

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
21 septembre 2017 (21.09.2017)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/158253 A1

(51) Classification internationale des brevets :

H05K 7/14 (2006.01) H05K 7/20 (2006.01)
H01L 25/07 (2006.01) H02M 7/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2017/050460

(22) Date de dépôt international :

1 mars 2017 (01.03.2017)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1652196 15 mars 2016 (15.03.2016) FR

(71) Déposant : INSTITUT VEDECOM [FR/FR]; 77 rue des
Chantiers, 78000 Versailles (FR).

(72) Inventeur : DIEMUNSCH, Guy; 25 rue Paul Vaillant
Couturier, 38600 Fontaine (FR).

(74) Mandataire : MENES, Catherine; Peugeot Citroen Auto-
mobiles SA, Propriété Industrielle, 18 rue des Fauvelles,
92250 La Garenne Colombes (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, 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), 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).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : COOLED ELECTRONIC POWER MODULE, MOTOR AND VEHICLE COMPRISING SUCH A MODULE

(54) Titre : MODULE D'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE REFROIDI, MOTEUR ET VEHICULE INTEGRANT UN TEL
MODULE

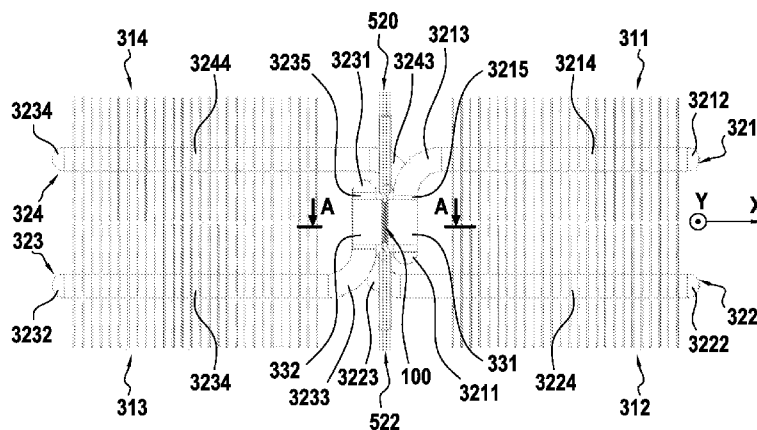


FIG.4

(57) Abstract : The invention relates to an electronic power module for controlling an electric multiphase system, said module comprising a plurality of electronic devices for transforming a so-called incoming electric signal into a plurality of outgoing electric signals arranged so as to feed said electric multiphase system, each electronic device comprising: a so-called lower substrate arranged so as to form an electric circuit, said lower substrate of each electronic device comprising a lower face which is coplanar with a lower face of the substrate of at least one other electronic device; at least one electronic component securely connected to the lower substrate and electrically connected to the electric circuit; and a cooling system arranged so as to regulate the temperature of the lower substrate. The invention also relates to an electric vehicle using an electric motor controlled by such a module.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2017/158253 A1



L'invention concerne un module d'électronique de puissance pour commander un système électrique multiphasé, ledit module comprenant une pluralité de dispositifs électroniques agencés pour mettre en forme un signal électrique dit entrant en une pluralité de signaux électriques dits sortants agencés pour alimenter ledit système électrique multiphasé, chaque dispositif électronique comportant : - un substrat dit inférieur agencé pour former un circuit électrique, ledit substrat inférieur de chaque dispositif électronique comprenant une face inférieure qui est coplanaire avec une face inférieure du substrat d'au moins un autre dispositif électronique; - au moins un composant électronique lié solidairement au substrat inférieur et connecté électriquement au circuit électrique; - un système de refroidissement agencé pour réguler la température du substrat inférieur. L'invention concerne aussi un véhicule électrique mettant en œuvre un moteur électrique commandé par un tel module.

**« MODULE D'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE REFROIDI, MOTEUR ET
VEHICULE INTEGRANT UN TEL MODULE »**

La présente invention revendique la priorité de la demande française 1652196 déposée le 15
5 mars 2016 dont le contenu (texte, dessins et revendications) est ici incorporé par référence.

Domaine technique

La présente invention concerne un module d'électronique de puissance, et plus particulièrement
un système de refroidissement d'un tel module. Elle se situe dans le domaine de l'électronique
de puissance pour commander des moteurs électriques multiphasés, notamment ceux qui
10 équipent des véhicules motorisés.

État de la technique antérieure

Les modules d'électroniques de puissance sont très largement utilisés dans le domaine de
l'industrie du transport. Ils sont soumis à de nombreuses contraintes durant leur fonctionnement,
notamment mécaniques et thermiques. Ainsi, les gradients de température introduits au niveau
15 de leur substrat sous l'effet de la dissipation de chaleur des composants qu'ils supportent
engendrent des contraintes thermomécaniques répétées de manière cyclique tout au long de la
vie du composant, produisant une fatigue thermique, un stress mécanique et consécutivement
des risques de dysfonctionnement et/ou de pannes.

À titre d'exemple, un mauvais contrôle de la température dégrade les performances des
20 composants électroniques lorsqu'elle dépasse une gamme prévue de fonctionnement et, de
manière plus durable, les variations de température liées aux périodes de fonctionnement et
d'arrêt des modules d'électroniques de puissance peuvent conduire aussi à des dégradations des
fils de connexion électrique et/ou à des dégradations voire des ruptures des brasures des
différents composants électroniques, ainsi qu'une baisse de leur fiabilité.

25 Ainsi la prise en compte des effets thermiques liés au fonctionnement des modules
d'électroniques de puissance est primordiale pour augmenter la robustesse et les performances
globales de tels modules.

En parallèle de ces contraintes thermiques, il convient de réduire la taille et l'encombrement de ces modules d'électronique de puissance. Or, cette réduction est, dans l'état de la technique, limitée par la nécessité de refroidir ces modules.

La présente invention a pour objet de répondre au moins en grande partie aux problèmes décrits
5 précédemment et de conduire en outre à d'autres avantages.

Un autre but de l'invention est de résoudre au moins un de ces problèmes par un nouveau module d'électronique de puissance.

Un autre but de l'invention est de proposer un nouveau design thermique pour un tel module permettant de réduire les effets néfastes liés aux dissipations thermiques des composants durant
10 leur fonctionnement.

Un autre but de la présente invention est de refroidir plus efficacement un tel module de puissance.

Un autre but de la présente invention est d'améliorer la fiabilité et la robustesse d'un tel module de puissance.

15 Un autre but de la présente invention est de réduire les pannes et les coûts de maintenance d'un tel module de puissance.

Enfin, un but général de l'invention est de réduire l'encombrement et le poids d'un tel module de puissance tout en assurant un refroidissement fiable de celui-ci afin de faciliter d'une part l'implantation dudit module dans un véhicule électrique ou hybride, et d'autre part d'augmenter
20 l'autonomie d'un tel véhicule.

Exposé de l'invention

Selon un premier aspect de l'invention, on atteint au moins l'un des objectifs précités avec un module d'électronique de puissance pour commander un système électrique multiphasé, ledit module comprenant une pluralité de dispositifs électroniques agencés pour mettre en forme un
25 signal électrique dit entrant en une pluralité de signaux électriques dits sortants agencés pour alimenter ledit système électrique multiphasé, chaque dispositif électronique comportant (i) un substrat dit inférieur agencé pour former un circuit électrique et (ii) au moins un composant électronique lié solidairement au substrat inférieur et connecté électriquement au circuit électrique, le substrat inférieur de chaque dispositif électronique comprenant une face inférieure

qui est coplanaire avec une face inférieure du substrat d'au moins un autre dispositif électronique constitutif du module d'électronique de puissance.

Les dispositifs électroniques sont préférentiellement agencés pour commander un système électrique multiphasé. À titre d'exemple non-limitatifs, chaque dispositif électronique peut être

5 du type d'un convertisseur d'énergie, par exemple un convertisseur alternatif – continu tel qu'un redresseur ou une alimentation à découpage, un convertisseur continu – alternatif tel qu'un onduleur, un convertisseur continu – continu tel qu'un hacheur élévateur (« boost ») ou abaisseur (« buck ») pour par exemple alimenter les auxiliaires basse tension du réseau de bord, la climatisation, les périphériques audio.... Les systèmes électriques multiphasés commandés

10 par au moins un module conforme au premier aspect de l'invention ou à l'un quelconque de ses perfectionnements sont préférentiellement des moteurs électriques utilisés pour la propulsion d'un véhicule automobile ou d'un train.

Préférentiellement, les faces inférieures de chaque dispositif électronique sont toutes coplanares entre elles afin de faciliter la connexion électrique de la pluralité de dispositifs électroniques.

15 Alternativement, chaque dispositif électronique peut être rendu coplanaire avec au moins une partie des autres dispositifs électroniques par rapport à une autre face de référence du substrat. Un tel alignement des dispositifs électronique constitue la caractéristique élémentaire de la conception d'un module d'électronique de puissance optimisé du point de vue thermique. Il permet notamment de répartir les différentes sources de chaleur selon un premier plan

20 dissipateur de chaleur. Les différents perfectionnements du module conforme au premier aspect de l'invention et qui seront décrits ultérieurement visent à améliorer la dissipation de chaleur sur ledit premier plan dissipateur de chaleur.

De manière avantageuse, le substrat de chaque dispositif électronique contribue à évacuer la chaleur émise par les composants à sa surface durant leur fonctionnement, notamment par des

25 phénomènes de conduction. Le substrat est préférentiellement réalisé dans un matériau permettant à la fois de former un circuit électrique apte à interfacer les composants électroniques et aussi d'homogénéiser la température émise localement par lesdits composants durant leur fonctionnement.

Le substrat peut comprendre une pluralité de matériaux empilés par exemple en couches

30 successives et selon une topologie particulière permettant de réaliser à la fois un circuit électrique et d'évacuer la chaleur dissipée par chaque composant. Préférentiellement, le substrat est du type DBC pour « Direct Bonded Copper » (Direct Plaqué Cuivre – DPC) et comprend le placage d'au moins une couche de cuivre sur un support à base de céramique. Un circuit électrique peut ainsi être facilement réalisé en fonction des composants placés à sa surface. Le

35 substrat DBC est ainsi un excellent conducteur électrique le long des pistes du circuit électrique

dessiné à sa surface, mais aussi un excellent isolant électrique sur des zones situées autour desdites pistes électriques, et possède de très bonnes caractéristiques thermiques.

De manière préférentielle, un module conforme au premier aspect de l'invention comprend alternativement ou de manière complémentaire au moins un des premiers perfectionnements ci-

5 dessous pris éventuellement en combinaison :

- 10 – le module comprend un substrat dit supérieur lié solidairement et/ou connecté électriquement à au moins une partie des composants électroniques, afin de définir un deuxième plan dissipateur de chaleur. Eventuellement, les substrats supérieurs de chaque dispositif électronique sont coplanaires avec au moins un autre dispositif électronique constitutif du module d'électronique de puissance, et préférentiellement ils sont tous coplanaires afin de configurer un deuxième plan dissipateur de chaleur identique pour tous les dispositifs électroniques. Cette configuration, dite double-face, permet de favoriser l'évacuation des calories dissipées par chaque composant vers les premier et deuxièmes plans dissipateurs de chaleur, les composant étant en couplage thermique avec chacun des substrats inférieurs et supérieurs. Cette configuration double-face permet aussi de protéger les composants situés entre les deux substrats ;
- 15 – le substrat inférieur ou le substrat supérieur de chaque dispositif électronique comprend une première face latérale qui est coplanaire avec une première face latérale du substrat d'au moins un autre dispositif électronique ;
- 20 – le substrat inférieur ou le substrat supérieur de chaque dispositif électronique comprend une deuxième face latérale qui est coplanaire avec une deuxième face latérale du substrat inférieur ou supérieur d'au moins un autre dispositif électronique ;
- 25 – chaque dispositif électronique comprend au moins deux transistors bipolaires à grille isolée, chaque transistor étant associé à une diode pour former un interrupteur bidirectionnel. Alternativement, une diode peut être associée à un MOFSET (Transistor à effet de champ à grille métal-oxyde). Ainsi chaque dispositif électronique forme le bras d'un onduleur, le module électronique pouvant comprendre un nombre quelconque de bras. D'une manière plus générale, les composants de chaque dispositif électronique sont utilisés dans un mode binaire, passant ou bloquant, oscillant à des fréquences comprises entre 10kHz et 100kHz et permettant ainsi de réaliser des modulations de largeur d'impulsion dont les fréquences, amplitudes et/ou rapports cycliques sont contrôlés ;
- 30 – tous les dispositifs électroniques comprennent les mêmes composants ;

- chaque dispositif électronique s'étend selon une direction longitudinale le long de laquelle la pluralité de composants est alignée, permettant ainsi à la fois de faciliter la connexion électrique avec un circuit électrique extérieur et de favoriser la dissipation thermique du dispositif électronique en répartissant de manière plus homogène les sources de chaleur le long dudit dispositif électronique. En effet, la disposition en ligne des dispositifs électroniques d'un module selon l'invention permet astucieusement d'augmenter l'une des dimensions desdits dispositifs électroniques ;
 - Eventuellement, au moins une partie des dispositifs électroniques partagent le substrat inférieur et/ou supérieur ;
- 10 Eventuellement, la première face latérale d'un premier dispositif électronique est distincte de la première face latérale d'un autre dispositif électronique ; et la deuxième face latérale d'un premier dispositif électronique est distincte de la deuxième face latérale d'un autre dispositif électronique. Dans les paragraphes qui suivent, on définit un axe longitudinal comme étant l'axe le long duquel les différents dispositifs électroniques sont disposés et préférentiellement alignés
- 15 dans le module selon l'invention. De manière comparable, on définit un axe transversal perpendiculaire à l'axe longitudinal et normal à la surface des substrats des dispositifs électroniques des modules.

Selon un deuxième perfectionnement, le module conforme au premier aspect de l'invention ou à l'un quelconque de ses premiers perfectionnements comporte par ailleurs au moins un système de refroidissement comprenant :

- au moins une interface thermique en couplage thermique avec au moins un des dispositifs électroniques,
 - une pluralité de conduits en couplage thermique avec l'interface thermique, lesdits conduits étant agencés pour transporter un fluide caloporteur entre une première
- 25 extrémité et une deuxième extrémité.

Il est ainsi possible d'évacuer les calories dissipées par effet Joules au niveau des dispositifs électroniques durant leur fonctionnement, de mieux réguler la température desdits dispositifs électronique et d'éviter des surchauffes qui conduiraient à des dysfonctionnements ou à des pannes.

- 30 Au moins un des dispositifs électroniques est ainsi lié solidairement au système de refroidissement par l'intermédiaire de l'interface thermique et selon tous moyens, tels que par exemple le collage, le vissage, le brasage, le sertissage ou n'importe quel autre moyen d'assemblage mécanique.

Préférentiellement, l'interface thermique est en couplage thermique avec sensiblement toute la surface d'une face d'au moins un des dispositifs électroniques, tel que par exemple avec le premier ou le deuxième plan dissipateur de chaleur défini précédemment. Eventuellement, l'interface thermique est couplée thermiquement avec une face de plusieurs dispositifs électroniques, notamment les dispositifs électroniques qui sont immédiatement adjacents, tel que par exemple avec les premiers et deuxièmes plans dissipateurs de chaleur.

D'une manière générale, l'interface thermique est agencée pour maximiser la surface d'échange entre les dispositifs électroniques et ladite interface thermique.

Le couplage thermique entre l'interface thermique et au moins un dispositif électronique peut être direct ou indirect, par exemple par l'intermédiaire d'un matériau thermiquement conducteur, telle qu'une pâte thermique.

De manière avantageuse, l'interface thermique peut aussi jouer le rôle d'un support mécanique à l'égard d'au moins deux dispositifs électroniques adjacents, en formant par exemple un référentiel mécanique commun sur lequel les deux dispositifs électroniques sont montés solidairement.

De manière préférentielle, l'interface thermique d'un tel module conforme au deuxième aspect de l'invention comprend :

- une pluralité de premiers collecteurs en couplage thermique avec au moins une face du substrat inférieur, dite première face régulée, d'au moins un des dispositifs électroniques, et/ou
- une pluralité de seconds collecteurs en couplage thermique avec au moins une face du substrat supérieur, dite deuxième face régulée, d'au moins un des dispositifs électroniques.

Selon une première alternative, la première face régulée appartient à un premier dispositif électronique, tandis que la deuxième face régulée appartient à un deuxième dispositif électronique.

Selon une deuxième alternative, la première face régulée et la deuxième face régulée appartiennent à un même dispositif électronique.

Cette configuration astucieuse tire avantage de la présence des deux substrats situés en opposition pour au moins une partie des dispositifs électroniques, permettant ainsi de doubler les capacités du système de refroidissement et d'améliorer le refroidissement des dispositifs électroniques.

La première face régulée et la deuxième face régulée s'étendent ou correspondent respectivement au premier plan dissipateur de chaleur et au deuxième plan dissipateur de chaleur défini précédemment. Ainsi, chaque face régulée des dispositifs électroniques est couplée thermiquement à une pluralité de collecteurs adjacents les uns aux autres et couvrant
5 préférentiellement l'intégralité de ladite face régulée. Chaque collecteur est lié solidairement et couplé thermiquement à un conduit de manière à favoriser les échanges thermiques.

Ainsi, les calories produites au niveau de chaque composant sont transmises par conduction et successivement au substrat, puis à l'interface thermique, et notamment les collecteurs, puis aux conduits qui permettent d'augmenter la surface d'échange avec l'air ambiant qui entoure le
10 module électronique.

Dans un module conforme au premier aspect de l'invention ou à l'un quelconque de ses premiers et/ou deuxièmes perfectionnements, les conduits transportant le fluide caloporteur comprennent alternativement ou de manière complémentaire au moins un des troisièmes perfectionnements ci-dessous pris éventuellement en combinaison :

- 15 – chaque conduit comprend un tronçon qui s'étend transversalement par rapport aux dispositifs électroniques correspondants, préférentiellement perpendiculairement ;
- chaque conduit comprend un tronçon de couplage avec au moins un collecteur afin de favoriser le couplage thermique entre un collecteur et un conduit, chaque tronçon de couplage étant délimité d'un premier côté par la première extrémité dudit conduit ;
- 20 – chaque conduit comprend une partie coudée située d'un deuxième côté du tronçon de couplage ;
- chaque conduit comprend une partie rectiligne préférentiellement dans le prolongement direct de la partie coudée, ladite partie rectiligne étant délimitée par la deuxième extrémité dudit conduit. La partie rectiligne forme une zone d'échange thermique avec
25 l'air pour le système de refroidissement ;
- le tronçon de couplage présente au moins une demi-section complémentaire à une demi-section d'au moins un collecteur ;
- chaque conduit est un caloduc ;
- au moins une partie des conduits s'étend latéralement au-delà de la première face régulée afin d'améliorer la robustesse et la fiabilité du système de refroidissement. En d'autres termes, le système de refroidissement comprend une première zone d'échange thermique située d'un premier côté des dispositifs électroniques, et plus particulièrement au-delà de la première face régulée dans la direction latérale ;
30

- 5 – au moins une partie des conduits s'étend latéralement au-delà de la deuxième face régulée, et préférentiellement dans le sens opposé de celui des conduits qui s'étendent au-delà de la première face régulée. En d'autres termes, le système de refroidissement comprend une deuxième zone d'échange thermique située d'un deuxième côté des dispositifs électroniques, et plus particulièrement au-delà de la deuxième face régulée dans la direction latérale ;
- 10 – un premier conduit couplé thermiquement avec la première face régulée s'étend latéralement au-delà de ladite première face régulée et un deuxième conduit couplé thermiquement avec ladite première face régulée et directement adjacent audit premier conduit s'étend latéralement au-delà de la deuxième face régulée. En d'autres termes, une première partie des conduits en couplage thermique avec la première face régulée s'étendent vers la première zone d'échange thermique située latéralement d'un premier côté des dispositifs électroniques, et une deuxième partie des conduits en couplage thermique avec la première face régulée s'étendent vers la deuxième zone d'échange thermique située latéralement d'un deuxième côté des dispositifs électroniques. Cette configuration astucieuse permet de définir deux zones d'échanges thermique situées latéralement de part et d'autres des dispositifs électroniques et d'augmenter la surface d'échange avec l'air afin du système de refroidissement et d'améliorer le refroidissement des dispositifs électroniques. Cette configuration dite d'alternance simple permet aussi de tirer avantage de la géométrie du module et de répartir les conduits associés à la première face régulée dans deux sens différents, et préférentiellement opposées. Ainsi, chaque dispositif électronique est couplé thermiquement avec un plus grand nombre de conduits qui le traversent latéralement afin d'en extraire les calories produites. Les conduits sont répartis de manière homogène transversalement à toute la surface de chaque dispositif électronique, favorisant la dissipation thermique au niveau des composants fixés sur chaque dispositif électronique ;
- 15 – une telle redondance des moyens permet de fiabiliser le refroidissement du module d'électronique de puissance selon l'invention ;
- 20 – un premier conduit couplé thermiquement avec la deuxième face régulée s'étend latéralement au-delà de ladite deuxième face régulée et un deuxième conduit couplé thermiquement avec ladite deuxième face régulée et directement adjacent audit premier conduit s'étend latéralement au-delà de la deuxième face régulée. En d'autres termes, une première partie des conduits en couplage thermique avec la deuxième face régulée s'étendent vers la deuxième zone d'échange thermique située latéralement d'un premier côté des dispositifs électroniques, et une deuxième partie des conduits en couplage
- 25
- 30
- 35

thermique avec la deuxième face régulée s'étendent vers la première zone d'échange thermique située latéralement d'un deuxième côté des dispositifs électroniques. Ainsi, chaque face d'un dispositif électronique est couplée thermiquement avec un conduit qui s'étend dans un sens opposé de celui dans laquelle s'étend le conduit directement adjacent. De plus chaque face d'un dispositif électronique est couplée thermiquement avec un conduit qui s'étend latéralement dans la direction d'une zone d'échange thermique différente de celle vers laquelle s'étend le conduit directement adjacent. Cette configuration dite de double alternance permet astucieusement d'augmenter le nombre de conduits associés à chaque face régulée et d'améliorer la robustesse et la fiabilité du système de refroidissement.

Dans un module conforme au premier aspect de l'invention ou à l'un quelconque de ses premiers et/ou deuxièmes et/ou troisièmes perfectionnements, le système de refroidissement comprend alternativement ou de manière complémentaire au moins un des quatrièmes perfectionnements ci-dessous pris éventuellement en combinaison et permettant chacun d'améliorer encore l'efficacité du système de refroidissement :

- le système de refroidissement comprend une pluralité d'ailettes disposées transversalement aux conduits, au moins une partie desdits conduits étant en couplage thermique avec au moins une partie desdites ailettes traversées ;
- les ailettes sont préférentiellement disposées dans la zone d'échange thermique et le long de la partie rectiligne desdits conduits ;
- chaque ailette est agencée d'une part de manière sensiblement parallèle aux autres ailettes et d'autre part de manière sensiblement perpendiculaire aux conduits ;
- le système de refroidissement comprend par ailleurs un boîtier ouvert sur au moins deux faces opposées, dites de soufflage, et situées perpendiculairement à la pluralité d'ailettes ;
- dans un plan contenant une ailette, une première partie des conduits est alignée selon une première ligne et une deuxième partie des conduits est alignée selon une deuxième ligne, les conduits formant dans un tel plan un réseau bidimensionnel. A titre d'exemple non limitatif, les conduits associés à la première face régulée peuvent être réparties selon une première ligne, tandis que les conduits associés à la deuxième face régulée peuvent être réparties selon une deuxième ligne distante de ladite première ligne. Cette configuration astucieuse permet d'augmenter la densité des conduits utilisés dans le système de refroidissement associé au module d'électronique de puissance selon l'invention tout en optimisant la perte de charge sur le fluide traversant les ailettes ;

- le pas du réseau de conduits dans le plan contenant une ailette est préférentiellement homogène ;
 - les conduits alignés selon la première ligne et les conduits alignés selon la deuxième ligne sont organisés en quinconce.
- 5 De manière avantageuse, un module conforme au premier aspect de l'invention ou à l'un quelconque de ses premiers et/ou deuxièmes et/ou troisièmes et/ou quatrièmes perfectionnements, comprend alternativement ou de manière complémentaire au moins un des cinquièmes perfectionnements ci-dessous pris éventuellement en combinaison :
- au moins un ventilateur situé dans le prolongement d'une face de soufflage et agencé
10 pour souffler de l'air au travers de la pluralité d'ailettes et éventuellement des conduits afin d'améliorer le transfert thermique entre l'air soufflé par l'au moins un ventilateur et les ailettes, et éventuellement les conduits. Préférentiellement, deux ventilateurs sont disposés latéralement de part et d'autre de l'un des dispositifs électroniques, selon un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal du module, et avantageusement au niveau des
15 zones d'échange thermique et/ou au niveau des parties rectilignes des conduits : le premier ventilateur est associé aux conduits qui s'étendent latéralement d'un premier côté d'un dispositif électronique au-delà de la première face régulée, et le deuxième ventilateur est associé aux conduits qui s'étendent latéralement d'un deuxième côté d'un dispositif électronique au-delà de la deuxième face régulée. Ainsi, lorsque le
20 module conforme au premier aspect de l'invention est configuré selon une configuration d'alternance simple ou de double alternance telles que définies précédemment, chaque face régulée d'un dispositif est astucieusement régulée par deux réseaux indépendants de conduits refroidis par deux ventilateurs distincts. Un tel échangeur thermique est très robuste et très fiable car même en cas de panne de l'un des ventilateurs, chaque face
25 d'un dispositif est toujours régulée par le ventilateur restant ;
 - au moins un organe de connexion électrique agencé pour alimenter électriquement au moins une partie des dispositifs électroniques, ledit organe de connexion électrique étant situé dans une position intermédiaire entre l'interface thermique et ladite au moins une partie des dispositifs électroniques.
- 30 Préférentiellement, l'organe de connexion électrique comprend :
- une pluralité de pattes de connexion en contact électrique avec un des dispositifs électroniques, au moins une patte de connexion s'étendant entre deux conduits,

- au moins une cosse électriquement liée à la pluralité de pattes de connexion, ladite au moins une cosse étant située au-delà des conduits et agencée pour permettre d'y connecter un conducteur électrique.

5 Selon un deuxième aspect de la présente invention, il est proposé un ensemble comprenant un moteur électrique et un module de puissance conforme au premier aspect de l'invention ou à l'un quelconque de ses premiers et/ou deuxièmes et/ou troisièmes et/ou quatrièmes et/ou cinquièmes perfectionnements, ledit moteur électrique étant commandé par ledit module de puissance. On notera qu'un tel moteur électrique est configuré pour propulser le véhicule qu'il équipe.

10 Selon un troisième aspect de la présente invention, il est proposé un véhicule motorisé comprenant un ensemble conforme au deuxième aspect de l'invention.

Selon un quatrième aspect de l'invention, il est proposé d'utiliser un ensemble conforme au deuxième aspect de l'invention pour propulser un véhicule conforme au troisième aspect de l'invention.

15 Des modes de réalisation variés de l'invention sont prévus, intégrant selon l'ensemble de leurs combinaisons possibles les différentes caractéristiques optionnelles exposées ici.

Description des figures et des modes de réalisation

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront encore au travers de la description qui suit d'une part, et de plusieurs exemples de réalisation donnés à titre indicatif et non limitatif en référence aux dessins schématiques annexés d'autre part, sur lesquels :

20

- la FIGURE 1 décrit un diagramme resituant la présente invention dans son contexte
- la FIGURE 2 illustre une vue en perspective d'un module d'électronique de puissance conforme au premier aspect de l'invention ;
- la FIGURE 3 illustre une vue de détail d'un dispositif électronique, tel que mis en œuvre dans un module conforme au premier aspect de l'invention ;
- 25 – la FIGURE 4 illustre une vue de profil d'un module conforme au premier aspect de l'invention selon son quatrième perfectionnement ;
- la FIGURE 5 illustre une vue en coupe du module illustré sur la FIGURE 4 et selon le plan de coupe AA ;

- la FIGURE 6 illustre un arrangement des conduits traversant les ailettes d'un module conforme au premier aspect de l'invention et selon son cinquième perfectionnement et ;
- la FIGURE 7 illustre une vue de détail en perspective d'un module conforme au premier aspect de l'invention et selon son cinquième perfectionnement ;
- 5 – la FIGURE 8 illustre un peigne de connexion électrique au travers d'une vue de profil d'un module conforme au premier aspect de l'invention et selon son cinquième perfectionnement ;
- les FIGURES 9 et 10 illustrent en perspective d'un module conforme au premier aspect de l'invention et mettant en œuvre un boîtier et des ventilateurs selon son cinquième perfectionnement.
- 10

Les modes de réalisation qui seront décrits dans la suite ne sont nullement limitatifs ; on pourra notamment imaginer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites par la suite isolées des autres caractéristiques décrites, si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure. Cette sélection comprend au moins une caractéristique de préférence fonctionnelle sans détails structurels, ou avec seulement une partie des détails structurels si cette partie uniquement est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure.

- 15

En particulier tous les perfectionnements et tous les modes de réalisation décrits sont combinables entre eux si rien ne s'oppose à cette combinaison sur le plan technique.

- 20

Sur les figures, les éléments communs à plusieurs figures conservent la même référence.

Dans les paragraphes et les FIGURES qui suivent, l'axe Y représente l'axe longitudinal défini précédemment et l'axe X représente l'axe transversal défini précédemment. La FIGURE 1 illustre un schéma d'un module d'électronique de puissance 10 conforme au premier aspect de l'invention dans son contexte technologique préféré, à savoir son utilisation pour commander un moteur électrique 20.

- 25

Comme visible sur la FIGURE 1, le module 10 se situe dans une position intermédiaire entre une source d'énergie électrique 30 et le moteur électrique 20 d'une part, et entre un réseau électrique 50 et des auxiliaires 40 d'autre part. La source d'énergie électrique 30 fournit des signaux électriques dits entrants qui sont mis en forme par le module d'électronique de puissance 10 afin de contrôler le moteur électrique 20, et notamment sa vitesse de rotation. La source d'énergie électrique 30 peut être de tout type, et préférentiellement de type batterie lorsqu'elle est embraquée sur un véhicule automobile par exemple. Les auxiliaires 40

- 30

comprennent tous les éléments électriques auxiliaires au moteur électrique et au véhicule, communément dénommés auxiliaires basses tensions. Les auxiliaires basse tension comprennent notamment la batterie basse tension, les systèmes de refroidissement du moteur et de l'habitacle, les systèmes d'assistance de conduite et les équipements de confort et de loisir.

- 5 La FIGURE 2 illustre un module d'électronique de puissance 10 comprenant trois dispositifs électroniques 100 agencés pour mettre en forme un signal électrique dit entrant en une pluralité de signaux électriques dits sortants agencés pour alimenter un système électrique multiphasé, chaque dispositif électronique comportant (i) un substrat 110a-110c dit inférieur agencé pour former un circuit électrique et (ii) au moins un composant électronique lié solidairement au
- 10 substrat inférieur et connecté électriquement audit circuit électrique.

À titre d'exemple non limitatif, les signaux électriques entrant sont préférentiellement du type d'une tension continue dont la valeur nominale est comprise entre 150V et 600V. Les signaux électriques sortant mis en forme par le module d'électronique de puissance 10 sont du type « Pulse Width Modulation » (PWM pour « Modulation à Largeur d'Impulsion »), chaque

15 dispositif électronique 100 réalisant une telle transformation avec une fréquence et un rapport cyclique donné. De manière préférentielle, chaque signal électrique sortant est déphasé par rapport aux autres.

Préférentiellement, les composants mis en œuvre sur au moins un dispositif électronique 100 sont interposés entre un substrat inférieur 110a-110c et un substrat supérieur 110e, 110f. Les

20 composants électroniques sont connectés électriquement à au moins un des substrats inférieurs ou supérieurs.

Préférentiellement, le substrat inférieur et/ou le substrat supérieur sont agencés pour réaliser un couplage thermique avec au moins une partie des composants électroniques et améliorer la dissipation de chaleur produite durant le fonctionnement du module.

- 25 Dans l'exemple illustré sur la FIGURE 2, le module 10 comprend trois dispositifs électroniques :

- un premier dispositif électronique dit double-face 100a et un deuxième dispositif électronique double-face 100b, chacun des deux dispositifs électroniques double-faces 100a et 100b comportant un substrat inférieur 110a, 110b et un substrat supérieur 110e,
- 30 110f et
- un troisième dispositif électronique dit simple-face 100c comportant uniquement un substrat inférieur 110c.

Bien qu'adapté à des dispositifs électroniques double-faces, l'invention n'est cependant pas limitée exclusivement à cette configuration.

L'invention vise à couvrir toutes les combinaisons de plusieurs dispositifs électroniques, quels que soient leur nombre et la proportion de dispositifs électroniques double-faces par rapport aux
5 dispositifs électroniques simple-face. Préférentiellement, tous les dispositifs électroniques sont du même type, et préférentiellement encore tous du type double-face.

De manière avantageuse, au moins un des substrats 110 d'au moins une partie des dispositifs électronique 100 est aligné selon une ou plusieurs directions afin de définir une géométrie particulièrement avantageuse pour le module 10 conforme au premier aspect de l'invention qui
10 permet de limiter les phénomènes d'interférences entre deux dispositifs électroniques 100 d'une part, et de faciliter la connexion électrique dudit module 10 avec un circuit électrique extérieur, d'autre part.

Selon une première variante, le substrat inférieur 110 de chaque dispositif électronique 100 comprend une face qui est coplanaire avec une face du substrat 110 d'au moins un autre
15 dispositif électronique 100. Préférentiellement, les substrats inférieurs 110 de tous les dispositifs électroniques 100 sont coplanaires.

Dans l'exemple illustré sur la FIGURE 2, les faces inférieures du substrat inférieur 110a-110c de de chaque dispositif électronique 100 sont toutes coplanaires.

Une telle organisation est adaptée à un module d'électronique de puissance nécessitant
20 l'extraction d'une grande quantité de calories, en raison du traitement électrique, notamment son hachage, et de la valeur de tension ainsi traitée. Cette disposition relative des dispositifs électroniques permet d'extraire les calories par ses grandes faces et de rationaliser l'alimentation électrique de ces dispositifs, en les alignant le long d'un même bord.

Selon une deuxième variante, éventuellement complémentaire à la première variante, le substrat
25 inférieur 110a-110c ou le substrat supérieur 110e, 110f de chaque dispositif électronique 100 comprend une première face latérale qui est coplanaire avec une première face latérale du substrat d'au moins un autre dispositif électronique 100, et préférentiellement de tous les autres dispositifs électroniques 100.

Dans l'exemple illustré sur la FIGURE 2, les faces latérales 120 du substrat inférieur 110a-110c
30 de de chaque dispositif électronique 100 sont toutes coplanaires.

Selon une troisième variante, éventuellement complémentaire aux deux premières variantes, le substrat inférieur 110a-110c ou le substrat supérieur 110e, 110f de chaque dispositif

électronique 100 comprend une deuxième face latérale qui est coplanaire avec une deuxième face latérale du substrat inférieur ou supérieur d'au moins un autre dispositif électronique 100, et préférentiellement de tous les autres dispositifs électroniques 100.

5 Dans l'exemple illustré sur la FIGURE 2, les faces latérales opposées aux faces latérales 120 du substrat inférieur 110a-110c de de chaque dispositif électronique 100 sont toutes coplanaires.

Dans le mode de réalisation illustré sur la FIGURE 2, le module 10 comprend ainsi trois dispositifs électroniques 100 dont les dimensions sont identiques entre chaque dispositif électronique 100. Les dispositifs électroniques 100 sont tous alignés de manière à ce que les faces inférieures et latérales du substrat inférieur et la face supérieure des substrats supérieurs
10 soient respectivement toutes coplanaires.

La FIGURE 3 illustre une vue de détail d'un dispositif électronique 100, tel que mis en œuvre dans un module conforme au premier aspect de l'invention.

Le module 100 comprend une pluralité de composants électroniques 211-213 fixés solidairement à la surface d'un substrat 110.

15 Le substrat est agencé d'une part pour former un circuit électrique (non représenté) assurant des interconnexions entre les composants électroniques 211-213 et leur alimentation électrique et d'autre part pour participer au refroidissement desdits composants électroniques 211-213 durant leur fonctionnement. Cette problématique est accentuée en électronique de puissance qui met en œuvre des tensions et/ou des courants élevés : les dissipations de chaleur notamment par effet
20 Joules sont prépondérantes et il est indispensable de dissiper les calories produites au niveau de chaque composant afin de garantir leur bon fonctionnement et éviter des pannes.

Les composants électroniques 211-213 sont fixés à la surface du substrat 110 par tous moyens de fixation connus, et préférentiellement par brasage. Ils sont aussi connectés électriquement au circuit électrique formé sur ledit substrat 110. Avantagement, les moyens de fixation des
25 composants électroniques 211-213 sur le substrat sont conducteurs électriquement.

Les composants 211-213 sont répartis à la surface du substrat 110 selon une configuration avantageuse qui permet de limiter les phénomènes d'interférences entre deux composants électroniques 100, de répartir les sources de chaleur de manière plus homogène le long du substrat 110 durant le fonctionnement du dispositif électronique 100 et de faciliter la connexion
30 électrique dudit dispositif électronique 100 avec un circuit électrique extérieur.

Plus particulièrement, les composants 211-213 du dispositif électronique 100 illustré sur la FIGURE 3 sont sensiblement répartis suivant une direction longitudinale Y. La distance entre

deux composants 211-213 adjacents est préférentiellement constante. Cette configuration avantageuse permet d'optimiser la répartition des sources de chaleur à la surface de chaque substrat et donc, *in fine*, d'améliorer le transfert thermique des calories produites au niveau de chaque composant vers le substrat et le milieu extérieur. Cette configuration permet aussi de

5 minimiser les phénomènes d'interférence entre deux composants adjacents.

Le dispositif 100 est agencé pour former par exemple un bras d'onduleur, permettant de fournir au moins une tension et/ou au moins un courant alternatif à partir d'un signal entrant de tension et/ou de fréquence différente. Un tel dispositif 100 comprend au moins les trois types de composants ci-dessous :

- 10 – au moins un transistor bipolaire à grille isolée 211,
- au moins une diode 212, au moins une diode étant associée à au moins un transistor bipolaire à grille isolée afin de former un interrupteur bidirectionnel oscillant entre une configuration passante et une configuration bloquante à une fréquence typiquement comprise entre 10 kHz et 100 kHz,
- 15 – une piste d'alimentation 213.

Un dispositif électronique simple-face comprend un substrat inférieur 110, préférentiellement du type DBC tel que défini précédemment et sur lequel les composants 211-213 sont brasés. De manière préférentielle, les brasures de chaque composant permettent à la fois de les fixer solidairement audit substrat, mais aussi d'assurer une continuité électrique et thermique entre le

20 circuit électrique réalisé sur le substrat et ledit composant.

Un dispositif électronique double-face comprend un substrat inférieur 110 sur lequel les composants 211-213 sont brasés, et un substrat supérieur fixé solidairement aux composants par l'intermédiaire de leur face opposée à fixées sur le substrat inférieur. De manière préférentielle, les substrats inférieurs et/ou supérieurs sont du type DBC tels que définis précédemment ; et les

25 brasures de chaque composant sur les substrats inférieurs et/ou supérieurs permettent à la fois de les fixer solidairement audit substrat, mais aussi d'assurer une continuité électrique entre le circuit électrique réalisé sur le substrat et ledit composant.

En référence aux FIGURES 4 et 5, un module conforme au premier aspect de l'invention et comprenant un système de refroidissement selon son quatrième perfectionnement va maintenant

30 être décrit.

Le module 10 mis en œuvre dans le mode de réalisation illustré comprend préférentiellement au moins un dispositif électronique 100 du type double-face afin de pouvoir évacuer plus

efficacement la chaleur dissipée durant son fonctionnement. Avantageusement, tous les dispositifs électroniques 100 du module sont du type double-face.

Chaque dispositif électronique 100 est lié solidairement au système de refroidissement qui comprend une interface thermique agencée pour assurer un couplage thermique entre les
5 dispositifs électronique 100 et des conduits 321-324 agencés pour transporter un fluide caloporteur entre une première extrémité et une deuxième extrémité. L'interface thermique est elle-même en couplage thermique avec au moins une partie des dispositifs électroniques 100.

Eventuellement, le couplage thermique entre l'interface thermique et un dispositif électronique 100 est direct ou indirect, par exemple par l'intermédiaire d'un matériau thermiquement
10 conducteur tel qu'une pâte thermique.

Dans l'exemple illustré sur les FIGURES 4 et 5, l'interface thermique est en contact direct avec une face d'au moins un substrat des dispositifs électroniques 100. L'interface thermique est liée solidairement à au moins un substrat des dispositifs électroniques 100, par exemple par collage, par vissage ou par n'importe quel autre moyen d'assemblage mécanique.

15 Dans le cas où le module comprend un dispositif électronique du type double-face, l'interface thermique assure un contact thermique entre le système de refroidissement et d'une part une première face des dispositifs électroniques, i.e. leur substrat inférieur, et d'autre part une deuxième face des dispositifs électroniques, i.e. leur substrat supérieur. Les substrats supérieurs et inférieurs des dispositifs double-face peuvent être couplés thermiquement de manière directe
20 par l'intermédiaire d'une interface thermique commune ou indirecte par l'intermédiaire de deux interfaces thermiques indépendantes. Dans ce dernier cas, des moyens de fixations peuvent être prévu afin de prendre en sandwich les dispositifs électroniques avec l'interface thermique.

Préférentiellement, l'interface thermique s'étend longitudinalement selon l'axe Y et latéralement sur toute la surface de la face du substrat 110 en contact avec ladite interface
25 thermique afin de maximiser les échanges thermiques entre le dispositif électronique 100 et le système de refroidissement.

Dans le mode de réalisation illustré, l'interface thermique prend la forme d'une pluralité de collecteurs 331, 332 qui s'étendent le long d'une face du substrat 110. Les collecteurs sont agencés pour être couplés mécaniquement à la pluralité de conduits 321-324. Plus
30 particulièrement, l'interface thermique comprend deux réseaux linéaires de collecteurs 331, 332, les collecteurs de chaque réseau étant préférentiellement régulièrement espacés.

Chaque collecteur 331, 332 est préférentiellement couplé thermiquement et mécaniquement avec un conduit 321-324.

Le couplage mécanique peut être réalisé par tout moyen connu, et notamment par engagement, préférentiellement sans jeu, par exemple par brasage, le sertissage ou par collage.

Le couplage thermique de chaque conduit avec le collecteur correspondant peut-être direct ou indirect. Une colle thermique peut éventuellement être utilisée pour améliorer le couplage
5 thermique entre le collecteur 331, 332 et le conduit 321-324 correspondant.

Un premier réseau de collecteurs 331, appelés premiers collecteurs 331, est en couplage thermique avec la face d'un premier substrat 110 opposée à celle sur laquelle les composants sont fixés, par exemple la face inférieure du substrat inférieur d'un dispositif électronique 100.

Un deuxième réseau de collecteurs 332, appelés seconds collecteurs 332, est en couplage
10 thermique avec une face d'un deuxième substrat 110 opposée à celle sur laquelle les composants sont fixés, par exemple la face inférieure du substrat supérieur d'un dispositif électronique 100.

De cette manière, les deux faces d'un dispositif électronique 100 sont couplées thermiquement au système de refroidissement, améliorant ainsi la capacité du système de refroidissement à
15 pouvoir dissiper les calories produites au niveau des composants de chaque dispositif électronique 100.

Tous les collecteurs 331-332 d'un réseau de collecteur sont préférentiellement couplés thermiquement entre eux.

Dans l'exemple illustré sur la FIGURE 4, l'interface thermique comprend donc deux réseaux
20 indépendants de collecteurs comprenant chacun au moins deux collecteurs, chaque réseau de collecteurs étant préférentiellement réalisé de manière monobloc.

Préférentiellement, les collecteurs 331, 332 sont formés d'un ou plusieurs matériaux présentant un fort coefficient de conductivité thermique, tels que par exemple le cuivre, le magnésium ou l'aluminium.

25 Chaque réseau de collecteurs 331, 332 peut être réalisé de manière monolithique ou résulter de l'assemblage de plusieurs collecteurs distincts. De même, chaque collecteur peut être réalisé de manière monolithique ou résulter de l'assemblage de plusieurs pièces afin de pouvoir réaliser le couplage thermique et mécanique avec le conduit correspondant.

En référence à la FIGURE 5, les premiers et seconds collecteurs 331, 332 comprennent un
30 alésage traversant de forme concave, formé par une extrémité inférieure 3311 et par des bords latéraux 3312. La forme de l'extrémité inférieure 3311 est préférentiellement complémentaire à

celle de la section des conduits 321 avec lesquels les collecteurs 331, 332 coopèrent. Dans l'exemple illustré sur la FIGURE 5, l'extrémité inférieure 3311 des collecteurs 331, 332 prend une forme circulaire, complémentaire de la section circulaire des conduits 321-324.

5 Selon une première variante, le système de refroidissement peut comprendre une pièce de fermeture agencée pour maintenir le conduit à l'intérieur du collecteur, la pièce de fermeture étant agencée pour coopérer avec le collecteur.

Selon une deuxième variante, l'alésage d'au moins un collecteur peut prendre la forme d'un trou débouchant, par exemple circulaire, à l'intérieur duquel un conduit peut être inséré et maintenu, par exemple grâce à un assemblage sans jeu, le conduit 321-324 pouvant être inséré en force
10 dans le collecteur 331, 332.

Le système de refroidissement comprend une pluralité de conduits 321-324 agencés pour dissiper des calories, préférentiellement en faisant circuler un fluide caloporteur liquide et/ou gazeux entre une première extrémité 3211- 3241 et une deuxième extrémité 3212-3242.

Chaque conduit 321-324 comprend :

- 15
- une première partie coudée 3213-3243,
 - une deuxième partie rectiligne 3214-3244 située préférentiellement dans le prolongement direct de la première partie coudée 3213-3243, et
 - un tronçon de couplage 3215-3245 agencé pour coopérer avec un collecteur 331, 332 afin de réaliser un couplage mécanique et un couplage thermique avec ledit collecteur
20 331, 332. La longueur du tronçon de couplage est préférentiellement légèrement supérieure à celle du collecteur 331, 332 de sorte que la première extrémité 3211-3241 du conduit correspondant est située de l'autre côté dudit collecteur 331, 332 par rapport à la partie coudée.

Afin d'améliorer l'efficacité du système de refroidissement, chaque conduit est en couplage
25 thermique avec au moins un collecteur, et préférentiellement exactement un.

Préférentiellement, au moins un conduit est un caloduc.

En référence aux FIGURES 4 à 8, le système de refroidissement d'un module selon un quatrième perfectionnement peut comprendre une pluralité d'ailettes 311-314 disposées transversalement aux conduits 321-324 selon la direction X, au moins une partie desdits
30 conduits 321-324 étant en couplage thermique avec au moins une partie desdites ailettes traversées 311-314.

Les ailettes 311-314 prennent préférentiellement la forme d'une plaque plane de faible épaisseur au regard de ses dimensions latérales, typiquement comprises entre quelques dixièmes de millimètres à quelques millimètres.

- 5 Les ailettes 311-314 sont réalisées dans au moins un matériau présentant un coefficient de conductivité thermique élevé afin de favoriser les transferts de calories avec le fluide qui l'entoure, tel que par exemple l'aluminium ou cuivre.

- 10 Chaque conduit 321-324 traverse une pluralité d'ailettes 311-314. Les ailettes 311-314 comprennent ainsi au moins un évidement dont les dimensions sont légèrement supérieures à celles de la section desdits conduits traversant 321-324 de manière à garantir un couplage thermique entre les ailettes 311-314 et les conduits 321-324 et/ou le maintien des ailettes 311-314 sur les conduits 321-324.

Eventuellement, un moyen de fixation permet de fixer une ailette 311-314 sur chaque conduit traversant 321-324.

Préférentiellement, le mode de réalisation décrit met en œuvre des ailettes 311-314 qui sont :

- 15 – montées le long d'au moins un segment de la partie rectiligne 3214-3244 des conduits 321-324, et/ou
- régulièrement espacées entre elles, et/ou
- agencées de manière sensiblement parallèle entre elles, et/ou
- agencées de manière sensiblement perpendiculaire aux conduits 321-324.
- 20 Dans un plan contenant les ailettes, lesdits conduits 321-324 sont préférentiellement organisés suivant un réseau bidimensionnel, et préférentiellement suivant deux rangées distantes l'une de l'autre, une première partie des conduits 321-324 étant alignée selon une première ligne et une deuxième partie des conduits 321-324 étant alignée selon une deuxième ligne.

- 25 Sur la FIGURE 6, les conduits 321 sont alignés suivant la première ligne dite supérieure et située au-dessus de la deuxième ligne dite inférieure selon laquelle les conduits 322 sont alignés.

Selon une première variante, les ailettes 311-314 associées aux conduits 321-324 alignés suivant la première ligne supérieure sont distinctes des ailettes 311-314 associées aux conduits 321-324 alignés suivant la deuxième ligne inférieure.

Selon une seconde variante, les conduits 321-324 alignés suivant la première ligne supérieure et les conduits 321-324 alignés suivant la deuxième ligne inférieure sont couplés thermiquement et/ou mécaniquement avec le même groupe d'ailettes 311-314, chaque ailette étant traversée simultanément par un conduit 321-324 associé à la ligne supérieure et un autre conduit 321-324 associé à la ligne inférieure.

Plusieurs configurations sont possibles quant à la répartition latérale des conduits 321-324. Les différentes configurations couvertes par la présente invention exploitent toutes les combinaisons permettant de répartir les conduits 321-324 latéralement au-delà des premières et deuxièmes faces régulées des dispositifs électroniques et selon la première et/ou la deuxième ligne telles que définies précédemment.

Selon une première configuration, les conduits 321-324 peuvent être montés sur les collecteurs 331-332 et alternativement orientés latéralement au-delà de la première face régulée et au-delà de la deuxième face régulée. Les conduits 321-324 d'un même réseau de collecteurs 331-332 peuvent être tous alignés suivant la première ligne ou être répartis suivant les premières et deuxièmes lignes.

Selon une deuxième configuration, les conduits 321-324 d'un même réseau de collecteurs 331-332 sont tous orientés du même côté par rapport à la première ou la deuxième face régulée. Les conduits 321-324 d'un même réseau de collecteurs 331-332 peuvent être tous alignés suivant la première ligne ou être répartis suivant les premières et deuxièmes lignes.

Sur le mode de réalisation illustré à la FIGURE 4, une première partie des conduits 321 associés aux premiers collecteurs 331 est orientée latéralement d'un premier côté du dispositif électronique 100 et une deuxième partie des conduits 324 associés aux premiers collecteurs 331 est orientée latéralement d'un deuxième côté du dispositif électronique 100 opposé au premier côté. De même, une première partie des conduits 324 associés aux seconds collecteurs 332 est orientée latéralement d'un premier côté du dispositif électronique 100 et une deuxième partie des conduits 324 associés aux seconds collecteurs 332 est orientée latéralement d'un deuxième côté du dispositif électronique 100 opposé au premier côté. De manière optionnelle, cette alternance dans le sens d'extension des conduits est faite entre deux conduits immédiatement adjacents l'un à l'autre. L'invention couvre également le cas où un premier couple de conduits est alterné à un deuxième couple de conduits.

Cette configuration avantageuse permet astucieusement de projeter les surfaces d'échanges thermique dans des zones différentes et distantes l'une de l'autre par rapport aux dispositifs électroniques 100. Ainsi, pour une face de refroidissement donnée d'un module électronique 100, la dissipation thermique est assurée conjointement par une première partie du système de

refroidissement située d'un premier côté dudit dispositif et par une deuxième partie située d'un deuxième côté opposé audit premier côté.

Avantageusement, comme visible sur les FIGURES 6 et 8, les conduits 321 alignés selon la première ligne et les conduits 322 alignés selon la deuxième ligne sont organisés en quinconce dans un plan formé par une ailette. Les conduits 321 alignés selon la première ligne sont tous alignés avec un pas d'espacement constant. De même, les conduits alignés selon la deuxième ligne 322 sont tous alignés avec un pas d'espacement constant. Préférentiellement, le pas d'espacement des conduits alignés selon la deuxième ligne 322 est identique au pas d'espacement des conduits alignés selon la première ligne 321.

L'organisation en quinconce des conduits 321-324 est réalisée grâce à un décalage des conduits 321 de la première ligne par rapport aux conduits 322 de la deuxième ligne. Le décalage est avantageusement égal à la moitié du pas d'espacement des conduits 321-234.

Cette configuration astucieuse permet de favoriser l'écoulement d'air entre chaque conduit 321-324 et d'éviter que, dans une direction perpendiculaire à la direction d'alignement des conduits 321-324, l'échange thermique entre chaque conduit 321-324 et l'air soit maximal. Plus particulièrement, la configuration en quinconce des conduits 321-324 permet de limiter les interférences entre les conduits 321-324, notamment par l'effet d'ombrage qu'une superposition de conduit implique.

Préférentiellement, les conduits traversent les ailettes de manière à ce que, dans le plan desdites ailettes, la surface de l'ailette située au-dessus desdits conduits soit égale à celle située en-dessous.

Conformément aux FIGURES 4, 7 et 8, et selon un cinquième perfectionnement du premier aspect de l'invention, le module 10 comprend aussi un organe de connexion électrique 520 agencé pour alimenter électriquement au moins une partie des dispositifs électroniques 10, ledit organe de connexion électrique 520 s'étendant dans au moins une partie des dispositifs électroniques. L'organe de connexion 520 comprend préférentiellement (i) une pluralité de pattes de connexion 521 en contact électrique avec au moins un des dispositifs électroniques, chaque patte de connexion 521 s'étendant latéralement entre deux conduits adjacents 321-324, et (ii) au moins une cosse 511-516 électriquement liée à au moins une partie de pattes de connexion 521 par l'intermédiaire d'un tronçon longitudinal 523. L'organe de connexion électrique 520 est agencé pour établir au moins une connexion électrique avec au moins un des dispositifs électroniques 10 au niveau d'au moins une piste d'alimentation 213.

Sur les FIGURES 4, 7 et 8, l'organe de connexion 520 représenté prend la forme d'un peigne de connexion 520.

Le module 10 comprend deux groupes de peignes de connexion électrique 520 situés chacun de part et d'autre des dispositifs électroniques 100. Chaque groupe comprend un nombre de peigne
5 préférentiellement égal au nombre de dispositifs électroniques 100 du module 10. Dans l'exemple illustré, deux groupes de trois peignes 520 sont disposés de part et d'autre des dispositifs électroniques.

Chaque peigne 520 comprend une cosse 511-516 agencée pour pouvoir y connecter un conducteur électrique, par exemple par brasage ou vissage. Dans l'exemple illustré, chaque
10 cosse prend la forme d'une pate plate présentant une ouverture centrale afin de pouvoir y introduire un conducteur électrique pour établir une connexion électrique.

Les cosses 511-516 sont avantageusement situées latéralement au-delà des conduits et des ailettes afin de pouvoir connecter facilement un conducteur électrique.

Chaque peigne 520 et chaque cosse 511-516 sont au moins partiellement conducteurs. Ils sont
15 par exemple formés au moins en partie d'un matériau métallique tel que du cuivre.

Ainsi, chaque peigne 520 est agencé pour établir une connexion électrique entre la cosse correspondante 511-516 et l'un des dispositifs électroniques 100, chaque peigne étant relié préférentiellement à un dispositif électronique 100 différent, par exemple par brasage sur un plot 213c ou 213d illustré sur la FIGURE 3.

20 Une première partie des cosses 511-516 est préférentiellement agencée pour conduire un courant électrique entrant transporté par un conducteur électrique vers au moins un des dispositifs électroniques 100. Une deuxième partie des cosses 511-516 est préférentiellement agencée pour conduire un courant électrique sortant mis en forme par au moins un des dispositifs électroniques 100 vers un conducteur électrique.

25 Chaque peigne 520 est isolé électriquement par rapport aux autres peignes 520.

Eventuellement, chaque peigne 520 peut être réalisé de manière monolithique, ou une partie d'entre eux peut être réalisée de manière monolithique, notamment ceux qui sont situés d'un même côté des dispositifs électroniques 100.

Les FIGURES 9 et 10 illustre une vue en perspective d'un module 10 conforme au premier
30 aspect de l'invention et mettant en œuvre un boîtier et/ou des ventilateurs selon son cinquième

perfectionnement. Dans la FIGURE 9 identique à la FIGURE 10, une moitié du boîtier n'a pas été représentée pour faciliter la compréhension.

De manière additionnelle aux autres éléments déjà décrit précédemment, pris en combinaison ou de manière isolée, un tel module 10 comprend ainsi :

- 5 – un boîtier 700 ouvert sur au moins deux faces opposées, dites de soufflage A-F, et situées perpendiculairement à la pluralité d'ailettes, et/ou
- au moins un ventilateur 711-713 situé dans le prolongement d'une face de soufflage et agencé pour souffler de l'air au travers de la pluralité d'ailettes 311-314 et des conduits 321-324.

- 10 Le module 10 décrit sur les FIGURES 9 et 10 comprend trois dispositifs électroniques alignés longitudinalement selon la direction Y et selon la configuration illustrée sur la FIGURE 2.

Le boîtier 700 comprend une pluralité de plaques 701-705 agencées pour former un boîtier autour de l'au moins un dispositif électronique 100 et/ou du système de refroidissement. Les plaques peuvent être liées solidairement entre elles ou fixées directement sur le module 10.

- 15 Le boîtier comprend éventuellement des moyens de fixation coopérant avec des moyens complémentaires sur le module 10, de manière à ce que le boîtier soit maintenu en position une fois fixé sur ledit module 100.

- 20 Les deuxièmes extrémités de chaque conduit 321-324 sont préférentiellement situées à l'extérieur du boîtier 700. À cet effet, la face latérale 704 comprend des ouvertures dont les dimensions sont légèrement supérieures à celles du conduit 321-324 et/ou de sa deuxième extrémité 3212-3234.

- 25 Le boîtier comprend une première face ouverte 730 et/ou une deuxième face ouverte 740, c'est-à-dire non obstruées par une plaque, de manière à ce qu'une circulation de l'air soit possible entre les ailettes 311-314, l'air s'engouffrant entre lesdites ailettes 311-314 par la première face ouverte 730 et, éventuellement, ressortant par la deuxième face ouverte 740. D'une manière plus générale, le boîtier est agencé pour former entre les faces de soufflage un canal d'air traversant le système de refroidissement au niveau de la pluralité de conduits 321-324 et de la pluralité d'ailettes 311-314.

- 30 La circulation de l'air à l'intérieur du système de refroidissement peut être naturelle ou forcée, grâce notamment à au moins un ventilateur 711-713.

Préférentiellement, le module 10 conforme au premier aspect de l'invention comprend ainsi deux canaux d'air traversant le système de refroidissement :

- 5 – un premier canal d'air est formé d'un premier côté de l'au moins un dispositif électronique 100, au-delà de la première face régulée et au niveau de la partie rectiligne 3214, 3224 de la pluralité de conduits 321, 322 et de la pluralité d'ailettes 311, 312. Le premier canal d'air est visible sur la FIGURE 9 entre les flèches 730 et 740 du côté de la partie visible du boîtier 700 ; et
- 10 – un deuxième canal est formé d'un deuxième côté de l'au moins un dispositif électronique 100, au-delà de la deuxième face régulée et au niveau de la partie rectiligne 3234, 3244 de la pluralité de conduits 323, 324 et de la pluralité d'ailettes 313, 314. Le deuxième canal d'air est matérialisé par les deux groupes d'ailettes mises à nues sur la FIGURE 9.

15 Les premier et deuxième canaux d'air sont avantageusement orientés perpendiculairement aux ailettes 311-314, et préférentiellement dans le sens longitudinal du module 10. Plus particulièrement, les faces de soufflage sont disposées d'une manière telle qu'un flux d'air s'y écoulant de manière laminaire puisse atteindre chaque conduit sans détours.

De manière avantageuse, les dimensions des parties rectilignes 3214-3244 des conduits 321-324 correspondent aux dimensions latérales d'un ventilateur 711-716.

Le mode de réalisation préféré de l'invention va maintenant être décrit.

20 Dans le mode de réalisation préféré, le module 10 conforme au premier aspect de l'invention comprend :

- 25 – trois dispositifs électroniques 100, chaque dispositif électronique 100 comprenant un substrat inférieur et un substrat supérieur, les trois dispositifs étant alignés selon une direction longitudinale Y et les faces opposées de chaque substrat inférieur et respectivement supérieur étant respectivement toutes coplanaires entre elles ;
- un système de refroidissement conforme aux perfectionnements de l'invention et comprenant :
 - des premiers collecteurs 331 en couplage thermique avec toute la surface de la première face régulée de chaque dispositif électronique 100 ;
 - 30 – des seconds collecteurs 332 en couplage thermique avec toute la surface de la première face régulée de chaque dispositif électronique 100 ;

- une pluralité de caloducs 321-324, chaque collecteur 331, 332 étant couplé thermiquement avec un caloduc 321-324 ;
- une pluralité d'ailettes 311-314 disposées le long de la partie rectiligne 3214-3244 de chaque caloduc 321-324 perpendiculairement auxdits caloducs 321-324 ;
- 5 – six ventilateurs 711-716 disposés perpendiculairement aux parties rectilignes 3214-3244 des caloducs 321-324 ;
- un boîtier 700.

Dans le mode de réalisation préféré, une première partie des caloducs 321, 322 associés aux premiers collecteurs 331 s'étend latéralement au-delà de la première face régulée et une
10 deuxième partie des caloducs 321, 322 associés aux premiers collecteurs 331 s'étend latéralement au-delà de la première face régulée. De plus, chaque caloduc 321, 322 associé aux premiers collecteurs 331 s'étend dans une direction différente de celle dans laquelle s'étend le caloduc 321, 322 directement adjacent.

De manière comparable, une première partie des caloducs 323, 324 associés aux seconds
15 collecteurs 332 s'étend latéralement au-delà de la première face régulée et une deuxième partie des caloducs 323, 324 associés aux seconds collecteurs 332 s'étend latéralement au-delà de la première face régulée. De plus, chaque caloduc 323, 324 associé aux seconds collecteurs 332 s'étend dans une direction différente de celle dans laquelle s'étend le caloduc 323, 324 directement adjacent.

20 Chaque première et deuxième partie des caloducs 321-324 associés respectivement aux premiers et seconds collecteurs est en couplage thermique avec une partie distincte des ailettes 311-314. En d'autres termes, les ailettes 311-314 sont agencées en quatre groupes distincts, chaque groupe d'ailette 311-314 étant en couplage thermique avec une et une seule des premières et deuxièmes parties de caloducs 321-324 définies précédemment.

25 Les ventilateurs 711-716 sont répartis autour des dispositifs électroniques 100 de manière à souffler de l'air au niveau des parties rectilignes 3214-3244 des caloducs 321-324, chaque face régulée de chaque dispositif électronique 100 étant ainsi régulée thermiquement par l'intermédiaire de deux ventilateurs 711-716 distincts et distants l'un de l'autre, associés à un jeu de caloducs 321-324 et d'ailettes 311-314 distincts et distants.

30 Ce mode de réalisation préféré propose ainsi un module d'électronique de puissance dont la conception astucieuse optimise la gestion des aspects thermiques. L'utilisation d'un système de refroidissement actif associant des caloducs à des ailettes et des ventilateurs dans une configuration nouvelle et avantageuse permet d'améliorer la fiabilité et la robustesse dudit

module. En effet, pour chacune des faces régulées des dispositifs électroniques, la redondance et la distribution spatiale des éléments qui composent ledit échangeur thermique permet d'assurer un refroidissement même lorsqu'un ventilateur tombe en panne.

- 5 Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention. Notamment, les différentes caractéristiques, formes, variantes et modes de réalisation de l'invention peuvent être associées les unes avec les autres selon diverses combinaisons dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes des autres. En particulier toutes les variantes et modes de réalisation décrits précédemment sont combinables entre eux.

10

Revendications

1. Module d'électronique de puissance pour commander un système électrique multiphasé, ledit module comprenant une pluralité de dispositifs électroniques agencés pour mettre en forme un signal électrique dit entrant en une pluralité de signaux électriques dits sortants
5 agencés pour alimenter ledit système électrique multiphasé, chaque dispositif électronique comportant :
 - un substrat dit inférieur agencé pour former un circuit électrique,
 - au moins un composant électronique lié solidairement au substrat inférieur et connecté électriquement au circuit électrique,
- 10 caractérisé en ce que le substrat inférieur de chaque dispositif électronique comprend une face inférieure qui est coplanaire avec une face inférieure du substrat d'au moins un autre dispositif électronique constitutif du module d'électronique de puissance.
2. Module selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend par ailleurs au moins un système de refroidissement comprenant :
 - 15 – au moins une interface thermique en couplage thermique avec au moins un des dispositifs électroniques,
 - une pluralité de conduits en couplage thermique avec l'interface thermique, lesdits conduits étant agencés pour transporter un fluide caloporteur entre une première extrémité et une deuxième extrémité.
- 20 3. Module selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'interface thermique comprend :
 - une pluralité de premiers collecteurs en couplage thermique avec au moins une face du substrat inférieur, dite première face régulée, d'au moins un des dispositifs électroniques, et/ou
 - 25 – une pluralité de seconds collecteurs en couplage thermique avec au moins une face du substrat supérieur, dite deuxième face régulée, d'au moins un des dispositifs électroniques.
4. Module selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que la pluralité des conduits comprend un tronçon qui s'étend transversalement et/ou perpendiculairement
30 par rapport aux dispositifs électroniques correspondants.

5. Module selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que chaque conduit comprend une première partie coudée et une deuxième partie rectiligne.
6. Module selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé en ce qu'au moins une partie des conduits s'étend latéralement au-delà de la première face régulée et/ou au-delà de la deuxième face régulée.
7. Module selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, caractérisé en ce qu'un premier conduit couplé thermiquement avec la première face régulée s'étend latéralement au-delà de ladite première face régulée et un deuxième conduit couplé thermiquement avec ladite première face régulée et adjacent audit premier conduit s'étend latéralement au-delà de la deuxième face régulée.
8. Module selon l'une quelconque des revendications 3 à 7, caractérisé en ce qu'un premier conduit couplé thermiquement avec la deuxième face régulée s'étend latéralement au-delà de ladite deuxième face régulée et un deuxième conduit couplé thermiquement avec ladite deuxième face régulée et adjacent audit premier conduit s'étend latéralement au-delà de la deuxième face régulée.
9. Module selon l'une quelconque des revendications 3 à 8, caractérisé en ce que le système de refroidissement comprend une pluralité d'ailettes disposées transversalement aux conduits, au moins une partie desdits conduits étant en couplage thermique avec au moins une partie desdites ailettes traversées.
10. Module selon la revendication précédente, caractérisé en ce que chaque ailette est agencée d'une part de manière sensiblement parallèle aux autres ailettes et d'autre part de manière sensiblement perpendiculaire aux conduits.
11. Module selon l'une quelconque des revendications 9 ou 10, caractérisé en ce que le système de refroidissement comprend par ailleurs un boîtier ouvert sur au moins deux faces opposées, dites de soufflage, et situées perpendiculairement à la pluralité d'ailettes.
12. Module selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un ventilateur situé dans le prolongement d'une face de soufflage et agencé pour souffler de l'air au travers de la pluralité d'ailettes.

13. Module selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, caractérisé en ce que, dans un plan contenant une ailette, une première partie des conduits est alignée selon une première ligne et une deuxième partie des conduits est alignée selon une deuxième ligne.
- 5 14. Module selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, caractérisé en ce qu'il comprend un organe de connexion électrique agencé pour alimenter électriquement au moins une partie des dispositifs électroniques, ledit organe de connexion électrique étant situé dans une position intermédiaire entre l'interface thermique et ladite au moins une partie des dispositifs électroniques.
- 10 15. Module selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'organe de connexion électrique comprend :
- une pluralité de pattes de connexion en contact électrique avec un des dispositifs électroniques, chaque patte de connexion s'étendant entre deux conduits,
 - au moins une cosse électriquement liée à la pluralité de pattes de connexion, ladite au moins une cosse étant située au-delà des conduits et agencée pour permettre d'y
- 15 connecter un conducteur électrique.
16. Véhicule motorisé comprenant un ensemble comprenant un moteur électrique et un module de puissance selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moteur électrique est commandé par le module de puissance selon l'une quelconque des revendications précédentes.

1/5

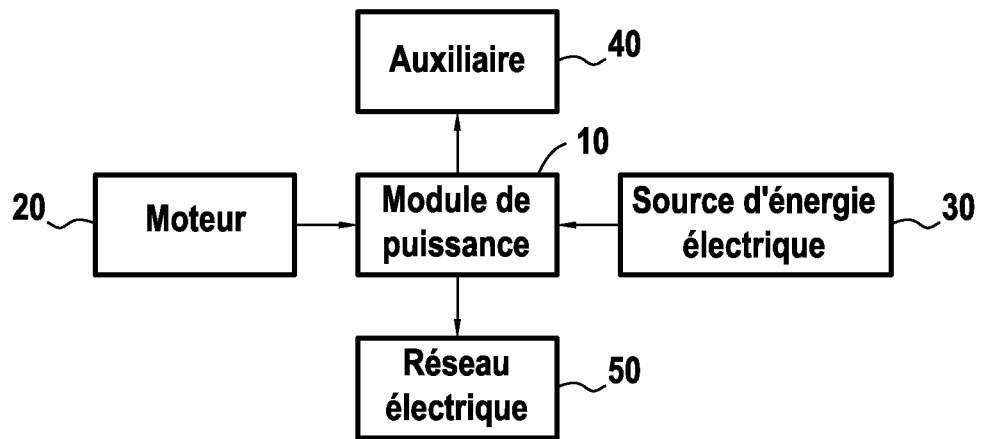


FIG.1

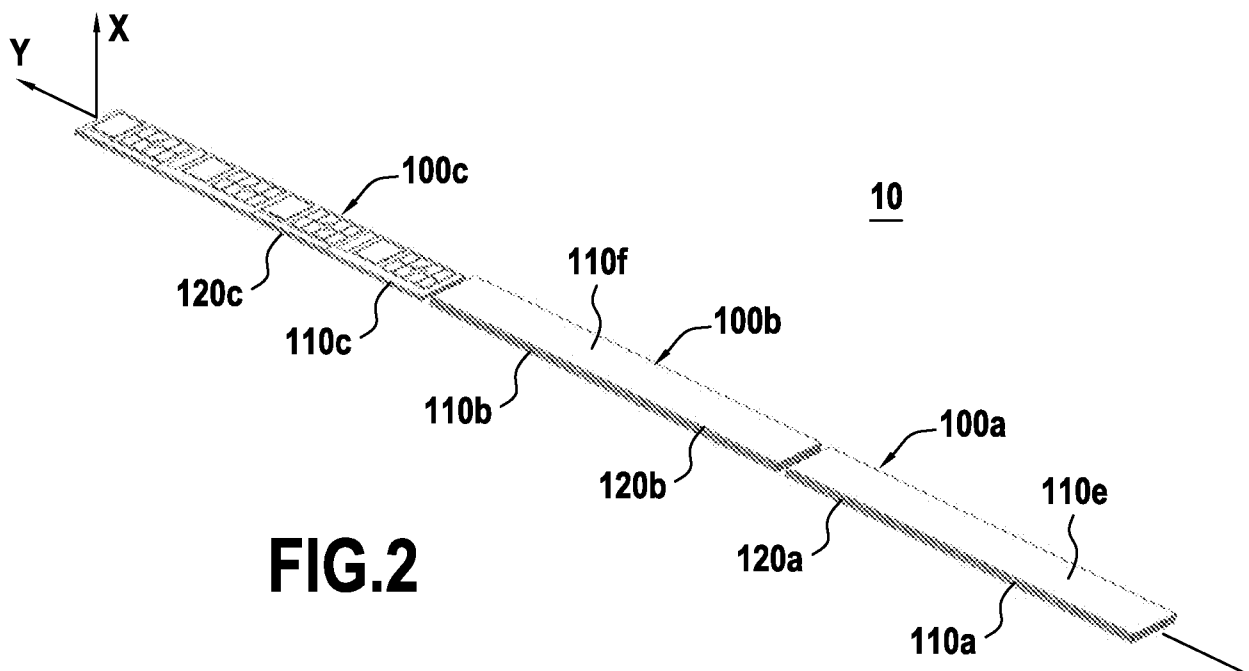


FIG.2

2/5

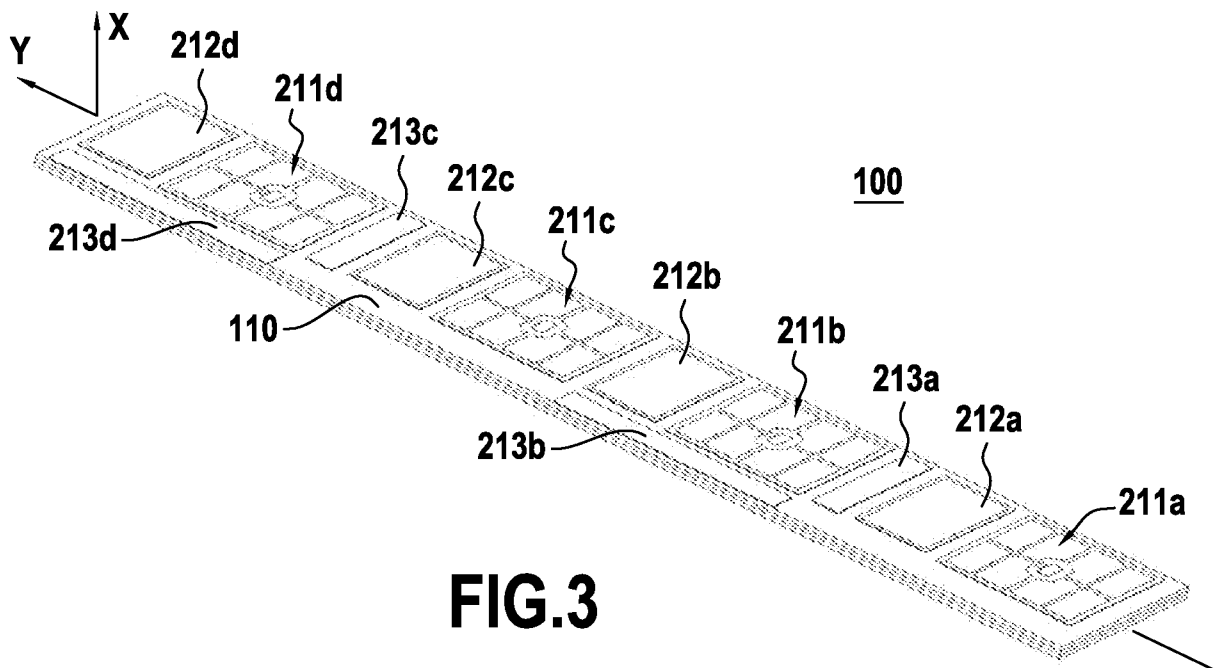


FIG. 3

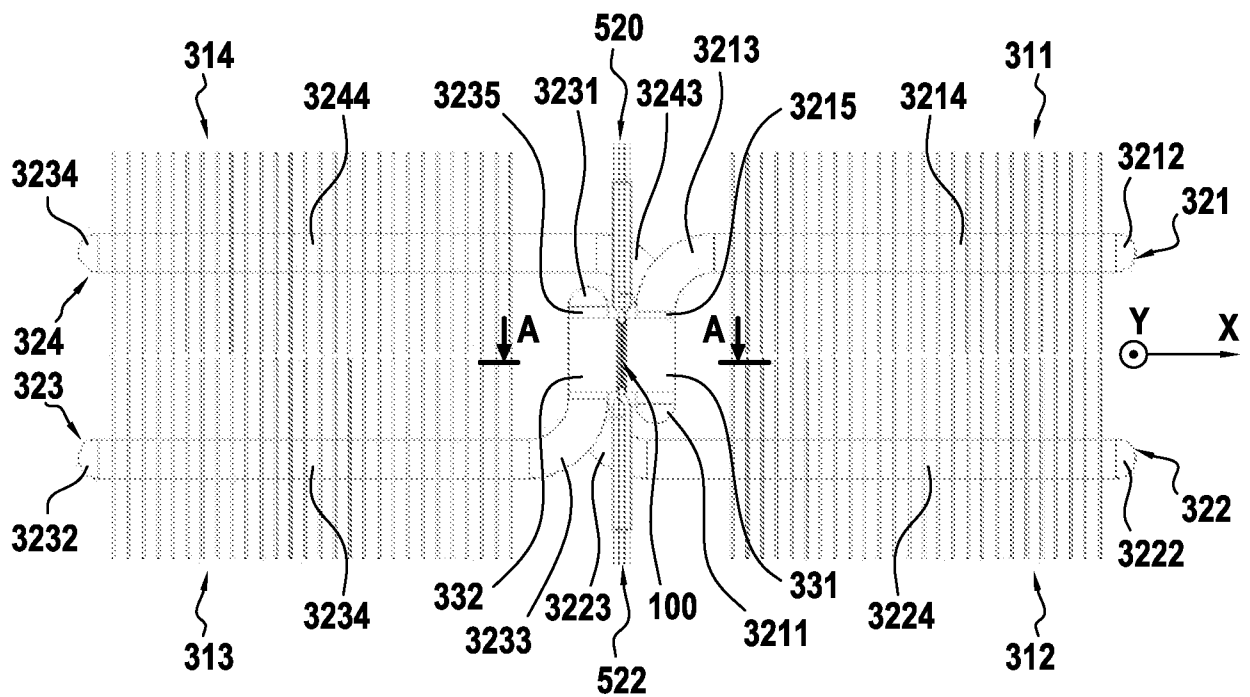


FIG. 4

3/5

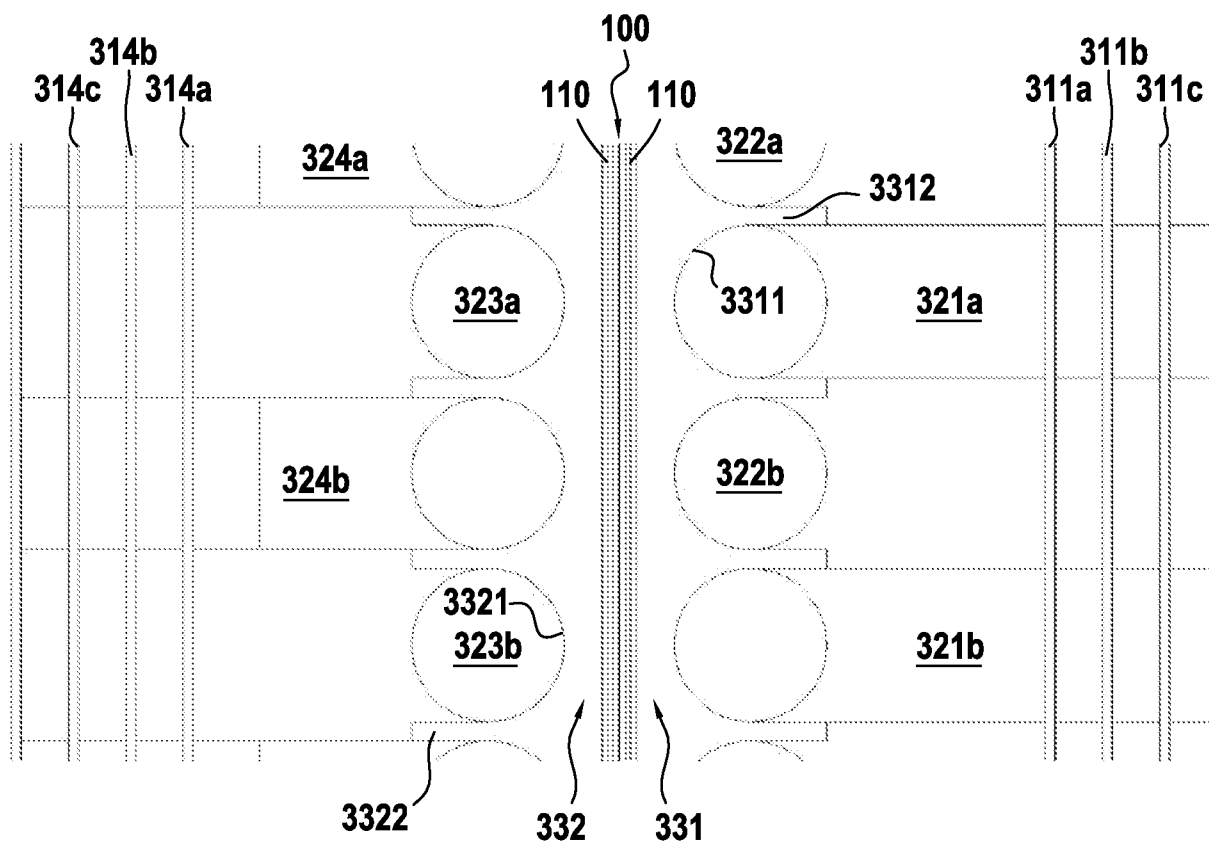


FIG.5

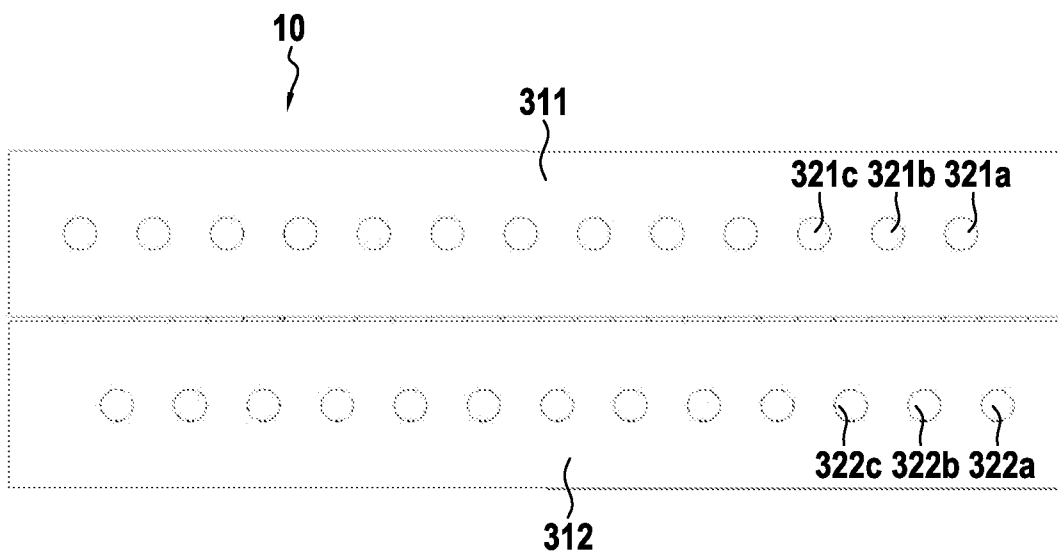
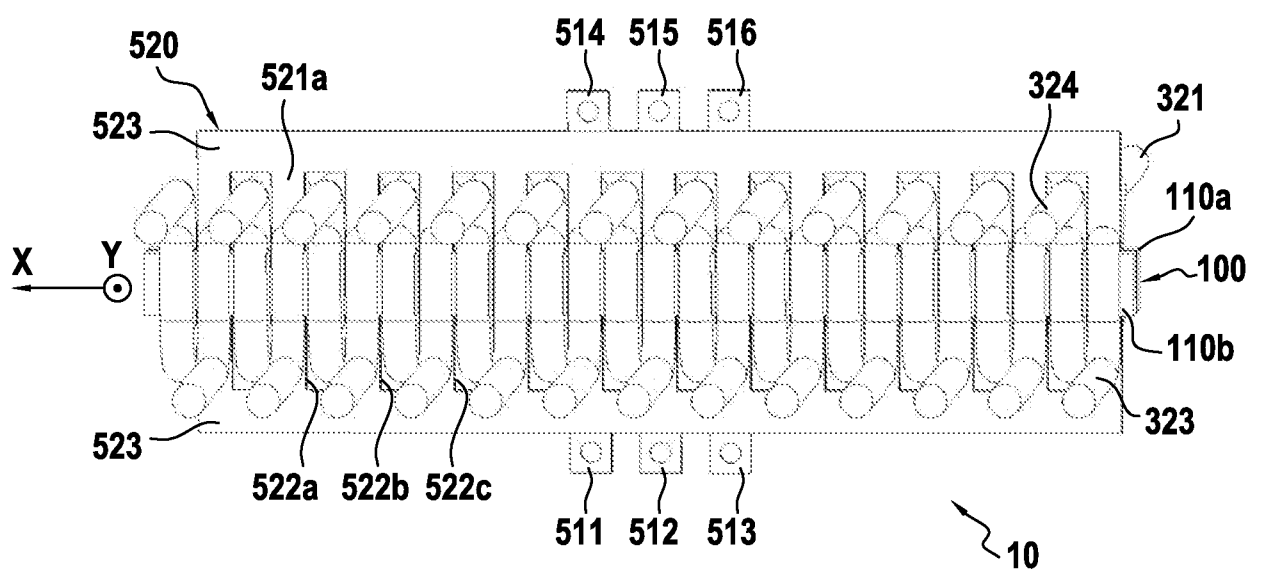
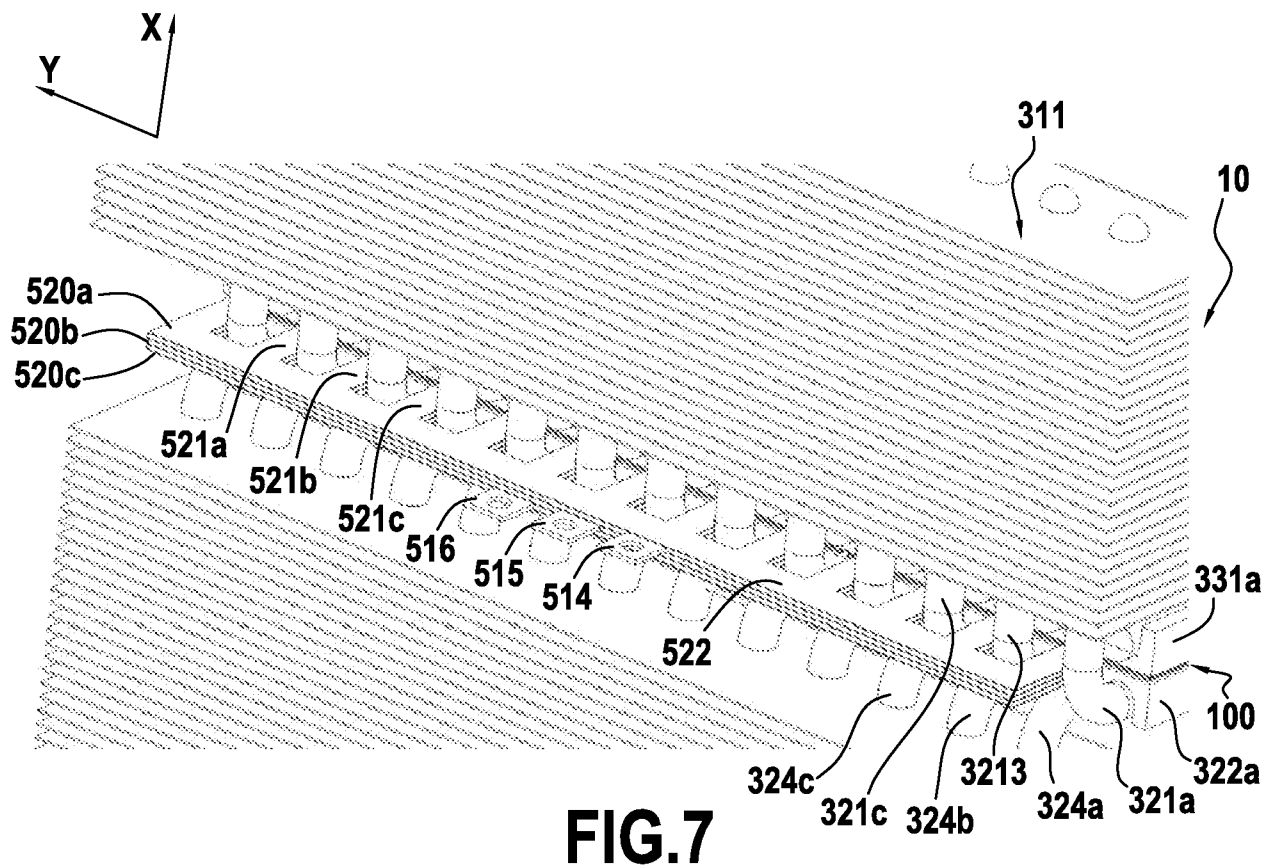
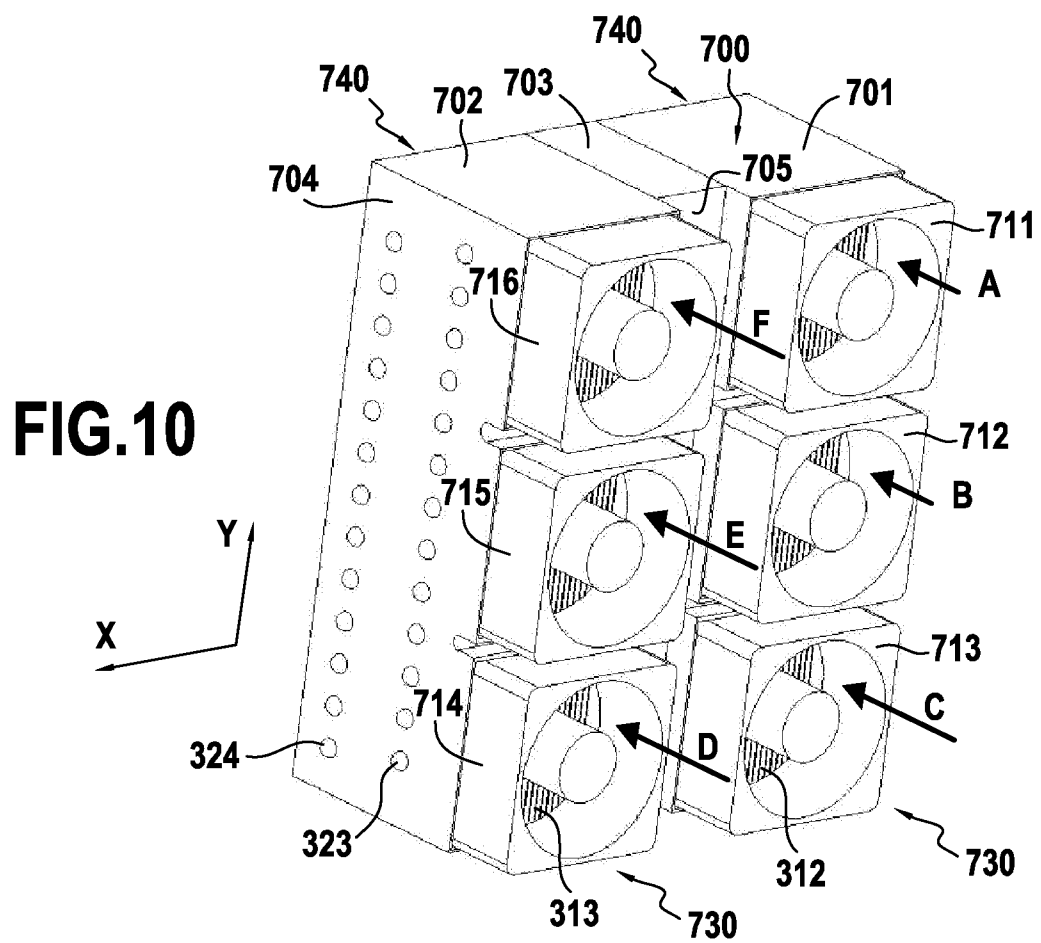
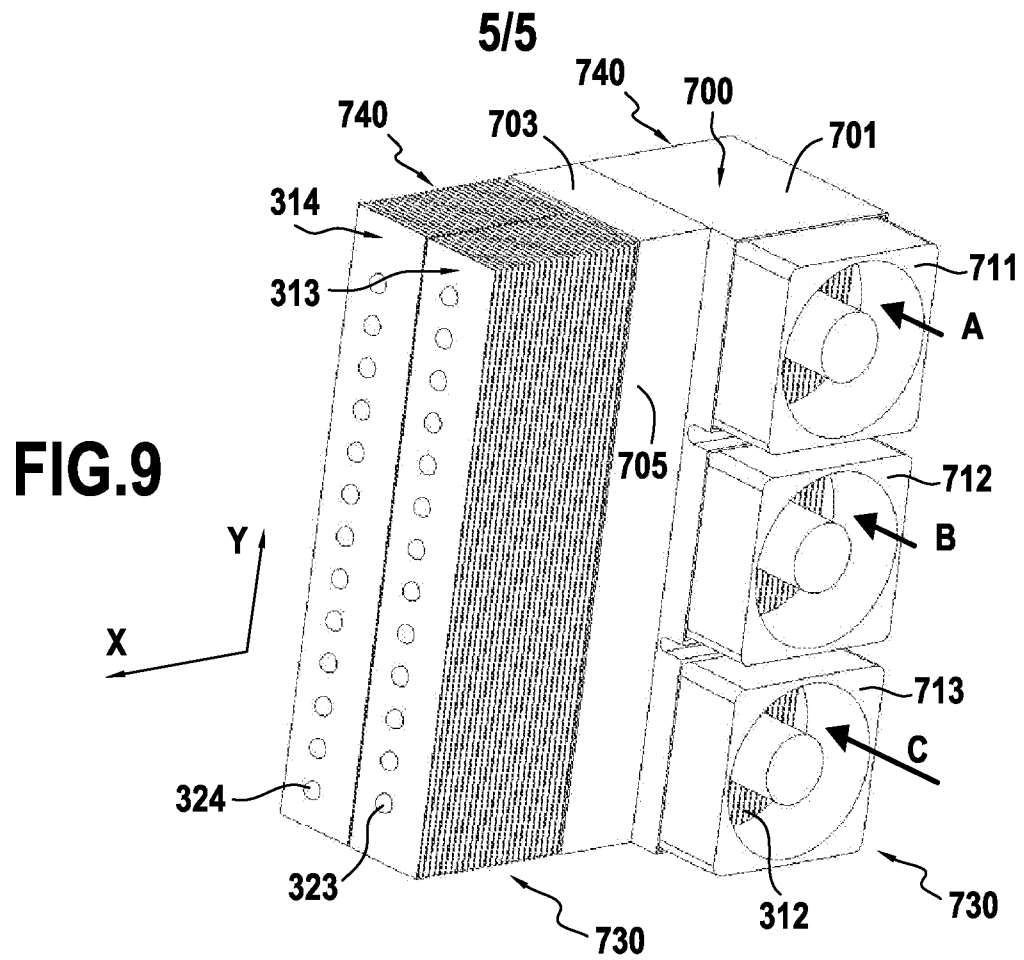


FIG.6

4/5





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2017/050460

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H05K7/14 H01L25/07 H05K7/20 H02M7/00
ADD.

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 H01L H02M

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 1 467 607 A1 (ALSTOM [FR]) 13 October 2004 (2004-10-13)	1,2,16
Y	paragraphs [0015] - [0054]; figures 1-7 -----	3-15
Y	US 2016/007507 A1 (MABUCHI YUUCHI [JP] ET AL) 7 January 2016 (2016-01-07)	3-15
	paragraphs [0019] - [0043]; figures 1-5 -----	
X	US 2006/119512 A1 (YOSHIMATSU NAOKI [JP] ET AL) 8 June 2006 (2006-06-08)	1,2,16
	paragraphs [0024] - [0027]; figures 1-4 -----	
X	EP 2 006 989 A2 (HITACHI LTD [JP]) 24 December 2008 (2008-12-24)	1,2,16
	paragraphs [0005] - [0053]; figures 1,2 -----	
	-/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

9 June 2017

Date of mailing of the international search report

19/06/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sozzi, Roberto

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2017/050460

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 158 656 A1 (ALSTOM [FR]) 28 November 2001 (2001-11-28) paragraphs [0001] - [0016]; figures 1-4 -----	1,2,16
X	US 2006/007720 A1 (PFEIFER DAVID W [US] ET AL) 12 January 2006 (2006-01-12) paragraphs [0063] - [0096]; figures 1-5 -----	1,2
A	EP 0 577 099 A2 (HITACHI LTD [JP]) 5 January 1994 (1994-01-05) abstract; figures 1-7 -----	2-13
A	JP 2012 059952 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 22 March 2012 (2012-03-22) figures 1-8 -----	2-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2017/050460

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1467607	A1	13-10-2004	AT 371360 T 15-09-2007
		DE 602004008365 T2 15-05-2008	
		EP 1467607 A1 13-10-2004	
		ES 2290622 T3 16-02-2008	
		FR 2853808 A1 15-10-2004	
		JP 2004312997 A 04-11-2004	
		US 2004207968 A1 21-10-2004	
US 2016007507	A1	07-01-2016	JP 2016015845 A 28-01-2016
		US 2016007507 A1 07-01-2016	
US 2006119512	A1	08-06-2006	DE 102005057981 A1 14-06-2006
		JP 2006190972 A 20-07-2006	
		US 2006119512 A1 08-06-2006	
EP 2006989	A2	24-12-2008	CN 101371429 A 18-02-2009
		CN 101777849 A 14-07-2010	
		CN 101873076 A 27-10-2010	
		EP 2006989 A2 24-12-2008	
		EP 2608380 A2 26-06-2013	
		JP 4848187 B2 28-12-2011	
		JP 2007195292 A 02-08-2007	
		US 2010188813 A1 29-07-2010	
		US 2010188814 A1 29-07-2010	
		US 2011235270 A1 29-09-2011	
		US 2013223009 A1 29-08-2013	
		US 2015313040 A1 29-10-2015	
		WO 2007083648 A1 26-07-2007	
EP 1158656	A1	28-11-2001	CA 2348146 A1 22-11-2001
		EP 1158656 A1 28-11-2001	
		ES 2346849 T3 21-10-2010	
		FR 2809281 A1 23-11-2001	
		JP 2002016216 A 18-01-2002	
		US 2001055714 A1 27-12-2001	
US 2006007720	A1	12-01-2006	NONE
EP 0577099	A2	05-01-1994	AU 4158093 A 13-01-1994
		CN 1081788 A 09-02-1994	
		DE 69316795 D1 12-03-1998	
		DE 69316795 T2 09-07-1998	
		EP 0577099 A2 05-01-1994	
		JP 3067399 B2 17-07-2000	
		JP H0621289 A 28-01-1994	
		US 5925929 A 20-07-1999	
		ZA 9304733 B 24-01-1994	
JP 2012059952	A	22-03-2012	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2017/050460

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H05K7/14 H01L25/07 H05K7/20 H02M7/00 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 H01L H02M		
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 1 467 607 A1 (ALSTOM [FR]) 13 octobre 2004 (2004-10-13)	1,2,16
Y	alinéas [0015] - [0054]; figures 1-7 -----	3-15
Y	US 2016/007507 A1 (MABUCHI YUUICHI [JP] ET AL) 7 janvier 2016 (2016-01-07) alinéas [0019] - [0043]; figures 1-5 -----	3-15
X	US 2006/119512 A1 (YOSHIMATSU NAOKI [JP] ET AL) 8 juin 2006 (2006-06-08) alinéas [0024] - [0027]; figures 1-4 -----	1,2,16
X	EP 2 006 989 A2 (HITACHI LTD [JP]) 24 décembre 2008 (2008-12-24) alinéas [0005] - [0053]; figures 1,2 ----- -/-	1,2,16
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ 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		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
9 juin 2017		19/06/2017
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 Sozzi, Roberto

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 1 158 656 A1 (ALSTOM [FR]) 28 novembre 2001 (2001-11-28) alinéas [0001] - [0016]; figures 1-4 -----	1,2,16
X	US 2006/007720 A1 (PFEIFER DAVID W [US] ET AL) 12 janvier 2006 (2006-01-12) alinéas [0063] - [0096]; figures 1-5 -----	1,2
A	EP 0 577 099 A2 (HITACHI LTD [JP]) 5 janvier 1994 (1994-01-05) abrégé; figures 1-7 -----	2-13
A	JP 2012 059952 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 22 mars 2012 (2012-03-22) figures 1-8 -----	2-13

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2017/050460

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1467607	A1	13-10-2004	AT 371360 T	15-09-2007
			DE 602004008365 T2	15-05-2008
			EP 1467607 A1	13-10-2004
			ES 2290622 T3	16-02-2008
			FR 2853808 A1	15-10-2004
			JP 2004312997 A	04-11-2004
			US 2004207968 A1	21-10-2004

US 2016007507	A1	07-01-2016	JP 2016015845 A	28-01-2016
			US 2016007507 A1	07-01-2016

US 2006119512	A1	08-06-2006	DE 102005057981 A1	14-06-2006
			JP 2006190972 A	20-07-2006
			US 2006119512 A1	08-06-2006

EP 2006989	A2	24-12-2008	CN 101371429 A	18-02-2009
			CN 101777849 A	14-07-2010
			CN 101873076 A	27-10-2010
			EP 2006989 A2	24-12-2008
			EP 2608380 A2	26-06-2013
			JP 4848187 B2	28-12-2011
			JP 2007195292 A	02-08-2007
			US 2010188813 A1	29-07-2010
			US 2010188814 A1	29-07-2010
			US 2011235270 A1	29-09-2011
			US 2013223009 A1	29-08-2013
			US 2015313040 A1	29-10-2015
			WO 2007083648 A1	26-07-2007

EP 1158656	A1	28-11-2001	CA 2348146 A1	22-11-2001
			EP 1158656 A1	28-11-2001
			ES 2346849 T3	21-10-2010
			FR 2809281 A1	23-11-2001
			JP 2002016216 A	18-01-2002
			US 2001055714 A1	27-12-2001

US 2006007720	A1	12-01-2006	AUCUN	

EP 0577099	A2	05-01-1994	AU 4158093 A	13-01-1994
			CN 1081788 A	09-02-1994
			DE 69316795 D1	12-03-1998
			DE 69316795 T2	09-07-1998
			EP 0577099 A2	05-01-1994
			JP 3067399 B2	17-07-2000
			JP H0621289 A	28-01-1994
			US 5925929 A	20-07-1999
			ZA 9304733 B	24-01-1994

JP 2012059952	A	22-03-2012	AUCUN	
