

(19)



(11)

**EP 4 078 058 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:  
**05.02.2025 Bulletin 2025/06**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):  
**F28D 9/00 (2006.01) F28F 3/02 (2006.01)**  
**F28F 3/06 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **20845201.1**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
**F28D 9/0025; F28D 9/0062; F28F 3/02;**  
**F28F 3/025; F28F 3/06**

(22) Date de dépôt: **15.12.2020**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/FR2020/052436**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2021/123597 (24.06.2021 Gazette 2021/25)**

(54) **ÉCHANGEUR DE CHALEUR À PASSAGES DE FLUIDE OPTIMISÉS**

WÄRMETAUSCHER MIT OPTIMIERTEN FLUIDKANÄLEN

HEAT EXCHANGER HAVING OPTIMIZED FLUID PASSAGES

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

- **BONNIVARD, Florian**  
31016 Toulouse Cedex 2 (FR)
- **BREGOLI, Mickael**  
31016 Toulouse Cedex 2 (FR)
- **HANSS, Grégoire**  
31016 Toulouse Cedex 2 (FR)
- **ROCCHI, Jérôme**  
31016 Toulouse Cedex 2 (FR)

(30) Priorité: **20.12.2019 FR 1915230**

(43) Date de publication de la demande:  
**26.10.2022 Bulletin 2022/43**

(73) Titulaire: **Liebherr-Aerospace Toulouse SAS**  
**31200 Toulouse (FR)**

(74) Mandataire: **Bringer IP**  
**1, Place du Président Thomas Wilson**  
**31000 Toulouse (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **INGENITO, Johanna**  
31016 Toulouse Cedex 2 (FR)  
• **ANGELIQUE, Romain**  
31016 Toulouse Cedex 2 (FR)

(56) Documents cités:  
**EP-A1- 3 193 125 EP-A1- 3 318 832**  
**FR-A1- 3 028 018 US-A- 4 460 388**

**EP 4 078 058 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

### Domaine technique de l'invention

**[0001]** L'invention concerne un échangeur de chaleur. En particulier, l'invention concerne un échangeur de chaleur à plaques et ailettes pouvant être utilisé dans un système de conditionnement d'air, par exemple dans un véhicule aérien, ferroviaire ou terrestre.

### Arrière-plan technologique

**[0002]** Les échangeurs de chaleurs sont utilisés pour permettre un échange de chaleur entre au moins deux fluides, en particulier pour refroidir ou réchauffer l'un des fluides à l'aide d'un autre fluide. Les échangeurs de chaleur sont utilisés dans de nombreux contextes, et notamment dans les systèmes de conditionnement d'air pour véhicule aérien, ferroviaire ou terrestre, dans lesquels ils permettent notamment de réguler la température de l'air conditionné par le système de conditionnement d'air à différentes étapes du conditionnement.

**[0003]** Parmi les différents types d'échangeurs de chaleur, les échangeurs de chaleur à plaques et ailettes forment un type de conception qui utilisent des plaques et des chambres à ailettes pour transférer la chaleur entre les fluides. Les canaux de circulation formés par les plaques et les ailettes permettent la circulation de chaque fluide sans mélange avec les autres fluides, tout en maximisant le rapport surface/volume de transfert de chaleur. Ces types d'échangeurs sont notamment plébiscités dans les industries des transports, notamment aérien, pour leur taille compacte et sa légèreté, tout en présentant de bonnes performances.

**[0004]** Depuis plusieurs décennies, les échangeurs à plaques sont fabriqués à partir d'une succession de plaques planes, entre lesquelles sont disposées des ailettes formées par une plaque ondulée formant des canaux de circulation pour chaque fluide. Les plaques et les ailettes sont fabriquées indépendamment puis brasées ensemble pour former les échangeurs de chaleur. Les plaques planes et plaques ondulées sont métalliques, par exemple en aluminium ou alliage d'aluminium, ou en acier inoxydable.

**[0005]** Les géométries des ailettes formées par la plaque ondulée peuvent être de formes variées, par exemple rectangulaire, triangulaire, en vagues, etc. Différentes configurations sont utilisées selon les besoins en termes de surface d'échange, de perte de charge, etc.

**[0006]** Les inventeurs ont cherché à maximiser l'échange de chaleur entre les fluides en minimisant la perte de charge du fait du passage de chaque fluide dans l'échangeur, en particulier pour le fluide qui se réchauffe lors du passage dans l'échangeur.

**[0007]** EP 3 193 125 A1 divulgue un échangeur de chaleur comprenant deux circuits de circulation de fluide isolés l'un de l'autre et une pluralité de canaux de circulation tous conformes à un profil curvilinéaire qui peut

prendre différentes formes, par exemple un motif sinusoïdal, hélicoïdal, ou en bobine.

### Objectifs de l'invention

**[0008]** L'invention vise à fournir un échangeur de chaleur optimisé.

**[0009]** L'invention vise en particulier à fournir, dans au moins un mode de réalisation, un échangeur de chaleur maximisant l'échange de chaleur.

**[0010]** L'invention vise aussi à fournir, dans au moins un mode de réalisation de l'invention, un échangeur de chaleur minimisant les pertes de charges.

**[0011]** L'invention vise aussi à fournir, dans au moins un mode de réalisation de l'invention, un échangeur de chaleur moins encombrant et plus léger.

**[0012]** L'invention vise aussi à fournir, dans au moins un mode de réalisation de l'invention, un échangeur de chaleur compact pouvant être utilisé dans un véhicule aérien, ferroviaire ou terrestre, notamment dans un système de conditionnement d'air.

### Exposé de l'invention

**[0013]** Pour ce faire, l'invention concerne un échangeur de chaleur, configuré pour permettre un échange de chaleur entre un premier fluide et un deuxième fluide circulants respectivement dans au moins un premier chemin de passage et un deuxième chemin de passage, lesdits chemins de passage étant formés par des plaques et ailettes de l'échangeur de chaleur et étant configurés pour mener chaque fluide depuis une entrée du fluide vers une sortie du fluide, les fluides circulant dans une multitude de canaux de passage chacun formés par un espace fermé délimité par deux plaques adjacentes et deux ailettes adjacentes, caractérisé en ce que chaque plaque s'étend en suivant une surface non-plane définie entre l'entrée du fluide et la sortie du fluide du chemin de passage associé, ladite surface non plane suivant au moins une première courbe oscillante selon au moins une première direction principale autour d'une surface moyenne de la plaque, et en ce que chaque ailette comprend une arête supérieure configurée pour être en contact avec une des plaques adjacentes, dit plaque supérieure, et une arête inférieure configurée pour être en contact avec l'autre plaque adjacente, dite plaque inférieure, chaque ailette suivant en outre au moins une deuxième courbe oscillante selon au moins une deuxième direction principale autour d'une surface moyenne de l'ailette, de sorte à ce que chaque chemin de passage permette la circulation du fluide dans l'espace fermé selon une direction de fluide entre l'entrée du fluide et la sortie du fluide, dite axe de circulation, définie en tout point de la courbe par une courbe génératrice qui est une combinaison en chaque point au moins de la première courbe oscillante et de la deuxième courbe oscillante.

**[0014]** Un échangeur de chaleur selon l'invention per-

met donc, grâce à la géométrie particulière des canaux de passage portés par une courbe génératrice qui est une combinaison d'au moins deux courbes oscillantes, de maximiser la surface d'échange entre les fluides tout en conservant des bonnes performances en termes de pertes de charge, par rapport à un échangeur plaque-ailettes classique. La combinaison des courbes oscillantes permet l'obtention de courbes génératrices de forme différentes, permettant de former tout type de géométrie.

**[0015]** Les plaques et les ailettes suivent chacun une courbe oscillante permettant l'augmentation des surfaces des échanges sans impact notable sur les pertes de charges.

**[0016]** En particulier, l'efficacité d'échange thermique est améliorée de l'ordre de 35% pour une diminution d'au moins 40% de la masse et de 20% du volume efficace.

**[0017]** La formation de canaux dans l'échangeur thermique permet notamment une perte de charge beaucoup moins important que les échangeurs thermiques à chemins multiples, où le fluide peut suivre plusieurs chemins via des bifurcations, lesdites bifurcations étant formées par un canal comprenant l'autre fluide de l'échangeur.

**[0018]** Une courbe oscillante est une courbe se trouvant alternativement d'un côté et de l'autre d'une courbe moyenne à cette courbe oscillante. Selon certaines variantes de l'invention, les courbes oscillantes peuvent être périodiques : les courbes peuvent par exemple être sinusoïdales, triangulaires, etc.

**[0019]** Avantageusement et selon l'invention,

la première courbe et la deuxième courbe ont les caractéristiques suivantes :

-

$$0,1 < \gamma < 1$$

-

$$0,2 < \varepsilon < 5$$

avec  $\gamma$  étant égal à l'amplitude moyenne de la courbe divisé par la période moyenne de la courbe, et  $\varepsilon$  étant égal au pas moyen de la courbe divisé par l'amplitude de la courbe.

**[0020]** Dans l'exemple de la figure 2 représentant deux courbes sinusoïdales formant la courbe génératrice d'un canal de passage tel que représenté en référence avec la figure 1, la courbe 20b s'étend dans la direction X, comporte des crêtes ou sommets, chacun formant une ligne de crête et comporte des creux, chacun formant une ligne de creux. Les portions de crête et les portions de creux sont disposées alternativement dans la direction Y, ce qui est caractéristique d'une courbe oscillante autour de l'axe X. Chaque point de la courbe peut être exprimé selon une coordonnée qui peut être exprimée en fonction

des axes X et Y. Une seule valeur de coordonnée selon l'axe X est associée à chaque point unique de la courbe, mais plusieurs points de la courbe ont la même valeur de coordonnée selon l'axe Y du fait de l'oscillation de la courbe.

**[0021]** De la même façon, la courbe 20a oscille autour de l'axe X avec des oscillations selon l'axe Z.

**[0022]** Lorsque la courbe moyenne autour de laquelle les courbes 20a ou 20b oscillent ne sont pas droites, le repère est exprimé en chaque point de la courbe par une direction principale X qui correspond à la tangente à la courbe moyenne en ce point de la courbe.

**[0023]** La différence de hauteur entre un sommet et un creux représente l'amplitude. On entend également par amplitude moyenne la différence moyenne de hauteur entre un sommet et un creux.

**[0024]** La distance entre deux sommets adjacents par rapport à l'axe Y représente la période, on entend par période moyenne la distance moyenne entre deux sommets successifs.

**[0025]** La distance entre deux canaux de passage adjacents est définie par le pas. On entend également par pas moyen la distance moyenne entre deux canaux.

**[0026]** Selon cet aspect de l'invention, ces caractéristiques permettent d'assurer une perte de charge faible toute en permettant une augmentation de la surface d'échange thermique. Une amplitude moyenne trop importante par rapport à la période ou au pas entraînerait des pertes de charges importantes, malgré l'augmentation significative de la surface d'échange thermique. Ces caractéristiques permettent un bon compromis entre l'augmentation de la surface d'échange et les pertes de charges.

**[0027]** Avantageusement et selon l'invention, la première courbe et/ou la deuxième courbe est continue.

**[0028]** Avantageusement et selon l'invention, la première courbe et/ou la deuxième courbe est discontinue.

**[0029]** Selon ces aspects de l'invention, chaque courbe peut être soit discontinue, soit continue. Les courbes discontinues permettent d'augmenter davantage la surface d'échange thermique, tandis que les courbes continues impactent moins les pertes de charges.

**[0030]** Avantageusement et selon l'invention, la première courbe et/ou la deuxième courbe sont oscillantes à amplitude et/ou fréquence variable.

**[0031]** Selon cet aspect de l'invention, l'amplitude ou la fréquence d'oscillation des courbes sont variables ce qui permet d'ajuster la perte de charge ou l'échange thermique du fluide, par exemple en amont ou en aval des canaux.

**[0032]** Avantageusement et selon l'invention, les fluides sont gazeux ou liquides.

**[0033]** Selon cet aspect de l'invention, l'échangeur de chaleur peut être utilisé dans différents contextes. En particulier, l'échangeur de chaleur peut être utilisé dans le domaine du transport (aéronautique, ferroviaire, terrestre, etc.) où des échanges de chaleurs ont lieu entre

gaz et gaz, entre gaz et liquide ou entre liquide et liquide. Chacun de ces différents types de fluides peut être une source chaude ou une source froide.

**[0034]** Selon l'invention, les axes de circulation des canaux du premier passage sont sensiblement orthogonaux aux axes de circulation des canaux du deuxième passage.

**[0035]** Selon cet aspect de l'invention, les échangeurs ainsi formés sont à passes croisées.

**[0036]** Avantageusement et selon l'invention, l'échangeur est fabriqué par fabrication additive.

**[0037]** Selon cet aspect de l'invention, la fabrication additive permet d'obtenir facilement les géométries complexes formés par les canaux. Avantageusement, le matériau utilisé peut être du métal, en particulier un alliage de Nickel (Ni625, Ni718), un alliage d'Aluminium (AS7G06, AS10), du Titane (TA6V) ou de l'acier Inox (15-5Ph, 316L, 17-4Ph) ou bien des matériaux plastiques comme des polymères du type PAEK (PEEK, PEKK, ...) ou la famille des Carbures de Silicium.

**[0038]** Les plaques et les ailettes peuvent être réalisées ensemble par fabrication additive et former un tout. Ainsi, la distinction entre les plaques et les ailettes énoncée précédemment et ci-après décrit une différenciation de fonctions, notamment dans la définition des chemins et canaux de passage, mais l'échangeur entier peut être fabriqué d'une seule traite par fabrication additive sans avoir à fabriquer séparément les plaques et les ailettes.

**[0039]** L'invention concerne également un système comprenant un échangeur de chaleur selon l'invention, et un aéronef comprenant un échangeur de chaleur selon l'invention.

**[0040]** L'invention concerne également un échangeur de chaleur, un système de conditionnement d'air et un aéronef, caractérisés en combinaison par tout ou partie des caractéristiques mentionnées ci-dessus ou ci-après.

#### Liste des figures

**[0041]** D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante donnée à titre uniquement non limitatif et qui se réfère aux figures annexées dans lesquelles :

[Fig. 1] est une vue schématique en perspective représentant un unique canal de passage d'un chemin de passage d'un échangeur de chaleur selon un premier mode de réalisation de l'invention.

[Fig. 2] est une vue schématique des courbes portant le canal de passage du chemin de passage d'un échangeur de chaleur selon le premier mode de réalisation de l'invention.

[Fig. 3] est une vue schématique en perspective représentant un chemin de passage d'un échangeur de chaleur selon un mode de réalisation de l'invention.

[Fig. 4] est une vue schématique en perspective représentant un échangeur de chaleur selon un

mode de réalisation de l'invention.

#### Description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention

**[0042]** Sur les figures, les échelles et les proportions ne sont pas strictement respectées et ce, à des fins d'illustration et de clarté.

**[0043]** En outre, les éléments identiques, similaires ou analogues sont désignés par les mêmes références dans toutes les figures.

**[0044]** La figure 1 illustre schématiquement en perspective un unique canal 10 de passage d'un chemin de passage d'un échangeur de chaleur selon un mode de réalisation de l'invention.

**[0045]** Le canal 10 est formé d'un espace vide 12 délimité par deux plaques 14a et 14b et deux ailettes 16a et 16b adjacentes de l'échangeur de chaleur. Le canal s'étend dans une direction principale dite axe 18 de circulation, représentant la direction selon lequel un fluide traversant l'échangeur se déplace dans le canal. Une coupe perpendiculaire à l'axe de direction forme une section plane de passage fermé par les parois formées par les deux plaques 14a et 14b et les deux ailettes 16a et 16b adjacentes. La plaque 14a forme une plaque dite plaque supérieure et la plaque 14b forme une plaque dite plaque inférieure. Les ailettes sont en contact avec ces deux plaques.

**[0046]** La figure 2 illustre schématiquement deux courbes 20a et 20b oscillantes suivies respectivement par les plaques 14a et 14b, et par les ailettes 16a et 16b, permettant d'obtenir la forme ondulée du canal de passage.

**[0047]** Les courbes sont ici continues et sinusoïdales, mais les courbes peuvent prendre des formes différentes, par exemple triangulaires, etc. Les courbes sont oscillantes. Dans ce mode de réalisation, les deux courbes oscillent et sont périodiques (c'est-à-dire de fréquence constante et d'amplitude maximale et minimale constante entre chaque période). La première courbe 20a oscillante représente l'oscillation appliquée aux plaques 14a et 14b et la deuxième courbe 20b représente l'oscillation appliquée aux ailettes 16a et 16b. La combinaison en tout point des deux courbes 20a et 20b correspond à une courbe génératrice représentant la circulation du fluide dans le canal 10 de passage.

**[0048]** Les courbes oscillent ici autour de l'axe de circulation, mais peuvent osciller dans des directions différentes, comme représenté sur la figure 3.

**[0049]** La figure 3 représente un chemin 30 de passage d'un échangeur de chaleur selon un mode de réalisation de l'invention.

**[0050]** Un chemin 30 de passage comprend plusieurs canaux 110 de passage et permet la circulation d'un fluide, le fluide traversant les différents canaux 110 de passage du chemin 30 de passage. Le chemin de passage est formé par deux plaques (seule une plaque 114 étant visible sur la figure) et d'une pluralité d'ailettes 116, de sorte à composer les différents canaux 110 tous

orientés selon des axes 118 de directions parallèles.

**[0051]** Dans ce mode de réalisation, une des courbes 20c suivi par les plaques formant les canaux 110 de passage est comprise dans un plan orthogonal au plan 32 moyen de la plaque 114 et forme ainsi la courbe oscillante suivie par la plaque. La courbe 20c oscille autour du plan 32 moyen et influe donc sur tous les canaux.

**[0052]** L'autre courbe suivie par chaque ailette des canaux 110 de passage, est comprise dans un plan comprenant l'axe de direction de chaque canal 110 de passage.

**[0053]** La figure 4 représente un échangeur 200 de chaleur selon un mode de réalisation de l'invention. L'échangeur de chaleur comprend quatre chemins de passage, deux chemins 210a et 210b de passage étant destinés à un premier fluide et deux chemins 220a et 220b de passage destinés à un deuxième fluide.

**[0054]** Les chemins de passages sont disposés alternativement de sorte à permettre un échange de chaleur entre le premier et le deuxième fluide. Dans ce mode de réalisation, les chemins de passages sont disposés de sorte à ce que les axes de circulations sont sensiblement perpendiculaires, de sorte à former un échangeur à passes croisées.

## Revendications

1. Échangeur de chaleur, configuré pour permettre un échange de chaleur entre un premier fluide et un deuxième fluide circulants respectivement dans au moins un premier chemin de passage et un deuxième chemin de passage, lesdits chemins (30, 210a, 210b, 220a, 220b) de passage étant formés par des plaques (14a, 14b, 114) et ailettes (16a, 16b, 116) de l'échangeur de chaleur et étant configurés pour mener chaque fluide depuis une entrée du fluide vers une sortie du fluide, les fluides circulant dans une multitude de canaux (10, 110) de passage chacun formés par un espace (12) fermé délimité par deux plaques adjacentes et deux ailettes adjacentes, chaque plaque s'étend en suivant une surface non-plane définie entre l'entrée du fluide et la sortie du fluide du chemin de passage associé, ladite surface non plane suivant au moins une première courbe (20a) oscillante selon au moins une première direction principale autour d'une surface moyenne de la plaque, chaque ailette comprend une arête supérieure configurée pour être en contact avec une des plaques adjacente, dit plaque supérieure, et une arête inférieure configurée pour être en contact avec l'autre plaque adjacente, dite plaque inférieure, chaque ailette suivant en outre au moins une deuxième courbe (20b) oscillante selon au moins une deuxième direction principale autour d'une surface moyenne de l'ailette, de sorte à ce que chaque chemin de passage permette la circula-

tion du fluide dans l'espace fermé selon une direction de fluide entre l'entrée du fluide et la sortie du fluide, dite axe (18, 118) de circulation, définie en tout point de la courbe par une courbe génératrice qui est une combinaison en chaque point au moins de la première courbe oscillante et de la deuxième courbe oscillante **caractérisé en ce que**, les axes de circulation des canaux du premier passage étant sensiblement orthogonaux aux axes de circulation des canaux du deuxième passage.

2. Échangeur de chaleur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la première courbe (20a) et la deuxième courbe (20b) ont les caractéristiques suivantes :

$$0,1 < \gamma < 1$$

$$0,2 < \varepsilon < 5$$

avec  $\gamma$  étant égal à l'amplitude moyenne de la courbe divisé par la période moyenne de la courbe, et  $\varepsilon$  étant égal au pas moyen de la courbe divisé par l'amplitude de la courbe.

3. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la première courbe (20a) et/ou la deuxième courbe (20b) est continue.

4. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la première courbe (20a) et/ou la deuxième courbe (20b) est discontinue.

5. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la première courbe (20a) et/ou la deuxième courbe (20b) sont oscillantes à amplitude et/ou fréquence variable.

6. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** les fluides sont gazeux ou liquides.

7. Échangeur de chaleur selon l'une des revendication 1 à 6, **caractérisé en ce qu'il** est fabriqué par fabrication additive.

8. Système de conditionnement d'air, **caractérisé en ce qu'il** comprend un échangeur (200) de chaleur selon l'une des revendications 1 à 7.

9. Aéronef, **caractérisé en ce qu'il** comprend un

échangeur (200) de chaleur selon l'une des revendications 1 à 7.

$$0,1 < \gamma < 1,$$

$$0,2 < \varepsilon < 5,$$

## Patentansprüche

1. Wärmetauscher, der ausgestaltet ist, einen Wärmeaustausch zwischen einem ersten Fluid und einem zweiten Fluid zu ermöglichen, die in mindestens einem ersten Durchgangsweg bzw. einem zweiten Durchgangsweg zirkulieren, worin die Durchgangswege (30, 210a, 210b, 220a, 220b) durch Platten (14a, 14b, 114) und Rippen (16a, 16b, 116) des Wärmetauschers ausgebildet werden und ausgestaltet sind, jedes Fluid von einem Fluideinlass zu einem Fluidauslass zu leiten, worin die Fluide in mehreren Durchgangskanälen (10, 110) fließen, die jeweils aus einem geschlossenen Raum (12) bestehen, der durch zwei benachbarte Platten und zwei benachbarte Rippen begrenzt ist,

worin sich jede Platte entlang einer nicht ebenen Fläche erstreckt, die zwischen dem Fluideinlass und dem Fluidauslass des zugehörigen Durchgangswegs definiert ist, worin die nicht ebene Fläche mindestens einer ersten Schwingungskurve (20a) entlang mindestens einer ersten Hauptrichtung um eine gemittelten Oberfläche der Platte folgt, jede Rippe eine obere Kante umfasst, die ausgestaltet ist, mit einer der benachbarten Platten, obere Platte genannt, in Kontakt zu sein, und eine untere Kante, die ausgestaltet ist, mit der anderen benachbarten Platte, untere Platte genannt, in Kontakt zu sein, worin jede Rippe zudem mindestens einer zweiten Schwingungskurve (20b) in mindestens einer zweiten Hauptrichtung um eine gemittelte Oberfläche der Rippe folgt, so dass jeder Durchgangsweg es dem Fluid ermöglicht, in dem geschlossenen Raum entlang einer Fluidrichtung zwischen dem Fluideinlass und dem Fluidauslass, der sogenannten Strömungsachse (18, 118), zu fließen, die an jedem Punkt der Kurve durch eine Generatrix definiert ist, die an jedem Punkt eine Kombination zumindest der ersten Schwingungskurve und der zweiten Schwingungskurve ist,

**dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsachsen der Kanäle des ersten Durchgangs im Wesentlichen orthogonal zu den Strömungsachsen der Kanäle des zweiten Durchgangs sind.

2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Kurve (20a) und die zweite Kurve (20b) die folgenden Eigenschaften aufweisen:

5

mit  $\gamma$  gleich der mittleren Amplitude der Kurve geteilt durch die mittlere Periode der Kurve und  $\varepsilon$  gleich der mittleren Steigung der Kurve geteilt durch die Amplitude der Kurve.

10

3. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Kurve (20a) und/oder die zweite Kurve (20b) kontinuierlich ist.

15

4. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Kurve (20a) und/oder die zweite Kurve (20b) diskontinuierlich ist.

20

5. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Kurve (20a) und/oder die zweite Kurve (20b) mit variabler Amplitude und/oder Frequenz schwingt.

25

6. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fluide gasförmig oder flüssig sind.

30

7. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieser durch additive Fertigung hergestellt ist.

35

8. Klimaanlage, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieses einen Wärmetauscher (200) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 umfasst.

40

9. Luftfahrzeug, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieses einen Wärmetauscher (200) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 umfasst.

45

## Claims

1. Heat exchanger that is configured to permit an exchange of heat between a first fluid and a second fluid that circulate in at least a first passage path and a second passage path, respectively, said passage paths (30, 210a, 210b, 220a, 220b) being formed by plates (14a, 14b, 114) and fins (16a, 16b, 116) of the heat exchanger and being configured to conduct each fluid from a fluid inlet to a fluid outlet, the fluids flowing in a multitude of passage channels (10, 110) each consisting of a closed space (12) delimited by two adjacent plates and two adjacent fins, each plate extends along a non-planar surface defined between the fluid inlet and the fluid outlet of the

50

55

associated passage path, said non-planar surface following at least one first oscillating curve (20a) along at least one first main direction around an average surface of the plate, each fin comprises an upper edge configured to be in contact with one of the adjacent plates, called upper plate, and a lower edge configured to be in contact with the other adjacent plate, called lower plate, each fin further following at least one second oscillating curve (20b) in at least one second main direction around an average surface of the fin, so that each passage path allows the fluid to flow in the closed space along a fluid direction between the fluid inlet and the fluid outlet, called the flow axis (18, 118), defined at any point of the curve by a generatrix that is a combination at each point at least of the first oscillating curve and of the second oscillating curve, **characterized in that** the flow axes of the channels of the first passage being substantially orthogonal to the flow axes of the channels of the second passage.

2. Heat exchanger according to claim 1, **characterized in that** the first curve (20a) and the second curve (20b) have the following characteristics:

-

$$0.1 < \gamma < 1$$

-

$$0.2 < \varepsilon < 5$$

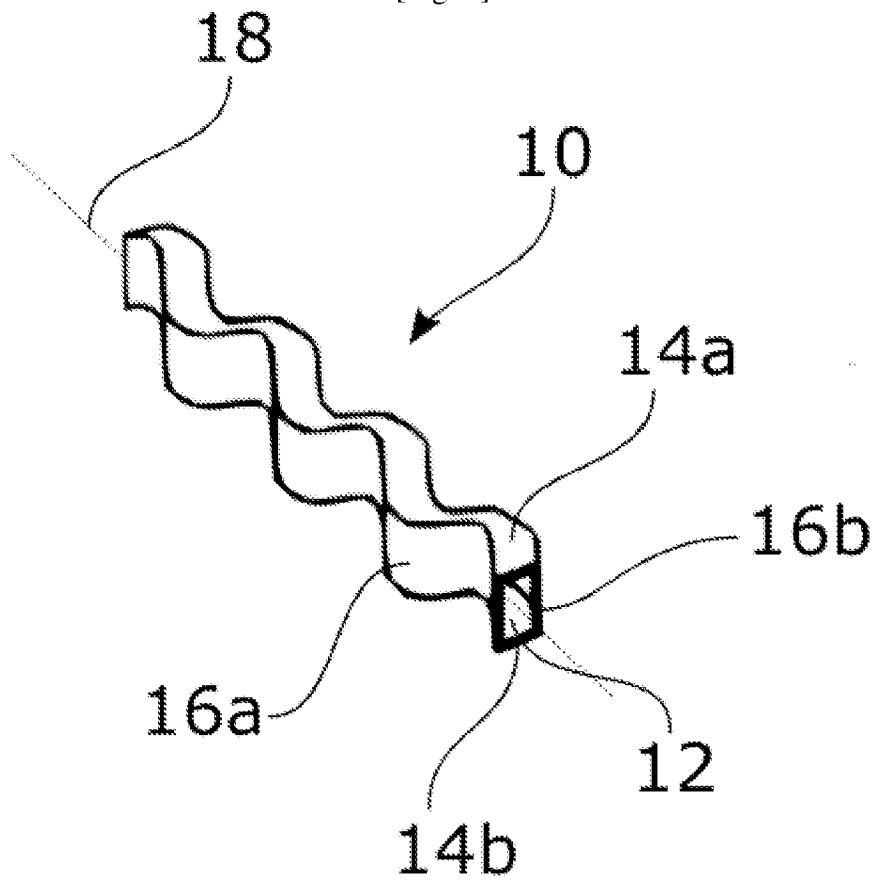
with  $\gamma$  being equal to the mean amplitude of the curve divided by the mean period of the curve, and  $\varepsilon$  being equal to the mean pitch of the curve divided by the amplitude of the curve.

3. Heat exchanger according to one of claims 1 or 2, **characterized in that** the first curve (20a) and/or the second curve (20b) is continuous.
4. Heat exchanger according to one of claims 1 or 2, **characterized in that** the first curve (20a) and/or the second curve (20b) is discontinuous.
5. Heat exchanger according to one of claims 1 to 4, **characterized in that** the first curve (20a) and/or the second curve (20b) are oscillating with variable amplitude and/or frequency.
6. Heat exchanger according to one of claims 1 to 5, **characterized in that** the fluids are gaseous or liquid.
7. Heat exchanger according to one of claims 1 to 6, **characterized in that** it is produced by additive

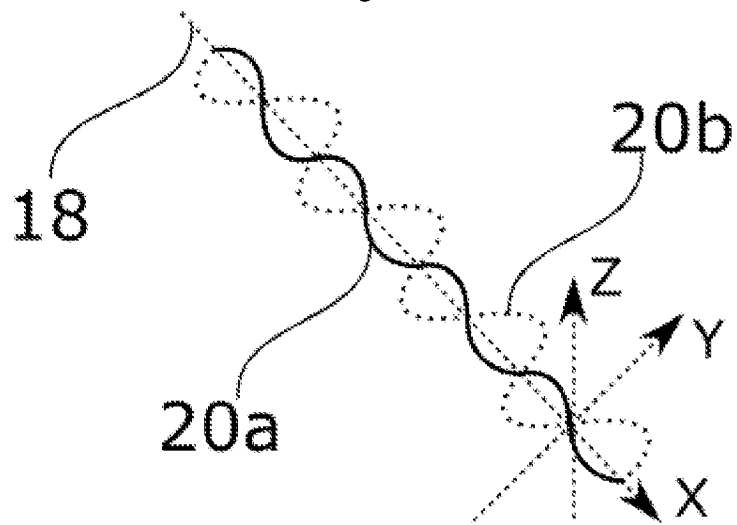
manufacturing.

8. Air conditioning system, **characterized in that** it comprises a heat exchanger (200) according to one of claims 1 to 7.
9. Aircraft, **characterized in that** it comprises a heat exchanger (200) according to one of claims 1 to 7.

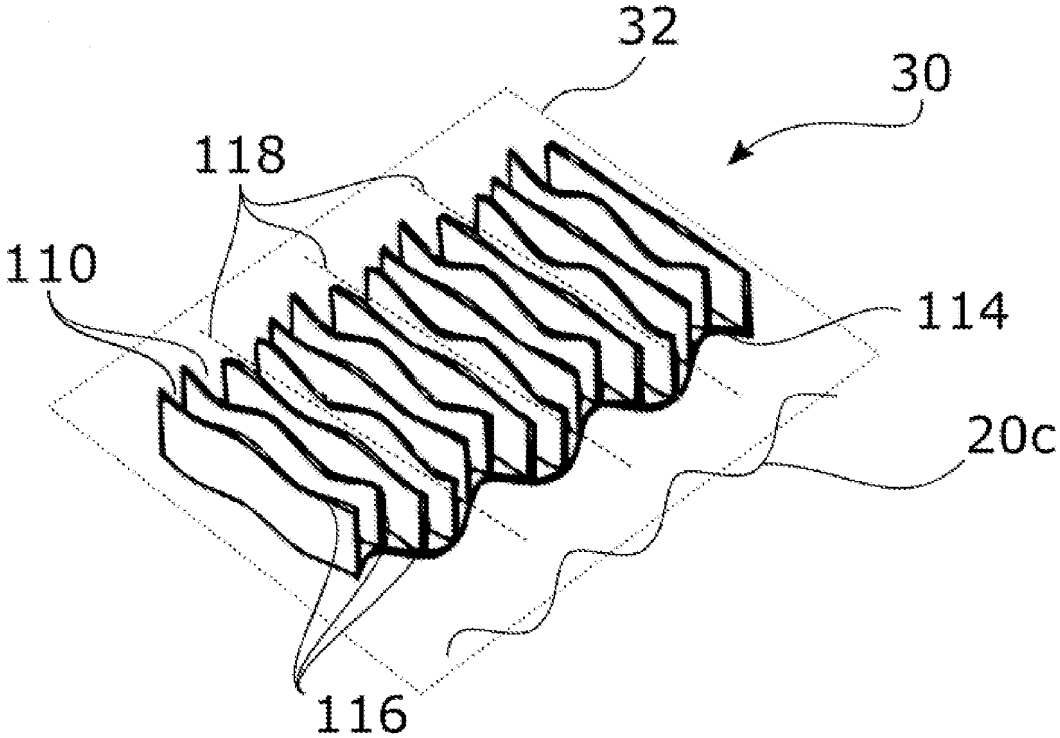
[Fig. 1]



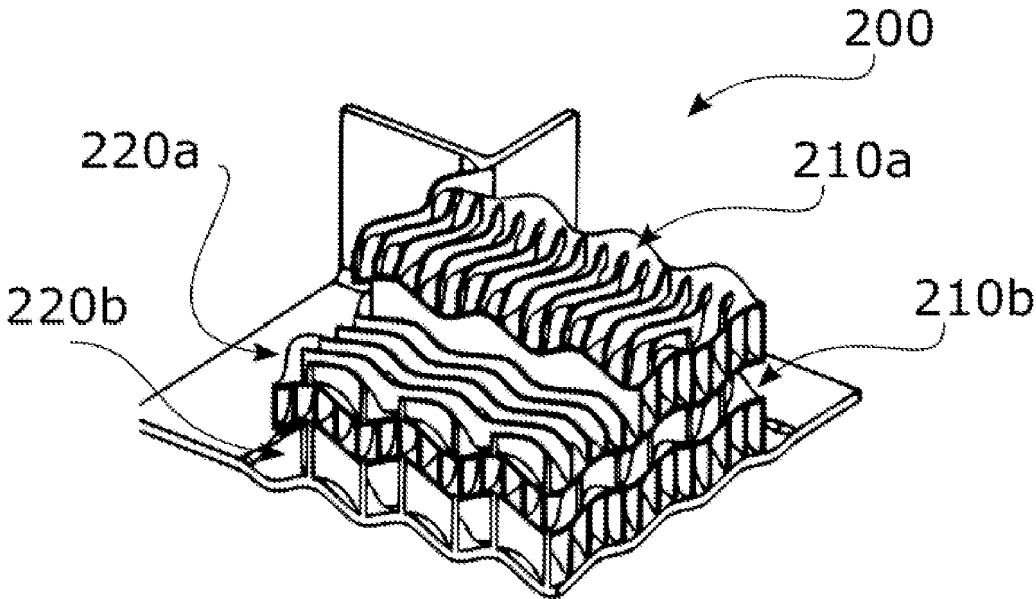
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- EP 3193125 A1 [0007]