

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2019/115963 A1

(43) Date de la publication internationale
20 juin 2019 (20.06.2019)

(51) Classification internationale des brevets :
H05K 7/20 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2018/053276

(22) Date de dépôt international :
13 décembre 2018 (13.12.2018)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1762254 15 décembre 2017 (15.12.2017) FR

(71) Déposant : **BULL SAS** [FR/FR] ; Rue Jean Jaurès, 78340
LES CLAYES SOUS BOIS (FR).

(72) Inventeur : **RAETH, Marc** ; 43, rue des bas fonceaux,
78910 Tacoignieres (FR).

(74) Mandataire : **NOVAGRAAF TECHNOLOGIES** ; 2
rue Sarah Bernhardt CS90017, 92665 ASNIÈRES-SUR-
SEINE CEDEX (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM),

(54) Title: LIQUID COOLING SYSTEM FOR AN ELECTRONIC CARD CONSISTING OF A COLD PLATE AND HEAT SINKS CONNECTED TO SAID COLD PLATE BY FLEXIBLE CONNECTIONS

(54) Titre : SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT LIQUIDE POUR CARTE ÉLECTRONIQUE CONSTITUÉE D'UNE PLAQUE FROIDE ET DE DISSIPATEURS THERMIQUES RELIÉS EN LIAISONS SOUPLES AVEC LADITE PLAQUE FROIDE

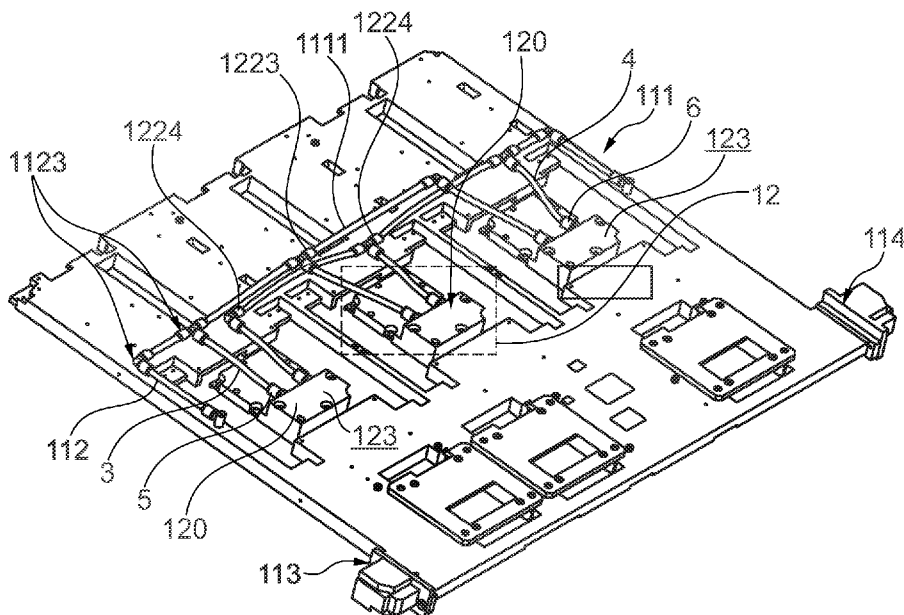


Fig. 4

(57) Abstract: The present invention relates to a liquid cooling system (1) for an electronic card (3) consisting of a cold plate (11) and heat sinks (12) connected to said cold plate (11) by flexible connections.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un système de refroidissement liquide (1) pour carte électronique (3) constituée d'une plaque froide (11) et de dissipateurs thermiques (12) reliés en liaisons souples avec ladite plaque froide (11).



WO 2019/115963 A1

européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))

**SYSTEME DE REFROIDISSEMENT LIQUIDE POUR CARTE ELECTRONIQUE
CONSTITUEE D'UNE PLAQUE FROIDE ET DE DISSIPATEURS THERMIQUES
RELIES EN LIAISONS SOUPLES AVEC LADITE PLAQUE FROIDE**

5 La présente invention concerne un système de refroidissement liquide d'une carte électronique comprenant au moins un processeur de calcul.

Les lames de calcul pour serveur comportent généralement des cartes électroniques qui dégagent de la chaleur et doivent
10 donc être refroidies. Initialement, ces cartes électroniques étaient refroidies par de l'air. Toutefois, dans le cas de serveurs montables sur bâti, la circulation d'air n'est pas suffisante pour refroidir les cartes électroniques.

Pour résoudre ce problème, des systèmes de refroidissement
15 fluidiques ont été développés.

Parmi les solutions connues de refroidissement de cartes électroniques, la société IBM a mis au point un système de refroidissement mixte 1' de cartes électroniques 2 double processeurs pour supercalculateur, qui est représenté sur la
20 figure 1. Un tel système comporte des tuyaux en cuivre 11' contenant un liquide caloporteur formant une boucle liquide. Toutefois, la rigidité des tuyaux en cuivre 11' ne permet pas le démontage rapide d'un unique processeur. En outre, la boucle liquide assure le refroidissement des processeurs uniquement. Le
25 reste de la puissance dissipée est refroidie par convection dans l'air, ce qui n'est pas optimal pour l'efficacité énergétique (PUE, acronyme désignant en anglais « *Power Usage Effectiveness* ») du supercalculateur.

D'autres fabricants de cartes électroniques proposent des
30 systèmes de refroidissement liquides dédiés uniquement aux processeurs. Ces derniers intègrent un dissipateur thermique, une pompe intégrée et un échangeur pour extraire les calories. Bien entendu, de tels dispositifs ne sont pas compatibles à des

5 systèmes de plus grande échelle comme les supercalculateurs pour raison d'encombrement.

Le demandeur a mis au point, par ailleurs, un système de refroidissement 1 mixte (illustré sur la figure 3) dans lequel les cartes électroniques 2 sont refroidies par l'intermédiaire d'une plaque froide 11 en aluminium dans laquelle circule un liquide caloporteur, la plaque froide 11 étant interfacée avec tous les composants électroniques bas et moyens à refroidir, c'est-à-dire l'ensemble des composants d'une carte électronique 3 à l'exclusion des composants électroniques hauts (typiquement les processeurs et les barrettes mémoires). Les processeurs 23 (non visibles sur la figure 3) sont les composants les plus contraignants à refroidir (car ils doivent rester accessibles) et aussi les plus dissipatifs. Ils ne peuvent pas être interfacés avec la plaque froide 11 directement. Afin d'assurer le contact thermique avec les processeurs 23, chacun d'eux est interfacé avec un dissipateur thermique intermédiaire 16 à caloducs 160 (illustré sur la figure 2). Il s'agit d'un dissipateur thermique 16 diphasique à changement de phase (généralement désigné en anglais par les termes « *Heat Spreader CPU* »), qui conduit la chaleur des processeurs 23 vers la plaque froide 11. La partie des caloducs 160 en contact avec la dalle en cuivre qui interface le processeur 23 constitue l'évaporateur 162, tandis que celle en contact avec l'interface avec la plaque froide 11 constitue le condenseur 163. Cette solution est décrite de manière plus détaillée dans les demandes de brevet européen EP 2770809 et EP 2770810 appartenant au Demandeur.

Cette solution de refroidissement des processeurs à l'aide de caloducs présente également des inconvénients, et en particulier :

- des limites thermiques spécifiques aux caloducs : l'écoulement à l'intérieur d'un caloduc est diphasique et est régi par cinq limites en termes d'écoulement, de viscosité, d'ébullition, d'entraînement, de capillarité)

qui dépendent des dimensions des caloducs et de la puissance à évacuer.

- des limites mécaniques : l'augmentation du nombre de caloducs entraîne une augmentation de la rigidité de l'ensemble. Or, afin de compenser les écarts de tolérances il est indispensable que le dissipateur se déforme suffisamment.
- un nombre élevé d'interfaces thermiques amovibles : des contacts thermiques doivent être assurés entre la plaque froide et le dissipateur thermique d'une part, et entre le dissipateur thermique et le processeur. Ces contacts thermiques sont dans la solution actuelle mise en place par le demandeur garantis par l'utilisation de graisse conductrice, présentant l'inconvénient de générer un gradient de température élevé.
- la complexité et le coût de la solution globale : les surfaces d'échanges solide/fluide sont actuellement au niveau de la plaque froide. La complexité de celle-ci au niveau des dissipateurs thermiques augmente considérablement les usinages dans la plaque froide et ainsi le coût de fabrication.

Pour résoudre les défauts et inconvénients susmentionnés, le déposant a donc mis au point un système de refroidissement pour une carte électronique qui est entièrement liquide, comprenant une plaque froide alimentée en fluide caloporteur via un chemin d'eau interne à la plaque froide, et une pluralité de dissipateurs thermiques reliés en liaisons souples avec le chemin d'eau interne à la plaque froide. Ces liaisons souples forment un réseau flexible couplé au réseau de canaux rigides de la plaque froide alimenté en fluide caloporteur (typiquement de l'eau glycolée), permettant ainsi l'alimentation en fluide caloporteur des dissipateurs thermiques. Ce réseau devra être couplé au système de plaque froide permettant le refroidissement du reste de la carte électronique.

Pour optimiser au maximum le refroidissement du processeur, le liquide caloporteur doit être amené au plus proche de la source de chaleur. A cette fin, le Demandeur a mis spécifiquement au point un dissipateur thermique monophasique comportant un bloc de refroidissement en matériau thermoconducteur pouvant être alimenté en fluide caloporteur. La source de chaleur que constitue le processeur sera donc directement interfacée avec ce bloc de *refroidissement* (également désigné dans les exemples par le terme en anglais « *waterblock* ») alimenté en fluide caloporteur prélevé de la plaque froide. Un tel système de refroidissement intégré répond aux contraintes d'efficacité thermiques, de compacité mécanique et de maintenabilité nécessaire pour ce type de matériel informatique haute performance.

Plus particulièrement, la présente invention a donc pour objet un système de refroidissement liquide d'une carte électronique comprenant un support, une pluralité de composants électroniques fixés sur ledit support se décomposant en composants électroniques bas et moyens et en composants électroniques hauts (de préférence des processeurs), ledit système comprenant :

- une plaque froide présentant des dimensions extérieures sensiblement égales à celles dudit support de la carte électronique de sorte qu'elle recouvre l'intégralité du support et lesdits composants électroniques bas et moyens, ladite plaque froide étant une plaque réalisée en un matériau thermique conducteur et comprenant un circuit primaire de refroidissement avec des canaux principaux (de préférence rigides) à l'intérieur desquels circule un fluide caloporteur, l'alimentation en fluide caloporteur dans ladite plaque froide étant réalisée via un connecteur d'entrée et la sortie dudit fluide

caloporteur hors de la plaque froide se faisant via un connecteur de sortie,

- une pluralité de dissipateurs thermiques comprenant chacun une zone d'échange thermique principale apte à venir en appui contre un composant électronique haut,

ledit système de refroidissement liquide étant caractérisé en ce qu'il comporte en outre un circuit secondaire de canaux secondaires flexibles connectés aux canaux principaux du circuit primaire par des connecteurs coudés fixés dans ladite plaque froide (par exemple par vissage dans la plaque froide), et

en ce que lesdits dissipateurs thermiques (12) sont des dissipateurs thermiques monophasiques qui comprennent chacun :

- un bloc de refroidissement en matériau thermoconducteur (typiquement en aluminium ou alliage d'aluminium) comprenant une partie inférieure constituant la zone d'échange thermique principale, une partie intermédiaire dite de répartition et une partie supérieure connectée à la plaque froide,

- un canal d'entrée et un canal de sortie qui sont connectés d'une part à la partie supérieure dudit bloc de refroidissement par l'intermédiaire respectivement d'un connecteur d'entrée et d'un connecteur de sortie, et d'autre part à un canal secondaire flexible du circuit secondaire via un connecteur coudé, de sorte que ledit bloc de refroidissement est alimenté par ledit fluide caloporteur circulant dans ladite plaque froide, lesdits connecteurs coudés étant aptes à permettre la rotation desdits canaux d'entrée et de sortie par rapport audit canal secondaire flexible auquel ils sont connectés, et

en ce que ledit bloc de refroidissement comprend en outre:

- une fente traversante située dans la partie intermédiaire pour répartir de manière homogène

l'écoulement dudit fluide caloporteur en provenance de la partie supérieure sous forme de jet centré vers

- une plaque support située dans la zone d'échange thermique principale et comportant une partie centrale creuse avec une zone munie d'ailettes ou de picots pour générer de la turbulence dans le régime d'écoulement dudit fluide caloporteur et une zone périphérique à ladite zone munie d'ailettes ou de picots pour recueillir le fluide caloporteur et le diriger vers ledit connecteur de sortie.

Le système de refroidissement selon l'invention permet ainsi de garantir le refroidissement de tous les composants de la carte électronique, et ce par voie liquide quelle que soit la nature des composants électroniques : les composants bas et moyens par la plaque froide et les composants dits hauts tels que les processeurs et les barrettes mémoires par les dissipateurs thermiques monophasiques à bloc de refroidissement.

Par composants électroniques bas et moyens, on entend, au sens de la présente invention, tout composant de la carte électronique présentant une hauteur inférieure à une hauteur seuil, au-dessous de laquelle il peut être refroidi par le circuit de refroidissement la plaque froide. Pour ce qui concerne les composants électroniques bas et moyens, il s'agit en général d'alimentation ou de régulateur de tension.

Par composants électroniques hauts, on entend, au sens de la présente invention, tout composant de la carte électronique qui n'est pas refroidi par le circuit de refroidissement la plaque froide car ils doivent rester accessibles sans démontage de la plaque froide. Il s'agit de composants électroniques nécessitant une maintenance rapide comme les processeurs ou les barrettes mémoires.

Le système de refroidissement selon l'invention, en raison de sa structure avec blocs de refroidissement reliés en liaisons souples avec le circuit de refroidissement de la plaque froide,

permet une grande flexibilité pour le démontage des processeurs et garantit une fiabilité des connexions après un grand nombre de cycles d'opération de démontage. Une étanchéité à 10 bars est garantie par le système de refroidissement selon l'invention, y compris après plusieurs opération de démontage.

Le système de refroidissement selon l'invention, en raison de sa structure avec blocs de refroidissement reliés en liaisons souples avec le circuit de refroidissement de la plaque froide, permet l'implantation d'une pluralité de dissipateurs de chaleur en série ou en parallèle, par exemple au nombre de six.

Le dissipateur thermique du système de refroidissement selon l'invention doit d'ailleurs lui-même respecter une contrainte d'encombrement défini par la taille des processeurs et par la place disponible sur les plaques froides pour répartir judicieusement le fluide de refroidissement.

Le dissipateur thermique du système de refroidissement selon l'invention permet en outre de répondre à des contraintes de fabrication en grande série, en raison de sa simplicité de fabrication et d'assemblage par liaisons souples avec la plaque froide.

La partie intermédiaire du bloc de refroidissement comporte une fente. Dans cette configuration, le fluide caloporteur, lorsqu'il arrive dans le bloc de refroidissement, traverse une fine fente très fine ou lame, qui permet sa répartition équitable dans la surface d'échange au travers des ailettes. La forme de ce répartiteur et sa distance par rapport aux ailettes sont étudiés de manière à obtenir un nombre de Reynolds le plus grand possible dans l'encombrement disponible.

De préférence, on choisira d'orienter la fente de la partie intermédiaire du bloc de refroidissement perpendiculairement à la direction des ailettes, de manière à maximiser le coefficient d'échange entre le fluide et la surface solide des ailettes.

Selon un mode de réalisation avantageux du bloc de refroidissement, la partie intermédiaire du bloc de

refroidissement peut être constituée d'une plaque de répartition dans laquelle est pratiquée la fente traversante.

Dans un tel mode de réalisation, la plaque de répartition peut se présenter sous la forme sensiblement d'un parallélépipède rectangle dont l'un des côtés est muni d'une marche s'emboîtant dans la partie de la zone périphérique de la zone d'échange thermique principale est située sous le connecteur d'entrée sans recouvrir la partie de la zone périphérique sous ledit connecteur de sortie.

Selon un mode de réalisation avantageux du bloc de refroidissement, on utilisera pour la plaque support du bloc de refroidissement des ailettes, et de préférence des ailettes droites. Dans ce cas, les ailettes droites peuvent présenter une épaisseur de 0,2 mm et être espacées les unes des autres d'une distance de 0,4 mm. L'écart entre 2 ailettes est de préférence de 0,2 mm également.

L'utilisation d'ailettes permet d'une part d'augmenter la surface d'échange, et d'autre part d'augmenter la turbulence de l'écoulement pour améliorer le coefficient d'échange thermique.

Les ailettes droites permettent de créer un écoulement par jet (connu sous la dénomination en anglais « *liquid-jet* ») et d'obtenir des régimes d'écoulements turbulents même avec des vitesses et des pertes de pression très faibles.

Le système de refroidissement liquide selon l'invention permet donc de combiner une surface d'échange élevée et un coefficient convectif optimisé au centre du processeur grâce à son écoulement par jet centré. Il permet en outre d'obtenir une réduction du diamètre hydraulique et des sections de passage, ce qui offre une plus grande vitesse au fluide et ainsi les échanges convectifs sont améliorés. Ce type d'écoulement permet aussi de centrer le pic du transfert de chaleur convectif contrairement aux écoulements longitudinaux, qui n'optimisent pas l'échange au plus proche du processeur.

D'autres avantages et particularités de la présente invention résulteront des exemples ci-après qui va suivre, donnés à titre d'exemple non limitatif et en référence aux figures annexées :

- 5 - la figure 1 montre un système de refroidissement mixte d'une carte électronique double processeur de l'art antérieur;
- la figure 2 un dissipateur thermique diphasique d'un système de refroidissement de carte électronique connu
10 de l'art antérieur et appartenant au Demandeur,
- la figure 3 montre le système de refroidissement connu de l'art antérieur intégrant le dissipateur thermique illustré sur la figure 2,
- la figure 4 est une représentation schématique du système
15 de refroidissement liquide selon l'invention, montrant la répartition du fluide caloporteur dans les canaux secondaires flexibles au travers des dissipateurs thermiques ;
- la figure 5 est une photographie montrant, dans un
20 système de refroidissement liquide selon l'invention comportant une pluralité de ces blocs de refroidissement, la cinématique de rotation de l'un de ces blocs par rapport à un canal du circuit secondaire de refroidissement
- 25 - la figure 6 est une vue éclatée schématique d'un mode de réalisation d'un dissipateur thermique utilisable dans un système de refroidissement liquide selon l'invention ;
- la figure 7 est une photographie montrant le montage
30 complet du système de refroidissement liquide selon l'invention sur trois cartes électroniques comportant chacune un processeur ;
- La figure 8 montre le résultat d'une simulation numérique de l'évolution de la perte de charge dans le circuit de

refroidissement primaire de la plaque froide, faisant partie d'un système de refroidissement liquide selon l'invention à 3 blocs de refroidissement ;

- 5 - la figure 9 est une représentation schématique du modèle hydraulique simplifié du système de refroidissement liquide selon l'invention correspondant à celui pour lequel la simulation numérique illustrée sur la figure 9 a été réalisée ;
- 10 - La figure 10 montre le résultat d'une simulation numérique de l'évolution du champ de vitesses dans le circuit de refroidissement primaire de la plaque froide, faisant partie d'un système de refroidissement liquide selon l'invention correspondant à celui des figures 9 et 10 ;
- 15 - La figure 11 montre le résultat d'une simulation numérique de l'échauffement du fluide caloporteur dans le circuit de refroidissement primaire de la plaque froide, faisant partie d'un système de refroidissement liquide selon l'invention correspondant à celui des figures 9, 10 et 11 ; dans cette figure on observe également l'échauffement du fluide dans les tuyaux représentatif du bloc de refroidissement ;
- 20 - La figure 12 montre le résultat du champ de températures de la plaque froide (vue de dessous, c'est-à-dire du côté de la carte électronique).

Pour plus de clarté, les éléments identiques ou similaires sont repérés sur ces figures par des signes de références identiques sur l'ensemble des figures.

30 Les figures 1 à 3 sont décrites plus en détail au niveau de la partie de la description qui précède, relative à la description des solutions connues de l'art antérieur.

Les figures 4 à 8 sont décrites plus en détail au niveau de la partie de la description qui suit, relative à la description

détaillée d'un mode de réalisation du système de refroidissement liquide selon l'invention.

Les figures 9 à 14 sont décrites plus en détail au niveau des exemples qui suivent, qui illustrent l'invention sans en
5 limiter la portée.

DESCRIPTION D'UN MODE DE REALISATION

La figure 4 représente schématiquement un mode de
10 réalisation d'un système de refroidissement liquide 1 selon l'invention comportant trois dissipateurs thermiques 12. La figure 4 montre plus particulièrement distribution du fluide caloporteur 112 dans un réseau secondaire de canaux secondaires flexibles 1111 au travers des dissipateurs thermiques 12.

Le montage complet du système de refroidissement liquide 1
15 selon l'invention sur une carte électronique 2 comportant trois processeurs 23 (visibles sur la figure 5) est montré sur la photographie de la figure 8. La carte électronique 2 comprend, outre les processeurs 23, une pluralité de composants
20 électroniques bas et moyens 21, 22 (visibles par transparence sur la figure 5) fixés sur un support 21.

La figure 8 montre que le système de refroidissement liquide selon l'invention comprend d'une part une plaque froide 11 présentant des dimensions extérieures sensiblement égales à
25 celles dudit support de la carte électronique 2 de sorte qu'elle recouvre l'intégralité du support 21 et des composants électroniques bas et moyens 22 qui y sont fixés, et d'autre part trois dissipateurs thermiques 12 comprenant chacun une zone d'échange thermique principale 121 (visible sur la figure 6)
30 apte à venir en appui contre un processeur 23.

La plaque froide 11 peut être avantageusement une plaque réalisée en un matériau thermique conducteur tel que l'aluminium. Elle comprend un circuit primaire 110 de refroidissement 110 (visible sur la simulation de la figure 9)

avec des canaux principaux 1101 à l'intérieur desquels circule un fluide caloporteur 112 tel que de l'eau glycolée. L'alimentation en fluide caloporteur 112 dans la plaque froide 11 est réalisée via un connecteur d'entrée 113 et la sortie du fluide caloporteur 112 hors de la plaque froide 11 se faisant via un connecteur de sortie 114.

La figure 5 montre par ailleurs comment le système de refroidissement liquide 1 selon l'invention est associé au circuit primaire de refroidissement 110 de la plaque froide, grâce à des dissipateurs thermiques monophasiques 12 (visibles également sur la figure 4) et un circuit secondaire 111 de canaux secondaires flexibles 1111 connectés aux canaux principaux 1101 du circuit primaire 111 par des connecteurs coudés 1112 vissés dans la plaque froide 11.

Les dissipateurs thermiques 12 sont des dissipateurs thermiques monophasiques qui comprennent chacun (voir également la figure 4) :

- un bloc de refroidissement 120 en matériau thermoconducteur
- un canal d'entrée 3 et un canal de sortie 4 qui sont connectés d'une part à la partie supérieure 123 dudit bloc de refroidissement 120 par l'intermédiaire respectivement d'un connecteur d'entrée 5 et d'un connecteur de sortie 6, et d'autre part à un canal secondaire flexible 1111 du circuit secondaire 111 via un connecteur coudé 1223, 1224.

La structure du dissipateur thermique du système de refroidissement selon l'invention est donc telle que le bloc de refroidissement est alimenté par le fluide caloporteur 112 circulant dans ladite plaque froide 11.

La figure 5 montre clairement que ces connecteurs coudés 1223, 1224 permettent la rotation des canaux d'entrée et de sortie 3, 4 par rapport au canal secondaire flexible 1111 auquel ils sont connectés.

La figure 6 est une vue éclatée schématique d'un mode de réalisation d'un dissipateur thermique 12 utilisable dans un système de refroidissement liquide 1 selon l'invention. Cette figure montre que le dissipateur thermique utilisable dans le cadre de l'invention comprend un bloc de refroidissement 120 en matériau thermoconducteur comprenant une partie inférieure constituant une zone d'échange thermique principale 121, une partie intermédiaire 122 dite de répartition et une partie supérieure 123 connectée à la plaque froide 11. Une fente traversante 8 est située dans la partie intermédiaire 122 pour répartir de manière homogène l'écoulement du fluide caloporteur 112 en provenance de la partie supérieure 123 sous forme de jet centré vers une plaque support 9 située dans la zone d'échange thermique principale 121. Cette plaque support 9 et comportant une partie centrale creuse 91 avec une zone munie d'ailettes 910 pour générer de la turbulence dans le régime d'écoulement dudit fluide caloporteur 112 et une zone périphérique 911 à la zone munie d'ailettes 910 pour recueillir le fluide caloporteur 112 et le diriger vers ledit connecteur de sortie 6.

Grâce au système de refroidissement liquide selon l'invention 1, les processeurs seront 10°C moins chauds que si l'on utilisait le système de refroidissement connu de l'art antérieur représenté sur la figure 3 (système à caloducs : voir également la figure 2) à caloducs. Grâce au système de refroidissement liquide selon l'invention, il est donc possible de refroidir des processeurs plus puissants.

EXEMPLES

On simule le comportement hydraulique du système de refroidissement liquide selon l'invention (à trois processeurs) tel que représenté sur les figures 4 à 8.

CONDITIONS DE CALCUL

Les conditions de calculs sont les suivantes :

- Modèle simulant la conduction et la convection avec le fluide caloporteur, la convection naturelle et le rayonnement avec l'air ambiant autour de la plaque froide étant négligés ;
- Débit entrée de lame = 3 l/min ($5 \cdot 10^{-5}$ m³/s) ;
- Température du fluide caloporteur en entrée de lame = 44°C ;
- Fluide caloporteur utilisé : PEG MB633 (mélange eau + PEG)

Cibles de perte de charges pour équilibrage des lames : 70kPa

Cible de $\Delta T_{\text{entrée-sortie}}$ sur la lame : environ 7°C

EXEMPLE 1 : simulation hydraulique du système de refroidissement selon l'invention à 3 blocs de refroidissement (tel que représenté sur les figures 4 à 7).

20

Le résultat de la simulation numérique de l'évolution de la perte de charge dans le circuit de refroidissement primaire de la plaque froide est montré sur la figure 8. Un travail d'optimisation a permis d'atteindre la cible de 70 kPa environ de pertes de charges dans la plaque froide à 3l/min (comme le montre la figure 8 et l'échelle).

25

La cible de pertes de charges pour l'équilibrage de lames est de 70kPa. La valeur calculée de la perte de charge globale de la plaque froide est de l'ordre de 75Kpa, ce qui est proche de la valeur cible.

30

EXEMPLE 2 : simulation thermique du système de refroidissement selon l'invention à 3 blocs de refroidissement (tel que représenté sur les figures 4 à 7).

5 La figure 11 montre le résultat d'une simulation numérique de l'échauffement du fluide caloporteur dans le circuit de refroidissement primaire de la plaque froide, et la figure 14 montre le résultat du champ de températures de la plaque froide (vue de dessous). Des sources de chaleurs sont appliquées
10 directement sur la plaque froide à l'emplacement des composants moyens et bas. Le résultat de la simulation donne une température de plaque à l'interface avec chacun des composants (moyens et bas).

 On observe un échauffement du fluide à l'intérieur de la
15 plaque froide, l'entrée de la plaque froide est bien à 44°C puisque c'est une donnée d'entrée du calcul (condition limite). La sortie est aux alentours de 52°C. On a donc un gradient de température entre l'entrée et la sortie du fluide de 8°C environ.

REVENDICATIONS

1. Système de refroidissement liquide (1) d'une carte électronique (2) comprenant un support (21), une pluralité de composants électroniques (21, 22) fixés sur ledit support (21) se décomposant en composants électroniques bas et moyens (22) et en composants électroniques hauts (23), ledit système (1) comprenant :

- une plaque froide (11) présentant des dimensions extérieures sensiblement égales à celles dudit support (21) de la carte électronique (2) de sorte qu'elle recouvre l'intégralité du support (21) et lesdits composants électroniques bas et moyens (22), ladite plaque froide (11) étant une plaque réalisée en un matériau thermique conducteur et comprenant un circuit primaire de refroidissement (110) avec des canaux principaux (1101) à l'intérieur desquels circule un fluide caloporteur (112), l'alimentation en fluide caloporteur (112) dans ladite plaque froide (11) étant réalisée via un connecteur d'entrée (113) et la sortie dudit fluide caloporteur (112) hors de la plaque froide (11) se faisant via un connecteur de sortie (114),
- une pluralité de dissipateurs thermiques (12) comprenant chacun une zone d'échange thermique principale (121) apte à venir en appui contre un composant électronique haut (23),

ledit système de refroidissement liquide (1) étant caractérisé en ce qu'il comporte en outre un circuit secondaire (111) de canaux secondaires flexibles (1111) connectés au canaux principaux (1101) du circuit primaire (111) par des connecteurs coudés (1112) fixés dans ladite plaque froide (11), et

en ce que lesdits dissipateurs thermiques (12) sont des dissipateurs thermiques monophasiques qui comprennent chacun :

- 5 ▪ un bloc de refroidissement (120) en matériau thermoconducteur comprenant une partie inférieure constituant la zone d'échange thermique principale (121), une partie intermédiaire (122) dite de répartition et une partie supérieure (123) connectée à la plaque froide (11),
- 10 ▪ un canal d'entrée (3) et un canal de sortie (4) qui sont connectés d'une part à la partie supérieure (123) dudit bloc de refroidissement (120) par l'intermédiaire respectivement d'un connecteur d'entrée (5) et d'un connecteur de sortie (6), et
- 15 d'autre part à un canal secondaire flexible (1111) du circuit secondaire (111) via un connecteur coudé (1223, 1224), de sorte que ledit bloc de refroidissement (120) est alimenté par ledit fluide caloporteur (112) circulant dans ladite plaque froide (11), lesdits connecteurs coudés (1223, 1224) étant aptes à permettre la rotation desdits canaux d'entrée et de sortie (3, 4) par rapport audit canal secondaire flexible (1111) auquel ils sont connectés, et
- 20

en ce que le bloc de refroidissement (120) comprend en outre :

- 25 ▪ une fente traversante (8) située dans la partie intermédiaire (122) pour répartir de manière homogène l'écoulement dudit fluide caloporteur (112) en provenance de la partie supérieure (123) sous forme de jet centré vers
- 30 ▪ une plaque support (9) située dans la zone d'échange thermique principale (121) et comportant une partie centrale creuse (91) avec une zone munie d'ailettes (910) ou de picots pour générer de la turbulence dans le régime d'écoulement dudit fluide caloporteur (112) et une zone périphérique (911) à ladite zone munie d'ailettes (910) ou de picots pour recueillir le fluide

caloporteur (112) et le diriger vers ledit connecteur de sortie (6).

2. Système de refroidissement liquide (1) selon la
5 revendication 1, selon lequel les ailettes (910) sont des ailettes droites.

3. Système de refroidissement liquide (1) selon la
10 revendication 2, selon lequel les ailettes (910) présentent une épaisseur de 0,2 mm et sont espacées les unes des autres d'une distance de 0,4 mm.

4. Système de refroidissement liquide (1) selon l'une
15 quelconque des revendications 1 à 3, selon lequel l'orientation de ladite fente (8) est perpendiculaire à la direction des ailettes (910).

5. Système de refroidissement liquide (1) selon l'une
20 quelconque des revendications 1 à 4, selon lequel la partie intermédiaire (122) est constituée d'une plaque de répartition (7) dans laquelle est pratiquée la fente traversante (8).

6. Système de refroidissement liquide (1) selon la
25 revendication 5, selon lequel ladite plaque de répartition (7) se présente sous la forme sensiblement d'un parallélépipède rectangle dont l'un des côtés est muni d'une marche (71) s'emboîtant dans la partie de la zone périphérique (911) de la zone d'échange thermique principale (121) située sous ledit connecteur d'entrée (5), sans recouvrir la partie de la zone
30 périphérique (911) située sous ledit connecteur de sortie (6).

7. Système de refroidissement liquide (1) selon l'une
quelconque des revendications précédentes, selon lequel
composants électroniques hauts (23) sont des processeurs.

1/7

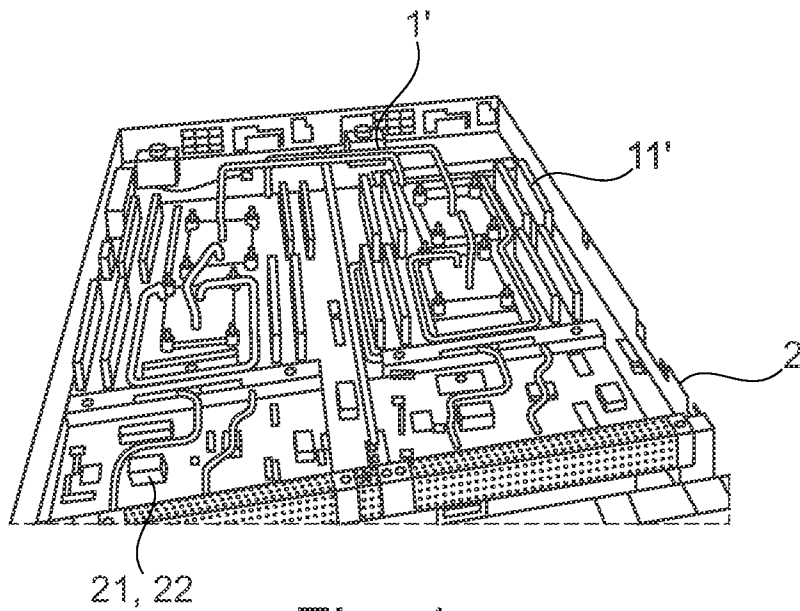


Fig. 1

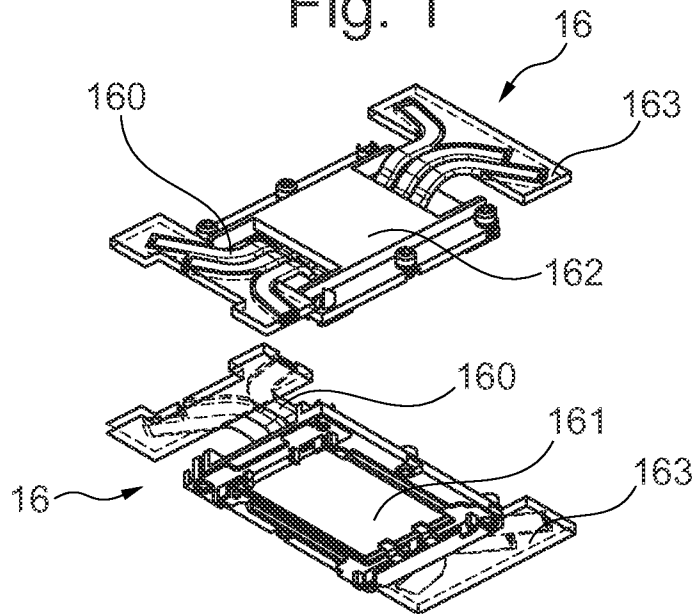


Fig. 2

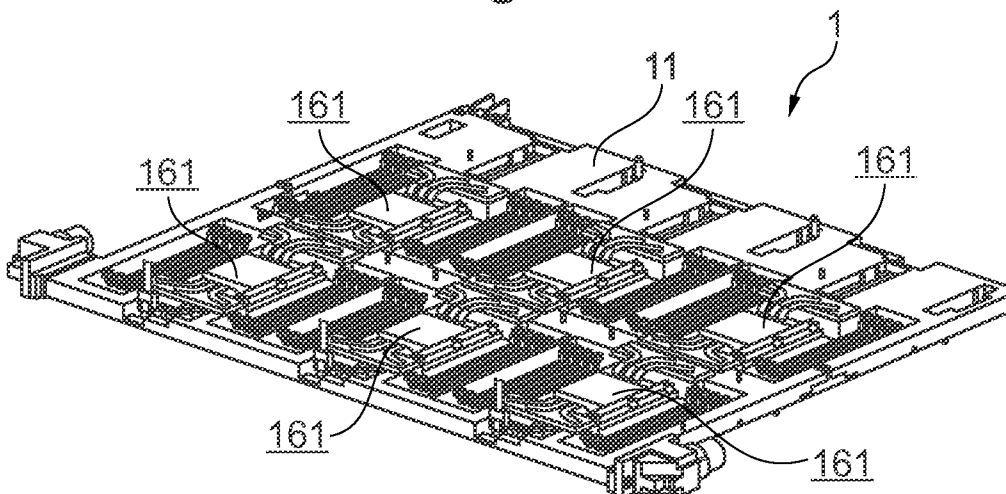


Fig. 3

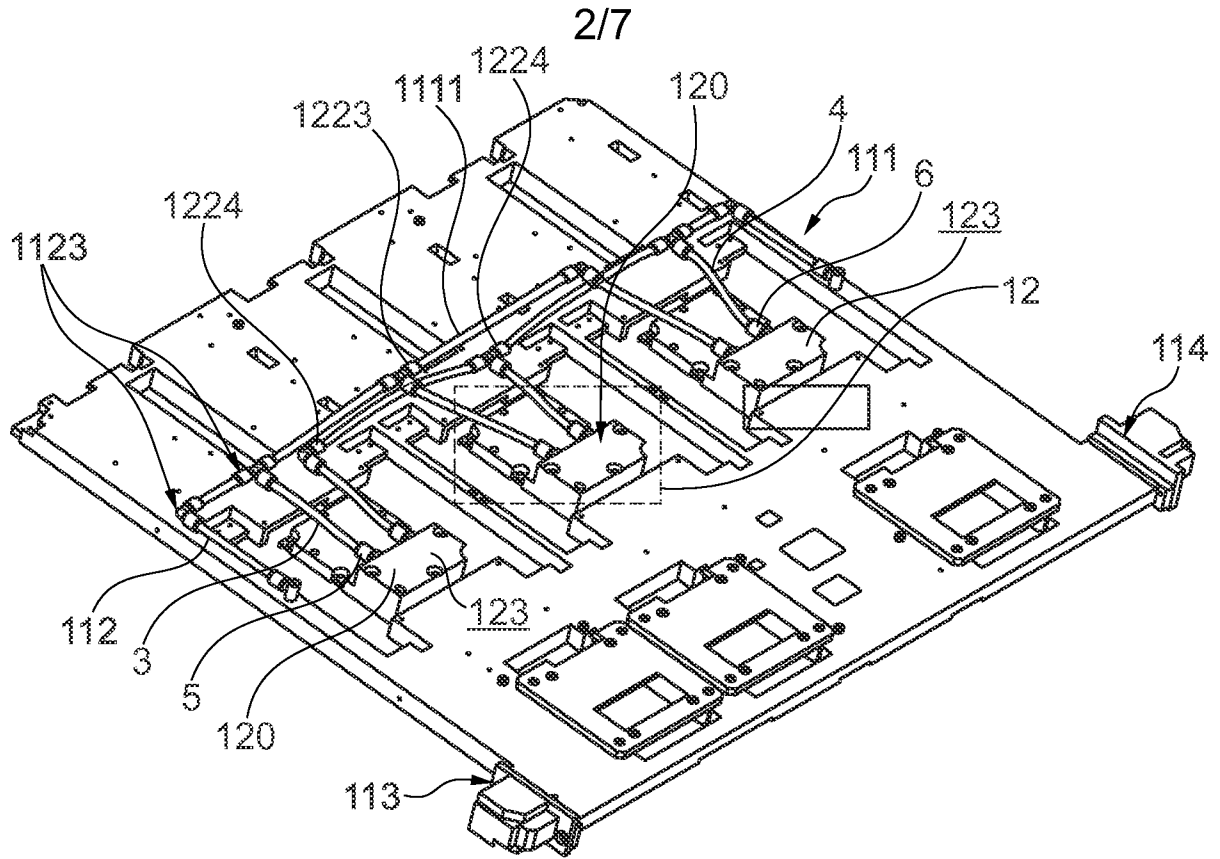


Fig. 4

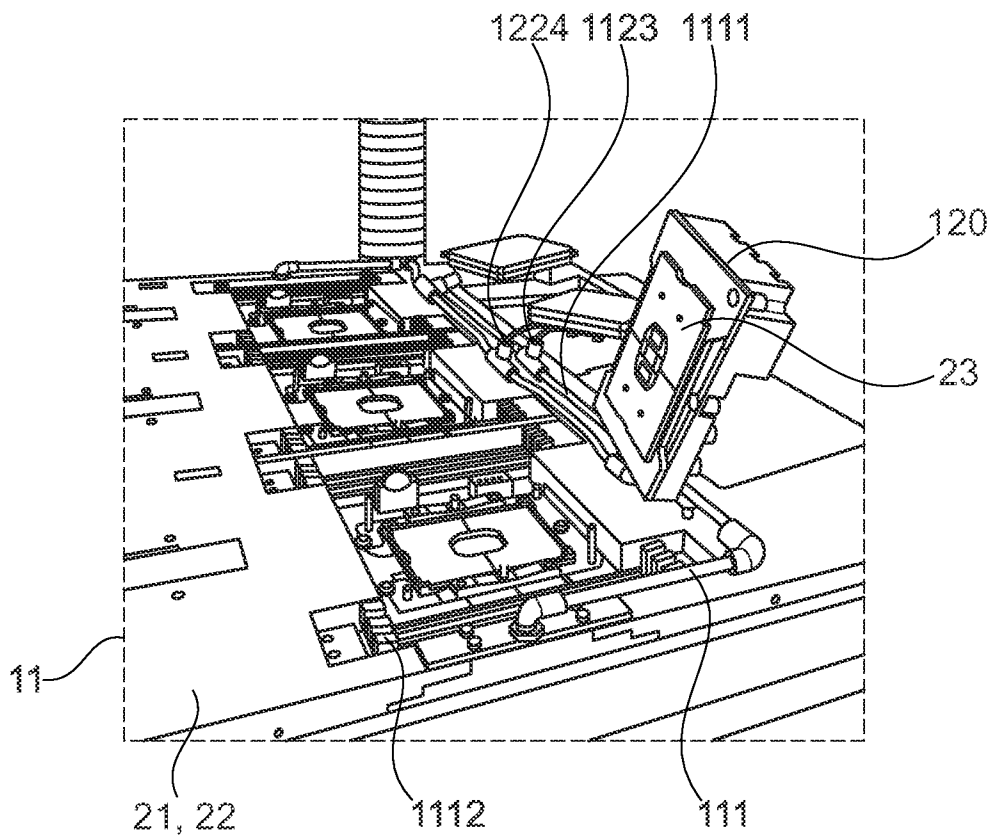


Fig. 5

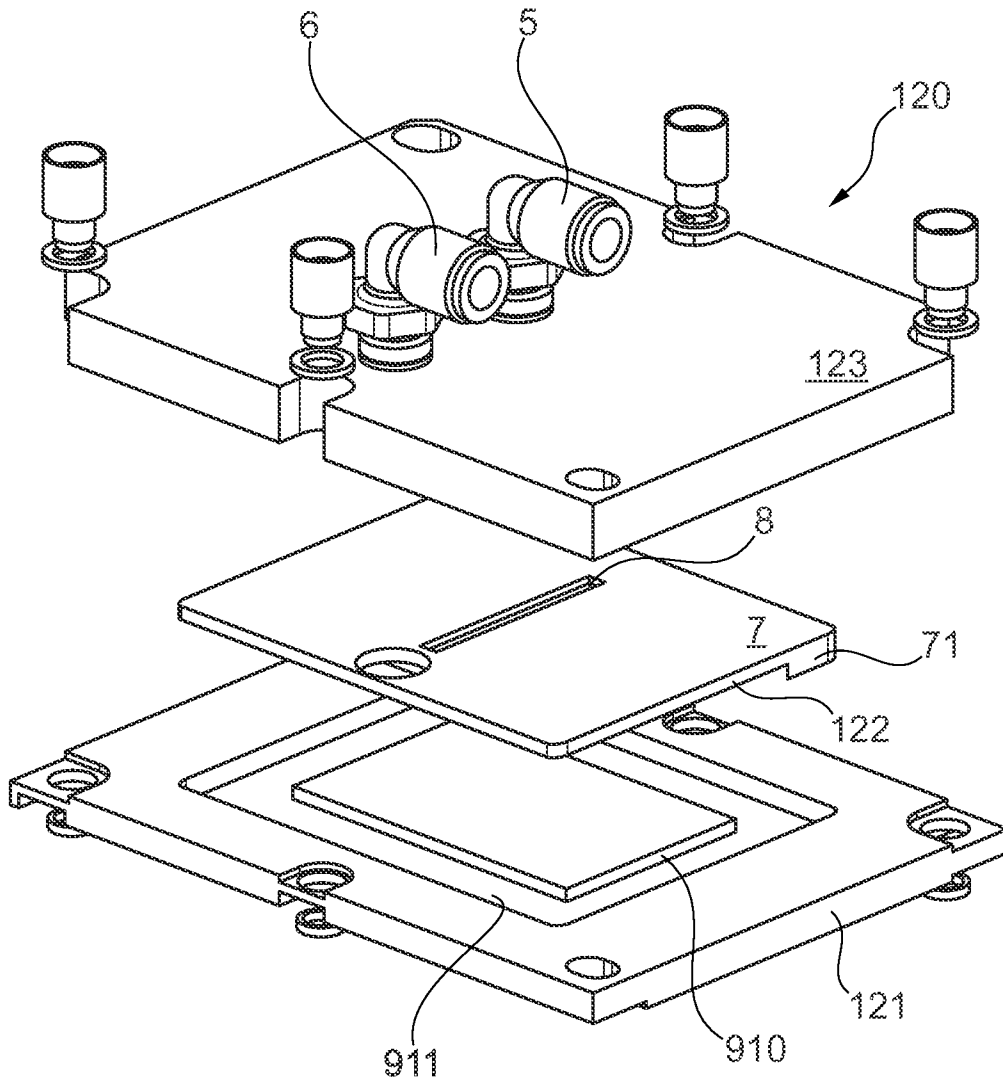


Fig. 6

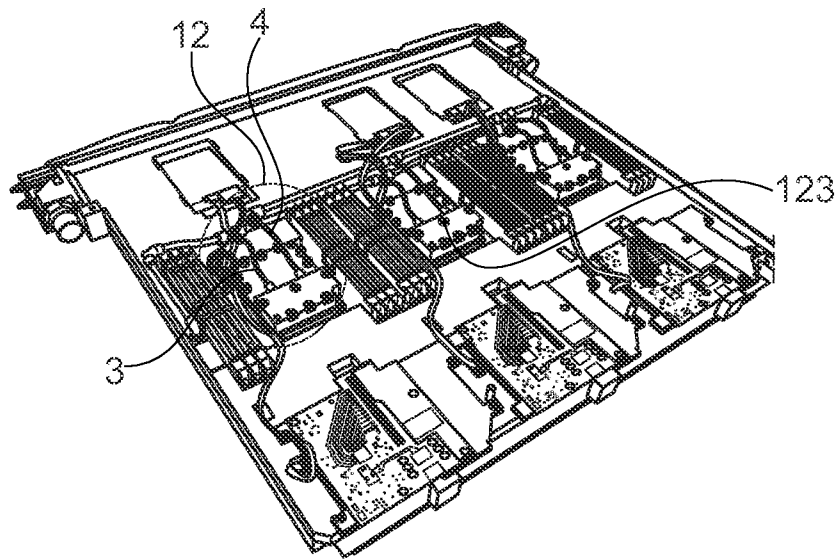


Fig. 7

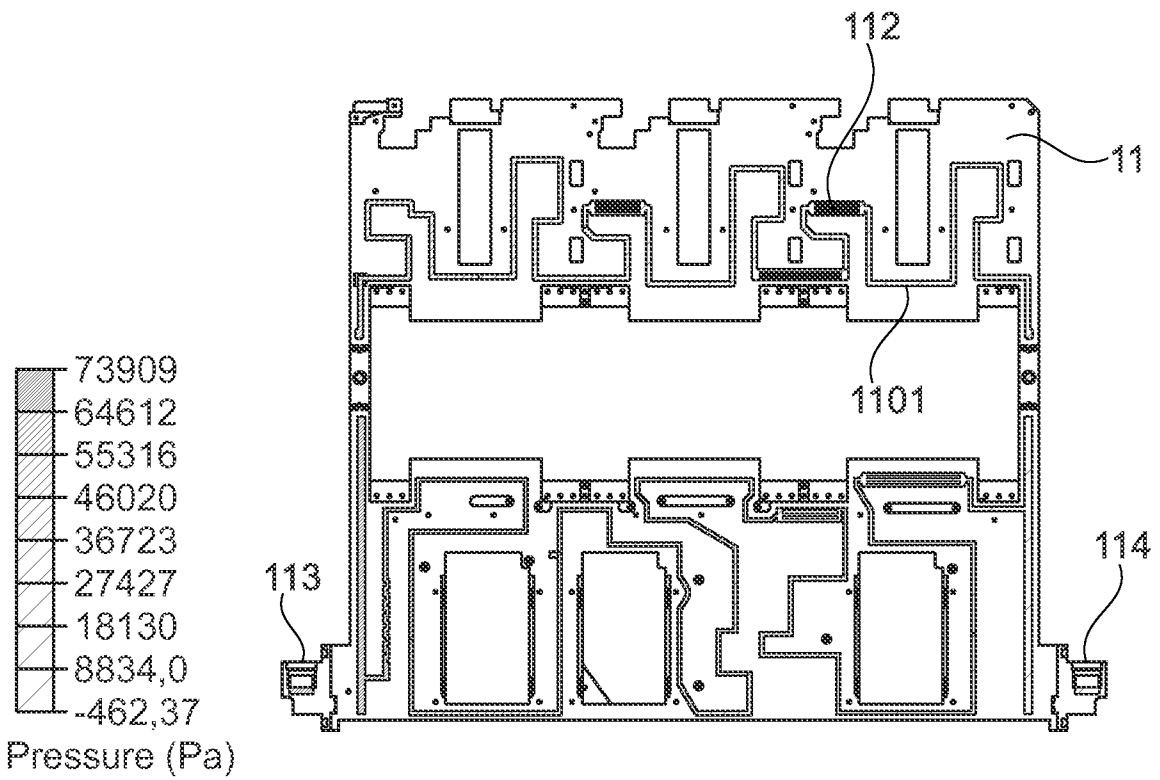


Fig. 8

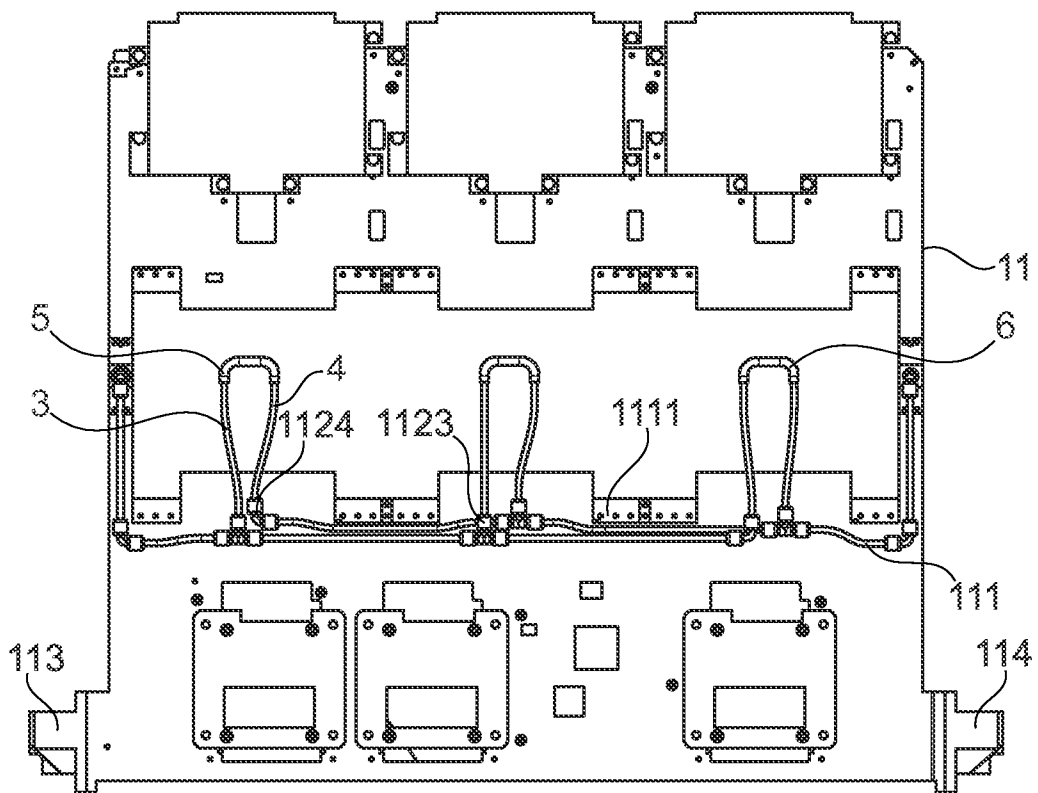


Fig. 9

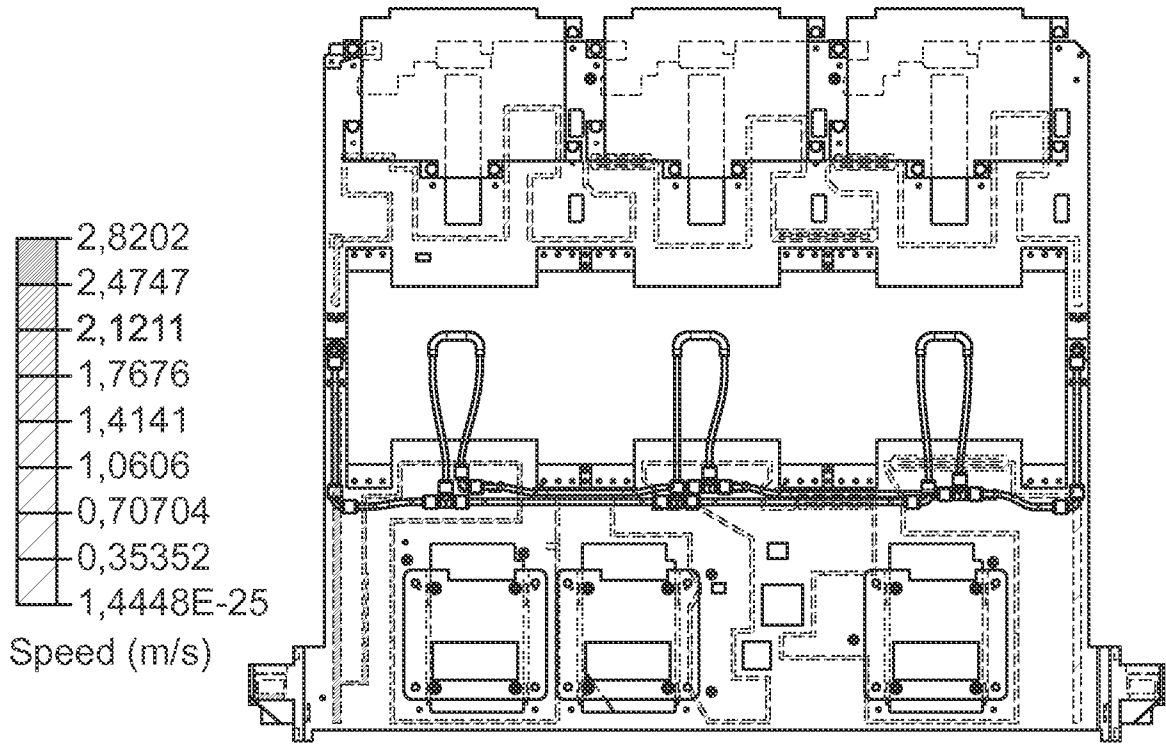


Fig. 10

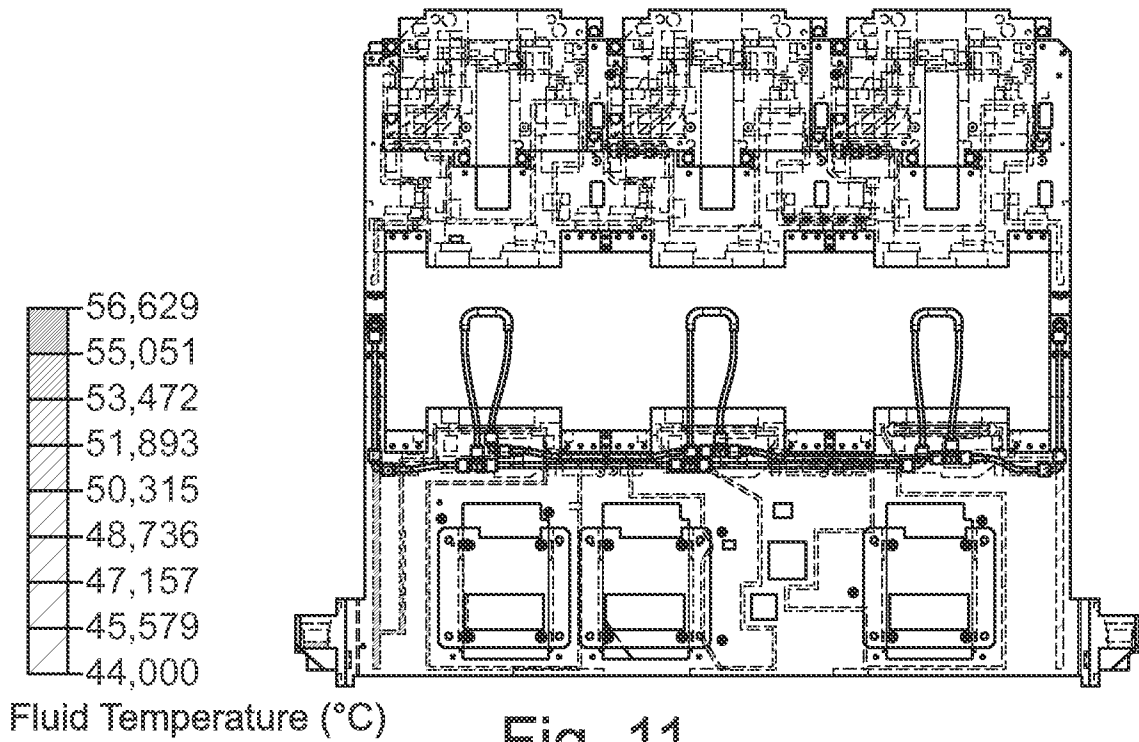


Fig. 11

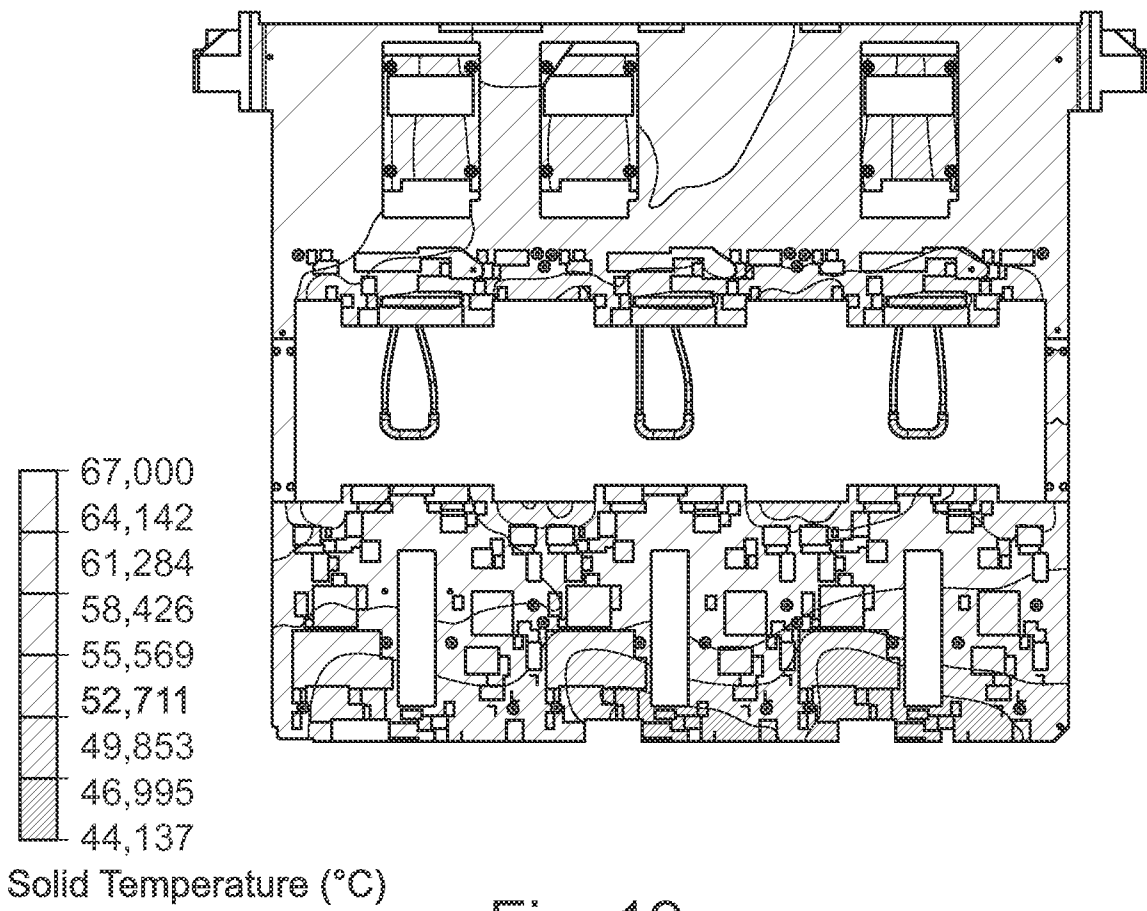


Fig. 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2018/053276

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H05K 7/20 (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
H05K		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2770810 A1 (BULL SAS [FR]) 27 August 2014 (2014-08-27) abstract paragraph [0002] - paragraph [0033] paragraph [0058] - paragraph [0061] figures 2,3,4,6,8	1-7
A	US 2005241799 A1 (MALONE CHRISTOPHER G [US] ET AL) 03 November 2005 (2005-11-03) abstract paragraph [0011] - paragraph [0014] figures 1a-1d	1-7
A	US 2009294106 A1 (FLOTTA MATTEO [US] ET AL) 03 December 2009 (2009-12-03) abstract paragraph [0031] - paragraph [0036] figure 3	1-7
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
05 April 2019		18 April 2019
Name and mailing address of the ISA/EP		Authorized officer
European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Knapczyk, Frédéric Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2018/053276

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
EP	2770810	A1	27 August 2014	EP 2770810 A1	27 August 2014
				FR 3002410 A1	22 August 2014
				JP 6389364 B2	12 September 2018
				JP 2014160821 A	04 September 2014
				US 2014233175 A1	21 August 2014
<hr/>					
US	2005241799	A1	03 November 2005	GB 2413700 A	02 November 2005
				JP 2005327273 A	24 November 2005
				US 2005241799 A1	03 November 2005
<hr/>					
US	2009294106	A1	03 December 2009	US 2009294106 A1	03 December 2009
				US 2012160459 A1	28 June 2012
				US 2015208555 A1	23 July 2015
<hr/>					

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2018/053276

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H05K7/20 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H05K		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 2 770 810 A1 (BULL SAS [FR]) 27 août 2014 (2014-08-27) abrégé alinéa [0002] - alinéa [0033] alinéa [0058] - alinéa [0061] figures 2,3,4,6,8	1-7
A	----- US 2005/241799 A1 (MALONE CHRISTOPHER G [US] ET AL) 3 novembre 2005 (2005-11-03) abrégé alinéa [0011] - alinéa [0014] figures 1a-1d	1-7
A	----- US 2009/294106 A1 (FLOTTA MATTEO [US] ET AL) 3 décembre 2009 (2009-12-03) abrégé alinéa [0031] - alinéa [0036] figure 3	1-7
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		
<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 5 avril 2019		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 18/04/2019
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Knapczyk, Frédéric

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2018/053276

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2770810	A1	27-08-2014	EP 2770810 A1	27-08-2014
			FR 3002410 A1	22-08-2014
			JP 6389364 B2	12-09-2018
			JP 2014160821 A	04-09-2014
			US 2014233175 A1	21-08-2014

US 2005241799	A1	03-11-2005	GB 2413700 A	02-11-2005
			JP 2005327273 A	24-11-2005
			US 2005241799 A1	03-11-2005

US 2009294106	A1	03-12-2009	US 2009294106 A1	03-12-2009
			US 2012160459 A1	28-06-2012
			US 2015208555 A1	23-07-2015
