



(51) Classification internationale des brevets :
F28F 1/32 (2006.01) *F28D 1/053* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2017/051756

(22) Date de dépôt international :
29 juin 2017 (29.06.2017)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1656125 29 juin 2016 (29.06.2016) FR
1656126 29 juin 2016 (29.06.2016) FR

(71) Déposant : VALEO SYSTEMES THERMIQUES
[FR/FR] ; 8 rue Louis Lormand, La Verrière, 78320 LE
MESNIL SAINT DENIS (FR).

(72) Inventeurs : **AZZOUZ, Kamel** ; C/o Valeo Systèmes
Thermiques, ZA l'Agiot, 8 rue Louis Lormand, CS 80517
La Verrière, 78322 LE MESNIL SAINT DENIS CEDEX
(FR). **BOISSELLE, Patrick** ; C/o Valeo Systèmes Ther-
miques, 130 route de Mayenne, BP2219, 53022 LAVAL
(FR). **DE VAULX, Cédric** ; C/o Valeo Systèmes Ther-
miques, ZA l'Agiot, 8 rue Louis Lormand, 78322 LE
MESNIL SAINT DENIS CEDEX (FR). **ETIENNE, Er-
wan** ; Valeo Japan Co., Ltd, 4F Glass City Motoyoyogi,
30-13, Motoyoyogi-cho, Shibuya-ku, TOKYO, 151-0062
(JP). **MARCHADIER, Xavier** ; C/o Valeo Systèmes Ther-
miques, ZA l'Agiot, 8 rue Louis Lormand, 78322 LE
MESNIL SAINT DENIS CEDEX (FR). **MONNET, Véro-
nique** ; VALEO SYSTEMES THERMIQUES, 130, route
de Mayenne, BP2219, 53022 LAVAL (FR).

(74) Mandataire : **TRAN, Chi-Hai** ; VALEO SYSTEMES
THERMIQUES, Propriété Industrielle, ZA L'Agiot, 8 rue

(54) Title: MECHANICAL HEAT EXCHANGER AND ASSOCIATED PRODUCTION METHOD

(54) Titre : ÉCHANGEUR DE CHALEUR MÉCANIQUE ET PROCÉDÉ DE FABRICATION ASSOCIÉ

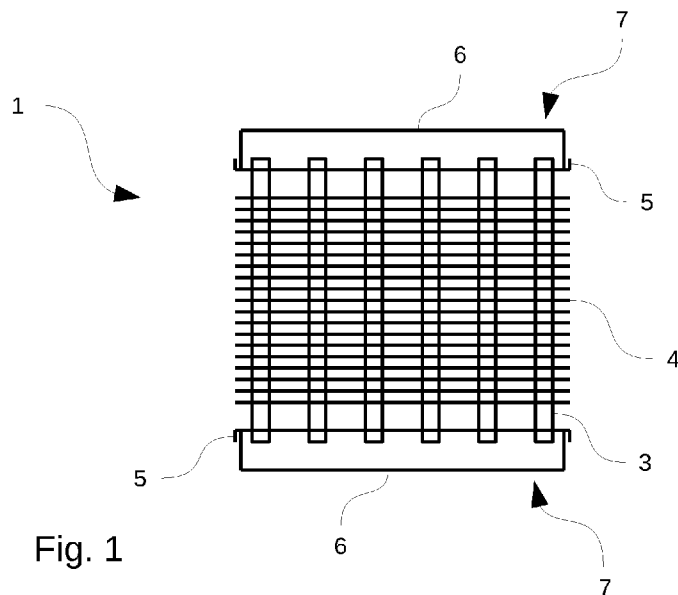


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a mechanical heat exchanger (1) having mutually parallel tubes (3) arranged in rows and a plurality of stacked fins (4) having holes (40) through which the tubes pass (3), the stacking of the fins (4) being mechanically stressed in order to enhance the contact at the interface between the fins and the tubes. The present invention also relates to a method for producing such a mechanical heat exchanger (1).

(57) Abrégé : La présente invention concerne un échangeur de chaleur (1) mécanique comportant des tubes (3) parallèles les uns avec les autres et disposés en rang et une pluralité d'ailettes (4) superposées comportant des orifices (40) par lesquels passent les tubes (3), la superposition d'ailettes (4) étant contrainte mécaniquement pour améliorer le contact au niveau de l'interface entre les ailettes et les tubes. La présente invention concerne également un procédé de fabrication dudit échangeur de chaleur (1) mécanique.



Louis Lormand, CS 80517 La Verrière 78322 LE MESNIL
SAINT-DENIS CEDEX (FR).

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

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (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).

Publiée:

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2(g))*

Échangeur de chaleur mécanique et procédé de fabrication associé

L'invention concerne le domaine des échangeurs de chaleur et plus précisément
5 les échangeurs de chaleur mécaniques ainsi que leur procédé de fabrication.

Les échangeurs de chaleurs mécaniques comportent généralement des tubes
parallèles les uns avec les autres, formant un faisceau de tubes, et qui sont introduits
dans des ailettes perforées. Les tubes sont par exemple élargis par déformation
10 mécanique afin d'être maintenus dans les perforations des ailettes. Cette déformation
mécanique est par exemple réalisée par l'insertion dans le tube d'une olive d'un diamètre
supérieur à celui de l'orifice dudit tube afin de l'élargir.

Les extrémités du faisceau de tubes sont reliées à des collecteurs formés
15 notamment d'une plaque collectrice munie de trous dans lesquels débouchent les
extrémités des tubes. La plaque collectrice est recouverte d'une boîte à eau de sorte à
former le collecteur. Les collecteurs permettent la distribution ou la récupération d'un
premier fluide caloporteur qui passe à l'intérieur des tubes. Un deuxième fluide
caloporteur passe quant à lui entre les ailettes.

20

Par échangeur de chaleur mécanique on entend que les différents éléments
formant l'échangeur sont fixés mécaniquement entre eux, par exemple par sertissage.

Cependant, pour ces échangeurs de chaleur mécaniques, le contact entre les
25 tubes et les ailettes peut ne pas être continu mais ponctuel. Cela diminue la conductivité
thermique entre les tubes et les ailettes et donc diminue les performances de l'échangeur
de chaleur.

Un des buts de la présente invention est donc de proposer un échangeur de chaleur mécanique amélioré et dont les performances sont augmentées.

La présente invention concerne donc un échangeur de chaleur mécanique
5 comportant :

- des tubes parallèles les uns avec les autres et disposés en rang et dans lesquels un premier fluide caloporteur est apte à circuler, et
- une pluralité d'ailettes superposées au travers desquelles un deuxième fluide caloporteur est apte à circuler, lesdites ailettes comportant des orifices par
10 lesquels passent les tubes,

la superposition d'ailettes est contrainte mécaniquement pour améliorer le contact au niveau de l'interface entre les ailettes et les tubes.

Ces contraintes augmentent la pression de contact entre les ailettes et les tubes ce qui permet une amélioration de la conductivité thermique entre ces éléments et ainsi
15 augmente les performances de l'échangeur de chaleur mécanique.

Selon une première réalisation possible, l'échangeur comporte en outre au moins deux plaques collectrices comprenant respectivement des trous dans lesquels sont introduites les extrémités des tubes, une plaque collectrice étant disposée à chaque extrémité des tubes, et dans lequel la superposition d'ailettes est contrainte
20 mécaniquement dans un état de déformation élastique, ladite superposition d'ailettes étant maintenue dans une forme instable par les plaques collectrices et les tubes de sorte que si lesdites plaques collectrices sont retirées, la superposition d'ailettes retrouve une forme stable.

Le fait que la superposition d'ailettes soit maintenue dans sa forme instable
25 applique des contraintes mécaniques au niveau de l'interface entre les ailettes et les tubes.

Selon un aspect de l'invention, la superposition d'ailettes est, dans sa forme stable, cintrée dans le plan de circulation du flux du deuxième fluide caloporteur.

Selon un autre aspect de l'invention, les trous des plaques collectrices sont alignés de sorte que les tubes forment un rang rectiligne et que les ailettes soient rectilignes.

Selon une deuxième réalisation possible, l'échangeur comporte un dispositif de retenue configuré pour contraindre mécaniquement la superposition d'ailettes avec une force de retenue exercée dans le plan du rang de tubes afin de maintenir la superposition d'ailettes et/ou les tubes en place de sorte à minimiser le flambage des tubes dans le plan du rang des tubes du fait de la dilatation thermique.

La force de retenue contre la dilatation thermique des ailettes vers l'extérieur de l'échangeur thermique et contraint les ailettes à se dilater au niveau des orifices. Les orifices se contractent du fait de cette dilatation et le contact entre les ailettes et les tubes augmente, ce qui diminue la résistance thermique et donc permet une meilleure conduction thermique entre les tubes et les ailettes. Cela augmente donc les performances de l'échangeur de chaleur.

Selon un aspect de l'invention, le dispositif de retenue vient en appui des bords extérieurs d'au moins une partie des ailettes, dans le plan du rang de tubes, de chaque côté de la superposition d'ailettes.

Selon un autre aspect de l'invention, l'échangeur de chaleur comporte en outre :

- au moins deux plaques collectrices comprenant respectivement des trous dans lesquels sont introduites les extrémités des tubes, une plaque collectrice étant disposée à chaque extrémité des tubes,

◦ une boîte à eau recouvrant chaque plaque collectrice de sorte à former un collecteur apte à collecter ou distribuer le premier fluide caloporteur afin qu'il puisse circuler dans les tubes,
et le dispositif de retenue comprend une lame de retenue disposée de chaque côté de la superposition d'aillettes et fixée à chacune de ces extrémités aux collecteurs et venant en appui sur les bords extérieurs des ailettes sur toute la hauteur de la superposition d'aillettes, de chaque côté de la superposition d'aillettes.

10 Selon un autre aspect de l'invention, les lames de retenue sont cintrées, la partie convexe desdites lames de retenue étant dirigée vers l'intérieur de l'échangeur de chaleur.

15 Selon un autre aspect de l'invention, les extrémités des lames de retenue sont fixées sur la plaque collectrice.

Selon un autre aspect de l'invention, les lames de retenue sont fixées par emboîtement élastique au niveau des boîtes à eau des collecteurs.

20 Selon un autre aspect de l'invention, les plaques collectrices comportent à chacune de leurs extrémités, dans le plan du rang de tubes, des décrochements s'étendant vers le collecteur opposé, lesdits décrochements maintenant les lames de retenue contre les bords extérieurs des ailettes.

25 Selon un autre aspect de l'invention, les ailettes comportent des encoches sur leurs bords extérieurs dans le plan du rang de tubes, les lames de retenue venant s'insérer dans lesdites encoches.

Selon un autre aspect de l'invention, les lames de retenue comportent, dans le plan du rang de tubes, des déflecteurs s'étendant vers l'extérieur dudit échangeur de chaleur.

- 5 Selon un autre aspect de l'invention, le dispositif de retenue comporte au moins un cerclage d'un ensemble d'au moins deux ailettes superposées.

 Selon un autre aspect de l'invention, le cerclage comporte deux supports chevauchant, dans le plan du rang de tubes, les bords extérieurs d'au moins deux
10 ailettes, lesdits supports étant maintenus par une bande de cerclage entourant l'échangeur de chaleur.

 Selon un autre aspect de l'invention, la bande de cerclage a une épaisseur inférieure ou égale à la distance entre deux ailettes superposées.
15

 Selon un autre aspect de l'invention, le dispositif de retenue comporte des tubes renforcés, situés à chaque extrémité du rang de tubes, lesdits tubes renforcés étant configurés pour subir un flambage inférieur à celui des autres tubes du rang de tubes du fait de la dilatation thermique.
20

 Selon un autre aspect de l'invention, les tubes renforcés situés à chaque extrémité du rang de tubes ont une section transversale circulaire et les autres tubes du rang de tubes ont une section transversale oblongue.

25 Selon un autre aspect de l'invention, les tubes renforcés situés à chaque extrémité du rang de tubes sont réalisés dans un matériau ayant un coefficient de dilatation thermique inférieur au matériau dans lesquels sont réalisés les autres tubes du rang de tubes.

Selon un autre aspect de l'invention, le dispositif de retenue comporte au moins un peigne comportant une base et des dents reposant sur ladite base, les dents étant séparées par des interstices dans lesquels s'insèrent des tubes, ledit peigne étant intercalé entre deux ailettes et en contact avec la paroi desdits tubes, ledit peigne ayant un

5 coefficient de dilatation thermique inférieur à celui des ailettes.

Selon un autre aspect de l'invention, le peigne a une épaisseur inférieure ou égale à la distance entre les deux ailettes entre lesquelles les dents sont insérées.

10 Selon un autre aspect de l'invention, les interstices ont une forme complémentaire de la forme des tubes.

Selon un autre aspect de l'invention, la hauteur des dents, correspondant à la profondeur des interstice, est supérieure ou égale à la moitié de la largeur des tubes.

15

Selon un autre aspect de l'invention, la largeur du peigne, correspondant à la hauteur de ses dents additionnée à la hauteur de sa base, est inférieure ou égale à 1,5 fois la largeur des ailettes.

20

La présente invention concerne également un procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur mécanique, comportant :

- des tubes parallèles les uns avec les autres et disposés en rang et dans lesquels un premier fluide caloporteur est apte à circuler, et
- 25 • une pluralité d'ailettes superposées au travers desquelles un deuxième fluide caloporteur est apte à circuler, lesdites ailettes comportant des orifices par lesquels passent les tubes,

- au moins deux plaques collectrices comprenant respectivement des trous dans lesquels sont introduites les extrémités des tubes, une plaque collectrice étant disposée à chaque extrémité des tubes,

ledit procédé comportant les étapes suivantes :

- 5
- assemblage des tubes et des ailettes avec fixation desdites ailettes sur lesdits tubes,
 - déformation élastique de la superposition d'ailettes,
 - mise en place des plaques collectrices aux extrémités des tubes.

- 10
- Selon un aspect du procédé selon l'invention, suite à la déformation élastique de la superposition d'ailettes, les extrémités des tubes sont disposées de sorte à être placées en regard des trous des plaques collectrices.

- Selon un autre aspect du procédé selon l'invention, ledit procédé de fabrication
- 15
- comporte, entre l'étape d'assemblage des tubes et des ailettes et l'étape de déformation élastique, une étape intermédiaire de déformation plastique de la superposition d'ailettes.

- Selon un autre aspect du procédé selon l'invention, l'étape intermédiaire de
- 20
- déformation plastique de la superposition d'ailettes est un cintrage dans le plan de circulation du flux du deuxième fluide caloporteur.

- Selon un autre aspect du procédé selon l'invention, la superposition d'ailettes a un profil rectiligne avant l'étape intermédiaire de déformation plastique et que ladite
- 25
- superposition d'ailettes a un profil également rectiligne après l'étape de déformation élastique.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante, donnée à titre d'exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés parmi lesquels :

- 5 - la figure 1 montre une représentation schématique d'un échangeur de chaleur mécanique en vue de face selon un premier mode de réalisation,
- la figure 2 montre une représentation schématique de l'échangeur de chaleur mécanique de la figure 1 en vue de dessus,
- les figures 3a à 3c montrent des représentations schématiques en coupe en
10 vue de dessus d'un échangeur de chaleur mécanique lors de différentes étapes de son procédé de fabrication,
- la figure 4 montre une représentation schématique d'un échangeur de chaleur mécanique en vue de face selon un deuxième mode de réalisation,
- la figure 5 montre une représentation schématique d'un échangeur de chaleur
15 mécanique en vue de face selon un troisième mode de réalisation,
- la figure 6 montre une représentation schématique d'un échangeur de chaleur mécanique en vue de face selon un quatrième mode de réalisation,
- la figure 7 montre une représentation schématique d'une ailette en vue de
20 dessus,
- la figure 8 montre une représentation schématique d'un échangeur de chaleur mécanique en vue de face selon un cinquième mode de réalisation,
- la figure 9 montre une représentation schématique d'un échangeur de chaleur
25 mécanique en vue de face selon un sixième mode de réalisation,
- la figure 10 montre une représentation schématique de l'échangeur de chaleur mécanique de la figure 9 en vue de dessus.
- la figure 11 montre une représentation schématique d'un échangeur de
 chaleur mécanique en vue de face selon un sixième mode de réalisation,
- la figure 12 montre une représentation schématique d'un peigne d'un
 échangeur de chaleur selon la figure 11.

Les éléments identiques sur les différentes figures, portent les mêmes références.

Les réalisations suivantes sont des exemples. Bien que la description se réfère à un ou plusieurs modes de réalisation, ceci ne signifie pas nécessairement que chaque
5 référence concerne le même mode de réalisation, et/ou que les caractéristiques s'appliquent seulement à un seul mode de réalisation. De simples caractéristiques de différents modes de réalisation peuvent également être combinées pour fournir d'autres réalisations.

10 Dans la présente description on peut indexer certains éléments ou paramètres, comme par exemple premier élément ou deuxième élément ainsi que premier paramètre et second paramètre ou encore premier critère et deuxième critère etc. Dans ce cas, il s'agit d'un simple indexage pour différencier et dénommer des éléments ou paramètres ou critères proches mais non identiques. Cette indexation n'implique pas une priorité
15 d'un élément, paramètre ou critère par rapport à un autre et on peut aisément interchanger de telles dénominations sans sortir du cadre de la présente description. Cette indexation n'implique pas non plus un ordre dans le temps par exemple pour apprécier tels ou tels critères.

20 La figure 1 montre un échangeur de chaleur 1 mécanique selon un premier mode de réalisation. Par échangeur de chaleur 1 mécanique on entend que les différents éléments formant l'échangeur sont fixés mécaniquement entre eux, par exemple par sertissage. Ledit échangeur de chaleur 1 mécanique, comporte :

- des tubes 3 parallèles les uns avec les autres et disposés en rang et dans
25 lesquels un premier fluide caloporteur est apte à circuler, et
- une pluralité d'ailettes 4 au travers desquelles un deuxième fluide caloporteur est apte à circuler.

Ces ailettes 4 évoluent parallèlement les unes par rapport aux autres et sont superposées. Les ailettes 4 sont disposées perpendiculaires au plan du rang de tubes 3 et comportent des orifices 40 (visibles sur les figures 3a à 3c et 7) par lesquels passent les tubes 3.

5

De préférence, les ailettes 4 et les tubes 3 sont réalisés en matériau métallique, par exemple en aluminium, afin d'avoir une bonne conductivité thermique et ne pas pénaliser les échanges de chaleur entre le premier et le deuxième fluide caloporteur.

10 L'échangeur de chaleur 1 mécanique comporte également au moins deux plaques collectrices 5 comprenant respectivement des trous 50 (visibles sur la figure 2) dans lesquels sont introduites les extrémités des tubes 3. Ledit échangeur de chaleur 1 mécanique comporte une plaque collectrice 5 à chaque extrémité des tubes 3.

15 Comme le montre la figure 2, les trous 50 des plaques collectrices 5 peuvent être alignés de sorte que les tubes 3 forment un rang rectiligne et que les ailettes 4 soient également rectilignes. Le fait que les ailettes 4 soient rectilignes permet de limiter l'encombrement de l'échangeur de chaleur 1.

20 Chaque plaque collectrice 5 peut être recouverte par une boîte à eau 6 dont les bords peuvent être insérés dans une rainure 51 (visible sur la figure 2) pouvant comporter un joint d'étanchéité, de sorte à former un collecteur 7. Les collecteurs 7 comportent généralement une entrée et/ou une sortie de premier fluide caloporteur et permettent la distribution ou l'évacuation du premier fluide caloporteur au sein des tubes
25 3.

Dans l'échangeur de chaleur mécanique 1, la superposition d'ailettes 4 est dans un état de déformation élastique. Par déformation élastique, on entend que la superposition d'ailettes 4 a été déformée afin de passer d'une forme stable à une forme

instable. La superposition d'ailettes 4 est maintenue dans sa forme instable par les plaques collectrices 5 et les tubes 3. Les plaques collectrices 5 maintiennent les tubes 3 qui eux même maintiennent la superposition d'ailettes 4 dans sa forme instable. Si lesdites plaques collectrices 5 sont retirées, la superposition d'ailettes 4 retrouve alors
5 une forme stable.

Le fait que la superposition d'ailettes 4 soit maintenue dans sa forme instable applique des contraintes mécaniques au niveau de l'interface entre les ailettes 4 et les tubes 3. Ces contraintes augmentent la pression de contact entre les ailettes 4 et les tubes 3 ce qui permet une amélioration de la conductivité thermique entre ces éléments
10 et ainsi augmente les performances de l'échangeur de chaleur 1 mécanique.

La superposition d'ailettes 4 est, dans sa forme stable, de préférence cintrée dans le plan de circulation du flux du deuxième fluide caloporteur. Il est néanmoins tout à fait possible d'imaginer d'autres sens ou plan de cintrage pour la superposition d'ailettes
15 4, ladite superposition d'ailettes 4 serait alors « redressée » par les plaques collectrices 5 afin d'appliquer des contraintes sous sa forme instable.

La présente invention concerne également un procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur 1 mécanique, comportant :

- 20
- des tubes 3 parallèles les uns avec les autres et disposés en rang et dans lesquels un premier fluide caloporteur est apte à circuler, et
 - une pluralité d'ailettes 4 au travers desquelles un deuxième fluide caloporteur est apte à circuler, lesdites ailettes 4 comportant des orifices 40 par lesquels passent les tubes 3,
 - 25 • une plaque collectrice 5 comprenant des trous 50 dans lesquels sont introduites les extrémités des tubes 3, une plaque collectrice 5 étant disposée à chaque extrémité des tubes 3,

ledit procédé comportant les étapes suivantes :

- assemblage des tubes 3 et des ailettes 4 avec fixation desdites ailettes 4 sur lesdits tubes 3,
- déformation élastique de la superposition d'ailettes 4, notamment de sorte que les extrémités des tubes 3 soient placées en regard des trous 50 des plaques collectrices 5,
- mise en place des plaques collectrices 5 aux extrémités des tubes 3.

La fixation des ailettes 4 sur les tubes 3 peut notamment être réalisée par élargissement des tubes 3, par exemple par insertion d'une olive d'un diamètre supérieur à celui de l'orifice du tube 3.

La déformation élastique peut être réalisée par exemple au moyen d'un ou plusieurs vérins.

Comme précédemment, par déformation élastique, on entend que la déformation est réversible. Si les contraintes maintenant la superposition d'ailettes 4 dans sa forme instable sont enlevées (par exemple en enlevant les plaques collectrices 5), la superposition d'ailettes 4 reviendra d'elle même dans sa forme stable.

Le procédé de fabrication peut également comporter, entre l'étape d'assemblage des tubes 3 et des ailettes 4 et l'étape de déformation élastique, une étape intermédiaire de déformation plastique de la superposition d'ailettes 4. Par déformation plastique on entend que la déformation n'est pas réversible et que suite à la déformation plastique la superposition d'ailettes 4 reste dans cette forme, qui devient alors sa forme stable. La déformation plastique est ainsi une déformation d'amplitude supérieure à l'élasticité de la superposition d'ailettes 4.

Cette déformation plastique peut être réalisée par exemple au moyen d'un ou plusieurs vérins.

Il est alors possible d'assembler des tubes 3 et des ailettes 4, de fixer lesdites ailettes 4 sur lesdits tubes 3 et de former une superposition d'ailettes 4 ayant un profil rectiligne, comme illustré sur la figure 3a.

5

La superposition d'ailettes 4 est ensuite déformée plastiquement, comme illustré à la figure 3b, afin d'obtenir une superposition d'ailettes 4 dont la forme stable est cintrée, par exemple dans le plan de circulation du flux du deuxième fluide caloporteur.

10 La superposition d'ailettes 4 est ensuite déformée élastiquement, comme illustré à la figure 3c, afin d'obtenir une superposition d'ailettes 4 dont la forme instable est par exemple de profil rectiligne, proche ou identique à la superposition d'ailettes 4 lors de son assemblage, c'est à dire elle aussi rectiligne.

15 Cet exemple de procédé de fabrication permet notamment de conserver une unité de montage classique pour l'assemblage des tubes 3 et des ailettes 4 afin de former une superposition d'ailettes 4 ayant un profil rectiligne. Cela permet également d'ajouter simplement à la chaîne de production des unités afin de déformer plastiquement, dans un premier temps, puis élastiquement, dans un second temps, la superposition d'ailettes
20 4, ce qui peut limiter l'augmentation des coûts de production liés à ces étapes supplémentaires.

La figure 4 montre un échangeur de chaleur 1 mécanique selon un deuxième mode de réalisation. Cet échangeur de chaleur 1 comporte un dispositif de retenue 8
25 configuré pour exercer une force de retenue dans le plan du rang de tubes 3. Cette force de retenue maintient la superposition d'ailettes 4 et/ou les tubes 3 en place de sorte à minimiser le flambage des tubes 3 dans le plan du rang des tubes 3, du fait de la dilatation thermique de la superposition d'ailettes 4.

La force de retenue contre ainsi la dilatation thermique des ailettes 4 vers l'extérieur de l'échangeur thermique 1 et contraint les ailettes 4 à se dilater au niveau des orifices 40. Les orifices 40 se contractent du fait de cette dilatation et le contact entre les ailettes 4 et les tubes 3 augmente, ce qui diminue la résistance thermique et donc permet
5 une meilleure conduction thermique entre les tubes 3 et les ailettes 4. Cela augmente donc les performances de l'échangeur de chaleur 1.

Selon les modes de réalisation illustrés aux figures 4 à 8, le dispositif de retenue 8 vient en appui des bords extérieurs d'au moins une partie des ailettes 4, dans le plan du
10 rang de tubes 3, de chaque côté de la superposition d'ailettes 4. Par bords extérieurs des ailettes 4 on entend les bords situés en regards des extrémités du rang de tubes 3 et qui sont situés sur le même axe que le flambage desdits tubes 3.

Dans ces modes de réalisation, le dispositif de retenue 8 maintient la
15 superposition d'ailettes 4 et indirectement les tubes 3 de sorte à forcer la dilatation thermique au niveau des orifices 40.

Selon une première variante de ces modes de réalisation, illustrée aux figures 4, 5 et 6, le dispositif de retenue 8 peut comprendre une lame de retenue disposée de
20 chaque côté de la superposition d'ailettes 4. Les lames de retenues 8 sont fixées à chacune de leurs extrémités aux collecteurs 7 et viennent en appui sur les bords extérieurs des ailettes 4 sur toute la hauteur de la superposition d'ailettes 4. Les extrémités des lames de retenue 8 sont fixées sur les collecteurs 7 afin de bloquer la dilatation vers l'extérieur de la superposition d'ailettes 4.

25

La figure 4 montre un premier exemple de cette première variante où les lames de retenue 8 sont cintrées, la partie convexe desdites lames de retenue 8 étant dirigée vers l'intérieur de l'échangeur de chaleur 1. Ces lames de retenue 8 cintrées peuvent être des lames métalliques, par exemple en acier ou aluminium.

Dans ce premier exemple, illustré à la figure 4, les extrémités des lames de retenue 8 sont fixées ou simplement en appui, par exemple dans une encoche dédiée, sur la plaque collectrice 5. La forme cintrée de la lame de retenue 8 redirige les forces dues à la dilatation de la superposition d'ailettes 4 au niveau de la fixation de ladite lame de retenue 8 sur les plaques collectrices 5 et bloque cette dilatation vers l'extérieur de la superposition d'ailettes 4.

Pour ce premier exemple de la première variante des modes de réalisation illustrés aux figures 4 à 8, l'échangeur de chaleur 1 peut notamment être fabriqué selon un procédé de fabrication comportant les étapes suivantes :

- assemblage des tubes 3 et des ailettes 4 avec fixation desdites ailettes 4 sur lesdits tubes 3,
- mise en place des lames de retenue 8 de part et d'autre de la superposition d'ailettes 4,
- mise en place des plaques collectrices 5 de sorte à fixer et cintrer les lames de retenue 8,
- mise en place des boîtes à eau 6 de sorte à former les collecteurs 7.

La fixation des ailettes 4 sur les tubes 3 peut notamment être réalisée par élargissement des tubes 3, par exemple par insertion d'une olive d'un diamètre supérieur à celui de l'orifice du tube 3.

La figure 5 montre un deuxième exemple de la première variante où les lames de retenue 8 sont fixées par emboîtement élastique au niveau des boîtes à eau 6 des collecteurs 7. Cet emboîtement élastique peut par exemple être réalisé par des crochets 61 saillants des boîtes à eau 6 et venant s'insérer dans des orifices complémentaires sur les lames de retenue 8. Il est néanmoins tout à fait possible d'envisager d'autres modes de fixation des lames de retenue 8 aux collecteurs 7, par exemple par collage ou vissage. De plus, il est également tout à fait envisageable que les lames de retenue 8 soient fixées

sur les boîtes à eau 6 et/ou les plaques collectrices 5 des collecteurs 7. Les lames de retenue 8 peuvent être rectilignes, comme illustré sur la figure 5, ou bien être également cintrées.

5 Les lames de retenue 8 peuvent également comporter, dans le plan du rang de tubes 3, des déflecteurs 88 s'étendant vers l'extérieur dudit échangeur de chaleur 1. Ces déflecteurs 88 permettent notamment de rediriger le flux de deuxième fluide caloporteur vers la superposition d'ailettes 4 afin qu'il passe au travers.

10 Pour ce deuxième exemple de la première variante du premier mode de réalisation, l'échangeur de chaleur 1 peut notamment être fabriqué selon un procédé de fabrication comportant les étapes suivantes :

- assemblage des tubes 3 et des ailettes 4 avec fixation desdites ailettes 4 sur lesdits tubes 3,
- 15 • mise en place des collecteurs 7,
- mise en place des lames de retenue 8 de part et d'autre de la superposition d'ailettes 4 et fixation desdites lames de retenue 8 sur les collecteurs 7.

La fixation des ailettes 4 sur les tubes 3 peut notamment être réalisée par élargissement des tubes 3, par exemple par insertion d'une olive d'un diamètre supérieur
20 à celui de l'orifice du tube 3.

La figure 6 montre un troisième exemple de la première variante où les plaques collectrices 5 comportent à chacune de leurs extrémités, dans le plan du rang de tubes 3, des décrochements 52 s'étendant vers le collecteur 7 opposé. Ces décrochements 52
25 permettent de maintenir les lames de retenue 8 contre les bords extérieurs des ailettes 4. Les lames de retenue 8 peuvent également être rectilignes, comme illustré sur la figure 6, ou bien être également cintrées.

Pour ce troisième exemple de la première variante du premier mode de réalisation, l'échangeur de chaleur 1 peut notamment être fabriqué selon un procédé de fabrication comportant les étapes suivantes :

- 5 • assemblage des tubes 3 et des ailettes 4 avec fixation desdites ailettes 4 sur lesdits tubes 3,
- mise en place des lames de retenue 8 de part et d'autre de la superposition d'ailettes 4,
- 10 • mise en place des plaques collectrices 5 comportant des décrochements 52 s'étendant vers le collecteur 7 opposé, de sorte à fixer et bloquer les lames de retenue 8,
- mise en place des boîtes à eau 6 de sorte à former les collecteurs 7.

La fixation des ailettes 4 sur les tubes 3 peut notamment être réalisée par élargissement des tubes 3, par exemple par insertion d'une olive d'un diamètre supérieur à celui de l'orifice du tube 3.

15

Comme illustré à la figure 7, les ailettes 4 peuvent comporter des encoches 41 sur leurs bords extérieurs dans le plan du rang de tubes 3. Les lames de retenue 8 peuvent s'insérer dans lesdites encoches 41 afin d'éviter que lesdites lames de retenue 8 ne glissent où se déplacent.

20

Selon une deuxième variante des modes de réalisation illustrés aux figures 4 à 8, le dispositif de retenue 8 comporte au moins un cerclage d'un ensemble d'au moins deux ailettes 4 superposées, comme illustré à la figure 8.

25

Le cerclage 8 peut comporter deux supports 80, par exemple en U, chevauchant, dans le plan du rang de tubes 8, les bords extérieurs d'au moins deux ailettes 4. Les supports 80 sont maintenus par une bande de cerclage 81 entourant l'échangeur de chaleur 1, notamment perpendiculairement au plan du rang de tubes 3.

La bande de cerclage 81 peut notamment avoir une épaisseur inférieure ou égale à la distance entre deux ailettes 4 superposées afin de limiter les pertes de charges du flux du deuxième fluide caloporteur liées à la présence de ladite bande de cerclage 81.

5

La bande de cerclage 8 peut être réalisée par exemple au moyen d'un feuillard, d'un fil ou d'un câble entourant la superposition d'ailettes 4. La bande de cerclage 8 peut être réalisée en matière synthétique, comme par exemple en polyester ou polypropylène, en matière composite, comme par exemple en poly(p-phénylène-téréphtalamide), fibre
10 de carbone ou fibre de verre, ou encore en matière métallique, comme par exemple en acier, acier inoxydable ou nickel.

Selon un autre mode de réalisation illustré aux figures 9 et 10, le dispositif de retenue 8 peut comporter des tubes renforcés, situés à chaque extrémité du rang de tubes
15 3. Ces tubes renforcés 8 sont configurés pour subir un flambage inférieur à celui des autres tubes 3 du rang de tubes 3 du fait de la dilatation thermique des ailettes 4.

Cet autre mode de réalisation des figures 9 et 10 diffère des modes de réalisation illustrés aux figures 4 à 8 en ce que le dispositif de retenue n'est pas une pièce rapportée qui maintient la superposition d'ailettes 4, mais est des tubes renforcés 8 dans lesquels le
20 premier fluide caloporteur peut circuler et donc qui participent aux échanges de chaleur. Dans ce deuxième mode de réalisation, le dispositif de retenue 8 maintient la superposition d'ailettes 4 et indirectement les tubes 3 de sorte à forcer la dilatation thermique au niveau des orifices 40.

25 Les tubes renforcés 8 situés à chaque extrémité du rang de tubes 3 peuvent avoir une épaisseur de paroi plus importante afin d'être plus rigide. En variante ou en complément, les tubes renforcés 8 peuvent être réalisés en un matériau plus rigide que les autres tubes 3, par exemple en acier inoxydable. Toujours en variante ou en complément, les tubes renforcés 8 peuvent avoir une forme différente leur conférant une

rigidité plus importante afin de résister aux forces exercées par la dilatation de la superposition d'ailettes 4. Comme illustré sur la figure 10, les tubes renforcés 8 peuvent notamment avoir une section transversale circulaire et les autres tubes 3 du rang de tubes 3 avoir une section transversale oblongue.

5

Selon encore un autre mode de réalisation illustré aux figures 11 et 12, le dispositif de retenue 8 peut comporter au moins un peigne 8 comportant une base 82 et des dents 83 reposant sur ladite base 82, lesdites dents 83 étant séparées entre elles par des interstices 84. Lorsque ledit peigne 8 est placé dans l'échangeur de chaleur 1, les dents 83 s'intercalent entre deux ailettes 4 et s'insèrent entre les tubes 3 de sorte que les tubes 3 s'insèrent dans les interstices 84 et que le peigne 8 soit en contact avec la paroi desdits tubes 3. Le peigne 8 a un coefficient de dilatation thermique inférieur à celui des ailettes 4 de sorte qu'il puisse retenir les tubes 3 et donc empêcher la dilatation vers l'extérieur des ailettes 4.

15

Cet autre mode de réalisation des figures 11 et 12, diffère des modes de réalisation illustrés aux figures 4 à 8 d'une part et aux figures 9 et 10 d'autre part, en ce que le dispositif de retenue 8 maintient directement les tubes 3 afin d'éviter leur flambage. La superposition d'ailettes 4 est maintenue indirectement en place par l'intermédiaire des tubes 3 sorte à forcer la dilatation thermique au niveau des orifices 40.

20

De préférence, le peigne 8 est réalisé en matériau métallique, ayant une bonne conduction thermique afin de participer aux échanges de chaleurs entre le premier et le deuxième fluide caloporteur. Le peigne 8 peut ainsi être réalisé en acier, acier inoxydable ou encore en un alliage métallique comportant l'un ou plusieurs composants choisis parmi le nickel, le cobalt, le fer, le titane, le molybdène le silicium le cuivre, le bismuth.

25

Le peigne 8 a de préférence une épaisseur E_p inférieure ou égale à la distance entre les deux ailettes 4 entre lesquelles les dents 83 sont insérées. Cette épaisseur E_p permet premièrement d'insérer le peigne 8 entre deux ailettes 4 mais aussi permet de limiter les pertes de charges du flux du deuxième fluide caloporteur liées à la présence dudit peigne 8.

Afin de bien s'adapter aux tubes 3 et les maintenir, les interstices 84 entre les dents 83 dudit peigne 8 ont de préférence une forme complémentaire de la forme des tubes 3.

De même, la hauteur H_d des dents 83, correspondant à la profondeur des interstices 84, est supérieure ou égale à la moitié de la largeur des tubes 3.

Afin que le peigne n'augmente pas ou peu la largeur de l'échangeur de chaleur 1, la largeur L_p du peigne 8, correspondant à la hauteur H_d des dents 83 additionnée à la hauteur H_b de sa base 82, est de préférence inférieure ou égale à 1,5 fois la largeur L_a des ailettes 4 (visible sur la figure 7).

Ainsi, on voit bien que l'échangeur de chaleur 1 du fait de la présence du dispositif de retenue 8, permet une augmentation de la conduction thermique au niveau de l'interface entre les ailettes 4 et les tubes 3 et donc augmente ses performances.

Par ailleurs, l'échangeur de chaleur 1 mécanique, du fait des contraintes mécaniques appliquées sur la superposition d'ailettes 4, a des performances améliorées. De plus, de part son procédé de fabrication, l'augmentation des coûts de productions peut être maîtrisée.

REVENDICATIONS

- 5 1. Échangeur de chaleur (1) mécanique comportant :
- des tubes (3) parallèles les uns avec les autres et disposés en rang et dans lesquels un premier fluide caloporteur est apte à circuler, et
 - une pluralité d'ailettes (4) superposées au travers desquelles un deuxième fluide caloporteur est apte à circuler, lesdites ailettes (4) comportant des
- 10 orifices (40) par lesquels passent les tubes (3),
caractérisé en ce que la superposition d'ailettes (4) est contrainte mécaniquement pour améliorer le contact au niveau de l'interface entre les ailettes et les tubes.
- 15 2. Échangeur de chaleur (1) selon la revendication précédente, comportant en outre au moins deux plaques collectrices (5) comprenant respectivement des trous (50) dans lesquels sont introduites les extrémités des tubes (3), une plaque collectrice (5) étant disposée à chaque extrémité des tubes (3),
caractérisé en ce que la superposition d'ailettes (4) est contrainte mécaniquement dans un état de déformation élastique, ladite superposition d'ailettes (4) étant
- 20 maintenue dans une forme instable par les plaques collectrices (5) et les tubes (3) de sorte que si lesdites plaques collectrices (5) sont retirées, la superposition d'ailettes (4) retrouve une forme stable.
- 25 3. Échangeur de chaleur (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la superposition d'ailettes (4) est, dans sa forme stable, cintrée dans le plan de circulation du flux du deuxième fluide caloporteur.

4. Échangeur de chaleur (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les trous (50) des plaques collectrices (5) sont alignés de sorte que les tubes (3) forment un rang rectiligne et que les ailettes (4) soient rectilignes.
- 5 5. Échangeur de chaleur (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit échangeur de chaleur (1) comporte un dispositif de retenue (8) configuré pour contraindre mécaniquement la superposition d'ailettes avec une force de retenue exercée dans le plan du rang de tubes (3) afin de maintenir la superposition d'ailettes (4) et/ou les tubes (3) en place de sorte à minimiser le flambage des tubes (3) dans le plan du rang des tubes (3) du fait de la dilatation thermique.
- 10 6. Échangeur de chaleur (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le dispositif de retenue (8) vient en appui des bords extérieurs d'au moins une partie des ailettes (4), dans le plan du rang de tubes (3), de chaque côté de la superposition d'ailettes (4).
- 15 7. Échangeur de chaleur (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comporte en outre :
- au moins deux plaques collectrices (5) comprenant respectivement des trous (50) dans lesquels sont introduites les extrémités des tubes (3), une plaque collectrice (5) étant disposée à chaque extrémité des tubes (3),
 - une boîte à eau (6) recouvrant chaque plaque collectrice (5) de sorte à former un collecteur (7) apte à collecter ou distribuer le premier fluide caloporteur afin qu'il puisse circuler dans les tubes (3),
- 20 et que le dispositif de retenue (8) comprend une lame de retenue disposée de chaque côté de la superposition d'ailettes (4) et fixée à chacune de ces extrémités aux collecteurs (7) et venant en appui sur les bords extérieurs des ailettes (4) sur
- 25

toute la hauteur de la superposition d'ailettes (4), de chaque côté de la superposition d'ailettes (4).

- 5 8. Échangeur de chaleur (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les lames de retenue (8) sont cintrées, la partie convexe desdites lames de retenue (8) étant dirigée vers l'intérieur de l'échangeur de chaleur (1).
- 10 9. Échangeur de chaleur (1) selon l'une des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que les extrémités des lames de retenue (8) sont fixées sur la plaque collectrice (5).
- 15 10. Échangeur de chaleur (1) selon l'une des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que les lames de retenue (8) sont fixées par emboîtement élastique au niveau des boîtes à eau (6) des collecteurs (7).
- 20 11. Échangeur de chaleur (1) selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que les plaques collectrices (5) comportent à chacune de leurs extrémités, dans le plan du rang de tubes (3), des décrochements (52) s'étendant vers le collecteur (7) opposé, lesdits décrochements (52) maintenant les lames de retenue (8) contre les bords extérieurs des ailettes (4).
- 25 12. Échangeur de chaleur (1) selon l'une des revendications 7 à 11, caractérisé en ce que les ailettes (4) comportent des encoches (41) sur leurs bords extérieurs dans le plan du rang de tubes (3), les lames de retenue (8) venant s'insérer dans lesdites encoches (41).
13. Échangeur de chaleur (1) selon l'une des revendications 7 à 12, caractérisé en ce que les lames de retenue (8) comportent, dans le plan du rang de tubes (3), des déflecteurs (88) s'étendant vers l'extérieur dudit échangeur de chaleur (1).

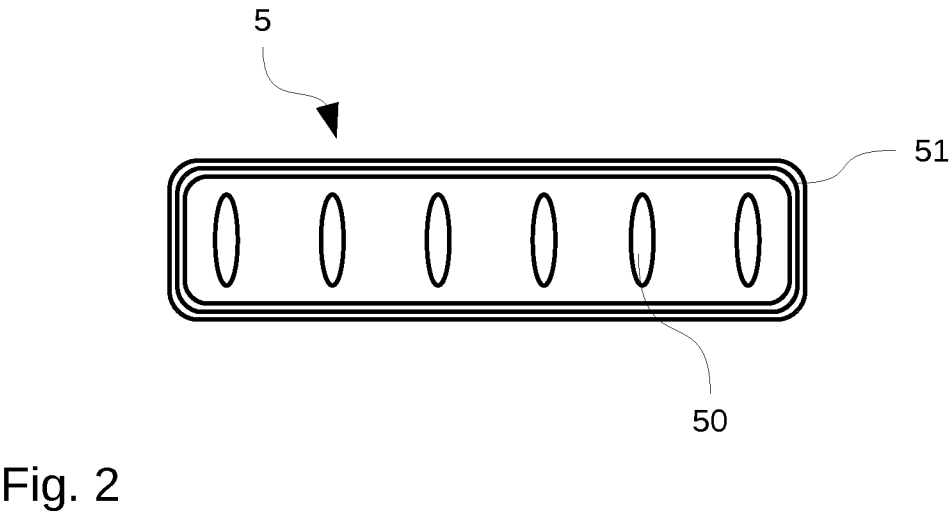
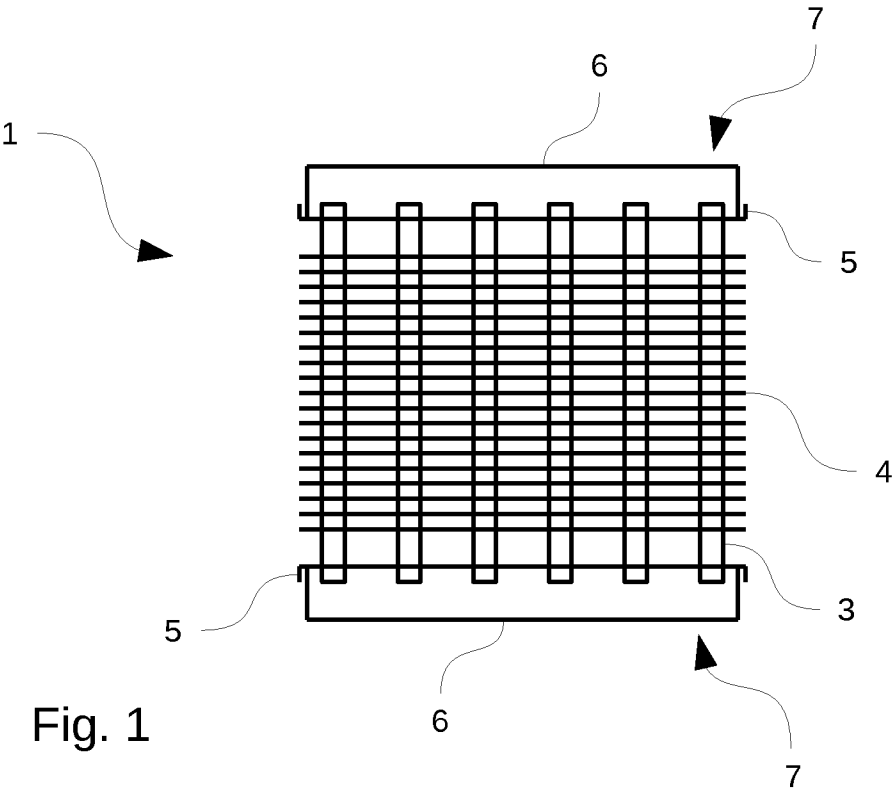
14. Échangeur de chaleur (1) selon l'une des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que le dispositif de retenue (8) comporte au moins un cerclage d'un ensemble d'au moins deux ailettes (4) superposées.
- 5
15. Échangeur de chaleur (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le cerclage (8) comporte deux supports (80) chevauchant, dans le plan du rang de tubes (8), les bords extérieurs d'au moins deux ailettes (4), lesdits supports (80) étant maintenus par une bande de cerclage (81) entourant
- 10 l'échangeur de chaleur (1).
16. Échangeur de chaleur (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la bande de cerclage (81) a une épaisseur inférieure ou égale à la distance entre deux ailettes (4) superposées.
- 15
17. Échangeur de chaleur (1) selon la revendication 5, caractérisé en ce que le dispositif de retenue (8) comporte des tubes renforcés, situés à chaque extrémité du rang de tubes (3), lesdits tubes renforcés étant configurés pour subir un flambage inférieur à celui des autres tubes (3) du rang de tubes (3) du fait de la
- 20 dilatation thermique.
18. Échangeur de chaleur (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les tubes renforcés (8) situés à chaque extrémité du rang de tubes (3) ont une section transversale circulaire et les autres tubes (3) du rang de tubes (3) ont une
- 25 section transversale oblongue.
19. Échangeur de chaleur (1) selon l'une des revendications 17 ou 18, caractérisé en ce que les tubes renforcés (8) situés à chaque extrémité du rang de tubes (3) sont

réalisés dans un matériau ayant un coefficient de dilatation thermique inférieur au matériau dans lesquels sont réalisés les autres tubes (3) du rang de tubes (3).

- 5 20. Échangeur de chaleur (1) selon la revendication 5, caractérisé en ce que le dispositif de retenue (8) comporte au moins un peigne (8) comportant une base (82) et des dents (83) reposant sur ladite base (82), les dents (83) étant séparées par des interstices (84) dans lesquels s'insèrent des tubes (3), ledit peigne (8) étant intercalé entre deux ailettes (4) et en contact avec la paroi desdits tubes (3), ledit peigne (8) ayant un coefficient de dilatation thermique inférieur à celui des ailettes (4).
- 10 21. Échangeur de chaleur (4) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le peigne (8) a une épaisseur (E_p) inférieure ou égale à la distance entre les deux ailettes (4) entre lesquelles les dents (83) sont insérées.
- 15 22. Échangeur de chaleur (1) selon l'une des revendications 20 ou 21, caractérisé en ce que les interstices (84) ont une forme complémentaire de la forme des tubes (3).
- 20 23. Échangeur de chaleur (1) selon l'une des revendications 20 à 22, caractérisé en ce que la hauteur (H_d) des dents (83), correspondant à la profondeur des interstice (84), est supérieure ou égale à la moitié de la largeur des tubes (3).
- 25 24. Échangeur de chaleur (1) selon l'une des revendications 20 à 23, caractérisé en ce que la largeur (L_p) du peigne (8), correspondant à la hauteur (H_d) de ses dents (83) additionnée à la hauteur (H_b) de sa base (82), est inférieure ou égale à 1,5 fois la largeur (L_a) des ailettes (4).
25. Procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur (1) mécanique, comportant :

- des tubes (3) parallèles les uns avec les autres et disposés en rang et dans lesquels un premier fluide caloporteur est apte à circuler, et
 - une pluralité d'ailettes (4) superposées au travers desquelles un deuxième fluide caloporteur est apte à circuler, lesdites ailettes (4) comportant des orifices (40) par lesquels passent les tubes (3),
 - au moins deux plaques collectrices (5) comprenant respectivement des trous (50) dans lesquels sont introduites les extrémités des tubes (3), une plaque collectrice (5) étant disposée à chaque extrémité des tubes (3),
- 5
- ledit procédé comportant les étapes suivantes :
- assemblage des tubes (3) et des ailettes (4) avec fixation desdites ailettes (4) sur lesdits tubes (3),
 - déformation élastique de la superposition d'ailettes (4),
 - mise en place des plaques collectrices (5) aux extrémités des tubes (3).
- 10
- 15 26. Procédé de fabrication selon la revendication précédente, caractérisé en ce que suite à la déformation élastique de la superposition d'ailettes (4), les extrémités des tubes (3) sont disposées de sorte à être placées en regard des trous (50) des plaques collectrices (5).
- 20 27. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 25 ou 26, caractérisé en ce qu'il comporte, entre l'étape d'assemblage des tubes (3) et des ailettes (4) et l'étape de déformation élastique, une étape intermédiaire de déformation plastique de la superposition d'ailettes (4).
- 25 28. Procédé de fabrication selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape intermédiaire de déformation plastique de la superposition d'ailettes (4) est un cintrage dans le plan de circulation du flux du deuxième fluide caloporteur.

29. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 27 ou 28, caractérisé en ce que la superposition d'ailettes (4) a un profil rectiligne avant l'étape intermédiaire de déformation plastique et que ladite superposition d'ailettes (4) a un profil également rectiligne après l'étape de déformation élastique.
- 5



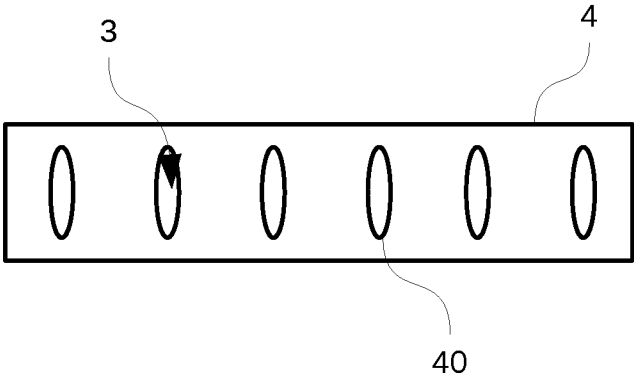


Fig. 3a

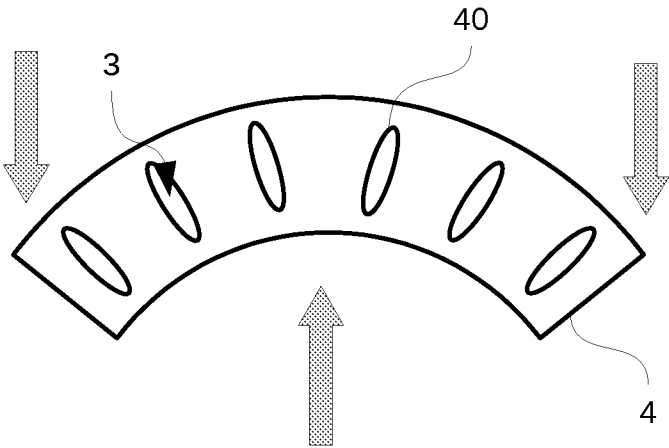


Fig. 3b

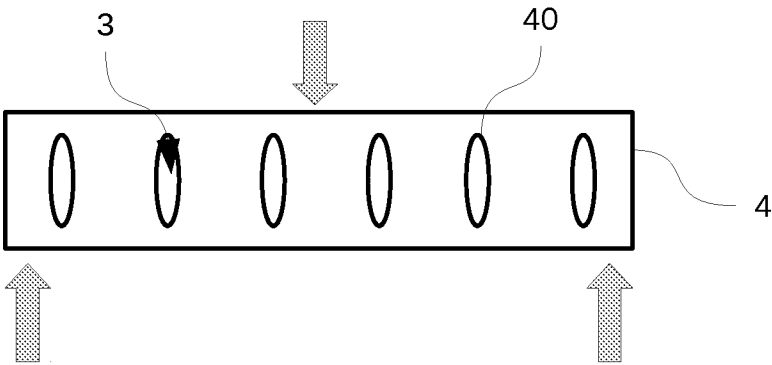


Fig. 3c

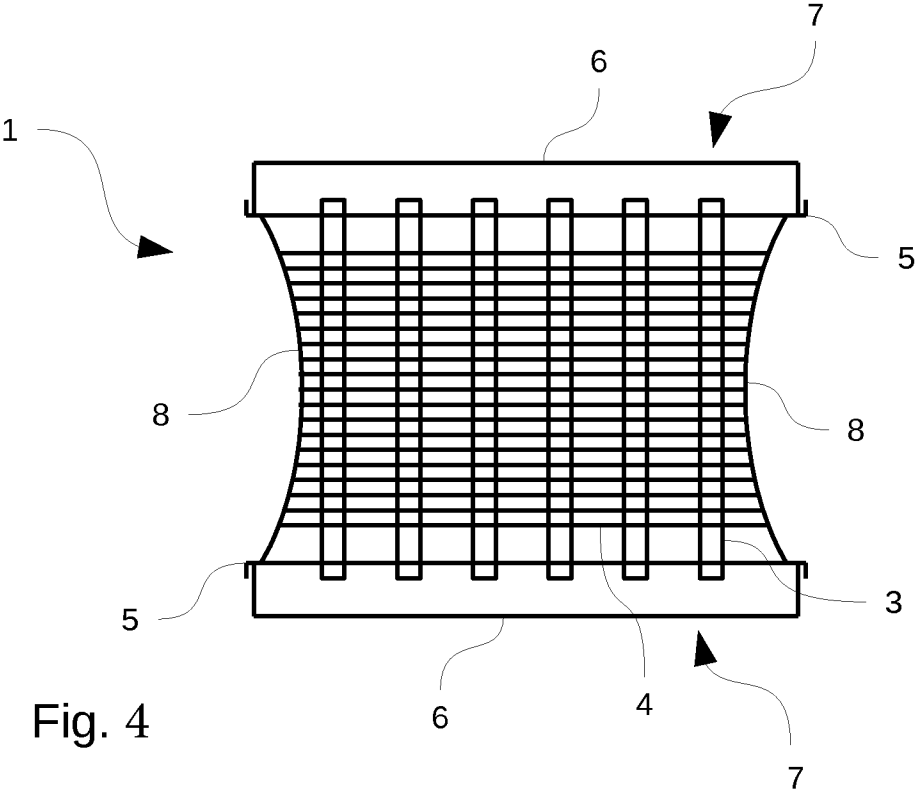
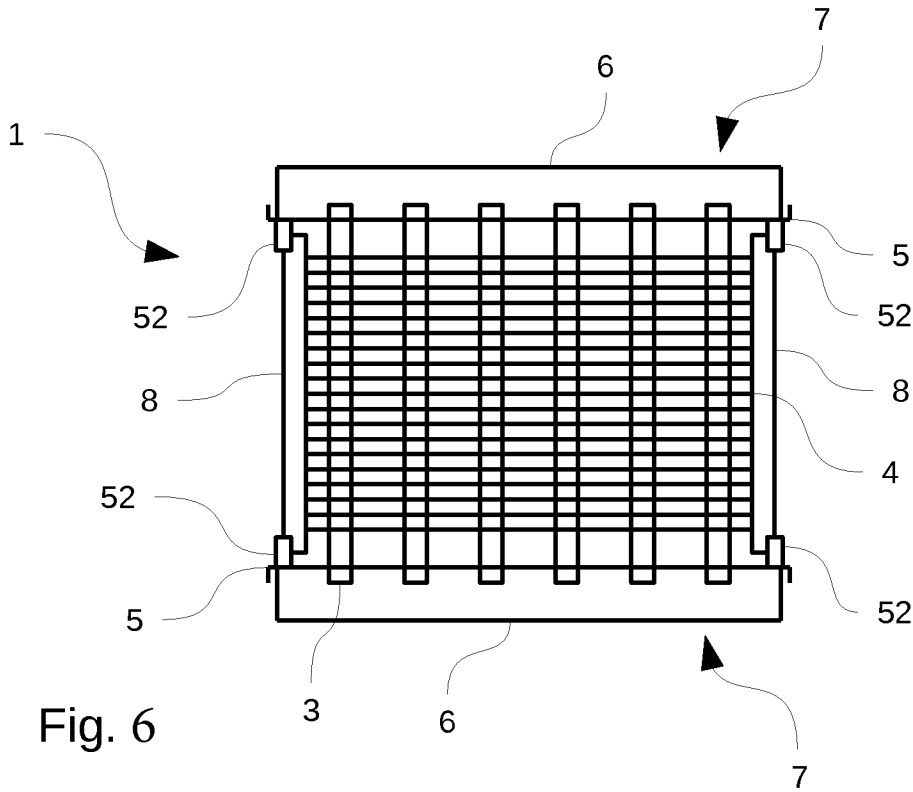
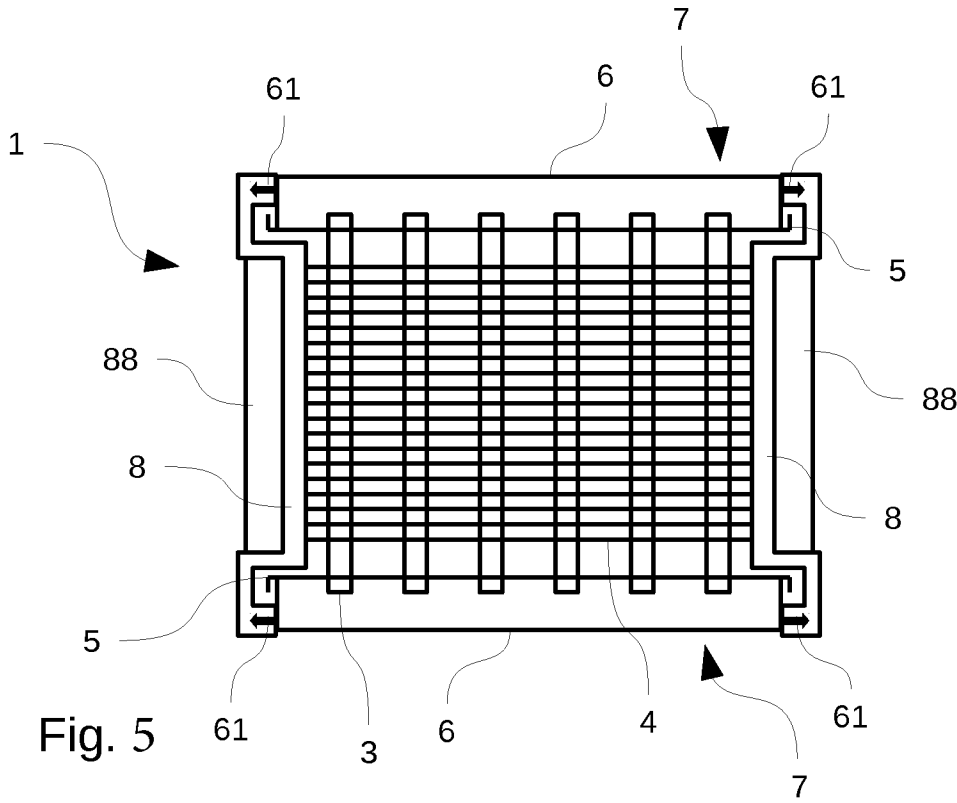


Fig. 4

4/7



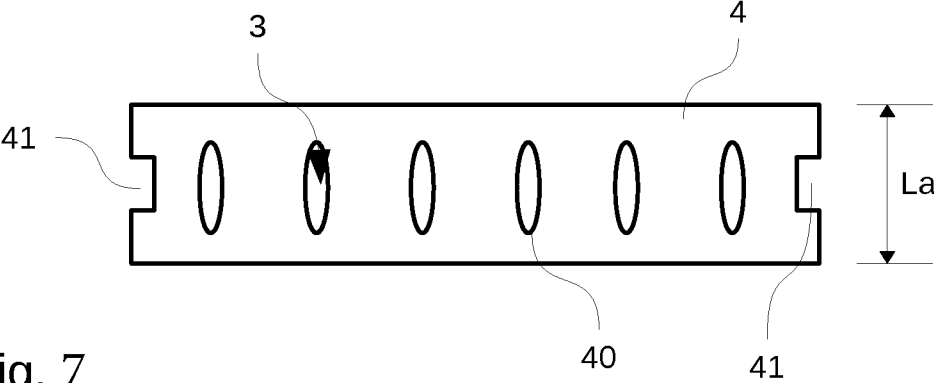


Fig. 7

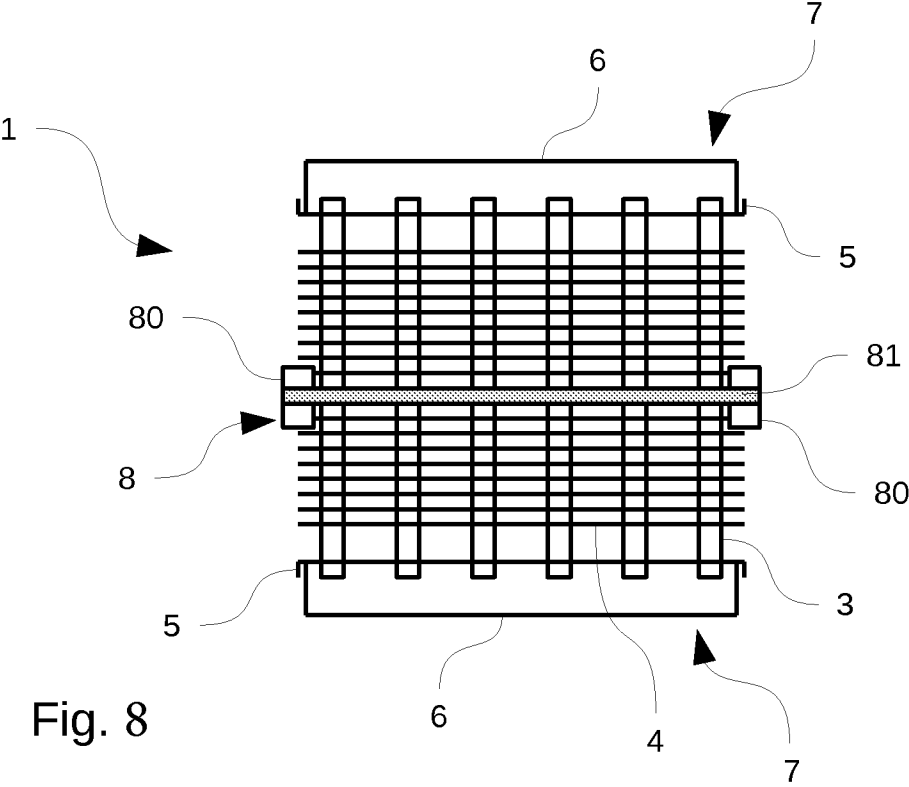


Fig. 8

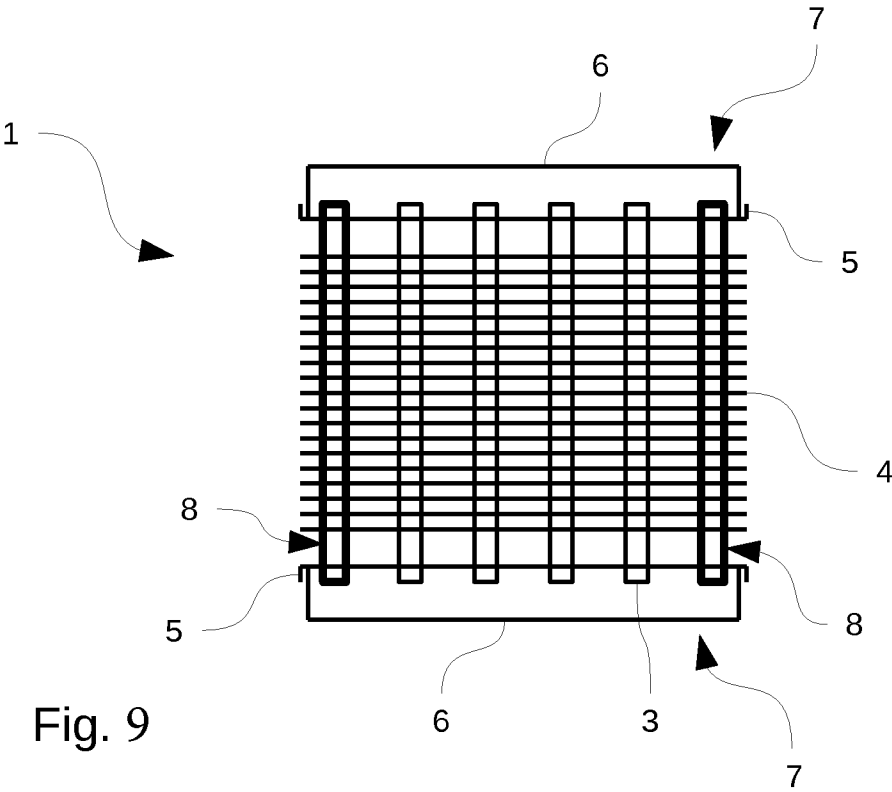


Fig. 9

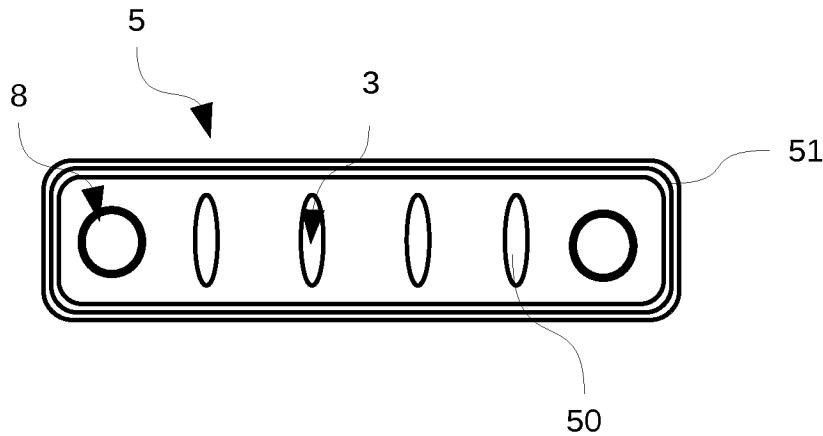


Fig. 10

