



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**16.10.2019 Bulletin 2019/42**

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

(21) Numéro de dépôt: **19168580.9**

(22) Date de dépôt: **11.04.2019**

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

(71) Demandeur: **Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives**  
**75015 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:  
 • **GRUSS, Jean-Antoine**  
**38170 SEYSSINET (FR)**  
 • **MARIOTTO, Mathieu**  
**38054 GRENOBLE CEDEX 09 (FR)**

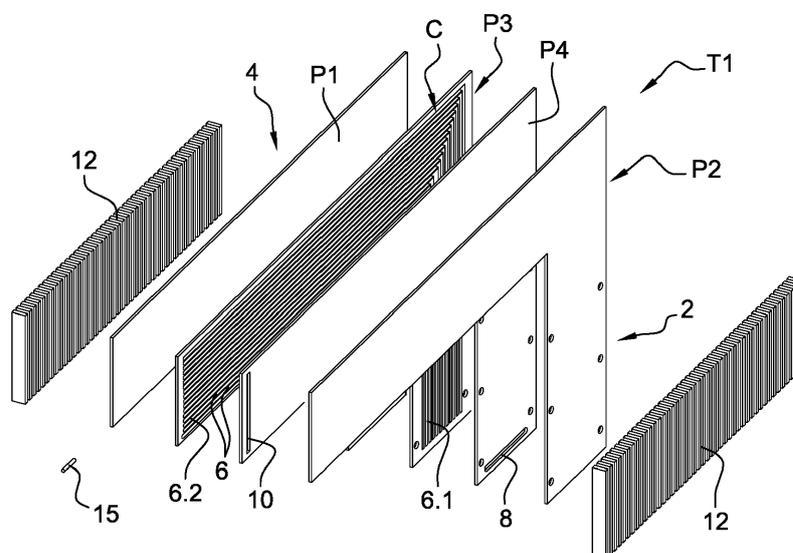
(30) Priorité: **11.04.2018 FR 1853174**

(74) Mandataire: **Brevalex**  
**95, rue d'Amsterdam**  
**75378 Paris Cedex 8 (FR)**

(54) **THERMOSIPHON ET CALODUC PULSE DE REALISATION SIMPLIFIEE**

(57) Thermosiphon comportant un empilement de plaques solidarisées les unes aux autres de sorte à délimiter un circuit fluide, ledit empilement comprenant :  
 - deux plaques d'extrémité (P1, P2),  
 - une première plaque intermédiaire (P3) disposée entre les deux plaques d'extrémité (P1, P2), ladite première plaque intermédiaire (P3) comportant une pluralité de rainures (6) traversant la première plaque intermédiaire (P3) sur toute son épaisseur, chaque rainure (6) comportant une première extrémité (6.1) située dans une zone évaporateur (2), et une deuxième extrémité (6.2) située dans une zone condenseur (4) distincte de la zone évaporateur (4),  
 - une deuxième plaque intermédiaire (P4) comportant un premier collecteur au niveau de la zone évaporateur (2) et mettant en communication fluide lesdites rainures (6) au niveau des premières extrémités (6.1), et un deuxième collecteur au niveau de la zone condenseur (4) et mettant en communication fluide au moins deux rainures (6) au niveau des deuxièmes extrémités (6.2).

ne évaporateur (2), et une deuxième extrémité (6.2) située dans une zone condenseur (4) distincte de la zone évaporateur (4),  
 - une deuxième plaque intermédiaire (P4) comportant un premier collecteur au niveau de la zone évaporateur (2) et mettant en communication fluide lesdites rainures (6) au niveau des premières extrémités (6.1), et un deuxième collecteur au niveau de la zone condenseur (4) et mettant en communication fluide au moins deux rainures (6) au niveau des deuxièmes extrémités (6.2).



**Fig. 2**

## Description

**[0001]** La présente invention se rapporte à un dispositif de transfert thermique diphasique pouvant être un thermosiphon ou un caloduc pulsé de fabrication simplifiée.

**[0002]** Un thermosiphon diphasique est un dispositif de transfert de chaleur fonctionnant par évaporation-condensation d'un liquide introduit sous sa pression de vapeur dans une enceinte étanche. Il comporte une extrémité appelée « zone évaporateur » destinée à être en contact avec une source de chaleur et une extrémité appelée « zone condenseur » destinée à être en contact avec une source froide. Le fluide dans la zone évaporateur est échauffé et s'évapore, extrayant de la chaleur de la source de chaleur, la vapeur se déplace jusqu'à la zone condenseur où la vapeur se condense et cède la chaleur à la source froide. Le liquide retourne à la zone évaporateur. La zone évaporateur est située plus bas que la zone condenseur de sorte que les condensats retournent à la zone évaporateur par gravité.

**[0003]** Un caloduc pulsé est un système de transfert de chaleur fonctionnant par oscillations de bouchons de vapeur et de liquide dans un circuit fluide qui circule successivement entre une ou plusieurs zones chaudes et une et plusieurs zones froides. La section du circuit fluide est faible afin d'avoir une configuration d'écoulement de type bouchon. Le transfert de chaleur se fait par chaleur latente, mais également par chaleur sensible grâce aux bouchons de liquide oscillant entre zone chaude et zone froide.

**[0004]** De tels dispositifs de transfert thermique peuvent être utilisés dans le domaine de l'électronique, par exemple l'électronique de puissance pour refroidir les composants électroniques.

**[0005]** De tels dispositifs présentent l'avantage de pouvoir fonctionner de manière efficace contre la gravité, i.e. lorsque l'évaporateur est disposé au-dessus du condenseur.

**[0006]** Le document US 8 919 426 décrit un caloduc pulsé comportant une plaque supérieure et une plaque inférieure, chaque plaque comportant une empreinte d'un micro-canal en forme de serpent, lorsque les deux plaques sont assemblées, elles forment un micro-canal en serpent étanche. Les empreintes sont réalisées par gravure chimique. D'une part, il faut graver deux plaques ce qui peut être long. D'autre part, la profondeur des gravures doit être surveillée. Enfin une telle gravure a un prix de revient relativement élevée et est peu adaptée à une fabrication en moyenne et grande séries.

## EXPOSÉ DE L'INVENTION

**[0007]** C'est par conséquent un but de la présente invention d'offrir un dispositif de transfert thermique tel qu'un thermosiphon ou un caloduc pulsé de réalisation simplifiée.

**[0008]** Le but précédemment énoncé est atteint par un dispositif de transfert thermique formant un thermosi-

phon ou un caloduc pulsé, comportant une pluralité de plaques empilées et solidarisées entre elles, de sorte à définir un circuit fluide de transfert thermique. La pluralité de plaques peut comporter deux plaques d'extrémité, au moins une plaque intermédiaire comportant des rainures traversant l'épaisseur de la plaque, et au moins une autre plaque intermédiaire comportant des découpes assurant, soit la redistribution du fluide dans les différents canaux, soit une connexion des rainures de sorte à former au moins un canal unique pour un caloduc pulsé.

**[0009]** Le dispositif de transfert thermique est donc de réalisation simple. En effet, les rainures et les découpes dans les plaques intermédiaires étant traversantes, leur étape de fabrication est simplifiée, contrairement à la réalisation d'empreinte non traversante. Elles peuvent être avantageusement réalisées par poinçonnage, ce qui est particulièrement adapté à une réalisation en moyenne ou grande série.

**[0010]** Dans le cas de plaques en alliage d'aluminium, elles peuvent être assemblées avantageusement par brasure. La mise en oeuvre d'alliages d'aluminium permet une brasure industrielle par alliage eutectique.

**[0011]** Grâce à cette répartition en plaques et à la réalisation de rainures traversantes pour former les canaux, la jonction entre la plaque intermédiaire rainurée et l'autre plaque intermédiaire ou un des plaques d'extrémité forme des angles et non des forme arrondie. Ces angles favorisent les effets capillaires.

**[0012]** En d'autres termes, les fonctions sont réparties par plaque, ce qui permet de simplifier la structure de chacune des plaques et donc de simplifier leur réalisation.

**[0013]** En effet, la plaque comportant les rainures délimitent les parois latérales des canaux, la plaque comportant les découpes forme une paroi d'extrémité et assure soit l'équilibrage de la charge entre les différents canaux dans le cas d'un thermosiphon, soit la mise en série des canaux, et les plaques d'extrémité pour l'une formant l'autre paroi d'extrémité du canal et pour l'autre fermant les découpes.

**[0014]** En outre, cette répartition des fonctions par plaque permet de simplifier le changement de dispositif fabriqué dans le cas d'une seule chaîne de fabrication pour les thermosiphons et les caloducs pulsés, il est très facile de changer de dispositif de transfert thermique fabriqué, en effet il suffit de modifier uniquement la plaque intermédiaire comportant les collecteurs pour réaliser un caloduc pulsé à la place d'un thermosiphon.

**[0015]** De manière avantageuse, les canaux sont délimités par des faces planes délimitant des angles favorables aux échanges thermiques. De manière très avantageuse, les rainures sont structurées de sorte que tout ou partie des angles soient aigus, favorisant encore davantage les transferts thermiques.

**[0016]** La présente invention a alors pour objet un thermosiphon comportant un empilement de plaques solidarisées les unes aux autres de sorte à délimiter un circuit fluide, ledit circuit fluide comportant au moins deux

canaux remplis partiellement d'un fluide, ledit empilement comprenant :

- deux plaques d'extrémité,
- au moins une première plaque intermédiaire disposée entre les deux plaques d'extrémité, ladite première plaque intermédiaire comportant au moins deux rainures traversant de part en part la première plaque intermédiaire sur toute son épaisseur, chaque rainure comportant une première extrémité et une deuxième extrémité, lesdites premières extrémités étant situées dans une zone dite « zone évaporateur » et lesdites deuxièmes extrémités étant situées dans une zone dite « zone condenseur », la zone évaporateur étant distincte de la zone condenseur,
- au moins un premier collecteur au niveau de la zone évaporateur et mettant en communication fluide au moins deux rainures uniquement au niveau des premières extrémités,
- au moins un deuxième collecteur au niveau de la zone condenseur et mettant en communication fluide au moins deux rainures uniquement au niveau des deuxièmes extrémités,
- lesdits premier et deuxième collecteurs étant tels qu'ils connectent les rainures en parallèle,
- au moins une deuxième plaque intermédiaire en contact direct avec la première plaque intermédiaire et comportant au moins l'un des premier et deuxième collecteurs.

**[0017]** La présente invention a également pour objet un caloduc pulsé comportant un empilement de plaques solidarisées les unes aux autres de sorte à délimiter un circuit fluide comportant au moins un canal, et rempli d'un fluide, ledit circuit fluide comporte au moins une zone dite zone évaporateur et au moins une zone dite zone condenseur, ledit empilement comprenant :

- deux plaques d'extrémité,
- au moins une première plaque intermédiaire disposée entre les deux plaques d'extrémité, ladite première plaque d'extrémité comportant une pluralité de rainures traversant de part en part la première plaque intermédiaire sur toute son épaisseur, chaque rainure comportant une première extrémité et une deuxième extrémité,
- au moins un premier connecteur au niveau desdites premières extrémités et mettant en communication fluide les rainures deux à deux uniquement au niveau des premières extrémités,
- au moins un deuxième connecteur au niveau des deuxièmes extrémités et mettant en communication fluide les rainures deux à deux uniquement au niveau des deuxièmes extrémités,
- lesdits premier et deuxième connecteurs étant tels qu'ils connectent les rainures en série,

- au moins une deuxième plaque intermédiaire en contact direct avec la première plaque intermédiaire et comportant au moins l'un des premier et deuxième connecteurs.

**[0018]** De manière avantageuse, le ou les canaux est ou sont délimité(s) par quatre plans.

**[0019]** La section d'un canal ou des canaux comporte(nt) de préférence au moins deux sommets dont l'angle est compris entre 70° et 85°.

**[0020]** Par exemple les collecteurs ou les connecteurs sont formés par des rainures.

**[0021]** Le thermosiphon ou caloduc pulsé peut comporter au moins une autre première plaque intermédiaire munie de rainures.

**[0022]** Dans un exemple, le thermosiphon ou le caloduc pulsé comporte au moins une autre deuxième plaque intermédiaire munie de découpes de sorte à connecter tout ou partie des rainures entre elles.

**[0023]** Avantageusement le thermosiphon ou le caloduc pulsé comporte au moins un échangeur thermique au niveau de la zone évaporateur et/ou la zone condenseur. L'échangeur thermique peut être un radiateur rapporté sur l'une au moins des plaques d'extrémité.

**[0024]** Avantageusement l'échangeur thermique est formé directement dans l'une des plaques de l'empilement. L'échangeur thermique peut être un radiateur formé directement dans au moins l'une des plaques d'extrémité.

**[0025]** L'échangeur thermique peut comporter un circuit fluide formé dans la plaque intermédiaire, dans lequel circule un fluide liquide ou diphasique.

**[0026]** Dans un exemple, le caloduc pulsé comporte au moins deux rainures de largeur différente connectées directement.

**[0027]** Les rainures peuvent former avec les connecteurs un canal formant une boucle fermée.

**[0028]** Dans un exemple, le caloduc est conformé pour présenter une forme de serpentin ou être enroulé sur lui-même comportant des portions droites connectées par des coudes, les premières extrémités des rainures étant situées à une extrémité libre du caloduc et les deuxièmes extrémités des rainures des rainures étant situées à une autre extrémité libre.

**[0029]** Dans un autre exemple, le caloduc est conformé pour présenter une forme de serpentin ou être enroulé sur lui-même comportant des portions droites connectées par des coudes, les premières extrémités des rainures étant situées à une extrémité libre du caloduc et les deuxièmes extrémités des rainures des rainures étant situées à une autre extrémité libre, et le collecteur et les rainures sont formées dans la même plaque intermédiaire.

**[0030]** La présente invention a également pour objet un système d'extraction de chaleur comportant un caloduc pulsé selon l'invention, dans lequel le caloduc pulsé comporte deux bords latéraux formés de l'empilement des plaques d'extrémité et au moins la première plaque

intermédiaire et au moins la deuxième plaque intermédiaire, et comportant une plaque de conduction thermique en contact thermique et mécanique par une face avec une partie seulement de l'un des bords latéraux, l'autre face étant configurée pour recevoir un dispositif dont on souhaite extraire de la chaleur.

**[0031]** La plaque de conduction thermique peut être en contact avec toutes les portions droites.

**[0032]** La présente invention a également pour objet un procédé de réalisation d'un caloduc pulsé selon l'invention, comportant :

la fourniture d'au moins trois plaques,  
structuration d'une plaque de sorte à former des rainures parallèles traversant toute l'épaisseur de la plaque,  
empilage des plaques de sorte que la plaque structurée soit en contact et disposées entre les deux autres plaques,  
assemblage des plaques,  
remplissage partiel des rainures avec un fluide.

**[0033]** La présente invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un thermosiphon ou caloduc pulsé selon l'invention, comportant :

a) la fourniture d'au moins quatre plaques,  
b) structuration d'une plaque de sorte à former des rainures parallèles traversant toute l'épaisseur de la plaque,  
c) structuration d'une deuxième plaque de sorte à former au moins une découpe,  
d) empilage des plaques de sorte que la première plaque et la deuxième plaque soient en contact et disposées entre les deux autres plaques,  
e) assemblage des plaques,  
f) remplissage partiel des rainures avec un fluide.

**[0034]** Les étapes b) ou les étapes b') et c') peut ou peuvent être réalisée(s) par poinçonnage

**[0035]** L'étape d) ou e') peut ou peuvent être réalisée par soudage, brasage, collage.

**[0036]** Par exemple, au moins une partie des plaques est en un premier alliage d'aluminium est revêtue d'un deuxième alliage aluminium ayant un point de fusion inférieur à celui du premier alliage d'aluminium, et l'assemblage est réalisé par brasage eutectique.

## BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

**[0037]** La présente invention sera mieux comprise sur la base de la description qui va suivre et des dessins en annexe sur lesquels:

- la figure 1 est une vue en perspective d'un exemple de réalisation d'un thermosiphon selon l'invention,
- la figure 2 est une vue en éclatée du thermosiphon de la figure 1,

- les figures 3A à 3C sont des vues en coupe de canaux de thermosiphon selon différents exemples de réalisation,
- les figures 4A et 4B sont des vues en perspective d'intégration du thermosiphon de la figure 1 dans des systèmes à réguler thermiquement,
- la figure 5 est une vue en éclatée d'un exemple de caloduc pulsé selon l'invention,
- la figure 6A représente un détail de plaques mis en oeuvre dans le caloduc pulsé de la figure 5,
- la figure 6B est une vue en coupe de la figure 5 le long du plan PC,
- la figure 7, est une représentation schématique du circuit fluidique du caloduc pulsé,
- la figure 8 est une vue de dessus d'une plaque selon un autre exemple de réalisation pouvant être mise en oeuvre dans un caloduc pulsé selon l'invention,
- la figure 9A est une vue en perspective d'un autre exemple de réalisation d'un thermosiphon selon l'invention,
- la figure 9B est une vue en éclatée du thermosiphon de la figure 9A,
- la figure 10 est une vue en éclatée d'un thermosiphon selon un autre exemple de réalisation comportant un circuit de refroidissement liquide au niveau du condenseur
- la figure 11 est un thermosiphon selon l'invention ayant subi une étape de pliage,
- la figure 12 est une vue en perspective d'un autre exemple de réalisation d'un caloduc pulsé selon l'invention,
- la figure 13 est une vue éclatée du caloduc pulsé de la figure 12 avant pliage en forme de serpent.

## EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

**[0038]** Dans la description qui va suivre, les termes « rainure » et « canal » seront utilisés indifféremment. En effet, les rainures réalisées dans une plaque forment des canaux en coopération avec les autres plaques.

**[0039]** Sur les figures 1 et 2, on peut voir un thermosiphon T1 selon un exemple de réalisation.

**[0040]** Le thermosiphon T1 comporte un circuit fluidique C rempli d'un fluide, une première zone 2 destinée à échanger de la chaleur avec une source de chaleur, pour réaliser un contrôle thermique, un transfert de chaleur, un refroidissement de composant.

**[0041]** La source de chaleur à l'évaporateur est par exemple un composant électrique, un circuit électronique, un composant électronique, tel qu'un composant électronique de puissance de type thyristor ou un transistor bipolaire à grille isolée, un dispositif d'éclairage comprenant des diodes électroluminescentes, un dispositif photovoltaïque, un réacteur chimique dégageant de la chaleur, un stockage chaud, une batterie, une pile à combustible ou tout autre système de puissance.

**[0042]** Les puits de chaleur au condenseur sont par

exemple des ailettes en convection forcée, des plaques froides en écoulement mono ou diphasique, un stockage de froid.

**[0043]** Les dispositifs de stockage chaud et froid sont par exemple des dispositifs de stockage mettant en oeuvre un ou plusieurs matériaux à changement de phase, permettant de lisser par stockage thermique les apports ou les puits de chaleur de composants électriques/électroniques

**[0044]** Le thermosiphon comporte une deuxième zone 4 destinée à échanger de la chaleur avec une source froide, désignée zone condenseur.

**[0045]** La source froide peut par exemple comporter un radiateur en convection naturelle ou forcée ou un système où a lieu une réaction endothermique.

**[0046]** Le radiateur peut être choisi parmi par exemple les radiateurs à ailettes plissées, à ailettes extrudées à ailettes picots, à ailettes moulées, à ailettes fixées par moletage, à ailettes réalisées par impression 3D, ou tout autre dispositif d'échange de chaleur. En variante les ailettes peuvent être des ailettes skivées sont réalisées par une méthode appelée « skiving » qui consiste à racler la surface d'un métal mou avec un outil et à repousser les copeaux pour faire des ailettes à fort rapport d'aspect. Cette méthode offre un prix de revient réduit.

**[0047]** La zone condenseur et la zone évaporateur sont situées à distance l'une de l'autre et sont reliées par le circuit fluide, le fluide s'évaporant dans la zone évaporateur et se condensant dans la zone condenseur.

**[0048]** Le thermosiphon comporte un empilement de plaques ou de tôles assemblées les unes aux autres, et délimitant entre elles le circuit fluide C.

**[0049]** Dans l'exemple représenté, l'empilement comporte quatre plaques :

- deux plaques d'extrémité P1 et P2,
- une première plaque intermédiaire P3,
- une deuxième plaque intermédiaire P4 directement en contact avec la première plaque intermédiaire P3.

**[0050]** Les deux plaques d'extrémité sont les plaques situées le plus à l'extérieur de l'empilement. Dans l'exemple représenté elles sont pleines.

**[0051]** Les plaques intermédiaires P3 et P4 sont situées entre les plaques d'extrémité.

**[0052]** La première plaque intermédiaire P3 comporte une pluralité de rainures 6 traversant toute l'épaisseur de la plaque P3. Dans l'exemple représenté et de manière avantageuse, les rainures sont parallèles entre elles mais une telle disposition n'est pas limitative.

**[0053]** Chaque rainure comporte une première extrémité 6.1 située dans la zone évaporateur 2 et une première extrémité 6.2 située dans la zone condenseur 4.

**[0054]** La deuxième plaque intermédiaire P4 comporte des moyens d'équilibrage aptes à équilibrer la charge entre les canaux au niveau de leurs première 6.1 et deuxième 6.2 extrémités.

**[0055]** Les moyens d'équilibrage comportent une pre-

mière rainure 8 orientée transversalement par rapport aux rainures 6, telle qu'elle se situe au droit des premières extrémités 6.1 des canaux 6 et s'étende sur toutes les rainures. Les moyens d'équilibrage comportent également une deuxième rainure ou découpe 10 orientée transversalement par rapport aux rainures 6, telle qu'elle se situe au droit des deuxième extrémités 6.2 des canaux 6 et s'étende sur toutes les rainures. La première rainure transversale 8 assure la communication fluide entre tous les canaux au niveau de la zone évaporateur, et la deuxième rainure transversale 10 assure la communication fluide entre tous les canaux au niveau de la zone condenseur.

**[0056]** Dans l'exemple représenté, des radiateurs à ailettes 12 sont prévus sur les plaques d'extrémité P2 et P3, au droit de la zone condenseur 4 de sorte à favoriser l'évacuation de la chaleur.

**[0057]** Les rainures 6 et les rainures transversales 8 et 10 sont avantageusement réalisées par poinçonnage, technique particulièrement adaptée à une fabrication en moyenne et grande série. Dans d'autres exemples de réalisation, elles peuvent être réalisées par découpe laser, jet d'eau ou gravure chimique traversante.

**[0058]** Le fonctionnement du thermosiphon des figures 1 et 2 va maintenant être décrit.

**[0059]** La chaleur émise par la source de chaleur est transmise au fluide dans la zone évaporateur, il s'évapore et se déplace dans les canaux jusqu'à la zone condenseur où il se condense et cède sa chaleur à la source froide, via les ailettes des radiateurs, le liquide retourne à la zone évaporateur. La vapeur circule de la zone évaporateur vers la zone condenseur sensiblement au centre des canaux, et le liquide circule de la zone condenseur à la zone évaporateur le long de la paroi des canaux. La pression entre les différents canaux est équilibrée par les rainures transversales dans la zone condenseur et la zone évaporateur.

**[0060]** Les plaques ont par exemple une épaisseur comprise entre 0,05 mm à 6 mm, préférentiellement égale à 3 mm.

**[0061]** Les canaux 6 ont par exemple une largeur comprise entre 0,5 mm et 10 mm, avantageusement égale à 3 mm.

**[0062]** Les canaux 8 et 10 par exemple une largeur comprise entre 0,5 mm et 10 mm, avantageusement égale à 3 mm.

**[0063]** Les dimensions des plaques peuvent être comprises par exemple entre quelques cm et quelques mètres.

**[0064]** Les plaques ou tôles sont réalisées en un matériau présentant une bonne conductivité thermique de sorte à conduire la chaleur de la source de chaleur à la zone évaporateur et la zone condenseur à la source froide. Elles sont par exemple réalisées en alliage d'aluminium, en cuivre, en acier inoxydable.

**[0065]** Le procédé d'assemblage des tôles mis en oeuvre dépend du matériau des plaques.

**[0066]** Par exemple, dans le cas de plaques en alliage

d'aluminium, par brasage au bain de sel, par brasage sous gaz inerte, par soudage par ultrasons, par soudage par friction, par collage.... Dans le cas de tôles d'aluminium cladées, i.e. des tôles en alliage d'aluminium dont une ou les deux faces sont revêtues d'un alliage d'aluminium à plus bas point de fusion, celles-ci peuvent être assemblées par brasage sous vide.

**[0067]** Dans le cas de plaque en cuivre, acier inoxydable, en superalliage, le soudage diffusion, le brasage diffusion, le collage...peuvent être utilisés.

**[0068]** Le remplissage en fluide des canaux est par exemple réalisé en utilisant un queusot de remplissage 15 inséré dans la tranche de la plaque intermédiaire P3 comme cela est schématisé sur la figure 2 En variante, on peut utiliser un queusot fixé sur un orifice ménagé sur les plaques d'extrémité, et perpendiculairement à celle-ci. Le queusot est ensuite pincé ou bouché. Puisque tous les canaux communiquent entre eux par les rainures transversales, le remplissage peut n'être réalisé que par l'intermédiaire d'un seul canal.

**[0069]** Le fluide de remplissage peut être choisi parmi les fluides utilisés communément dans les thermosiphons, et est choisi en fonction de la gamme de température de fonctionnement du dispositif à refroidir, et également des températures auxquelles les thermosiphons sont susceptibles d'être stockés, par exemple pour qu'ils résistent à des phases de gel.

**[0070]** Les fluides de remplissage qui peuvent être utilisés sont ceux couramment utilisés dans ce type d'application.

**[0071]** A titre d'exemple, pour un thermosiphon en alliage d'aluminium assemblé par brasage eutectique, on peut utiliser comme fluide l'ammoniac, l'acétone, le méthanol, le n-heptane, le R134a ou un autre fluide frigorigène fluoré.

**[0072]** Dans l'exemple représenté et de manière avantageuse, les moyens d'équilibrage de la charge entre les canaux au niveau des zones évaporateur et condenseur sont réalisés dans la même plaque intermédiaire P4, ce qui permet de réduire le nombre de plaques mis en oeuvre. Néanmoins, on pourrait envisager de mettre en oeuvre une autre plaque intermédiaire disposée entre la plaque d'extrémité P1 et la plaque intermédiaire P3, et de réaliser la rainure transversale 8 dans une plaque P4 et la rainure transversale 10 dans la plaque intermédiaire supplémentaire.

**[0073]** De plus, les rainures peuvent avoir des largeurs différentes et/ou une largeur qui varie.

**[0074]** En outre, dans l'exemple représenté, le thermosiphon a une forme de L à l'envers, cette réalisation n'est en aucun cas limitative, il pourrait avoir la forme d'une barre droite ou d'une barre courbe. La forme du thermosiphon est adaptée à l'environnement dans lequel il va être intégré.

**[0075]** Sur la figure 11, on peut voir un thermosiphon en trois dimensions. Le thermosiphon a été plié pour présenter une forme s'étendant dans plusieurs plans, dans l'exemple les deux plans sont orthogonaux. Cette confi-

guration est particulièrement adaptée au refroidissement d'un disjoncteur électrique.

**[0076]** Il est alors possible d'adapter encore davantage la forme du thermosiphon à l'environnement à thermaliser.

**[0077]** Le thermosiphon peut être plié plusieurs fois suivant un ou plusieurs plans. En outre le ou les angles de pliage peuvent être quelconques. Ce pliage peut être avantageusement réalisé après fabrication de l'empilement de plaques. Il est à noter que l'angle de pliage est choisi en fonction de l'épaisseur du dispositif afin d'éviter un écrasement des canaux et/ou un délaminage des plaques entre elles.

**[0078]** On peut envisager de réaliser cette étape de pliage avant l'assemblage des plaques pour éviter le risque de délaminage, cependant l'outillage destiné à l'assemblage est sensiblement plus complexe.

**[0079]** Sur la figure 3A, on peut voir une vue en coupe d'un exemple d'un canal formé par une rainure 6, la plaque intermédiaire P4 et la plaque d'extrémité P1.

**[0080]** Les sommets de la section du canal sont définis pas des faces sensiblement planes. Les sommets présentent alors un angle, un angle droit dans cet exemple, et non une forme arrondie comme dans le cas d'une gravure partielle de la plaque.

**[0081]** La présence de ces angles favorise l'action capillaire. Les transferts thermiques sont améliorés et la limite d'entraînement est repoussée.

**[0082]** Sur la figure 3B, on peut voir un exemple avantageux d'une forme de section de canal, dans lequel les bords latéraux 24 des rainures 6 sont inclinées de sorte à former deux sommets A à angles aigus  $\alpha$  avec l'une des plaques P1 et P4. Les angles aigus favorisent l'accroche du liquide et sont donc encore plus favorables aux transferts de chaleur. Dans cet exemple, les deux bords ont des inclinaisons opposées. Selon un autre exemple les deux bords pourraient avoir la même inclinaison, dans ce cas les sommets à angle aigu ne seraient pas délimités par la même plaque P1 ou P4. Les bords latéraux inclinés des rainures peuvent être obtenus par poinçonnage.

**[0083]** Sur la figure 3C, on peut voir un autre exemple de réalisation d'un canal comportant quatre angles à quatre sommets A à angle aigu. Chaque bord 24 des rainures présentent deux inclinaisons opposées 24.1, 24.2.

**[0084]** De telles rainures sont par exemple réalisées en utilisant deux plaques, et en réalisant dans chacune des deux plaques, des rainures à bords latéraux inclinés tels que ceux de la figure 3B, par exemple par poinçonnage, puis en retournant une plaque et en la plaquant contre l'autre de sorte que les rainures se superposent.

**[0085]** L'angle  $\alpha$  est au moins égal à  $70^\circ$ , de préférence supérieur à  $80^\circ$  et très avantageusement égal à  $85^\circ$ .

**[0086]** Les deux ou quatre sommets A peuvent avoir des valeurs d'angle différentes.

**[0087]** En variante, la réalisation des rainures met en oeuvre un laser.

**[0088]** Suivant le matériau des plaques, on prévoit

avantageusement un traitement de surface des parois du canal ou des canaux pour les rendre mouillantes par rapport au fluide. Par exemple, dans le cas d'un thermosiphon en cuivre, on peut prévoir une oxydation chimique pour le rendre mouillant vis-à-vis de l'eau. Dans le cas d'un fluide frigorigène, aucun traitement n'est requis, le cuivre étant mouillant. Dans le cas des alliages d'aluminium, du fait de la présence d'oxyde d'aluminium natif, ceux-ci offrent une bonne mouillabilité vis-à-vis des fluides compatibles avec les alliages d'aluminium.

**[0089]** Sur la figure 4A, on peut voir le thermosiphon T1 de la figure 1 fixé à une barre 14 d'un disjoncteur que l'on souhaite refroidir. Le thermosiphon est fixé à la barre au niveau de la zone évaporateur, par exemple en moyen de de vis 18, de sorte qu'une face extérieure de la face d'extrémité P1 soit en contact plan avec la barre 14 afin d'offrir un très bon contact thermique, et assurer un très bon transfert de chaleur entre la barre et la zone évaporateur. Le thermosiphon est orienté de sorte que la zone évaporateur soit en dessous de la zone condenseur, le retour du liquide vers la zone évaporateur s'effectuant par gravité.

**[0090]** Sur la figure 4B, on peut voir un autre exemple d'intégration dans lequel le thermosiphon est utilisé pour refroidir une carte électronique 20 portant un ou des composants de puissance 22. Le thermosiphon est fixé sur la plaque, de sorte que la face extérieure de la plaque d'extrémité P1 au niveau de la zone évaporateur soit en contact plan avec un composant de puissance 22. Dans cet exemple, le thermosiphon ne comporte qu'un radiateur fixé sur la plaque d'extrémité P2 au niveau de la zone condenseur, et la plaque d'extrémité P1 est en contact avec la carte. La carte est par exemple verticale, favorisant le retour du liquide vers la zone évaporateur.

**[0091]** De manière avantageuse, la carte et le thermosiphon peuvent être immergés dans un bain d'huile diélectrique ou autre caloporteur adapté pour améliorer davantage l'évacuation de la chaleur.

**[0092]** Sur la figure 5, on peut voir un exemple de caloduc pulsé CP1 selon l'invention.

**[0093]** Le caloduc pulsé CP1 comporte un circuit fluide C' rempli d'un fluide, une zone évaporateur destinée à échanger de la chaleur avec une source de chaleur, et une zone condenseur destinée à échanger de la chaleur avec une source froide.

**[0094]** Le caloduc pulsé comporte un empilement de plaques ou de tôles assemblées les unes aux autres, et délimitant entre elles un circuit fluide C'.

**[0095]** Dans l'exemple représenté, l'empilement comporte quatre plaques :

- deux plaques d'extrémité P101 et P102,
- une première plaque intermédiaire P103,
- une deuxième plaque intermédiaire P104 directement en contact avec la première plaque intermédiaire P103.

**[0096]** Les deux plaques d'extrémité sont les plaques

situées le plus à l'extérieur de l'empilement. Dans l'exemple représenté elles sont pleines.

**[0097]** Les plaques intermédiaires P103 et P104 sont situées entre les plaques d'extrémité.

5 **[0098]** La première plaque intermédiaire P103 comporte une pluralité de rainures 106 traversant toute l'épaisseur de la plaque P103. Dans l'exemple représenté et de manière avantageuse, les rainures sont parallèles mais une telle disposition n'est pas limitative.

10 **[0099]** Chaque rainure comporte une première extrémité 106.1 située dans la zone évaporateur et une première extrémité 106.2 située dans la zone condenseur.

**[0100]** La deuxième plaque intermédiaire P104 comporte des moyens de connexion des rainures de sorte à former un canal unique.

15 **[0101]** Sur la figure 6A, on peut voir un détail de la plaque P103 au niveau des extrémités 106.1 et un détail de la plaque P104 comportant une partie des moyens de connexions.

20 **[0102]** Les moyens de connexions comportent des découpes 108 dimensionnées et disposées de sorte qu'une découpe recouvre uniquement deux extrémités 106.1 de deux rainures successives. Ainsi une rainure est mise en communication avec la rainure adjacente. La figure 25 6B représente une vue en coupe de l'empilement des quatre plaques le long du plan P-P, on peut voir les extrémités 106.1 et les découpes 108.

**[0103]** Des moyens de connexions similaires sont prévus au niveau des extrémités 106.2 des rainures, cependant les découpes sont disposées de sorte qu'elles relient deux rainures successives, celles-ci étant différentes de celles reliées par les découpes 108. Les rainures ainsi reliées forme un canal unique en forme de serpent qui circule alternativement entre la zone évaporateur et la zone condenseur.

30 **[0104]** Sur la figure 7, on peut voir schématisé le circuit fluide ainsi formé dans le caloduc pulsé.

**[0105]** Les moyens de connexion assurent une mise en série de toutes les rainures.

40 **[0106]** Dans un exemple de réalisation, les deux extrémités du canal ainsi formées restent séparées.

**[0107]** Dans un autre exemple de réalisation particulièrement avantageux, les deux extrémités du canal sont reliées, de préférence au niveau du condenseur, de sorte à former un canal en boucle fermée, le caloduc pulsé est alors un caloduc pulsé bouclé. Par exemple on réalise une découpe supplémentaire dans la deuxième plaque intermédiaire, qui est conformée de sorte à connecter les deux extrémités du canal en serpent. Un caloduc pulsé bouclé est plus efficace car, en plus de la présence des oscillations, il apparaît une circulation globale du fluide dans un sens.

45 **[0108]** Comme pour le thermosiphon, on pourrait envisager de réaliser, les moyens de connexion des extrémités 106.1 dans une plaque 104 et les moyens de connexion des extrémités 106.2 dans une autre plaque disposée entre la plaque P101 et la plaque P103, voir réaliser un partie des découpes 108 dans une plaque et

l'autre partie dans l'autre plaque, de même pour les découpes reliant les extrémités 106.2.

**[0109]** Dans l'exemple représenté sur la figure 6A, toutes les rainures ont la même largeur.

**[0110]** Dans un exemple avantageux représenté sur la figure 8, les rainures 106 ont des largeurs différentes, par exemple les rainures adjacentes ont des largeurs différentes. Cette dissymétrie favorise les oscillations qui sont avantageuses pour le démarrage du caloduc pulsé. Par exemple une rainure a une largeur de 2 mm et la rainure adjacente a une largeur de 3 mm, ce motif est répété pour l'ensemble des rainures.

**[0111]** Comme pour le thermosiphon, l'invention permet avantageusement de réaliser un canal avec des angles favorisant l'action capillaire.

**[0112]** Tout ou partie des angles peut être aigus, ce qui permet d'améliorer les échanges thermiques grâce aux effets capillaires. En effet, la longueur des lignes triples de contact liquide/vapeur/solide est augmentée, les transferts de chaleur, particulièrement élevés dans cette zone, sont alors intensifiés. Les figures 3A à 3C s'appliquent au caloduc pulsé selon l'invention.

**[0113]** Les matériaux et les intervalles de dimensions donnés pour le thermosiphon s'appliquent également pour le caloduc pulsé.

**[0114]** Le fonctionnement du caloduc pulsé va maintenant être décrit.

**[0115]** La chaleur émise par la source de chaleur est transmise au fluide dans la zone évaporateur, il s'évapore. Il y a formation de bouchons de vapeur qui alternent avec des bouchons de liquide. Le déplacement oscillant des bouchons entre évaporateur et condenseur est obtenu par expansion des bouchons de vapeur à l'évaporateur et rétraction de ceux-ci au condenseur. Le fluide échange sa chaleur au niveau de la zone condenseur. Le fluide, en se déplaçant, entre alternativement dans la zone évaporateur et la zone condenseur. Le transfert de chaleur se fait par chaleur latente du fait de l'évaporation, et par chaleur sensible du fait des bouchons de liquide oscillant entre la zone évaporateur et la zone condenseur.

**[0116]** L'intégration d'un caloduc pulsé à un système à refroidir est similaire à celle du thermosiphon décrite sur les figure 4A et 4B.

**[0117]** Comme pour le thermosiphon, la forme en L est uniquement un exemple de réalisation. En outre le caloduc pulsé peut également être plié et présenter par exemple la configuration de la figure 11.

**[0118]** Sur les figures 9A et 9B, on peut voir un thermosiphon selon un autre exemple de réalisation, dans lequel le thermosiphon comporte plusieurs plaques contenant des rainures formant des canaux superposés.

**[0119]** Le thermosiphon T2 comporte trois premières plaques intermédiaires P3.1, P3.2 et P3.3 et deux deuxième plaques intermédiaires P4.1 et P4.2.

**[0120]** La plaque P4.1 est disposée entre les plaques P3.1 et P3.2 et la plaque P4.2 est située entre la plaque P3.2 et P3.3.

**[0121]** Dans cet exemple, les plaques P4.1 et P4.2 comportent des rainures transversales 8 et 10 mettant en communication tous les canaux délimités dans les trois plaques P3.1 à P3.3, et assurant un équilibrage de la charge entre tous les canaux du thermosiphon.

**[0122]** Dans un autre exemple, les moyens d'équilibrage sont tels qu'ils assurent un équilibrage entre les canaux d'une même plaque uniquement ou entre les canaux d'une partie de premières plaques intermédiaires.

**[0123]** Avec un tel dispositif, la puissance thermique transmise est augmentée et la résistance thermique est réduite.

**[0124]** Il sera compris que le caloporteur peut comporter un nombre quelconque de première couches intermédiaires et donc de couches de canaux.

**[0125]** Dans le cas d'un nombre de premières couches intermédiaires paires, on peut envisager d'utiliser une deuxième plaque intermédiaire pour deux premières couches intermédiaires.

**[0126]** Le remplissage du thermosiphon des figures 9A et 9B peut se faire comme le thermosiphon de la figure 1, en utilisant un queusot unique de remplissage insérant dans la tranche de l'une des premières plaques intermédiaires, dans le cas où toutes les rainures communiquent fluidiquement entre elles. En variante, on peut utiliser un queusot fixé sur un orifice ménagé sur une des plaques d'extrémité, par exemple perpendiculairement à celle-ci.

**[0127]** Dans un autre exemple de réalisation, après remplissage, par exemple les couches de canaux sont isolés fluidiquement les uns des autres par pincement d'un canal de communication entre les couches.

**[0128]** Dans un autre exemple de réalisation, on peut prévoir un queusot de remplissage pour chaque première plaque intermédiaire, ou groupe de premières plaques intermédiaires.

**[0129]** La description des figures 9A et 9B s'applique à un caloduc pulsé, sauf en ce qui concerne les deuxième plaques intermédiaires. Les plaques intermédiaire son telles qu'elles assurent une connexion d'une partie ou de toutes les rainures entre elles.

**[0130]** Dans un exemple de réalisation, les rainures sont toutes connectées en série, dans ce cas un canal unique serpente dans les différentes plaques. Dans un autre exemple de réalisation, des groupes de rainures sont en série de sorte à former plusieurs canaux distincts. Par exemple, les moyens de connexion peuvent être tels qu'ils forment un canal unique par chaque première plaque intermédiaire.

**[0131]** Sur la figure 10, on peut voir un autre exemple de thermosiphon selon l'invention.

**[0132]** Le thermosiphon T3 diffère du thermosiphon T1 de la figure 1 en ce qu'il comporte un échangeur thermique 26 intégré au niveau de la zone condenseur, qui forme la source froide.

**[0133]** Le thermosiphon comporte une plaque intermédiaire supplémentaire P5 qui comporte une rainure 28 disposée de sorte à être au droit de la zone condenseur, et est destinée à permettre la circulation d'un caloporteur

extrayant la chaleur transporter par le fluide circulant dans les canaux du thermosiphon.

**[0134]** La plaque P5 est interposée entre la deuxième plaque intermédiaire P4 et la plaque d'extrémité P2 qui délimite avec la rainure 28 un circuit de refroidissement. La rainure 28 est disposée de sorte qu'elle ne soit pas au droit de la rainure transversale 10, assurant l'équilibrage de charge au niveau des extrémités 6.2 des rainures.

**[0135]** Dans l'exemple représenté, le circuit de refroidissement comporte une entrée 30 et une sortie 32 de fluide caloporteur.

**[0136]** Le caloporteur peut rester liquide ou changer de phase lors de l'échange de chaleur au niveau de la zone condenseur.

**[0137]** Dans un autre exemple de réalisation, l'échangeur thermique peut être du type échangeur à air. Par exemple, la plaque d'extrémité P2 peut intégrer directement le radiateur, par exemple en réalisant une zone ajourée et/ou une zone plissée. La réalisation d'une zone ajourée de grande taille est rendue possible, car la plaque d'extrémité P2 ne sert pas à réaliser l'étanchéité des rainures 6. La zone ajourée est disposée de sorte à ne pas être en regard de la rainure transversale 10. L'utilisation de la plaque d'extrémité P2 pour réaliser un échangeur thermique présente l'avantage de ne pas nécessiter l'ajout d'une plaque supplémentaire.

**[0138]** Un tel échangeur thermique formant une source de chaleur peut être réalisé également au niveau de la zone évaporateur.

**[0139]** Un thermosiphon peut intégrer un échangeur de chaleur formant une source froide et/ou un échangeur de chaleur formant une source de chaleur. De plus les échangeurs de chaleur peuvent être de types différents, l'un peut être un échangeur thermique à liquide et l'autre peut être un échangeur à air ou diphasique.

**[0140]** De tels échangeurs de chaleur peuvent également être réalisés à l'intérieur de l'empilement, en particulier dans le cas où le thermosiphon ou le caloduc pulsé comporte un ou des canaux dans plusieurs couches tel que représenté sur les figures 9A et 9B, afin d'amener ou d'extraire la chaleur au coeur de l'empilement.

**[0141]** Sur la figure 12, on peut voir un exemple d'un caloduc pulsé CP2 selon l'invention appliqué au refroidissement d'un dispositif d'éclairage à diodes électroluminescentes 34.

**[0142]** Le caloduc CP2 est replié de sorte à former un serpentín. Le serpentín comporte des portions droites parallèles les unes aux autres D1 à D8 raccordées en série par des coudes CD1 à CD7. Les portions comportent des faces de plus grandes surfaces parallèles les unes aux autres et reliés par des bords latéraux B1, B2.

**[0143]** Les bords latéraux B1, B2 ont également une forme de serpentín, et le dispositif d'éclairage est disposé sur le caloduc pulsé de sorte à être en contact avec le bord latéral B1 qui, du fait de sa conformation en serpentín, forme un support.

**[0144]** Une plaque de conduction thermique 36 est in-

terposée entre le dispositif d'éclairage et le bord latéral B1 et conduit la chaleur du dispositif d'éclairage au caloduc.

**[0145]** La plaque de conduction est disposée par rapport au caloduc de sorte à former avec le dispositif d'éclairage, une source de chaleur pour une partie seulement du caloduc, les autres parties du caloduc étant au contact d'une source froide. La plaque de conduction ne recouvre qu'une partie du bord latéral de sorte à former une source de chaleur localisée. Dans l'exemple représenté, la plaque de conduction 36 est disposée sur une partie médiane du serpentín de sorte que des zones des portions droites D1 à D8 et les coudes CD1 à CD7 sont libres de contact avec la source de chaleur, et forment des sources froides. En variante, la plaque de conduction est disposée sur les coudes CD1, CD3, CD5, CD7 ou sur les coudes CD2, CD4, CD6. En variante encore, le dispositif comporte deux plaques de conduction chacune disposées, pour l'une sur les coudes CD1, CD3, CD5, CD7, et pour l'autre sur les coudes CD2, CD4, CD6. En variante, on peut mettre la plaque de conduction dans la partie médiane du serpentín, à une extrémité, aux deux extrémités du serpentín. Par ailleurs, plusieurs plaques de conduction pour les zones chaudes peuvent être mises en oeuvre.

**[0146]** Ce dispositif est particulièrement adapté au refroidissement de composants électroniques et/ou électriques.

**[0147]** Sur la figure 13, on peut voir une vue éclatée d'un exemple de réalisation du caloduc pulsé, avant conformation en serpentín, pouvant être mis en oeuvre dans le système de la figure 12.

**[0148]** Il comporte deux plaques d'extrémité P201 et P202, une première plaque intermédiaire P203 et une deuxième plaque intermédiaire P204 directement en contact avec la première plaque intermédiaire P203.

**[0149]** La première plaque intermédiaire comporte deux rainures parallèles 206 s'étendant sur la longueur de la plaque P203, et la deuxième plaque intermédiaire P204 comporte deux rainures transversales 208 de sorte à mettre en communication les deux rainures 206 au niveau de leurs extrémités longitudinales, et former un canal unique formant une boucle fermée. Les rainures transversales 208 sont similaires aux rainures 108 de la figure 5.

**[0150]** Les plaques sont assemblées selon les modes d'assemblage décrits ci-dessus.

**[0151]** Le caloduc est ensuite plié de sorte à former un serpentín et la plaque de conduction thermique est fixée sur le bord latéral B1 par exemple par soudage ou collage, de préférence le matériau de soudure ou la colle assure une bonne conduction de la chaleur.

**[0152]** Le caloduc peut comporter des ailettes d'échange thermique agencées entre les portions droites D1 à D8 et en contact thermique avec celles-ci.

**[0153]** Le fonctionnement de ce système va maintenant être décrit.

**[0154]** Le dispositif d'éclairage et la plaque de conduc-

tion forment la source de chaleur. Chaque portion D1 à D8 est donc en contact avec la source de chaleur.

**[0155]** Les zones des portions D1 à D8 libres de contact avec la plaque de conduction et les coudes CD1 à CD7 sont en contact d'une source froide qui est l'air avec lequel il échangent de la chaleur avec ce dernier par convection naturelle. Des moyens de convection forcée peuvent être mis en oeuvre.

**[0156]** Le canal traverse alternativement une source froide et la source de chaleur.

**[0157]** Le fluide dans le canal formé par les rainures au droit de la plaque de conduction 36 s'évapore. On suppose que la chaleur se diffuse sur au moins une partie de la hauteur du caloduc, du bord latéral B1 en directions au bord latéral B2. Le rebouclage par la rainure 206 du côté du bord B2 permet d'homogénéiser la température du caloduc sur sa hauteur.

**[0158]** Le fluide dans le canal au droit des sources froides se condense. Il y a alors formation de bouchons de vapeur qui alternent avec des bouchons de liquide. Le déplacement oscillant des bouchons entre évaporateur et condenseur est obtenu par expansion des bouchons de vapeur à l'évaporateur et rétraction de ceux-ci au condenseur. Le fluide échange sa chaleur au niveau de la zone condenseur. Le fluide, en se déplaçant, entre alternativement dans la zone évaporateur et la zone condenseur. Le transfert de chaleur se fait par chaleur latente du fait de l'évaporation, et par chaleur sensible du fait des bouchons de liquide oscillant entre la zone évaporateur et la zone condenseur.

**[0159]** Cet exemple de réalisation est très avantageux car le nombre de zones droites est important, ce qui est favorable pour le démarrage du caloduc et à son fonctionnement, de préférence il est souhaitable d'avoir au moins 16 zones droites pour obtenir un bon démarrage et un bon fonctionnement du caloduc pulsé.

**[0160]** Dans l'exemple représenté, chaque portion D1 à D8 comporte deux zones droites. Le caloduc comporte donc 16 zones droites.

**[0161]** En variante, plus de deux rainures 206 peuvent être prévues dans la hauteur du caloduc.

**[0162]** Par exemples, les plaques ont une largeur de 10 mm, ce qui correspond environ à la longueur des rainures 206.

**[0163]** En variante, le caloduc peut être conformé en spirale rectangulaire ou cylindrique. La forme légèrement courbée des « zones droites » ne gêne pas le fonctionnement du caloduc pulsé.

**[0164]** En variante, une seule plaque intermédiaire est utilisée comportant les deux rainures parallèles et une seule rainure transversale, le canal ainsi formé n'est alors pas bouclé. La réalisation est simplifiée.

**[0165]** En variante, le caloduc pulsé de la figure 1 peut comporter plusieurs premières plaques intermédiaires définissant plusieurs couches de canaux superposés, ceux-ci étant connectés entre eux ou non.

**[0166]** Il sera compris que tout autre dispositif à refroidir peut être disposé sur la plaque de conduction.

**[0167]** Un exemple de procédé de réalisation d'un thermosiphon de la figure 1 va maintenant être décrit. Cette description s'applique à la fabrication d'un caloduc pulsé, les découpes réalisées dans la deuxième plaque intermédiaire étant adaptées.

**[0168]** Quatre plaques sont découpées aux mêmes dimensions, deux serviront de plaques d'extrémité et deux de plaques intermédiaires.

**[0169]** Une des plaques intermédiaires est structurée par exemple poinçonnée pour former les rainures 6.

**[0170]** L'autre plaque intermédiaire est structurée pour former les découpes 8 et 10.

**[0171]** Les plaques sont superposées, les deux plaques intermédiaires l'une contre l'autre entre les deux plaques d'extrémité.

**[0172]** Les plaques sont ensuite assemblées par exemple par brasage.

**[0173]** Les canaux sont remplis partiellement de fluide.

**[0174]** A titre d'exemple uniquement, un exemple de fabrication d'un thermosiphon mettant en oeuvre des plaques en aluminium par brasage eutectique de tôles clâdées va être décrit.

**[0175]** Pour cela, une des faces des tôles en alliage d'aluminium est revêtue d'un alliage aluminium à plus bas point de fusion.

**[0176]** On utilisera par exemple une tôle à coeur en alliage de la série AA3xxxx, avec un revêtement avec un alliage eutectique de la série AA4xxxx comprenant du Silicium à plus bas point de fusion. Le revêtement se fait de manière connue par une technique de roll-bond, i.e. en plaquant les tôles par laminage.

**[0177]** On choisit des tôles d'épaisseur comprise entre 0,05 mm et 5 mm, avec un revêtement typiquement de 5 à 10% de l'épaisseur totale.

**[0178]** Les tôles revêtues sont pressées à chaud à une température supérieure à la température de fusion de l'eutectique, mais inférieure à la température de l'alliage à coeur, on vient fondre l'alliage eutectique qui forme un alliage de brasure d'assemblage étanche entre les deux tôles.

**[0179]** Les canaux sont ensuite remplis partiellement de fluide.

**[0180]** Le thermosiphon et le caloduc pulsé selon l'invention sont de réalisation simplifiée par rapport à ceux de l'état de la technique.

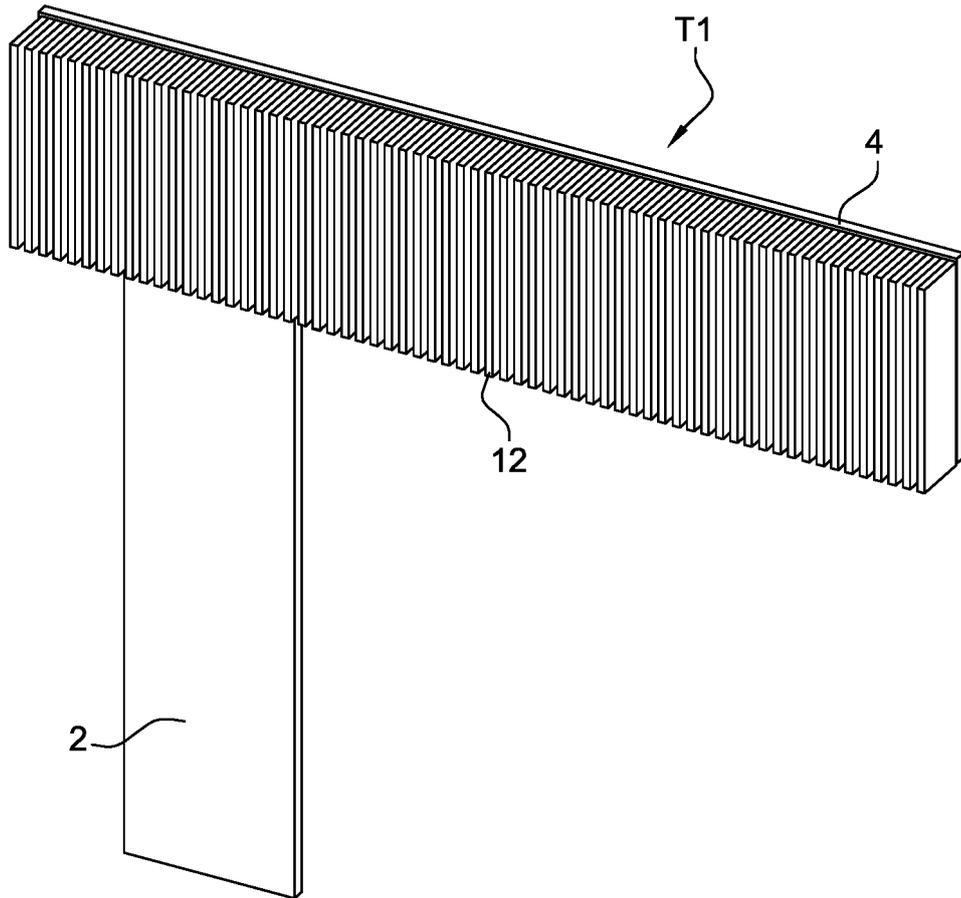
## Revendications

1. Thermosiphon comportant un empilement de plaques solidarisées les unes aux autres de sorte à délimiter un circuit fluide, ledit circuit fluide comportant au moins deux canaux remplis partiellement d'un fluide, ledit empilement comprenant :

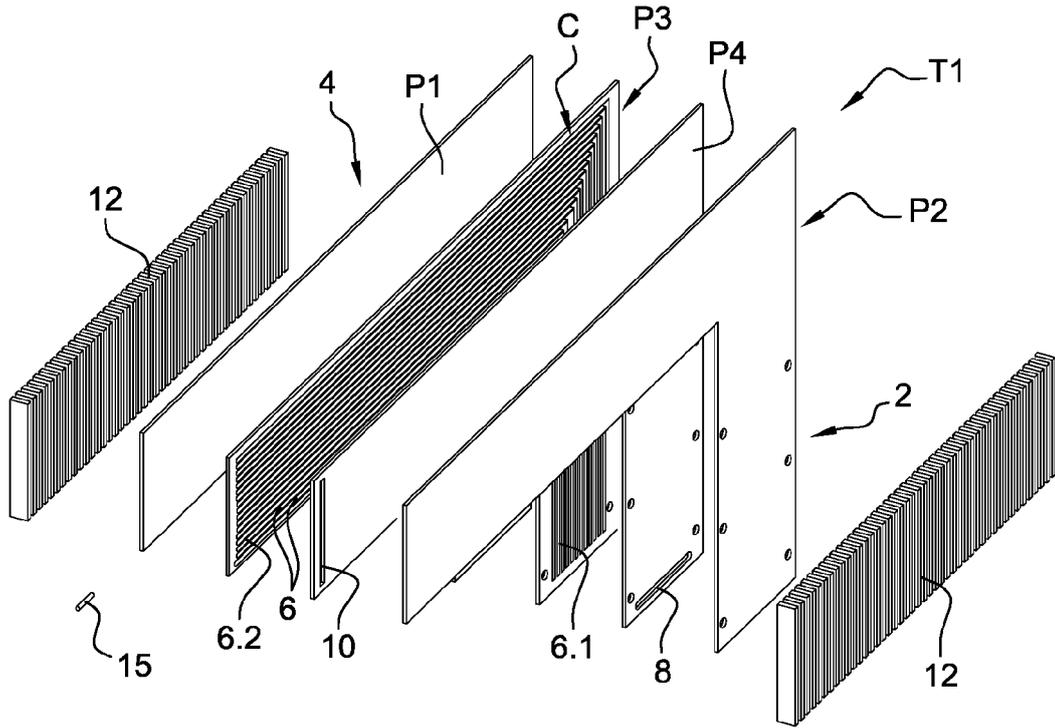
- deux plaques d'extrémité (P1, P2),
- au moins une première plaque intermédiaire (P3) disposée entre les deux plaques d'extrémi-

- té (P1, P2), ladite première plaque intermédiaire (P3) comportant au moins deux rainures (6) traversant de part en part la première plaque intermédiaire (P3) sur toute son épaisseur, chaque rainure (6) comportant une première extrémité (6.1) et une deuxième extrémité (6.2), lesdites premières extrémités (6.1) étant situées dans une zone dite « zone évaporateur » (2) et lesdites deuxièmes extrémités (6.2) étant situées dans une zone dite « zone condenseur » (4), la zone évaporateur (2) étant distincte de la zone condenseur (4),
- au moins un premier collecteur au niveau de la zone évaporateur (2) et mettant en communication fluïdique au moins deux rainures (6) uniquement au niveau des premières extrémités (6.1),
  - au moins un deuxième collecteur au niveau de la zone condenseur (4) et mettant en communication fluïdique au moins deux rainures (6) uniquement au niveau des deuxièmes extrémités (6.2),
  - lesdits premier et deuxième collecteurs étant tels qu'ils connectent les rainures (6) en parallèle,
  - au moins une deuxième plaque intermédiaire (P4) en contact direct avec la première plaque intermédiaire (P3) et comportant au moins l'un des premier et deuxième collecteurs, lesdits premier et deuxième collecteurs étant avantageusement formés par des rainures.
2. Thermosiphon selon la revendication 1, dans lequel le ou les canaux sont délimités par quatre plans, la section d'un canal ou des canaux comportant avantageusement au moins deux sommets (A) dont l'angle est compris entre 70° et 85°.
3. Thermosiphon selon l'une des revendications 1 ou 2, comportant au moins une autre première plaque intermédiaire munie de rainures et comportant avantageusement au moins une autre deuxième plaque intermédiaire munie de découpes de sorte à connecter tout ou partie des rainures entre elles.
4. Thermosiphon selon l'une des revendications 1, 2 ou 3, comportant au moins un échangeur thermique au niveau de la zone évaporateur et/ou la zone condenseur, ledit échangeur thermique étant avantageusement soit un échangeur thermique comportant un circuit fluïdique formé dans la plaque intermédiaire, et dans lequel circule un fluïde liquide ou diphasique, soit un radiateur rapporté sur l'une au moins des plaques d'extrémité ou formé directement dans au moins l'une des plaques d'extrémité.
5. Caloduc pulsé comportant un empilement de plaques solidarïsées les unes aux autres de sorte à dé-
- limiter un circuit fluïdique comportant au moins un canal, et rempli d'un fluïde, ledit circuit fluïdique comporte au moins une zone dite zone évaporateur et au moins une zone dite zone condenseur, ledit empilement comprenant :
- deux plaques d'extrémité (P101, P102),
  - au moins une première plaque intermédiaire (P103) disposée entre les deux plaques d'extrémité (P101, P102), ladite première plaque d'extrémité (P103) comportant une pluralité de rainures (106) traversant de part en part la première plaque intermédiaire (P103) sur toute son épaisseur, chaque rainure (106) comportant une première extrémité (106.1) et une deuxième extrémité (106.2),
  - au moins un premier connecteur au niveau desdites premières extrémités (106.1) et mettant en communication fluïdique les rainures (106) deux à deux uniquement au niveau des premières extrémités (106.1),
  - au moins un deuxième connecteur au niveau des deuxième extrémités (106.2) et mettant en communication fluïdique les rainures (106) deux à deux uniquement au niveau des deuxièmes extrémités (106.2),
  - lesdits premier et deuxième connecteurs étant tels qu'ils connectent les rainures (106) en série,
  - au moins une deuxième plaque intermédiaire (P104) en contact direct avec la première plaque intermédiaire et comportant au moins l'un des premier et deuxième connecteurs, lesdits premier et deuxième connecteurs étant avantageusement formés par des rainures.
6. Caloduc pulsé selon la revendication 5, dans lequel le ou les canaux sont délimités par quatre plans, la section d'un canal ou des canaux comportant avantageusement au moins deux sommets (A) dont l'angle est compris entre 70° et 85°.
7. Caloduc pulsé selon la revendication 5 ou 6, comportant au moins une autre première plaque intermédiaire munie de rainures et, comportant avantageusement au moins une autre deuxième plaque intermédiaire munie de découpes de sorte à connecter tout ou partie des rainures entre elles.
8. Caloduc pulsé selon l'une des revendications 5, 6 et 7, comportant au moins un échangeur thermique au niveau de la zone évaporateur et/ou la zone condenseur, ledit échangeur thermique étant soit un échangeur thermique comportant un circuit fluïdique formé dans la plaque intermédiaire, et dans lequel circule un fluïde liquide ou diphasique, soit un radiateur rapporté sur l'une au moins des plaques d'extrémité ou formé directement dans au moins l'une des plaques d'extrémité.

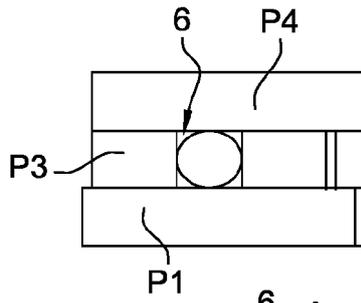
9. Caloduc pulsé selon l'une des revendications 5 à 8, comportant au moins deux rainures de largeur différente connectées directement.
10. Caloduc pulsé selon l'une des revendications 5 à 8, dans lequel les rainures forment avec les connecteurs un canal formant une boucle fermée, le caloduc étant avantageusement conformé pour présenter une forme de serpentín ou être enroulé sur lui-même comportant des portions droites connectées (D1, D8) par des coudes (CD1, CD7), les premières extrémités des rainures étant situées à une extrémité libre du caloduc et les deuxièmes extrémités des rainures des rainures étant situées à une autre extrémité libre.
11. Caloduc pulsé selon l'une des revendications 5 à 9, dans lequel le caloduc est conformé pour présenter une forme de serpentín ou être enroulé sur lui-même comportant des portions droites connectées (D1, D8) par des coudes (CD1, CD7), les premières extrémités des rainures étant situées à une extrémité libre du caloduc et les deuxièmes extrémités des rainures des rainures étant situées à une autre extrémité libre, et dans lequel le caloduc comporte une seule plaque intermédiaire dans laquelle sont formées le connecteur et les rainures.
12. Système d'extraction de chaleur comportant un caloduc pulsé selon la revendication 10 ou 11, dans lequel le caloduc pulsé comporte deux bords latéraux (B1, B2) formés de l'empilement des plaques d'extrémité (P202) et au moins la première plaque intermédiaire (P203) et au moins la deuxième plaque intermédiaire (P204), et comportant une plaque de conduction thermique (36) en contact thermique et mécanique par une face avec une partie seulement de l'un (B1) des bords latéraux, l'autre face étant configurée pour recevoir un dispositif dont on souhaite extraire de la chaleur, la plaque de conduction thermique (36) étant avantageusement en contact avec toutes les portions droites (D1, D8).
13. Procédé de fabrication d'un caloduc pulsé selon la revendication 11, comportant :
- a) la fourniture d'au moins trois plaques,
  - b) structuration d'une plaque de sorte à former des rainures parallèles traversant toute l'épaisseur de la plaque,
  - c) empilage des plaques de sorte que la plaque structurée soit en contact et disposées entre les deux autres plaques,
  - d) assemblage des plaques,
  - e) remplissage partiel des rainures avec un fluide.
14. Procédé de fabrication d'un thermosiphon ou d'un
- caloduc pulsé selon l'une des revendications 1 à 12, comportant :
- a') la fourniture d'au moins quatre plaques,
  - b') structuration d'une plaque de sorte à former des rainures parallèles traversant toute l'épaisseur de la plaque,
  - c') structuration d'une deuxième plaque de sorte à former au moins une découpe,
  - d') empilage des plaques de sorte que la première plaque et la deuxième plaque soient en contact et disposées entre les deux autres plaques,
  - e') assemblage des plaques,
  - f') remplissage partiel des rainures avec un fluide.
15. Procédé de fabrication selon la revendication 13 ou 14, dans lequel les étapes b) ou les étapes b') et c') est ou sont réalisée(s) par poinçonnage et/ou, dans lequel l'étape d) ou e') est réalisée par soudage, brasage, collage.
16. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 13 à 15, dans lequel au moins une partie des plaques est en un premier alliage d'aluminium est revêtue d'un deuxième alliage aluminium ayant un point de fusion inférieur à celui du premier alliage d'aluminium, et dans lequel l'assemblage est réalisé par brasage eutectique.



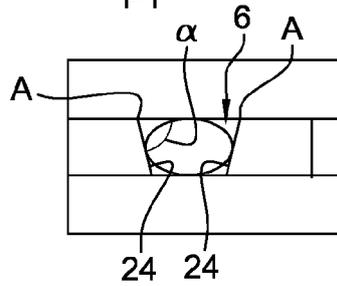
**Fig. 1**



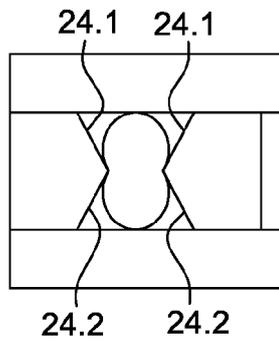
**Fig. 2**



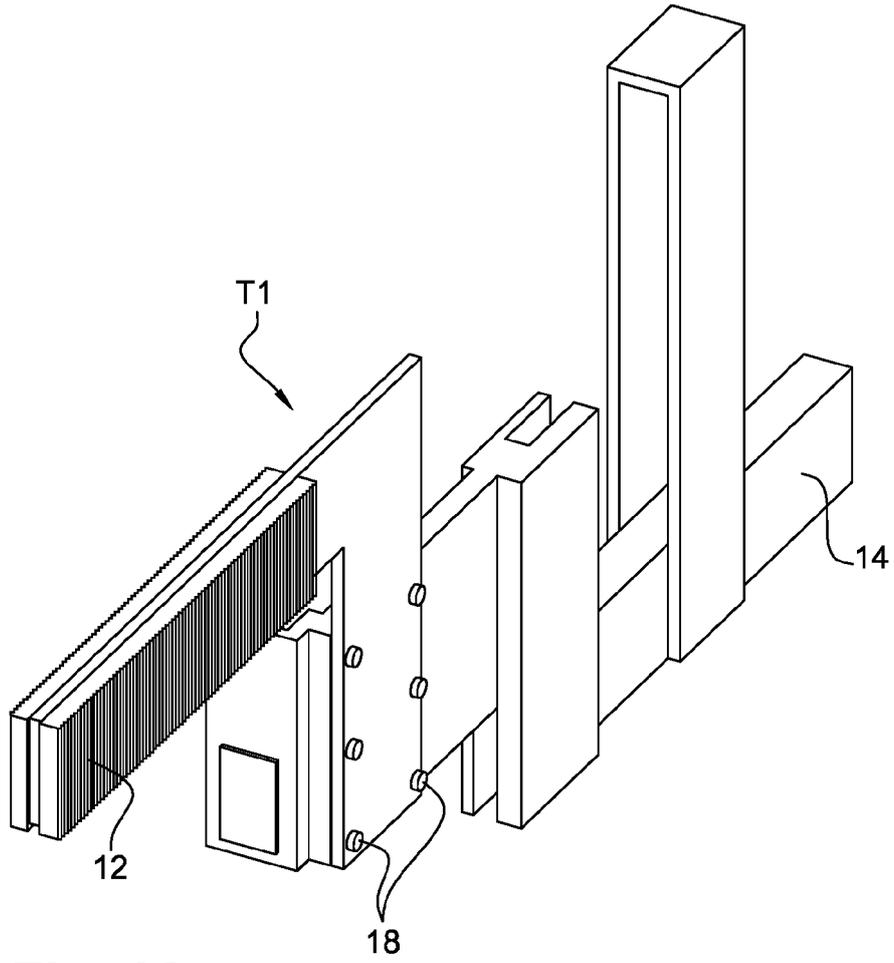
**Fig. 3A**



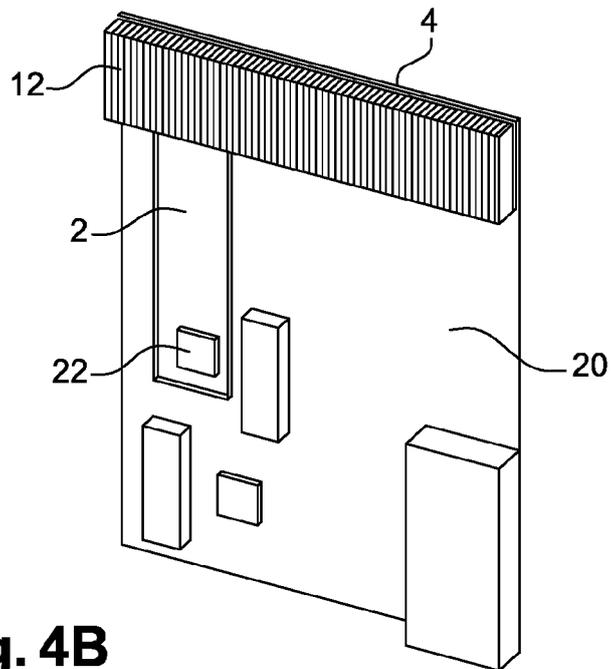
**Fig. 3B**



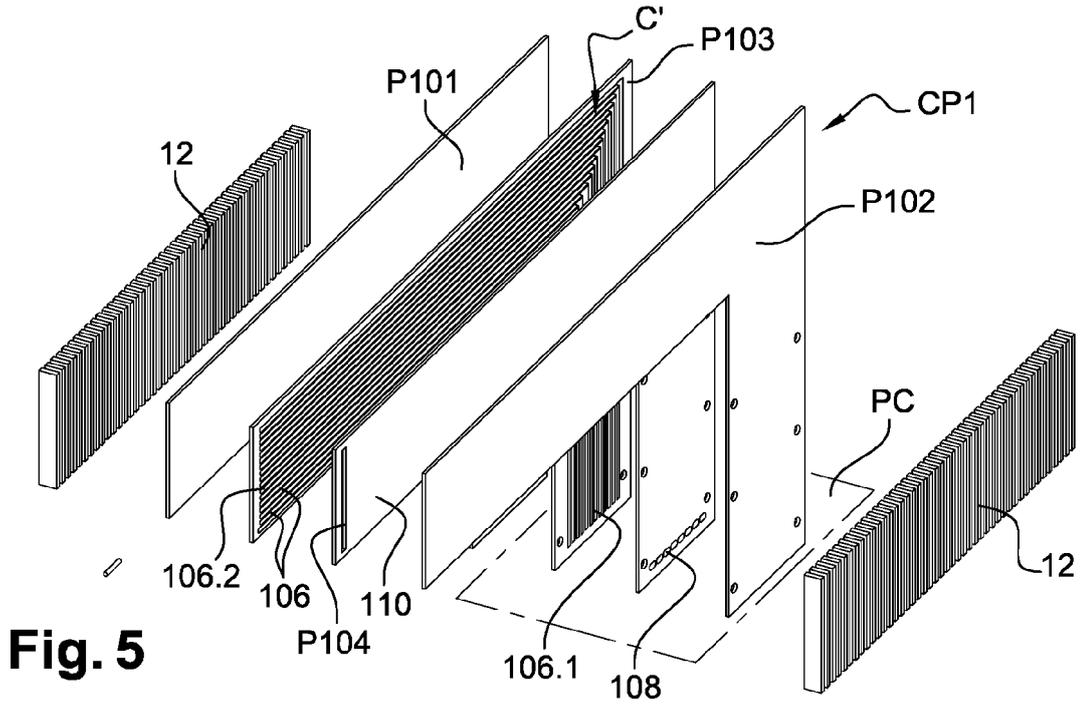
**Fig. 3C**



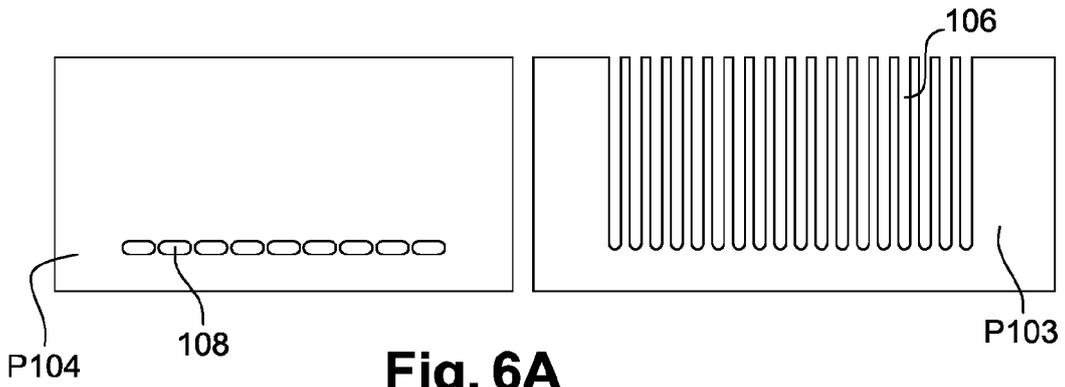
**Fig. 4A**



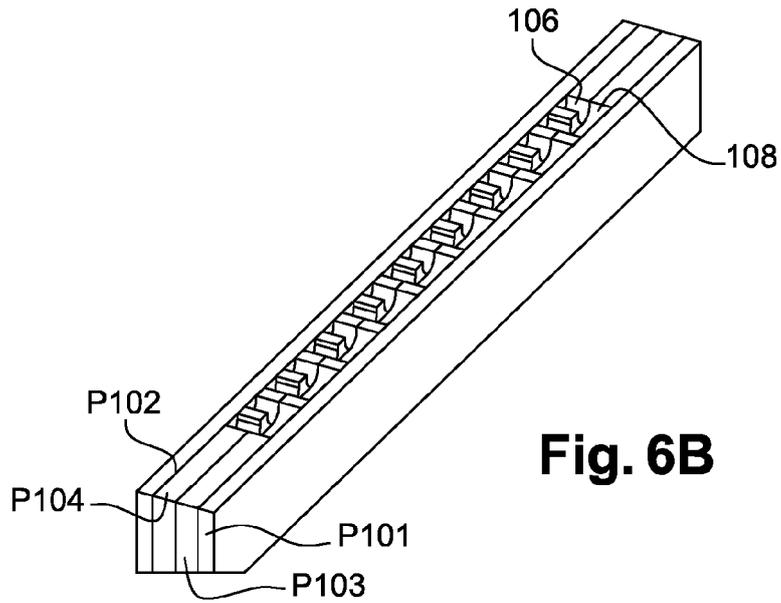
**Fig. 4B**



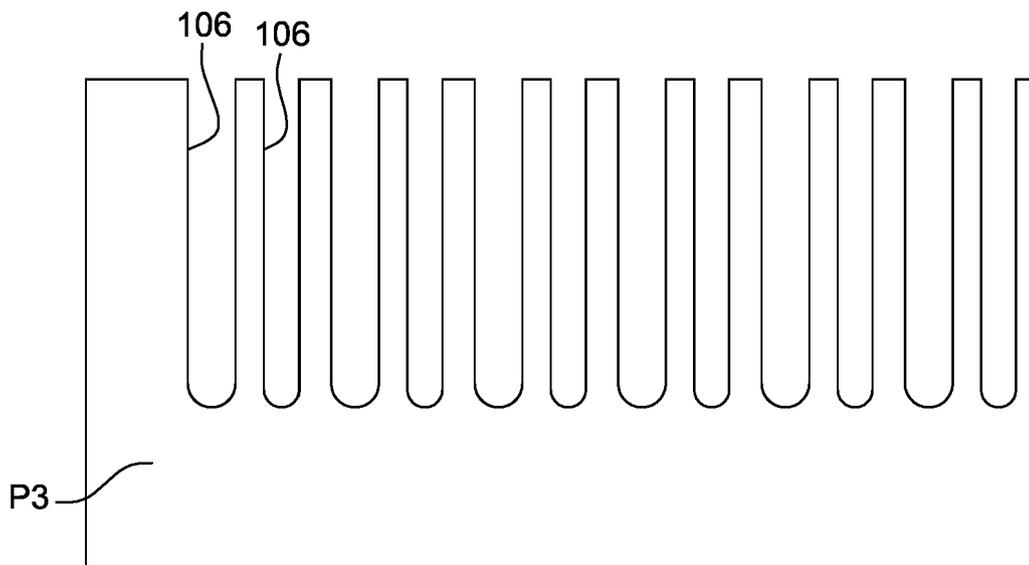
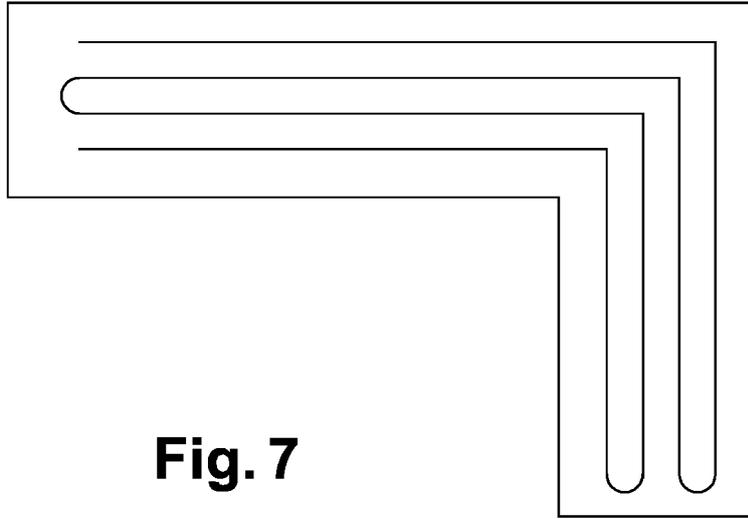
**Fig. 5**



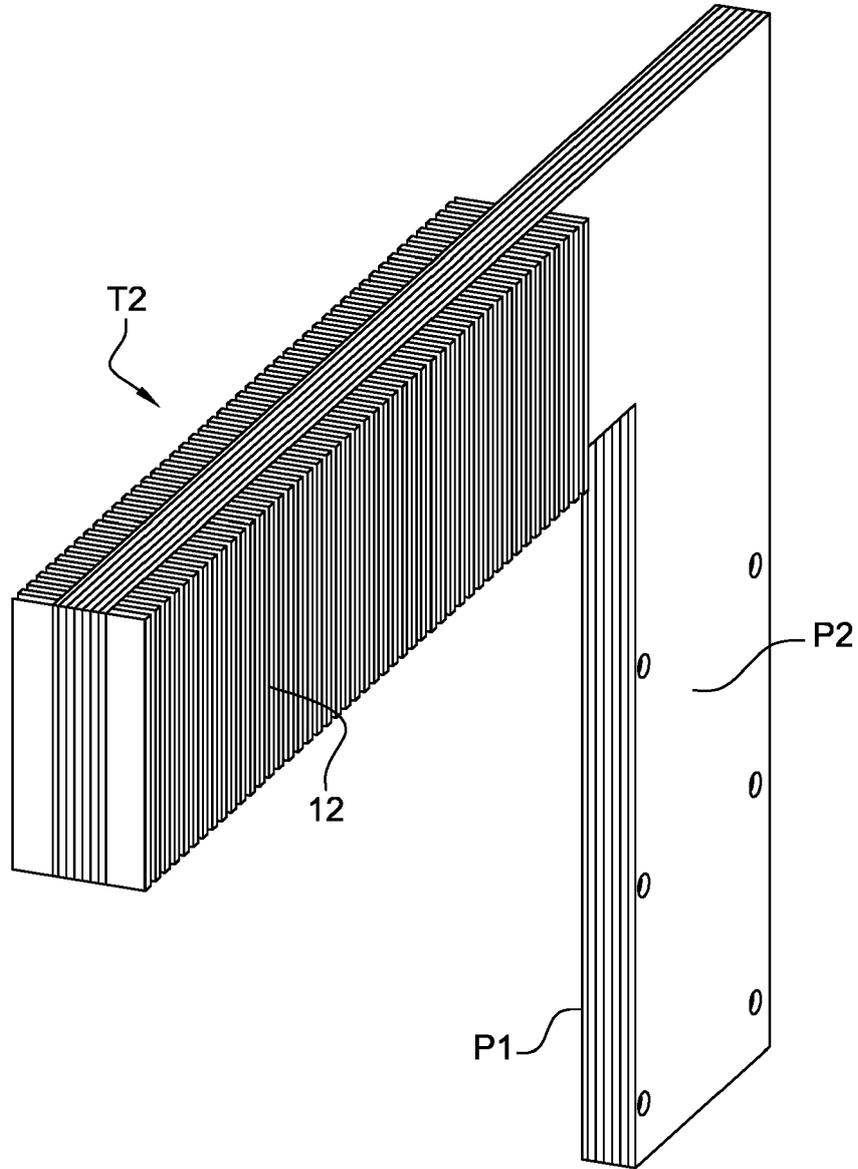
**Fig. 6A**



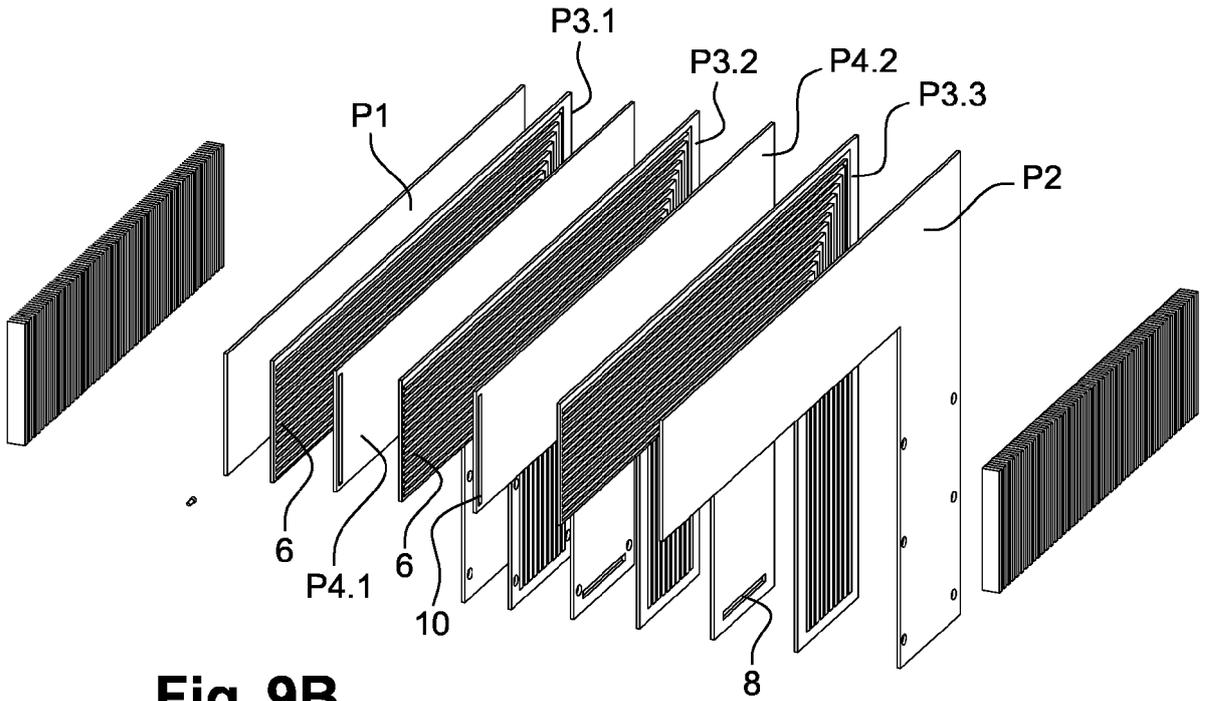
**Fig. 6B**



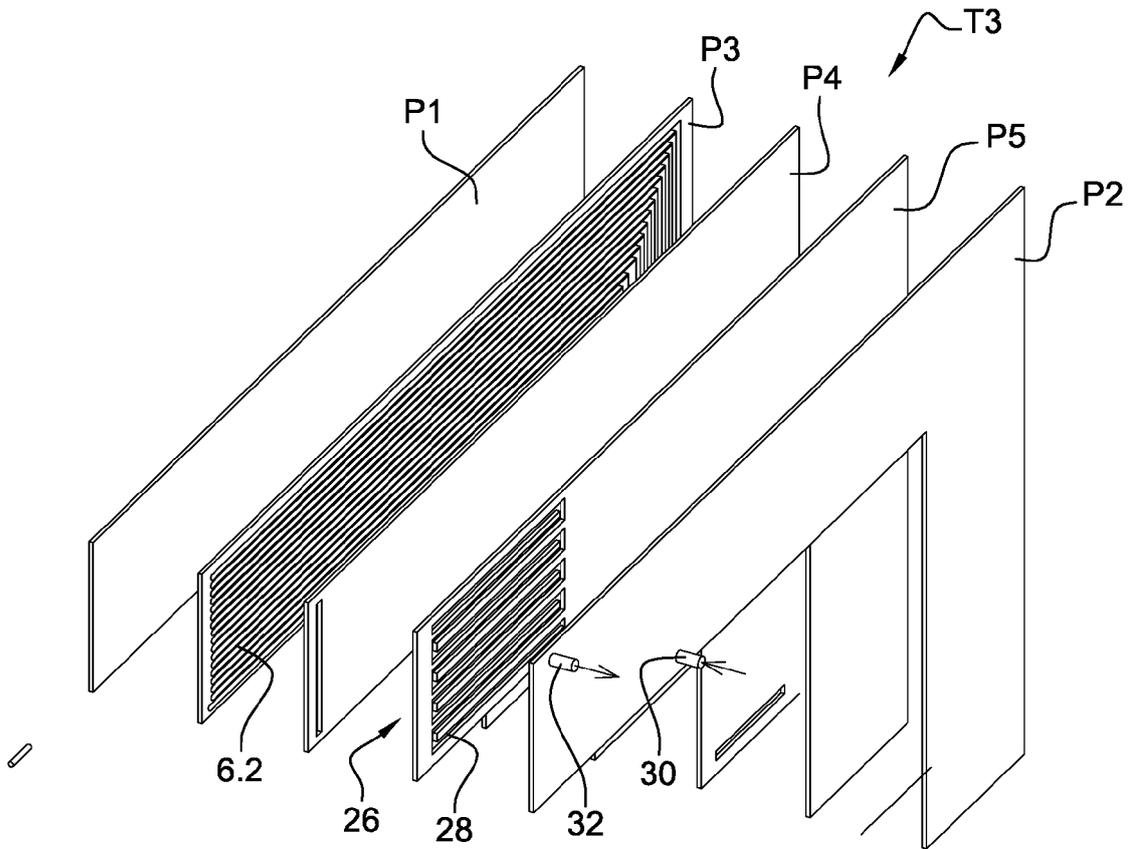
**Fig. 8**



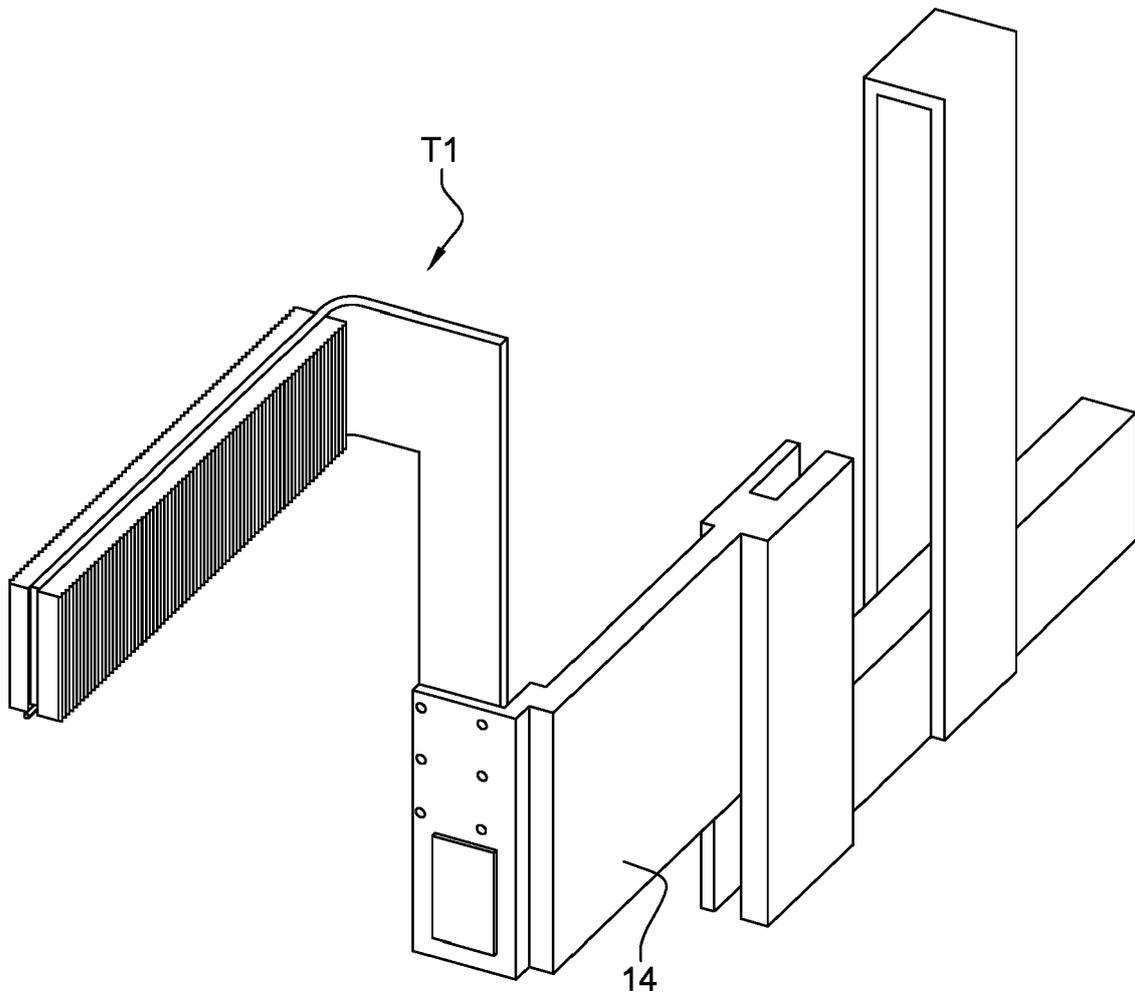
**Fig. 9A**



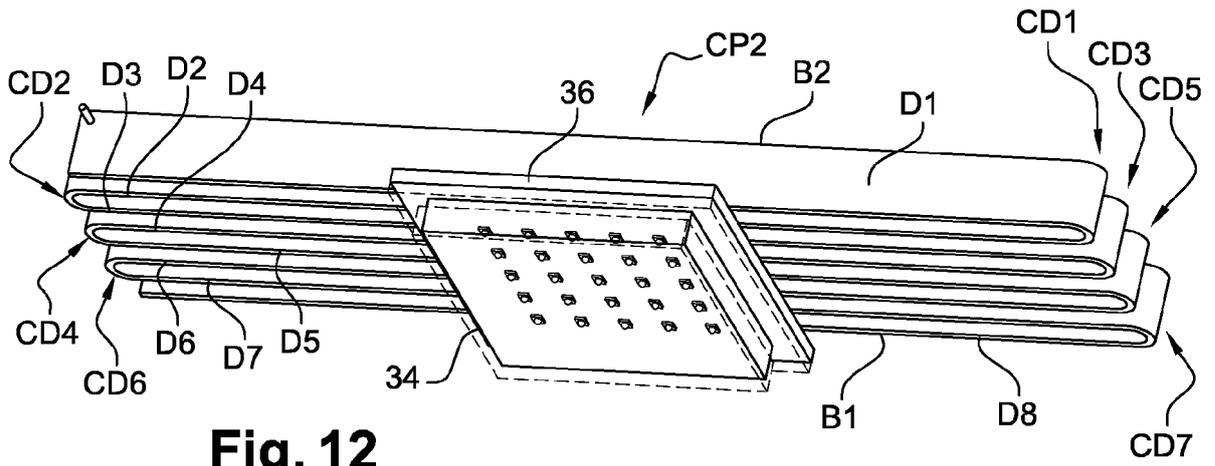
**Fig. 9B**



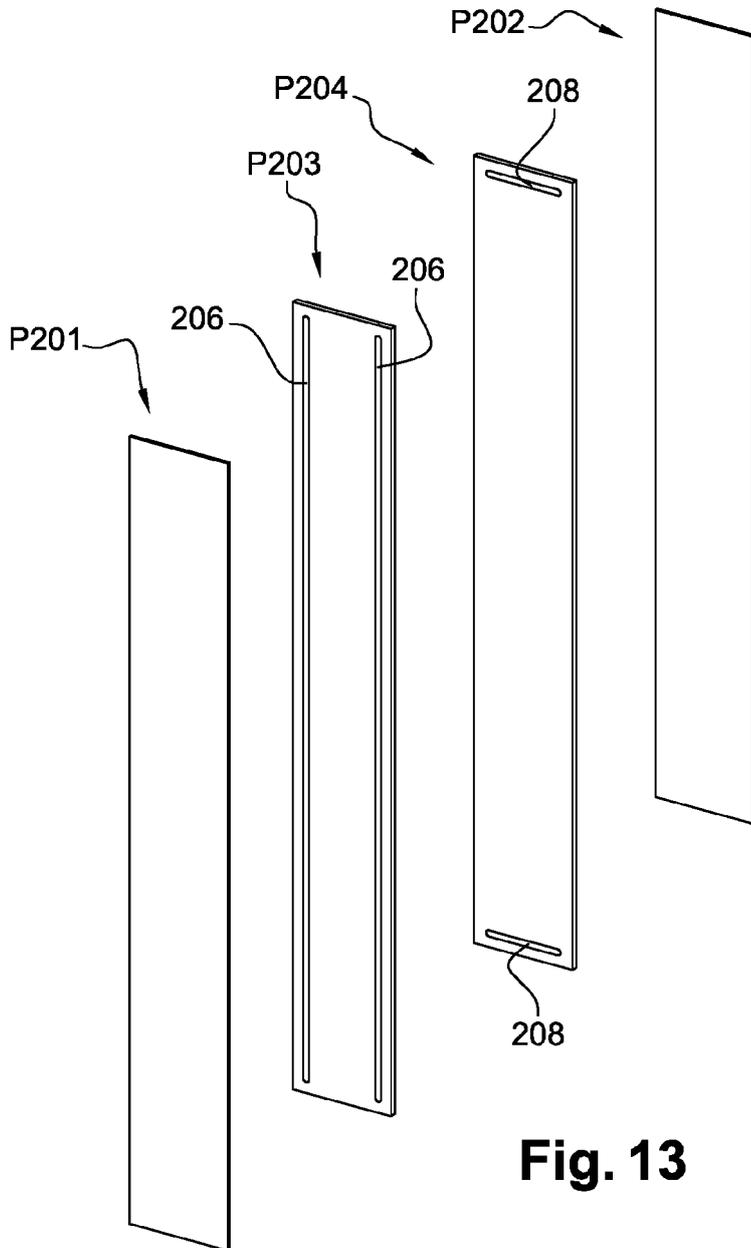
**Fig. 10**



**Fig. 11**



**Fig. 12**



**Fig. 13**



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 19 16 8580

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2010/108296 A1 (MOON SEOK HWAN [KR] ET AL) 6 mai 2010 (2010-05-06)	1,3,4,13-16	INV. F28D15/02
Y	* figure 4 *	5,7-12	
X	US 2007/144574 A1 (YADA NAOYUKI [JP]) 28 juin 2007 (2007-06-28)	13	
Y	* alinéa [0042]; figures 2a,2b *	5,7-12	
X	US 7 051 793 B1 (SCHULZ-HARDER JURGEN [DE]) 30 mai 2006 (2006-05-30)	1	
A	CN 101 487 584 A (UNIV SOUTH CHINA TECH [CN]) 22 juillet 2009 (2009-07-22)	1-16	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) F28D
A	US 2013/126125 A1 (WANG CHENG-TU [TW] ET AL) 23 mai 2013 (2013-05-23)	1-16	
	* le document en entier *		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>Munich</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>21 mai 2019</b>	Examineur <b>Bain, David</b>
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.02 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 19 16 8580

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

21-05-2019

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2010108296 A1	06-05-2010	KR 20100050238 A US 2010108296 A1	13-05-2010 06-05-2010
US 2007144574 A1	28-06-2007	JP W02006038508 A1 US 2007144574 A1 WO 2006038508 A1	15-05-2008 28-06-2007 13-04-2006
US 7051793 B1	30-05-2006	AUCUN	
CN 101487584 A	22-07-2009	AUCUN	
US 2013126125 A1	23-05-2013	AUCUN	

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**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**

- US 8919426 B [0006]