

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication : **3 129 716**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national : **21 12710**

51 Int Cl⁸ : F 28 F 1/40 (2022.01), F 28 D 1/04

12 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** A1

22 Date de dépôt : 30.11.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 02.06.23 Bulletin 23/22.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : VALEO SYSTEMES THERMIQUES
SAS — FR.

72 Inventeur(s) : DE VAULX Cedric, ETIENNE Erwan,
GUERRA Julio et AZZOUZ Kamel.

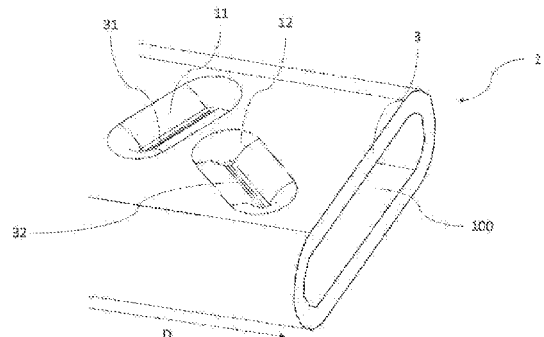
73 Titulaire(s) : VALEO SYSTEMES THERMIQUES
SAS.

74 Mandataire(s) : VALEO.

54 **Éléments de perturbation avancés pour l'amélioration de la performance des tubes.**

57 L'invention concerne un tube (2) pour échangeur de
chaleur (1) définissant un canal (100) de circulation de fluide
comportant une première paroi plane (3) comprenant au
moins un couple d'éléments de perturbation (11,
12), caractérisé en ce que les premier et deuxième élé-
ments de perturbation (11, 12) s'étendent respectivement
entre une première base (21) et une première crête (31) et
entre une deuxième base (22) et une deuxième crête (32),
ladite première crête (31) se présentant sous une forme al-
longée suivant une première droite (41) et ladite deuxième
crête (32) se présentant sous une forme allongée suivant
une deuxième droite (42), ladite première droite (41) cou-
pant ladite deuxième crête (32), et en ce qu'une troisième
droite (43) parallèle à la direction longitudinale (D) et pas-
sant par le centre de la première base (21) coupe la deu-
xième base (22).

Figure d'abrégé: Figure 2



FR 3 129 716 - A1



Description

Titre de l'invention : Eléments de perturbation avancés pour l'amélioration de la performance des tubes

- [0001] Le domaine de la présente invention est celui des échangeurs de chaleur, notamment destinés à équiper les boucles de climatisation des véhicules automobiles ou à refroidir le moteur d'un véhicule.
- [0002] Les échangeurs de chaleur équipant notamment les boucles de climatisation des véhicules sont agencés pour permettre la circulation adjacente en deux espaces séparés de deux fluides différents, de manière à réaliser un échange de chaleur entre les fluides sans les mélanger. Un type d'échangeur de chaleur utilisé entre autres dans le domaine automobile est l'échangeur à tubes, l'échangeur étant constitué d'un empilement de tubes brasés entre eux et agencés pour définir les espaces où circulent les fluides. Au sein des échangeurs de chaleur et des circuits thermodynamiques auxquels ils sont rattachés, les fluides circulent en dissipant ou en absorbant de l'énergie thermique.
- [0003] L'efficacité des échangeurs de chaleur et des circuits thermodynamiques est principalement déterminée par les échanges thermiques entre les fluides les parcourant. Il est donc recherché la conception d'échangeurs thermiques dans lesquels les échanges thermiques entre les fluides circulant en leur sein sont optimisés. Dans ce but, on peut notamment viser un brassage de chaque fluide au sein de l'espace dans lequel ce fluide circule, dans le but d'augmenter les échanges thermiques entre les fluides, et il est connu d'équiper les échangeurs de chaleur d'éléments de perturbation de l'écoulement des fluides.
- [0004] On comprend que pour augmenter le brassage des fluides, il est possible d'augmenter le nombre d'éléments de perturbation et on peut chercher ainsi à les rapprocher les uns des autres. Mais cette solution, si elle permet d'améliorer le brassage et la quantité d'échange thermique, ne répond pas de manière satisfaisante au problème mentionné d'optimiser les échanges thermiques car la multiplication des éléments de perturbation occasionne une perte de charge importante qui limite la circulation des fluides et donc l'efficacité de l'échangeur de chaleur.
- [0005] Le but de la présente invention est donc de résoudre les inconvénients décrits ci-dessus en concevant un tube pour un échangeur de chaleur agencé pour améliorer l'échange thermique entre les fluides parcourant l'échangeur de chaleur, en limitant notamment les pertes de charge subies par ces fluides.
- [0006] Plus particulièrement, l'invention concerne un tube pour échangeur de chaleur définissant un canal de circulation de fluide, ledit canal s'étendant selon une direction longitudinale. Ce tube comporte une première paroi plane, comprenant au moins un

couple d'éléments de perturbation formé d'un premier élément de perturbation et d'un deuxième élément de perturbation. Les premier et deuxième éléments de perturbation sont constitués d'une déformation locale de ladite première paroi plane vers l'intérieur du tube. Le tube est caractérisé en ce que lesdits premier et deuxième éléments de perturbation s'étendent respectivement entre une première base et une première crête et entre une deuxième base et une deuxième crête. Ladite première crête se présente sous une forme allongée suivant une première droite et ladite deuxième crête se présente sous une forme allongée suivant une deuxième droite. Ladite première droite coupe ladite deuxième crête. Une troisième droite, parallèle à la direction longitudinale et passant par le centre de la première base, coupe la deuxième base.

- [0007] Selon un des aspects de l'invention, la longueur du tube est définie suivant la direction longitudinale, première paroi s'étendant suivant la direction longitudinale.
- [0008] Selon un des aspects de l'invention, les premier et deuxième éléments de perturbation sont distants l'un de l'autre.
- [0009] Selon un des aspects de l'invention, la première paroi plane comprend une première face interne tournée vers le canal de circulation de fluide.
- [0010] Selon un des aspects de l'invention, chacun des premier et deuxième éléments de perturbation émerge de la première face interne depuis sa base et culmine à sa crête.
- [0011] Selon un des aspects de l'invention, la base d'un élément de perturbation et la crête dudit élément sont en relation d'homothétie.
- [0012] Selon un des aspects de l'invention, les premier et deuxième éléments de perturbation s'étendent dans le canal de circulation de fluide, de manière à perturber l'écoulement de ce fluide.
- [0013] Selon un des aspects de l'invention, chacune des première et deuxième crêtes est contenue dans un plan parallèle à la première paroi plane, autrement dit, l'altitude de chacune des première et deuxième crêtes par rapport à la première paroi plane est sensiblement constante tout le long de cette crête.
- [0014] Selon un des aspects de l'invention, le tube comporte une deuxième paroi plane s'étendant suivant la direction longitudinale, cette deuxième paroi plane étant parallèle à la première paroi plane.
- [0015] Selon un des aspects de l'invention, la deuxième paroi plane comprend une deuxième face interne tournée vers le canal de circulation de fluide.
- [0016] Selon un des aspects de l'invention, l'intersection entre la première droite et la direction longitudinale forme un angle A, lequel est compris entre 20° à 60° , notamment entre 30° à 50° , idéalement 40° .
- [0017] Selon un des aspects de l'invention, l'intersection entre la deuxième droite et la direction longitudinale forme un angle B, lequel est compris entre 45° à 85° , notamment entre 55° à 75° , idéalement 65° .

- [0018] La hauteur h d'un élément de perturbation est définie comme la distance entre la face interne de la paroi portant l'élément de perturbation et la crête dudit élément de perturbation, cette distance étant mesurée suivant une direction perpendiculaire à la première paroi plane.
- [0019] La hauteur H du canal est définie comme la distance entre la première face interne et la deuxième face interne, cette distance étant mesurée suivant une direction perpendiculaire à la première paroi plane.
- [0020] Selon un des aspects de l'invention, les éléments de perturbation formant le couple d'éléments de perturbation sont de même hauteur h .
- [0021] Selon un des aspects de l'invention, le ratio de la hauteur h des éléments de perturbation sur la hauteur H du canal est compris entre 0,1 et 0,4, notamment entre 0,2 et 0,3.
- [0022] Selon un des aspects de l'invention, les première et deuxième parois planes comportent respectivement une première et une deuxième faces externes tournées vers l'extérieur du tube.
- [0023] L'épaisseur e d'une paroi plane est définie comme la distance entre la face interne de ladite paroi plane et la première face externe de ladite paroi plane, mesurée suivant une direction perpendiculaire à la première paroi plane.
- [0024] Selon un des aspects de l'invention, le ratio de la hauteur h des éléments de perturbation sur l'épaisseur e de la première paroi plane est compris entre 0,1 et 4,0, notamment entre 0,5 et 2,5.
- [0025] Selon un des aspects de l'invention, les première et deuxième crêtes des éléments de perturbation sont espacées d'une distance comprise entre 1 et 3 mm.
- [0026] Selon un des aspects de l'invention, les couples d'éléments de perturbation sont agencés en alternance sur la première paroi plane et sur la deuxième paroi plane.
- [0027] Selon un des aspects de l'invention, deux couples d'éléments de perturbation successifs d'une même paroi plane alignés le long de la direction longitudinale sont espacés d'un pas compris entre 2 et 6 mm.
- [0028] Le pas entre deux couples d'éléments de perturbation successifs alignés le long de la direction longitudinale est défini comme la distance entre les centres géométriques des couples d'éléments de perturbation.
- [0029] Selon un des aspects de l'invention, la première droite coupe la deuxième crête entre $1/3$ et $2/3$ de sa longueur.
- [0030] Selon un des aspects de l'invention, la première face interne comporte une largeur L , définie le long de la première face interne et perpendiculairement à la direction longitudinale.
- [0031] Selon un des aspects de l'invention, la première crête et la deuxième crête sont de même longueur l , la longueur l étant mesurée entre les deux extrémités libres de la

crête considérée.

- [0032] Selon un des aspects de l'invention, la hauteur h des éléments de perturbation est comprise entre 0,1 et 0,6 mm, notamment entre 0,2 et 0,5 mm.
- [0033] Selon un des aspects de l'invention, le tube comprend une pluralité de couples d'éléments de perturbation alignés dans la direction longitudinale du tube.
- [0034] Selon un des aspects de l'invention, les couples d'éléments de perturbation d'une même paroi plane sont alignés alternativement sur une première et une deuxième rangées, chaque rangée occupant majoritairement une moitié de la paroi plane, la moitié étant définie par un plan suivant à la fois par la direction longitudinale et une direction perpendiculaire à la paroi plane, ce plan passant par le milieu de la largeur L de la face interne.
- [0035] Selon un des aspects de l'invention, le tube comprend des éléments de perturbation additionnels, en plus des couples d'éléments de perturbation, dont la crête a une forme différente de la crête des couples d'éléments de perturbation, qu'il s'agisse d'une forme de chevrons, de ronds, de rectangle ou d'ovale.
- [0036] Selon un des aspects de l'invention, les éléments de perturbation additionnels sont intercalés entre deux couples d'éléments de perturbation.
- [0037] Selon un des aspects de l'invention, l'espacement minimal entre la première crête et la deuxième crête d'un couple d'éléments de perturbations est strictement inférieur à l'espacement minimal entre l'une quelconque des première et deuxième crêtes et toute autre crête d'élément de perturbation ou d'élément de perturbation additionnel d'une même paroi plane.
- [0038] Selon un des aspects de l'invention, le nombre d'éléments de perturbation additionnels alignés le long d'une ligne perpendiculaire à la direction longitudinale et s'étendant le long de la largeur L de la face interne est supérieur à un.
- [0039] Selon un des aspects de l'invention, un couple d'éléments de perturbation et un élément de perturbation additionnel successifs d'une même paroi plane alignés le long de la direction longitudinale sont espacés d'un pas compris entre 1 et 7 mm.
- [0040] Selon un des aspects de l'invention, le pas entre, soit deux couples d'éléments de perturbation, soit un couple d'éléments de perturbation et un élément de perturbation additionnel, alignés le long de la direction longitudinale augmente progressivement le long de la direction longitudinale D du tube.
- [0041] Selon un des aspects de l'invention, soit les éléments de perturbation, soit les éléments de perturbation et les éléments de perturbation additionnels, sont issus de matière avec le tube, en d'autres termes, le tube et les éléments de perturbation ou le tube et les éléments de perturbation additionnels sont fabriqués à partir du même bloc de matière, l'un ne pouvant être séparé de l'autre sans entraîner la destruction du tube.
- [0042] Selon un des aspects de l'invention, soit les éléments de perturbation, soit les

éléments de perturbation et les éléments de perturbation additionnels, sont fabriqués par emboutissage, estampage ou fabrication additive métallique.

- [0043] Selon un des aspects de l'invention, le tube comporte une paroi intermédiaire divisant le conduit interne défini à l'intérieur du tube en deux canaux.
- [0044] Selon un des aspects de l'invention, soit les éléments de perturbation, soit les éléments de perturbation et les éléments de perturbation additionnels, sont agencés sur l'un et l'autre des canaux.
- [0045] L'invention concerne également un échangeur de chaleur comprenant une pluralité de tubes, connectés entre eux au travers de deux collecteurs, caractérisé en ce qu'au moins un desdits tubes est selon l'invention, ladite pluralité de tubes définissant un circuit de circulation pour un fluide apte à être perturbé par les éléments de perturbation et un espace de circulation pour de l'air.
- [0046] Les caractéristiques, les variantes et les différentes formes 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. On pourra notamment imaginer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites dans la présente description de manière isolée des autres caractéristiques décrites, si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique.
- [0047] 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 :
- [0048] – La [Fig.1] est une représentation schématique, vue de face, d'un échangeur de chaleur constitué d'une pluralité de tubes selon l'invention.
- La [Fig.2] est une vue en coupe d'un tube selon l'invention, représentée en perspective.
- La [Fig.3] est une vue en coupe de l'intérieur du tube suivant un plan parallèle à la paroi du tube.
- La [Fig.4] est une vue de dessus, en coupe, de l'intérieur du tube, suivant un plan parallèle à la paroi du tube, d'un élément de perturbation selon l'invention.
- La [Fig.5] est une vue en coupe suivant la direction longitudinale d'un tube suivant l'invention.
- La [Fig.6] est une vue en coupe de l'intérieur du tube suivant un plan s'étendant le long de la direction longitudinale et perpendiculaire à la paroi du tube, selon un mode de réalisation de l'invention comprenant plusieurs géométries d'éléments de perturbation.

- La [Fig.7] est un graphique présentant l'évolution du facteur d'amélioration en fonction du nombre de Reynolds mesurée pour un tube de référence et pour un tube suivant la présente invention.
- [0049] La [Fig.1] montre un échangeur de chaleur 1 selon l'invention, configuré pour équiper la face avant d'un véhicule, notamment pour un véhicule automobile, et pour permettre notamment un échange de calories entre deux fluides, parmi lesquels, à titre d'exemple, un fluide et un flux d'air. L'échangeur de chaleur comprend une pluralité de tubes 2 selon l'invention, au sein desquels circule le fluide. Les tubes 2 sont disposés parallèlement les uns aux autres selon une direction d'empilement E, ici verticale, et délimitent une pluralité de conduits dans lesquels peut circuler le fluide.
- [0050] L'espace entre deux tubes 2 successifs selon l'invention délimite un espace 110 où peut circuler un flux d'air en vue d'échanger des calories avec le fluide circulant dans les tubes 2. Afin d'augmenter les échanges thermiques entre le fluide et le flux d'air, des dissipateurs 120 en forme d'ailette sont agencés dans l'espace où circule le flux d'air. Ces dissipateurs 120 ont pour rôle d'augmenter la surface de contact avec le flux d'air pour optimiser les échanges de chaleur entre fluide et flux d'air. Afin de faciliter la lecture de la [Fig.1] et l'empilement vertical des tubes, les dissipateurs 120 n'ont été représentés que partiellement, étant entendu qu'ils peuvent s'étendre sur toute la dimension longitudinale des tubes entre lesquels ces dissipateurs sont agencés.
- [0051] Chaque tube 2 selon l'invention est connecté à un premier collecteur 130 et à un deuxième collecteur 140 par l'intermédiaire desquels le fluide est amené à circuler et à alimenter les tubes. Le premier collecteur 130 est agencé pour répartir le fluide entrant dans l'échangeur de chaleur 1 dans les différents tubes 2 constituant ledit échangeur. Le deuxième collecteur 140 est agencé pour collecter le fluide ayant traversé les tubes 2 pour le faire sortir hors de l'échangeur de chaleur 1. Les premier et deuxième collecteurs 130 et 140 sont opposés l'un à l'autre par rapport à l'empilement de tubes 2, chaque tube s'étendant longitudinalement de sorte à être relié à une première extrémité au premier collecteur 130 et à une deuxième extrémité au deuxième collecteur 140.
- [0052] L'échangeur de chaleur 1 comprend par ailleurs des moyens de mise en relation de ces collecteurs avec un circuit du fluide extérieur à l'échangeur de chaleur 1 et ici non représenté. Le premier collecteur 130 est ainsi connecté à un premier embout de raccordement 150 par lequel le fluide peut entrer dans l'échangeur de chaleur 1, le deuxième collecteur 140 étant connecté à un deuxième embout de raccordement 160 par lequel le fluide peut sortir de l'échangeur de chaleur 1.
- [0053] La [Fig.2] présente l'agencement des éléments de perturbation suivant l'invention. Le tube 2 pour échangeur de chaleur 1 définit un canal 100 de circulation de fluide, ce canal ayant une direction longitudinale D. La longueur de ce tube est définie suivant la direction longitudinale D.

- [0054] Ce tube 2 comporte une première paroi plane 3 s'étendant suivant la direction longitudinale D. Il comprend un couple d'éléments de perturbation 11, 12 formé d'un premier élément de perturbation 11 et d'un deuxième élément de perturbation 12 présents sur cette première paroi plane 3, dans le canal 100 de circulation de fluide, de manière à perturber l'écoulement de ce fluide.
- [0055] Chacun des premier et deuxième éléments de perturbation 11, 12 comporte notamment une déformation locale de cette première paroi plane 3 du tube 2 vers l'intérieur du tube 2.
- [0056] La [Fig.3] montre une vue en coupe de tube suivant un plan parallèle à la première paroi plane 3 du tube 2. Les premier et deuxième éléments 11, 12 de perturbation s'étendent respectivement entre une première base 21 et une première crête 31 et une deuxième base 22 et une deuxième crête 32, ladite première crête 31 se présentant sous une forme allongée suivant une première droite 41 et ladite deuxième crête 32 se présentant sous une forme allongée suivant une deuxième droite 42. La première droite 41 coupe la deuxième crête 32. Une troisième droite 43 parallèle à la direction longitudinale D passant par le centre de la première base 21 coupe la deuxième base 22.
- [0057] L'intersection entre la première droite 41 et la direction longitudinale D forme un angle A, lequel est compris entre 20° à 60° , notamment entre 30° à 50° , idéalement 40° . L'intersection entre le deuxième droite 42 et la direction longitudinale D forme un angle B, lequel est compris entre 45° à 85° , notamment entre 55° à 75° , idéalement 65° .
- [0058] La première droite 41 coupe la deuxième crête 32 entre $1/3$ et $2/3$ de sa longueur.
- [0059] Les premier et deuxième éléments de perturbation 11, 12 sont distants l'un de l'autre. Les première et deuxième crêtes 31, 32 des éléments de perturbation 11, 12 sont espacées d'une distance comprise entre 1 et 3 mm.
- [0060] La première crête 31 et la deuxième crête 32 sont de même longueur l, la longueur l étant mesurée entre les deux extrémités libres de la crête considérée.
- [0061] La première face interne 5 comporte une largeur L, définie le long de la première face interne 5 et perpendiculairement à la direction longitudinale D.
- [0062] La [Fig.4] montre une vue de dessus en coupe, depuis l'intérieur du tube 2, d'un couple d'éléments de perturbation 11, 12. Chacun des premier et deuxième éléments de perturbation 11, 12 émerge de la première face interne depuis sa base 21, 22 et culmine à sa crête 31, 32. La base 21, 22 d'un élément de perturbation 11, 12 et la crête 31, 32 dudit élément sont en relation d'homothétie.
- [0063] Chacune des première et deuxième crêtes 31, 32 est contenue dans un plan parallèle à la première paroi plane 3, autrement dit, l'altitude de chacune des première et deuxième crêtes 31, 32 par rapport à la première paroi plane 3 est sensiblement constante tout le long de cette crête 31, 32.

- [0064] La [Fig.5] présente une vue en coupe suivant la direction longitudinale D d'un tube 2 selon l'invention. La première paroi plane 3 comprend une première face interne 5 tournée vers le canal 100 de circulation de fluide. Le tube 2 comporte une deuxième paroi plane 4 s'étendant suivant la direction longitudinale D, cette deuxième paroi plane 4 étant parallèle à la première paroi plane 3. La deuxième paroi plane 4 comprend une deuxième face interne 6 tournée vers le canal 100 de circulation de fluide.
- [0065] La hauteur h de l'élément de perturbation 11 est définie comme la distance entre la première face interne 5 la crête 31, cette distance étant mesurée suivant une direction perpendiculaire à la première paroi plane 3.
- [0066] La hauteur H du canal 100 est définie comme la distance entre la première face interne 5 et la deuxième face interne 6, cette distance étant mesurée suivant une direction perpendiculaire à la première paroi plane 3.
- [0067] Les éléments de perturbation 11, 12 formant le couple d'éléments de perturbation sont de même hauteur h. Le ratio de la hauteur h des éléments de perturbation 11, 12 sur la hauteur H du canal est compris entre 0,1 et 0,4, notamment entre 0,2 et 0,3.
- [0068] Les première et deuxième parois planes 3, 4 comportent respectivement une première et une deuxième faces externes 7, 8 tournées vers l'extérieur du tube 2.
- [0069] L'épaisseur e de la première paroi plane 3 est définie comme la distance entre la première face interne 5 et la première face externe 7, mesurée suivant une direction perpendiculaire à la première paroi plane 3.
- [0070] Le ratio de la hauteur h des éléments de perturbation 11, 12 sur l'épaisseur e de la première paroi plane 3 est compris entre 0,1 et 4,0, notamment entre 0,5 et 2,5.
- [0071] La hauteur h des éléments de perturbation 11, 12 est comprise entre 0,1 et 0,6 mm, notamment entre 0,2 et 0,5 mm.
- [0072] Le tube 2 comporte une paroi intermédiaire 50 divisant le conduit interne défini à l'intérieur du tube 2 en deux canaux 100, 101.
- [0073] Le tube 2 comprend des éléments de perturbation additionnels 13, en plus des couples d'éléments de perturbation 11. Les éléments de perturbation 11, 12 et les éléments de perturbation additionnels sont agencés dans l'un et l'autre des canaux 100, 101.
- [0074] La [Fig.6] est une vue en coupe de l'intérieur du tube 2 suivant un plan s'étendant le long de la direction longitudinale D et perpendiculaire à la première paroi plane 3 du tube 2, selon un mode de réalisation de l'invention comprenant plusieurs géométries d'éléments de perturbation. Les couples d'éléments de perturbation 11, 12 sont également agencés en alternance sur la première paroi plane 3 et sur la deuxième paroi plane 4.
- [0075] Le tube 2 comprend une pluralité de couples d'éléments de perturbation 11, 12

alignés dans la direction longitudinale D du tube 2. Deux couples d'éléments de perturbation 11, 12 successifs d'une même paroi plane alignés le long de la direction longitudinale D sont espacés d'un pas P compris entre 2 et 6 mm. Le pas P entre deux couples d'éléments de perturbation 11, 12 successifs alignés le long de la direction longitudinale est défini comme la distance entre les centres géométriques des couples d'éléments de perturbation 11, 12.

- [0076] Les couples d'éléments de perturbation 11, 12 de la première paroi plane 3 sont alignés alternativement sur une première et une deuxième rangées, chaque rangée occupant majoritairement une moitié de la première paroi plane 3, la moitié étant définie par un plan F suivant à la fois par la direction longitudinale et une direction perpendiculaire à la première paroi plane 3, ce plan passant par le milieu de la largeur L de la première face interne 5.
- [0077] Le tube 2 comprend également des éléments de perturbation additionnels 13, en plus des couples d'éléments de perturbation 11, 12, dont la crête à une forme différente de la crête des couples d'éléments de perturbation 11, 12, qu'il s'agisse d'une forme de chevrons, de ronds, de rectangle ou d'ovale. Les éléments de perturbation additionnels 13 sont intercalés entre deux couples d'éléments de perturbation 11, 12.
- [0078] L'espacement minimal entre la première crête 31 et la deuxième crête 32 d'un couple d'éléments de perturbations 11, 12 est strictement inférieur à l'espacement minimal entre l'une quelconque des première et deuxième crêtes 31, 32 et toute autre crête d'élément de perturbation 11, 12 ou d'élément de perturbation additionnel 13 de la première paroi plane 3.
- [0079] Le nombre d'éléments de perturbation additionnels 13 alignés le long d'une ligne perpendiculaire à la direction longitudinale D et s'étendant le long de la largeur L de la première face interne est supérieur à un.
- [0080] Un couple d'éléments de perturbation 11, 12 et un élément de perturbation additionnel 13 successifs de la première paroi plane 3 alignés le long de la direction longitudinale D sont espacés d'un pas p compris entre 1 et 7 mm. Selon un autre aspect de l'invention, soit le pas P entre deux couples d'éléments de perturbation 11, 12, soit le pas p entre un couple d'éléments de perturbation 11, 12 et un élément de perturbation additionnel 13, alignés le long de la direction longitudinale D augmente progressivement le long de la direction longitudinale D du tube 2.
- [0081] Les éléments de perturbation 11, 12 et les éléments de perturbation additionnels 13 sont issus de matière avec le tube 2. En d'autres termes, le tube 2 et les éléments de perturbation 11, 12 ainsi que le tube 2 et les éléments de perturbation additionnels 13 sont fabriqués à partir du même bloc de matière, l'un ne pouvant être séparé de l'autre sans entraîner la destruction du tube 2. Les éléments de perturbation 11, 12 et les éléments de perturbation additionnels 13 sont fabriqués par emboutissage, estampage

ou fabrication additive métallique.

[0082] La [Fig.7] est un graphique présentant l'évolution du facteur d'amélioration, EHF, en fonction du nombre de Reynolds, Re , mesurée pour un tube de référence D1 et pour un tube suivant la présente invention D2. Ces données sont issues de mesures expérimentales. Le facteur d'amélioration est défini comme le ratio du nombre de Nusselt du tube considéré par le nombre de Nusselt du tube de référence D1 à nombre de Reynolds équivalent, le tout divisé par le ratio à la puissance 1/3 du facteur de frottement du tube considéré par le facteur de frottement du tube de référence D1 à nombre de Reynolds équivalent. Ce coefficient a pour but de comparer l'amélioration de la performance thermique en prenant en compte l'impact sur les pertes de pression engendrées.

[0083] Le tube de référence ici utilisé est un tube développé spécifiquement pour les hauts nombres de Reynolds. Le graphique de la [Fig.7] montre que le tube selon l'invention présente un facteur d'amélioration supérieur au tube de référence sur toute la plage testée, soit pour des nombres de Reynolds allant de 100 à 1000. Cette amélioration varie suivant les débits entre 16% et 45%.

[0084]

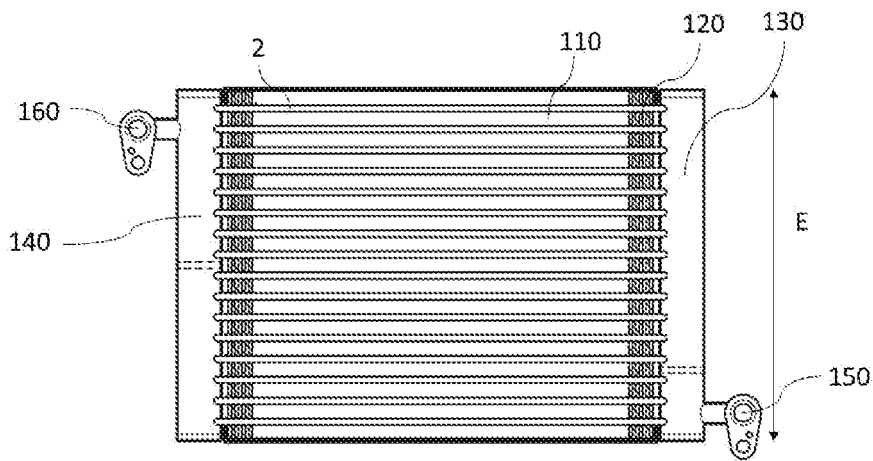
Revendications

- [Revendication 1] Tube (2) pour échangeur de chaleur (1) définissant un canal (100) de circulation de fluide, ledit canal (100) s'étendant selon une direction longitudinale (D) et comportant une première paroi plane (3) comprenant au moins un couple d'éléments de perturbation (11, 12), ledit couple d'éléments de perturbation (11,12) étant formé d'un premier élément de perturbation (11) et d'un deuxième élément de perturbation (12), les premier et deuxième éléments de perturbation (11, 12) étant constitués d'une déformation locale de ladite première paroi plane (3) vers l'intérieur du tube (2), caractérisé en ce que lesdits premier et deuxième éléments de perturbation (11, 12) s'étendent respectivement entre une première base (21) et une première crête (31) et entre une deuxième base (22) et une deuxième crête (32), ladite première crête (31) se présentant sous une forme allongée suivant une première droite (41) et ladite deuxième crête (32) se présentant sous une forme allongée suivant une deuxième droite (42), ladite première droite (41) coupant ladite deuxième crête (32), et en ce qu'une troisième droite (43) parallèle à la direction longitudinale (D) et passant par le centre de la première base (21) coupe la deuxième base (22).
- [Revendication 2] Tube (2) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'intersection entre la première droite (41) et la direction longitudinale (D) forme un angle A, lequel est compris entre 20° et 60° , notamment entre 30° et 50° .
- [Revendication 3] Tube (2) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'intersection entre la deuxième droite (42) et la direction longitudinale (D) forme un angle B, lequel est compris entre 45° et 85° , notamment entre 55° et 75° .
- [Revendication 4] Tube (2) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le ratio de la hauteur h des éléments de perturbation (11, 12) sur la hauteur H du canal (100) est compris entre 0,1 et 0,4, notamment entre 0,2 et 0,3.
- [Revendication 5] Tube (2) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le ratio de la hauteur h des éléments de perturbation (11, 12) sur l'épaisseur e de la première paroi plane (3) est compris entre 0,1 et 4,0, notamment entre 0,5 et 2,5.
- [Revendication 6] Tube (2) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les première et deuxième crêtes (31, 32) des éléments de per-

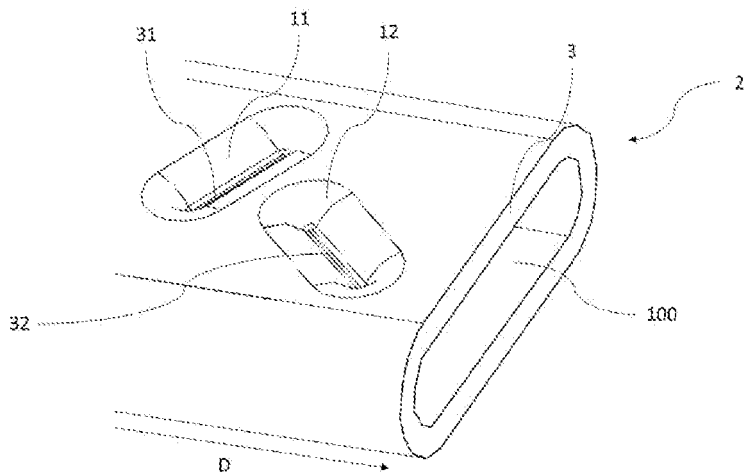
turbation (11, 12) sont espacées d'une distance comprise entre 1 et 3 mm.

- [Revendication 7] Tube (2) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte une deuxième paroi plane (4) parallèle à la première paroi plane (3), les couples d'éléments de perturbation (11, 12) étant agencés en alternance sur la première paroi plane (3) et sur la deuxième paroi plane (4).
- [Revendication 8] Tube (2) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que deux couples d'éléments de perturbation (11, 12) successifs d'une même paroi plane (3, 4) alignés le long de la direction longitudinale (D) sont espacés d'un pas (P) compris entre 2 et 6 mm.
- [Revendication 9] Tubes (2) selon l'une des revendications précédentes, comprenant des éléments de perturbation additionnels (13), en plus des couples éléments de perturbation (11, 12), et dont la crête a une forme différente de la crête (31, 32) des éléments de perturbation (11, 12).
- [Revendication 10] Echangeur de chaleur (1) comprenant une pluralité de tubes (2), connectés entre eux au travers de deux collecteurs (130, 140) caractérisé en ce qu'au moins un desdits tubes est selon l'une quelconque des revendications précédentes, ladite pluralité de tubes (2) définissant un circuit de circulation pour un fluide apte à être perturbé par les éléments de perturbation (11, 12) et un espace (110) de circulation pour de l'air.

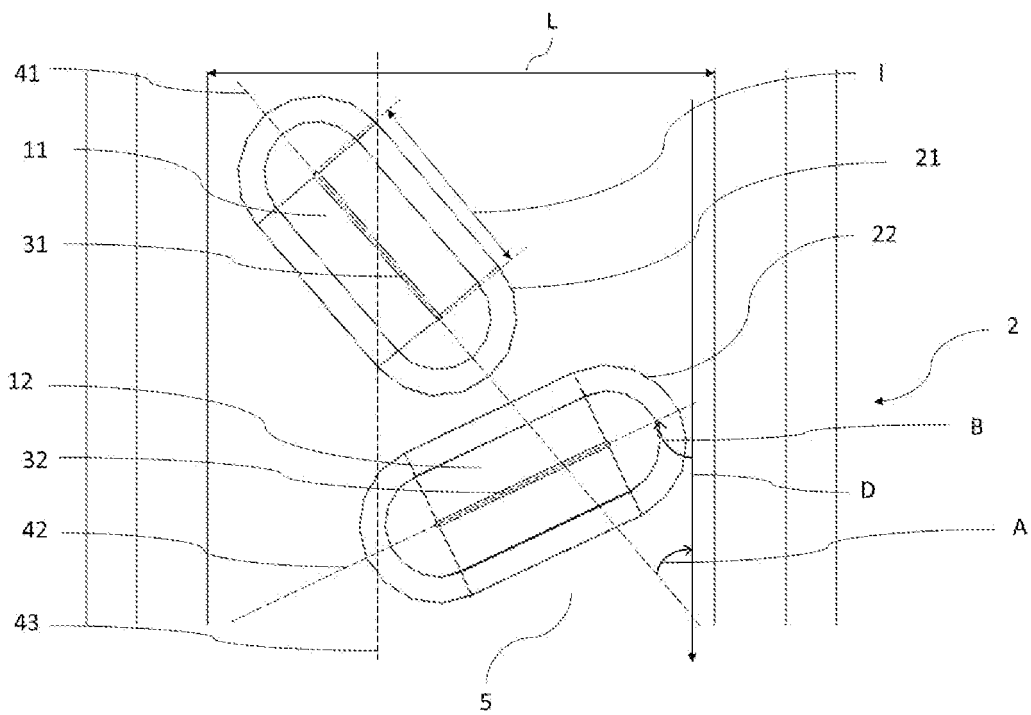
[Fig. 1]



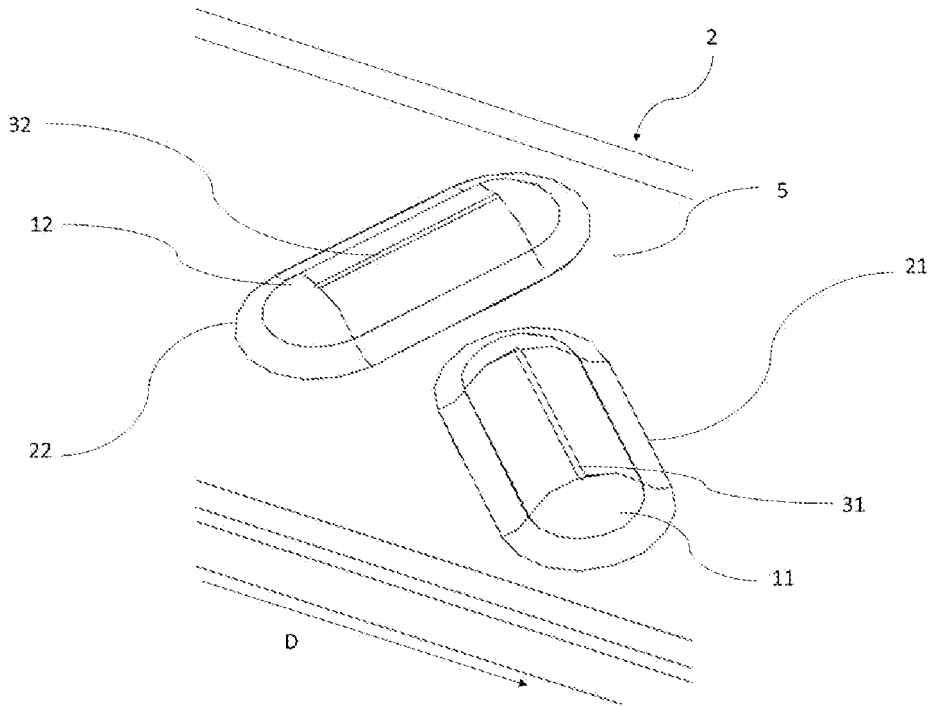
[Fig. 2]



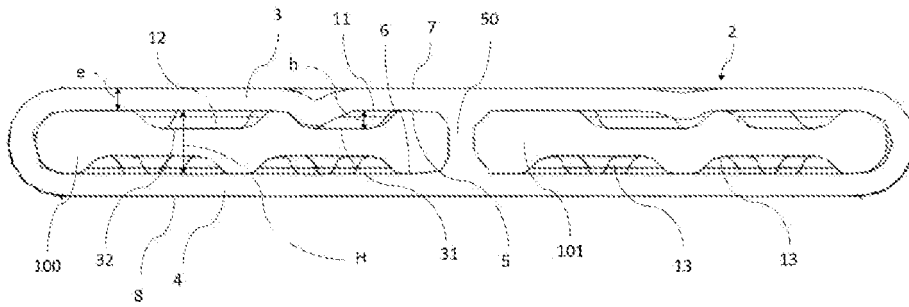
[Fig. 3]



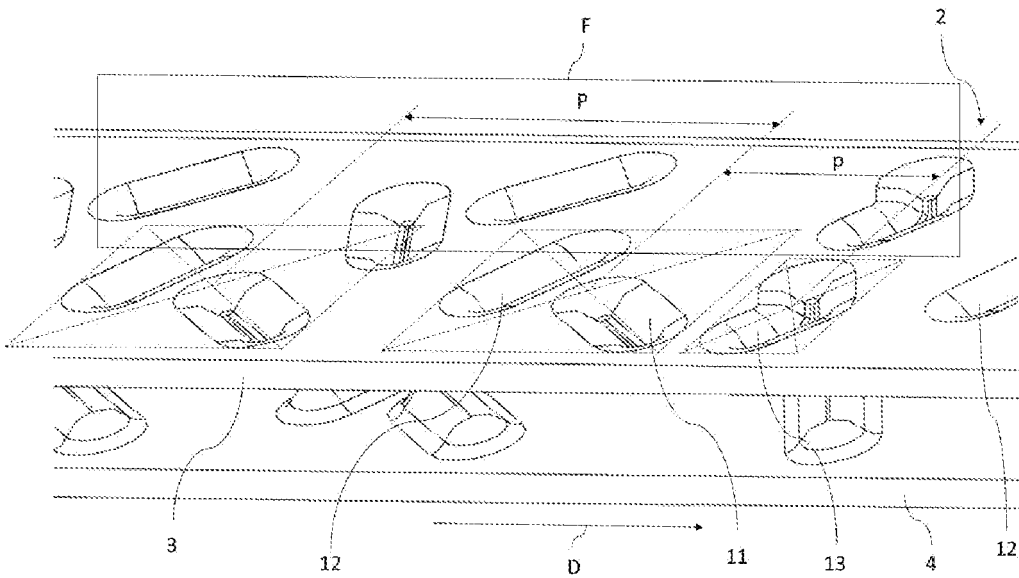
[Fig. 4]



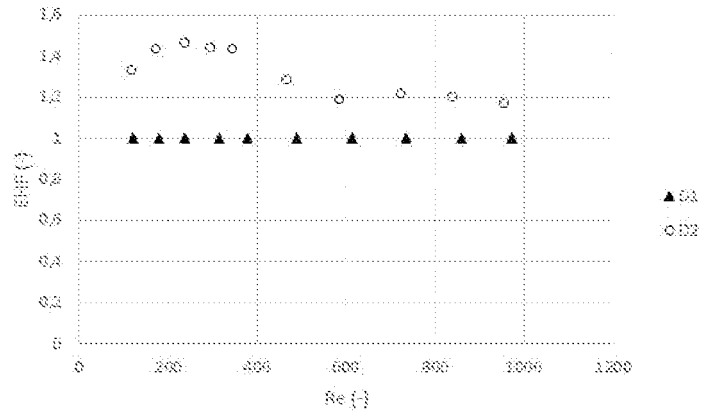
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 900646
FR 2112710

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2021/207896 A1 (BRAVO RODRIGUEZ YOLANDA [ES] ET AL) 8 juillet 2021 (2021-07-08) * alinéa [0079]; figures 1a, 1b * -----	1-10	F28F1/40 F28D1/04
X	US 2015/247680 A1 (BRUNNER STEFFEN [DE] ET AL) 3 septembre 2015 (2015-09-03) * figures 3a, 3b * -----	1-10	
X	US 2016/109188 A1 (JULIANA RAFAEL [ES] ET AL) 21 avril 2016 (2016-04-21) * figure 3 * -----	1-10	
A	US 2002/195239 A1 (DUERR GOTTFRIED [DE] ET AL) 26 décembre 2002 (2002-12-26) * figure 19 * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F28F F28D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 juin 2022		Vassoille, Bruno	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2112710 FA 900646**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **22-06-2022**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2021207896 A1	08-07-2021	CN 109073330 A	21-12-2018
		EP 3417228 A1	26-12-2018
		ES 2630754 A1	23-08-2017
		KR 20180113589 A	16-10-2018
		US 2021207896 A1	08-07-2021
		WO 2017140851 A1	24-08-2017

US 2015247680 A1	03-09-2015	DE 102012217333 A1	27-03-2014
		EP 2909560 A1	26-08-2015
		US 2015247680 A1	03-09-2015
		WO 2014048688 A1	03-04-2014

US 2016109188 A1	21-04-2016	BR 102015025607 A2	02-08-2016
		CN 105486141 A	13-04-2016
		EP 3006884 A1	13-04-2016
		KR 20160042182 A	18-04-2016
		US 2016109188 A1	21-04-2016

US 2002195239 A1	26-12-2002	DE 10220532 A1	14-11-2002
		EP 1256772 A2	13-11-2002
		US 2002195239 A1	26-12-2002
