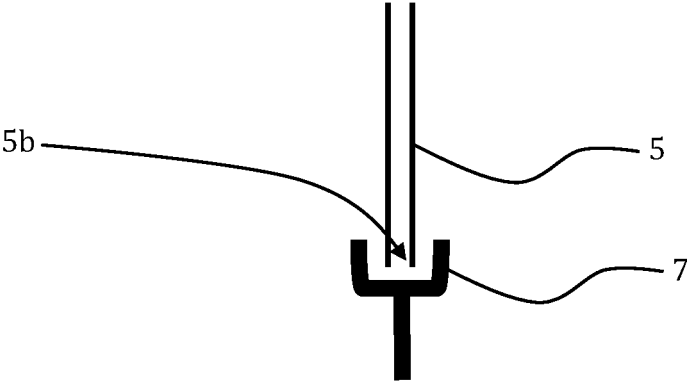


Figure 7



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 801355
FR 1458661

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2012/273167 A1 (XIANG JUN [CN] ET AL) 1 novembre 2012 (2012-11-01) * figures 8,9,11 *	1,9,14, 15	F28D15/02
A	----- CN 102 141 351 A (UNIV GUANGZHOU) 3 août 2011 (2011-08-03) * figure 3 *	1-16	
A	----- FR 2 687 464 A1 (BERNIER JACQUES [FR]) 20 août 1993 (1993-08-20) * figure 1 *	1-16	

			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F28D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
7 mai 2015		Vassoille, Bruno	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1458661 FA 801355**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **07-05-2015**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2012273167 A1	01-11-2012	CN 102760709 A	31-10-2012
		TW 201243265 A	01-11-2012
		US 2012273167 A1	01-11-2012

CN 102141351 A	03-08-2011	AUCUN	

FR 2687464 A1	20-08-1993	AUCUN	
