

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 06.12.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 07.06.24 Bulletin 24/23.

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) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sement public à caractère industriel et commercial —
FR.

72 Inventeur(s) : BOCQUAIRE Mathieu et ROUX Guil-
hem.

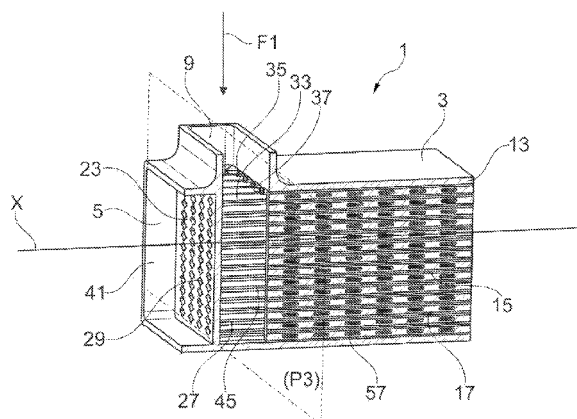
73 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sement public à caractère industriel et commercial.

74 Mandataire(s) : CABINET NONY.

54 Echangeur de chaleur à structure alvéolaire.

57 Échangeur de chaleur (1) comportant:une calandre
(3) métallique,un corps (17) métallique et monolithique,
dans la calandre et s'étendant longitudinalement entre des
première (23) et deuxième (25) faces, un conduit de trans-
port d'un premier fluide (27) dans le corps entre une entrée
(29) et une sortie (31) qui débouchent sur les première et
deuxième faces,un conduit de transport d'un deuxième
fluide (35) dans le corps entre une entrée (37) et une sortie
(39), le corps comportant une paroi (49) s'étendant parallè-
lement à l'axe longitudinal et séparant les conduit de trans-
port des premier et deuxième fluides,la calandre comportant
une ouverture d'admission (9) et une ouverture d'évacua-
tion(11) de deuxième fluide communicant avec les entrée et
sortie de deuxième fluide respectivement,la calandre et le
corps délimitant une cavité de circulation du deuxième fluide
étanche au deuxième fluide ente l'ouverture d'admission et
l'ouverture d'évacuation de deuxième fluide.

Figure pour l'abrégé : Fig. 2



Description

Titre de l'invention : Echangeur de chaleur à structure alvéolaire

- [0001] La présente invention concerne les échangeurs de chaleur du type alvéolaire, notamment destinés à refroidir un fluide dont la température est comprise entre 50 °C et 1000 °C, notamment supérieure à 300 °C, par exemple dans les industries métallurgiques, chimiques, pétrochimiques ou électroniques.
- [0002] Un échangeur de chaleur permet le transfert de chaleur entre deux fluides au travers d'une paroi d'échange thermique et sans mélange des fluides. La paroi d'échange thermique est généralement en un matériau le plus conducteur possible, par exemple en un métal tel que le cuivre, afin de favoriser l'échange de chaleur et de limiter les pertes thermiques.
- [0003] Le transfert de chaleur est promu par l'écart de température entre les deux fluides, la chaleur allant du plus chaud vers le plus froid. Ainsi l'un des fluides est refroidi tandis que l'autre fluide est réchauffé après avoir traversé l'échangeur de chaleur. Généralement, les fluides circulent dans l'échangeur à contre-courant, *i.e.* selon des sens de circulation parallèles et opposés, ou à courant croisé, *i.e.* selon des sens de circulation perpendiculaires. De tels types de circulation améliorent l'efficacité du transfert de chaleur par rapport à une circulation à co-courant, *i.e.* selon des même sens de circulation parallèles.
- [0004] L'efficacité du transfert de chaleur dépend de la forme et des dimensions de la paroi, du matériau constitutif de la paroi, de la composition et des vitesses des fluides et de l'écart de température entre les fluides.
- [0005] De nombreux types d'échangeurs de chaleur sont connus, par exemple les échangeurs tubulaires, les échangeurs à plaques, les régénérateurs et les échangeurs à contact direct. Des échangeurs à structure alvéolaire sont aussi connus, qui comportent des conduits de transport de fluide qui sont formés dans la masse de l'échangeur de chaleur, généralement par fabrication additive. De tels échangeurs de chaleur sont adaptés à la circulation d'un unique fluide en leur sein.
- [0006] Il est connu de US 2021/0003349 A1 un échangeur de chaleur à structure alvéolaire comportant des conduits formés dans la masse de l'échangeur de chaleur, pour l'échange de chaleur entre deux fluides circulant dans des conduits différents. L'échangeur de chaleur de US 2021/0003349 A1 présente cependant des conduits de transport d'un premier fluide qui ont chacun une section transversale réduite afin de permettre l'alimentation en un deuxième fluide dans d'autres conduits.
- [0007] Il existe un besoin pour améliorer les échangeurs de chaleur.
- [0008] L'invention concerne un échangeur de chaleur comportant :
une calandre métallique,

un corps d'échange thermique métallique et monolithique, logé dans la calandre et s'étendant selon un axe longitudinal entre des première et deuxième faces opposées, un conduit de transport d'un premier fluide ménagé dans le corps d'échange thermique entre une entrée de premier fluide et une sortie de premier fluide qui débouchent sur les première et deuxième faces respectivement, un conduit de transport d'un deuxième fluide ménagé dans le corps d'échange thermique entre une entrée de deuxième fluide et une sortie de deuxième fluide, le corps d'échange thermique comportant une paroi d'échange thermique s'étendant parallèlement à l'axe longitudinal et séparant le conduit de transport du premier fluide du conduit de transport du deuxième fluide, la calandre comportant une ouverture d'admission de deuxième fluide et une ouverture d'évacuation de deuxième fluide qui sont en communication de fluide avec l'entrée de deuxième fluide et la sortie de deuxième fluide respectivement, la calandre et le corps d'échange thermique délimitant une cavité de circulation du deuxième fluide qui est étanche au deuxième fluide entre l'ouverture d'admission de deuxième fluide et l'ouverture d'évacuation de deuxième fluide.

- [0009] Comme cela apparaîtra clairement par la suite, l'échangeur de chaleur selon l'invention permet d'introduire simplement dans l'échangeur de chaleur les premier et deuxième fluide de manière séparée, par exemple au moyen d'un simple raccord d'admission pour chacun des premier et deuxième fluides, puis de les extraire simplement de l'échangeur de chaleur, par exemple au moyen d'un simple raccord d'évacuation pour chacun des premier et deuxième fluides. En outre, l'échangeur thermique est compact et de faible masse.
- [0010] La cavité de circulation du deuxième fluide est étanche au deuxième fluide entre l'ouverture d'admission de deuxième fluide et l'ouverture d'évacuation de deuxième fluide. Autrement dit, un volume de deuxième fluide entrant par l'ouverture d'admission de deuxième fluide ressort intégralement et uniquement par l'ouverture d'évacuation de deuxième fluide.
- [0011] L'axe longitudinal peut être rectiligne ou curviligne ou consister en une succession de portions rectilignes, voire en une succession de portions curvilignes et de portions rectilignes.
- [0012] Le corps d'échange thermique est de préférence obtenu par une technique de fabrication additive. Un tel corps d'échange thermique est de fabrication simple.
- [0013] Le corps d'échange thermique peut être fixé sur la calandre. Par exemple, il est introduit dans la calandre puis soudé sur la calandre.
- [0014] Dans une variante préférée, l'ensemble formé par le corps d'échange thermique et la calandre est monolithique. De préférence, il est obtenu par une technique fabrication additive. La production de l'échangeur de chaleur est ainsi simplifiée.

- [0015] La technique de fabrication additive est de préférence une technique de fabrication additive sur lit de poudre. Elle est par exemple choisie parmi :
- la fabrication additive par fusion sélective par laser, aussi dénommée fabrication additive « SLM »,
 - la fabrication additive par frittage sélectif par laser, aussi dénommée fabrication additive « SLS »,
 - la fabrication additive par projection de poudre, aussi dénommée « DED » ou « cold spray » (projection à froid en français), et
 - la fabrication additive par dépôt de fil, aussi dénommée « WAAM »
- [0016] Ces techniques de fabrication additive sont bien connues de l'homme du métier.
- [0017] Le corps d'échange thermique et la calandre sont métalliques. Le corps d'échange thermique et/ou la calandre peuvent être en un matériau métallique choisi parmi un acier, notamment un acier inoxydable, un alliage à base de cuivre, un alliage à base d'aluminium, un alliage à base de titane et un alliage à base de nickel. Un « alliage à base d'un métal » comporte plus de 50 % en masse dudit métal.
- [0018] La calandre est de préférence creuse. Elle peut présenter une forme générale tubulaire et creuse.
- [0019] De préférence, la calandre comporte une paroi de calandre définissant un logement de calandre dans lequel le corps d'échange thermique est disposé.
- [0020] De préférence, l'ouverture d'admission de deuxième fluide et/ou l'ouverture d'évacuation de deuxième fluide sont formées dans la paroi de calandre et la traversent de part en part, en particulier pour déboucher dans le logement de calandre.
- [0021] L'échangeur de chaleur peut comporter plusieurs ouvertures d'admission de deuxième fluide et/ou plusieurs ouvertures d'évacuation de deuxième fluide.
- [0022] De préférence, le corps d'échange thermique présente des première et deuxième parois longitudinales dont les faces extérieures sont respectivement les première et deuxième faces par lesquelles débouchent l'entrée de premier fluide et la sortie de premier fluide respectivement. De préférence, les première et deuxième parois longitudinales peuvent présenter une face latérale de forme complémentaire à la face intérieure de la paroi de calandre. Une telle complémentarité de forme facilite l'étanchéification de la cavité de circulation de deuxième fluide.
- [0023] Bien évidemment, pour assurer que les premier et deuxième fluide ne soient pas en contact l'un de l'autre, la paroi d'échange thermique est étanche à chacun desdits fluides. De préférence, elle est pleine.
- [0024] L'épaisseur de la paroi d'échange thermique est par exemple comprise entre 200 μm et 5 mm. Dans une variante de réalisation, elle est inférieure à 1 mm, notamment inférieure à 500 μm .
- [0025] De préférence, afin d'augmenter l'efficacité du transfert thermique, l'échangeur

thermique comporte plusieurs conduits de transport du premier fluide et plusieurs conduits de transport du deuxième fluide.

- [0026] De préférence, les conduits de transport du premier fluide et les conduits de transport du deuxième fluide sont parallèles entre eux.
- [0027] De préférence, au moins l'un, notamment chacun, des conduits de transport du premier fluide est séparé d'au moins deux, voire d'au moins quatre, notamment de quatre, conduits de transport du deuxième fluide par une paroi d'échange thermique correspondante.
- [0028] Le corps d'échange thermique peut comporter une paroi séparant deux conduits de transport du deuxième fluide. Il peut comporter une paroi séparant deux conduits de transport du premier fluide. De préférence, au moins deux des conduits de transport du premier fluide peuvent être espacés l'un de l'autre par une paroi qui délimite au moins un, voire deux, des canaux d'échange thermique du deuxième fluide. Selon une autre variante préférée, au moins deux, de préférence chacun, des conduits de transport du premier fluide sont séparés par une paroi dont l'aire, mesurée dans une section transverse à l'axe longitudinal, représente moins de 10 % de l'aire de la paroi d'échange thermique entre un conduit de transport d'un premier fluide et un conduit de transport du deuxième fluide. De cette façon, l'échange de chaleur entre les flux de premier fluide circulant dans des conduits adjacents est réduit.
- [0029] Le diamètre d'au moins un, de préférence de chacun, des conduits de transport du premier fluide et/ou le diamètre d'au moins un, de préférence de chacun, des conduits de transport du deuxième fluide peut être compris entre 1 mm et 10 mm. Le diamètre d'un conduit est mesuré dans un plan transversal à l'axe du conduit et est le diamètre du plus petit cercle circonscrit au contour du conduit.
- [0030] Au moins un des conduits de transport du premier fluide, en particulier chacun des conduits de transport du premier fluide peut présenter un diamètre constant entre l'entrée de premier fluide et la sortie de premier fluide.
- [0031] Au moins un des conduits de transport du deuxième fluide, en particulier chacun des conduits de transport du deuxième fluide peut présenter un diamètre constant entre l'entrée de deuxième fluide et la sortie de deuxième fluide.
- [0032] De préférence, le contour d'au moins un, de préférence de chacun, des conduits de circulation du premier fluide et le contour d'au moins un, de préférence de chacun, des conduits de circulation du deuxième fluide présentent des formes différentes, lorsqu'observés selon l'axe longitudinal. Ainsi, il est possible d'augmenter le nombre de conduits de transport du premier fluide voisins d'un conduit de transport du deuxième fluide, tout en réduisant la masse de la paroi d'échange thermique séparant les conduits.
- [0033] De préférence, le contour d'au moins un, de préférence de chacun, des conduits de

transport du premier fluide a la forme d'un losange, et le contour d'au moins un, de préférence de chacun, des conduits de transport du deuxième fluide a une forme différente, notamment polygonale, par exemple triangulaire, carrée ou hexagonale, lesdits contours étant observés selon l'axe longitudinal. Un contour en forme de losange est plus adapté qu'une forme carrée ou hexagonale et assure que chaque conduit de circulation du premier fluide est séparé d'au moins un des conduits de circulation du deuxième fluide. L'échangeur thermique est alors plus particulièrement performant en favorisant un échange de chaleur sur une grande surface d'échange entre les fluides. Le nombre total de conduits de transports et la masse du corps d'échange thermique peuvent ainsi être réduits.

- [0034] De préférence, au moins deux des conduits de transports du premier fluide, de préférence tous les conduits de transports du premier fluide présentent une section identique et/ou au moins deux des conduits de transports du deuxième fluide, de préférence tous les conduits de transports du deuxième fluide présentent une section identique, les sections étant observées selon l'axe longitudinal. Deux sections identiques présentent une même forme et une même aire.
- [0035] De préférence, l'aire de la section d'au moins un, de préférence de chacun, des conduits de circulation du premier fluide et l'aire de la section d'au moins un, de préférence de chacun, des conduits de circulation du deuxième fluide sont différentes, les sections étant observées selon l'axe longitudinal. De cette façon, l'efficacité de l'échange de chaleur entre les premier et deuxième fluides peut être optimisée.
- [0036] De préférence, dans une coupe normale à l'axe longitudinal, l'aire totale occupée par le ou les conduits de premier fluide et par le ou les conduits de deuxième fluide représente plus de 20 % de l'aire de la surface définie par le contour intérieur de la paroi de calandre.
- [0037] Le rapport entre l'aire de la section d'un des conduits de circulation du premier fluide et l'aire de la section d'un des conduits de circulation du deuxième fluide adjacent audit conduit de circulation du premier fluide peut être compris entre 1 et 3, lesdites sections étant observées selon l'axe longitudinal.
- [0038] Les conduits de transport du premier fluide et les conduits de transport de deuxième fluide sont de préférence répartis régulièrement, de préférence périodiquement, selon au moins une direction transverse à l'axe longitudinal, de préférence selon deux directions transverses à l'axe longitudinal et perpendiculaires entre elles.
- [0039] De préférence, la calandre et le corps d'échange thermique délimitent une chambre d'admission de deuxième fluide dans laquelle débouchent au moins une partie des entrées de deuxième fluide et/ou une chambre d'évacuation de deuxième fluide dans laquelle débouchent au moins une partie des sorties de deuxième fluide. La chambre d'admission de deuxième fluide permet ainsi de distribuer le deuxième fluide aux

différents conduits de transport du deuxième fluide auxquels elle est en communication fluide et la chambre d'évacuation de deuxième fluide permet de collecter le deuxième fluide sortant desdits conduits.

- [0040] De préférence, l'ouverture d'admission de deuxième fluide débouche dans la chambre d'admission de deuxième fluide et/ou l'ouverture d'évacuation de deuxième fluide débouche dans la chambre d'évacuation de deuxième fluide, ce qui facilite la distribution et la collecte du deuxième fluide dans l'échangeur de chaleur.
- [0041] De préférence, la chambre d'admission de deuxième fluide est étanche au deuxième fluide entre l'ouverture d'admission de deuxième fluide et les entrées de deuxième fluide qui débouchent dans la chambre d'admission de deuxième fluide, et/ou la chambre d'évacuation de deuxième fluide est étanche au deuxième fluide entre l'ouverture d'évacuation de deuxième fluide et les sorties de deuxième fluide débouchant dans la chambre d'évacuation de deuxième fluide.
- [0042] Selon un mode de réalisation, toutes les entrées de deuxième fluide débouchent dans la chambre d'admission de deuxième fluide et toutes les sorties de deuxième fluide débouchent dans la chambre d'évacuation de deuxième fluide.
- [0043] Selon un autre mode de réalisation, les entrées de deuxième fluide d'une première partie de la pluralité de conduits de circulation de deuxième fluide débouchent dans la chambre d'admission de deuxième fluide. Les sorties de deuxième fluide des conduits de ladite première partie et les entrées de deuxième fluide d'une deuxième partie de la pluralité des conduits de transport du deuxième fluide sont de préférence en communication de fluide. Les entrées de deuxième fluide des conduits ladite deuxième partie sont de préférence opposées selon l'axe longitudinal aux entrées de premier fluide des conduits de ladite première partie. De cette façon, le deuxième fluide circule dans un sens dans les conduits de la première partie, puis dans un sens opposé dans les conduits de la deuxième partie. En particulier, la calandre et le corps d'échange thermique peuvent délimiter au moins une chambre de transfert, les sorties de deuxième fluide des conduits de la première partie et les entrées de deuxième fluide des conduits de la deuxième fraction partie dans la chambre de transfert. La chambre de transfert est de préférence étanche entre les sorties de deuxième fluide des conduits de la première partie et les entrées de deuxième fluide des conduits de la deuxième partie.
- [0044] Par ailleurs, au moins un, voire chacun, des conduits de circulation du premier fluide peut être étanche au premier fluide entre son entrée de premier fluide et sa sortie de premier fluide et/ou au moins un, voire chacun, des conduits de circulation du deuxième fluide peut être étanche au deuxième fluide entre son entrée de deuxième fluide et sa sortie de deuxième fluide.
- [0045] En variante, au moins deux des conduits de circulation du premier fluide, respectivement des conduits de circulation du deuxième fluide, peuvent être séparés l'un de

l'autre par une paroi comportant un turbulateur sous la forme d'un évidement traversant ladite paroi de part et part. Ainsi, ladite paroi relie fluidiquement les deux conduits adjacents de circulation du premier fluide, respectivement du deuxième fluide. L'ensemble formé par les deux conduits de circulation du premier fluide, respectivement par les conduits de circulation du deuxième fluide, est ainsi étanche au premier fluide, respectivement entre les entrées et les sorties des deux conduits correspondants.

- [0046] De préférence, le turbulateur s'étend longitudinalement, afin d'augmenter la turbulence de l'écoulement dans lesdits conduits. De préférence, la paroi séparant les deux conduits peut comporter plusieurs turbulateurs répartis régulièrement le long de l'axe longitudinal.
- [0047] Par ailleurs, la calandre peut comporter une ouverture d'admission de premier fluide et/ou une ouverture d'évacuation de premier fluide qui sont en communication de fluide avec au moins l'une, de préférence chacune, des entrées de premier fluide et/ou avec au moins l'une, de préférence chacune, des sorties de premier fluide respectivement.
- [0048] La calandre peut comporter une chambre d'admission de premier fluide dans laquelle débouchent l'ouverture d'admission de premier fluide et au moins une partie, de préférence toutes les entrées de premier fluide, et/ou une chambre d'évacuation de premier fluide dans laquelle débouchent l'ouverture d'évacuation de premier fluide et au moins une partie, de préférence toutes les sorties de premier fluide.
- [0049] De préférence, la chambre d'admission de premier fluide est étanche au premier fluide entre l'ouverture d'admission de premier fluide et les entrées de premier fluide débouchant dans la chambre d'admission de premier fluide et/ou la chambre d'évacuation de premier fluide est étanche au premier fluide entre l'ouverture d'évacuation de premier fluide et les sorties de premier fluide débouchant dans la chambre d'évacuation de premier fluide.
- [0050] En particulier, la calandre peut être un tube d'axe longitudinal creux, et les ouvertures d'admission et d'évacuation de premier fluide peuvent être les ouvertures longitudinales opposées dudit tube.
- [0051] De préférence, afin de faciliter le branchement de raccords pour alimenter et/ou purger l'échangeur de chaleur en premier et deuxième fluides respectivement, l'ouverture d'admission de premier fluide et l'ouverture d'admission de deuxième fluide sont portées par des faces différentes, notamment perpendiculaires, de la calandre et/ou l'ouverture d'évacuation de premier fluide et l'ouverture d'évacuation de deuxième fluide sont portées par des faces différentes, notamment perpendiculaires, de la calandre.
- [0052] De préférence, les ouvertures d'admission et d'évacuation de premier fluide sont

portées par des faces de la paroi de calandre différentes et qui opposées le long de l'axe longitudinal et/ou les ouvertures d'admission et d'évacuation de deuxième fluide sont portées par des faces de paroi la calandre différentes et qui opposées le long de l'axe longitudinal.

- [0053] Par ailleurs, l'invention concerne l'utilisation de l'échangeur thermique selon l'invention pour échanger de la chaleur entre un premier fluide et un deuxième fluide, le premier fluide et le deuxième fluide étant introduits dans le corps d'échange thermique à une température comprise entre 50 °C et 1000 °C.
- [0054] De préférence, les premier et deuxième fluides sont introduits dans le corps d'échange thermique avec une différence de température entre eux supérieure à 100 °C, de préférence supérieure à 200 °C, voire supérieure à 300°C, voire supérieure à 500 °C.
- [0055] De préférence, à l'introduction dans le corps d'échange thermique, le premier fluide est plus froid que le deuxième fluide.
- [0056] Dans au moins un, de préférence dans chacun, des circuits de circulation de premier fluide et dans au moins un, de préférence dans chacun, des circuits de circulation de deuxième fluide, le sens de circulation du premier fluide peut être différent du sens de circulation du deuxième fluide.
- [0057] De préférence, le premier fluide et/ou le deuxième fluide circulent dans le corps d'échange thermique selon un régime d'écoulement turbulent, par exemple caractérisé par un nombre de Reynolds supérieur à 2000.
- [0058] Le premier fluide peut être un gaz, notamment de l'air, et le deuxième fluide peut être un liquide, par exemple aqueux, notamment de l'eau.
- [0059] En variante, les premier et deuxième fluides sont des liquides. Par exemple, le premier liquide est aqueux et le deuxième liquide est une huile.
- [0060] De préférence, l'échangeur de chaleur est utilisé pour refroidir un fluide dont la température est supérieure à 100 °C, voire supérieure à 500 °C, en particulier lorsque le corps d'échange thermique est en alliage à base de titane ou un alliage à base de nickel.
- [0061] L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples de mise en œuvre non limitatifs de celle-ci, et à l'examen du dessin annexé, sur lequel :
 - [Fig.1] est une vue en perspective d'un exemple d'échangeur de chaleur selon l'invention,
 - [Fig.2] est une vue en perspective d'un quart de l'échangeur de chaleur de la [Fig.1], coupé selon un plan médian longitudinal (P1) et selon un plan médian transversal (P2),
 - [Fig.3] est une vue en perspective d'une coupe selon le plan (P3) du quart l'échangeur de chaleur de la [Fig.2],

- [Fig.4] est une vue selon la flèche F1 d'une partie de l'échangeur de chaleur,
- [Fig.5] est une vue d'une partie de l'échangeur de chaleur de la [Fig.1] coupé par le plan médian transverse (P2)
- [Fig.6] est une selon l'axe longitudinal et dans la direction de la flèche F2 de la partie vue sur la [Fig.5],
- [Fig.7] est une vue écorchée d'une coupe transverse du corps d'échange thermique de l'échangeur de chaleur illustré sur les figures 1 à 6,
- [Fig.8] est une photographie de l'échangeur de chaleur illustré sur les figures 1 à 6 obtenu par fabrication additive
- [Fig.9] est un autre exemple d'échangeur de chaleur selon l'invention, et
- [Fig.10] illustre de manière schématique d'autres échangeurs de chaleur selon l'invention.

[0062] On a représenté sur les figures 1 à 7 un premier exemple d'échangeur de chaleur 1 selon l'invention. Il comporte une calandre 3 s'étendant longitudinalement selon un axe X rectiligne. La calandre 3 comporte des ouvertures d'admission 5 et d'évacuation 7 d'un premier fluide qui débouchent longitudinalement de part et d'autre de la calandre 3. Elle comporte en outre des ouvertures d'admission 9 et d'évacuation 11 d'un deuxième fluide portées par deux de ses faces transversales opposées.

[0063] Ainsi, comme indiqué par la flèche E1, un premier fluide peut s'écouler longitudinalement de part en part dans l'échangeur entre les ouvertures d'admission 5 et d'évacuation 7 de premier fluide et, comme indiqué par la flèche E2, un deuxième fluide peut s'écouler longitudinalement de part en part de l'échangeur entre les ouvertures d'admission 9 et d'évacuation 11 de deuxième fluide. Les premier et deuxième fluides peuvent ainsi échanger de la chaleur au sein de l'échangeur thermique 1. Dans l'exemple illustré, les premier et deuxième fluides s'écoulent dans des sens opposés et parallèles à l'axe X au sein de l'échangeur de chaleur. Ce mode d'écoulement des fluides dit à « contre-courant », n'est pas limitatif, les fluides pouvant s'écouler dans un même sens, dit à « co-courant » comme cela sera décrit plus loin.

[0064] Comme cela est plus particulièrement observable sur la [Fig.2], la calandre 3 présente une forme générale tubulaire d'axe X et creuse. Elle comporte une paroi de calandre 13 qui ceinture un logement de calandre 15.

[0065] L'échangeur de chaleur 1 comporte en outre un corps d'échange thermique 17. Le corps d'échange thermique 17 comporte des première 19 et deuxième 21 parois longitudinales présentant des première 23 et deuxième 25 faces, et des conduits de transport du premier fluide 27 qui s'étendent longitudinalement et parallèlement les uns aux autres entre les première 23 et deuxième 25 faces. Chacun des conduits de transport du premier fluide 27 débouche par ses extrémités opposées sur les première 23 et

deuxième 25 faces par une entrée de premier fluide 29 et une sortie de premier fluide 31 respectivement.

- [0066] La calandre 3 et le corps d'échange thermique 17 délimitent une cavité de circulation du deuxième fluide 33 qui s'étend longitudinalement entre les première 19 et deuxième 21 parois de l'échangeur thermique 1. Les ouvertures d'admission 9 et d'évacuation 11 de deuxième fluide sont ménagées dans des parois latérales opposées de la calandre et traversent ces parois de part en part pour déboucher dans la cavité de circulation du deuxième fluide 33.
- [0067] Le corps d'échange thermique 17 comporte en outre des conduits de transport du deuxième fluide 35 qui s'étendent parallèlement les uns aux autres selon l'axe longitudinal X, chacun entre une entrée de deuxième fluide 37 et une sortie de deuxième fluide 39.
- [0068] Par ailleurs, une chambre d'admission de premier fluide 41, étanche au premier fluide, est définie par la calandre 3 et la première paroi 19 du corps d'échange thermique 17, entre l'ouverture d'admission de premier fluide 5 et les entrées de premier fluide 29, et une chambre d'évacuation 43 de premier fluide étanche au premier fluide est définie par la calandre 3 et la deuxième paroi 21 du corps d'échange thermique 3 entre l'ouverture d'évacuation de premier fluide 11 et les sorties de premier fluide 31. Ainsi, il est possible de distribuer simplement le premier fluide dans les conduits de premier fluide 27 en connectant l'ouverture d'admission de premier fluide 9 à un simple raccord d'alimentation en premier fluide et de purger les conduits de premier fluide 27 en connectant l'ouverture d'évacuation de premier fluide 11 à un simple raccord de purge en premier fluide.
- [0069] Le corps d'échange thermique 17 et la calandre 3 délimitent en outre une chambre d'admission de deuxième fluide 45 et une chambre d'évacuation de deuxième fluide 46 qui sont contenues dans la cavité de circulation du deuxième fluide.
- [0070] Les entrées de deuxième fluide 37 et l'ouverture d'admission de deuxième fluide 9 sont les uniques ouvertures débouchant dans la chambre d'admission de deuxième fluide 45. Ainsi, la chambre d'admission du deuxième fluide est étanche au deuxième fluide entre les entrées de deuxième fluide 37 et l'ouverture d'admission 9. La chambre d'admission du deuxième fluide permet ainsi de distribuer le deuxième fluide dans les conduits de circulation de deuxième fluide à travers les entrées de deuxième fluide. Les sorties de deuxième fluide 39 et l'ouverture d'évacuation de deuxième fluide 11 sont les uniques ouvertures débouchant dans la chambre d'évacuation du deuxième fluide. La chambre d'admission du deuxième fluide permet ainsi de purger le deuxième fluide sortant des conduits de circulation de deuxième fluide à travers l'ouverture d'évacuation du deuxième fluide. La cavité de circulation du deuxième fluide étant étanche au deuxième fluide entre les ouvertures d'admission et d'évacuation du

deuxième fluide, un volume de deuxième fluide introduit dans l'échangeur thermique 1 par l'ouverture d'admission de deuxième fluide 9 ressort intégralement par l'ouverture d'évacuation de deuxième fluide 11.

- [0071] Par ailleurs, afin d'assurer que les premier et deuxième fluides ne se mélangent pas dans l'échangeur de chaleur, les conduits de transport du premier fluide 27 et les conduits de transport du deuxième fluide 35 sont définis chacun par une paroi latérale 47. La paroi latérale d'un conduit de transport du premier fluide est par exemple visible sur les figures 3 et 4, afin d'assurer que le premier fluide circulant dans le conduit de transport du premier fluide 27 n'entre pas en contact avec le deuxième fluide introduit dans la chambre d'admission de deuxième fluide.
- [0072] Le corps d'échange thermique 17 est conformé de telle sorte que chaque conduit de transport du premier fluide 27 est séparé par une paroi d'échange thermique 49 métallique d'au moins un conduit de transport du deuxième fluide 35, et *vice-versa*.
- [0073] La paroi latérale 47 d'un conduit de transport du premier fluide 27 peut comporter plusieurs portions S1-4 représentées en pointillés sur la [Fig.7], qui sont chacune une paroi d'échange thermique 49 séparant le conduit de transport du premier fluide 27 de différents conduits de transport du deuxième fluide 35.
- [0074] Comme observé sur les figures 6 et 7, dans au moins une section transverse à l'axe longitudinal, les conduits de transport du premier fluide 27 peuvent présenter une forme identique et les conduits de transport du deuxième fluide 33 peuvent tous présenter une forme identique, à l'exception de ceux dont une partie de la paroi est définie par la calandre.
- [0075] Dans ladite section transverse, les conduits de transport du premier fluide et les conduits de transport du deuxième fluide présentent des contours de forme différente et couvrent des surfaces d'aire différentes, afin d'assurer un échange thermique optimal entre le premier fluide et le deuxième fluide.
- [0076] Notamment, les conduits de transport du premier fluide présentent un contour C1 en forme de losange. Une forme en losange est particulièrement adaptée, car elle permet de réduire le volume du conduit de transport du premier fluide tout en maximisant la surface d'échange entre le premier fluide et le deuxième fluide circulant dans quatre conduits voisins, la paroi d'échange thermique entre un des conduits de transport du deuxième fluide et le conduit de transport du premier fluide étant défini dans un plan transverse à l'axe longitudinal par un côté du losange. Les contours C2 des conduits de transport du deuxième fluide présentent une forme différente qui peut être une forme triangulaire comme illustré.
- [0077] Les conduits de transport du premier fluide 27 adjacents peuvent être séparés par une paroi 51 qui s'étend sur une surface, mesurée dans un plan transverse à l'axe longitudinal, dont l'aire est inférieure à 10 % de l'aire de la surface couverte par la paroi

d'échange thermique séparant l'un des conduits de transport du premier fluide et un des circuits de conduits de circulation du deuxième fluide.

[0078] Par ailleurs, le corps d'échange thermique 17 comporte des parois 53 qui s'étendent longitudinalement entre des faces intérieures 55 opposées de la paroi de calandre 13 et parallèlement les unes aux autres et qui séparent chacun des conduits de transport de deuxième fluide 22 disposés deux à deux selon des axes transversaux à l'axe longitudinal.

[0079] Des évidements 57 de forme oblongue et qui s'étendent longitudinalement sont ménagés dans la paroi 53 et mettent ainsi en communication les conduits de transport de deuxième fluide 33 adjacents. De cette façon, la turbulence de l'écoulement du deuxième fluide dans le corps d'échange thermique 17 est augmentée, ce qui améliore l'échange de chaleur avec le premier fluide.

[0080] L'échangeur de chaleur illustré schématiquement sur les figures 1 à 7 a été fabriqué par fusion laser sélective d'une poudre de particules en un alliage d'aluminium commercialisé par la société Toyale. Il est illustré sur la [Fig.8]. Il présente une longueur, mesurée selon l'axe X, de 10 cm et les conduits de transport du premier fluide présente un diamètre, mesuré dans un plan transverse, de 250 μm .

[0081] L'échangeur thermique illustré sur la [Fig.9] diffère de celui illustré sur les figures 1 à 6 en ce qu'il s'étend selon un axe longitudinal X formé d'une succession de portions rectilignes et curvilignes. Avantageusement l'échangeur thermique peut présenter une forme complémentaire à un logement d'un dispositif, par exemple un moteur, dans lequel il est destiné à être disposé.

[0082] Bien évidemment, l'invention n'est pas limitée aux exemples décrits ci-dessus.

[0083] Par exemple, le mode d'écoulement des fluides peut être à « contre-courant » ou à « co-courant ». Le cas échéant, l'homme du métier peut aisément déterminer les entrée et sortie d'un conduit selon un mode d'écoulement qui sont inversées lorsque le sens d'écoulement est inversé.

[0084] En outre, l'échangeur thermique peut être conformé pour que, dans au moins une de ses portions les premier et deuxième fluides s'écoulent en mode à co-courant et dans au moins une autre de ses parties en mode à contre-courant.

[0085] La [Fig.10] illustre schématiquement différentes vue en coupe longitudinale d'une partie de l'échangeur thermique 17 dans lequel circule le deuxième fluide entre l'ouverture d'admission 9 et l'ouverture d'évacuation 11 de deuxième fluide. Dans ces différents exemples, le premier fluide s'écoule à travers les conduits de circulation de premier fluide, non représentés, dans un même sens indiqué par la flèche V1.

[0086] La figure 10a) illustre l'exemple des figures 1 à 6 dans lequel le deuxième fluide pénètre dans la chambre d'admission de deuxième fluide 45 puis est distribué par chacune des entrées de deuxième fluide 37 dans les conduits de transport corres-

pondants 33 où il s'écoule jusqu'aux sorties de deuxième fluide 39 puis est collecté dans la chambre d'évacuation de deuxième fluide 46, où il est ensuite purgé par l'ouverture d'évacuation de deuxième fluide 11.

[0087] La figure 10b) illustre une variante de la figure 10a) selon laquelle la chambre d'admission 45 est étanche au deuxième fluide entre l'ouverture d'admission de fluide et les entrées de second fluide 37 d'une première rangée I de conduits de circulation et les sorties de deuxième fluide 39 de la première rangée I de conduits de circulation 33 débouchent dans une chambre de transfert de deuxième fluide 59 à partir de laquelle le deuxième fluide est distribué dans les entrées de fluide d'une deuxième II et d'une troisième III rangée de conduits de circulation. Ainsi, le deuxième fluide s'écoule dans un premier sens dans la première rangée I de conduits et dans un sens opposé dans les deuxième II et troisième III rangées de conduits. Enfin, le deuxième fluide débouche par les sorties de deuxième fluide 39 des deuxième II et troisième III rangées dans une deuxième chambre de transfert 61 à partir de laquelle le deuxième fluide est introduit par les entrées de deuxième fluide dans une quatrième rangée IV de conduit jusqu'à la chambre d'évacuation puis l'ouverture d'évacuation de deuxième fluide. Dans la quatrième rangée IV de conduits, le fluide s'écoule ainsi selon le même sens que dans la première rangée I.

[0088] Enfin, la figure 10c) illustre une variante de réalisation de l'échangeur de la figure 10b) selon laquelle l'échangeur est conformé pour que le deuxième fluide s'écoule d'une rangée de conduits à une autre en changeant de sens d'écoulement à la manière d'un écoulement dans un serpent.

Revendications

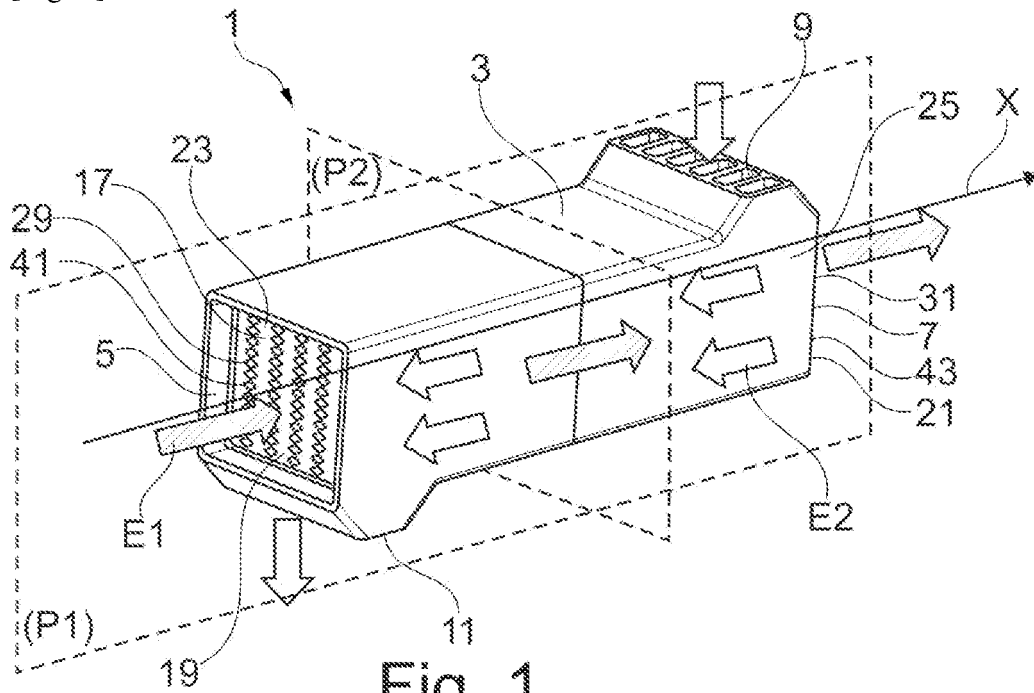
- [Revendication 1] Échangeur de chaleur (1) comportant :
- une calandre (3) métallique,
 - un corps d'échange thermique (17) métallique et monolithique, logé dans la calandre et s'étendant selon un axe (X) longitudinal entre des première (23) et deuxième (25) faces opposées,
 - un conduit de transport d'un premier fluide (27) ménagé dans le corps d'échange thermique entre une entrée de premier fluide (29) et une sortie de premier fluide (31) qui débouchent sur les première et deuxième faces respectivement,
 - un conduit de transport d'un deuxième fluide (35) ménagé dans le corps d'échange thermique entre une entrée de deuxième fluide (37) et une sortie de deuxième fluide (39),
 - le corps d'échange thermique comportant une paroi d'échange thermique (49) s'étendant parallèlement à l'axe longitudinal et séparant le conduit de transport du premier fluide du conduit de transport du deuxième fluide,
 - la calandre comportant une ouverture d'admission de deuxième fluide (9) et une ouverture d'évacuation de deuxième fluide (11) qui sont en communication de fluide avec l'entrée de deuxième fluide et la sortie de deuxième fluide respectivement,
 - la calandre et le corps d'échange thermique délimitant une cavité de circulation du deuxième fluide qui est étanche au deuxième fluide entre l'ouverture d'admission de deuxième fluide et l'ouverture d'évacuation de deuxième fluide.
- [Revendication 2] Echangeur de chaleur selon la revendication 1, le corps d'échange thermique (17) étant obtenu par une technique de fabrication additive.
- [Revendication 3] Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, l'ensemble formé par le corps d'échange thermique (17) et la calandre (3) étant monolithique, de préférence obtenu par une technique de fabrication additive.
- [Revendication 4] Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant plusieurs conduits de transport du premier fluide (27) et plusieurs conduits de transport du deuxième fluide (35), de préférence parallèles entre eux.
- [Revendication 5] Echangeur de chaleur selon la revendication précédente, la calandre (3) et le corps d'échange thermique (17) délimitant une chambre

d'admission de deuxième fluide (45) dans laquelle débouchent au moins une partie des entrées de deuxième fluide (37) et/ou une chambre d'évacuation de deuxième fluide (46) dans laquelle débouchent au moins une partie des sorties de deuxième fluide (39).

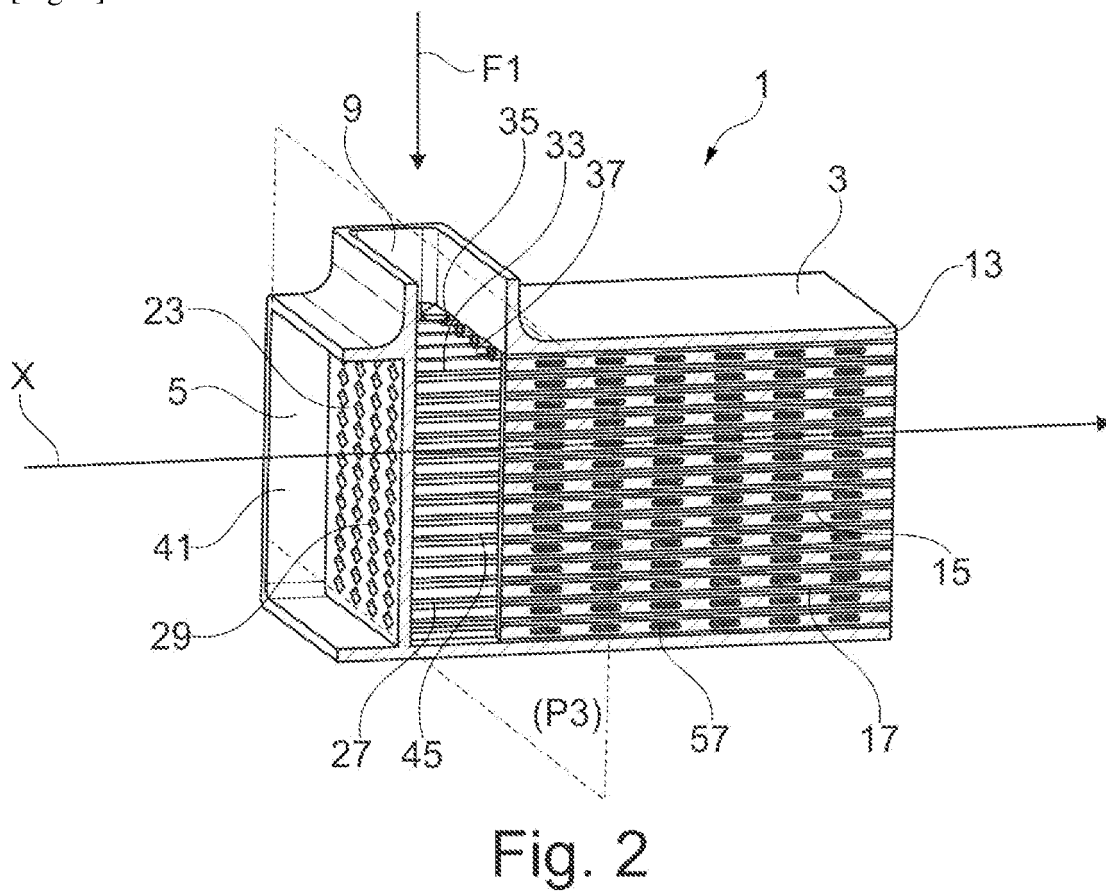
- [Revendication 6] Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 4 et 5, au moins l'un, notamment chacun, des conduits de transport du premier fluide (27) étant séparé d'au moins deux, voire d'au moins quatre, notamment de quatre, conduits de transport du deuxième fluide (35) par une paroi d'échange thermique (49) correspondante.
- [Revendication 7] Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, au moins deux, de préférence chacun, des conduits de transport du premier fluide (27) étant séparés par une paroi (51) dont l'aire, mesurée dans une section transversale à l'axe longitudinal, représente moins de 10 % de l'aire de la paroi d'échange thermique entre un conduit de transport d'un premier fluide (S1-4) et un conduit de transport du deuxième fluide (35).
- [Revendication 8] Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, au moins deux des conduits de transport du premier fluide (27) étant espacés l'un de l'autre par une paroi qui délimite au moins un, voire deux, des canaux d'échange thermique du deuxième fluide (35).
- [Revendication 9] Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, le contour (C1) d'au moins un, de préférence de chacun, des conduits de circulation du premier fluide (27) et le contour (C2) d'au moins un, de préférence de chacun, des conduits de circulation du deuxième fluide (35) présentant des formes différentes, lorsqu'observés selon l'axe longitudinal.
- [Revendication 10] Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, le contour (C1) d'au moins un, de préférence de chacun, des conduits de transport du premier fluide (27) ayant la forme d'un losange, et le contour (C2) d'au moins un, de préférence de chacun, des conduits de transport du deuxième fluide (35) ayant une forme différente, lesdits contours étant observés selon l'axe longitudinal.
- [Revendication 11] Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 4 à 9, l'aire de la section d'au moins un, de préférence de chacun, des conduits de circulation du premier fluide (27) et l'aire de la section d'au moins un, de préférence de chacun, des conduits de circulation du deuxième fluide (35) étant différentes, les sections étant observées selon l'axe longitudinal.

- [Revendication 12] Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 4 à 10, au moins deux des conduits de circulation du premier fluide (27), respectivement des conduits de circulation du deuxième fluide (35), étant séparés l'un de l'autre par une paroi (53) comportant un turbulateur sous la forme d'un évidement (57) traversant ladite paroi de part et part.
- [Revendication 13] Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 4 à 12, au moins un des conduits de transport du premier fluide (27), en particulier chacun des conduits de transport du premier fluide, présentant un diamètre constant entre l'entrée de premier fluide (29) et la sortie de premier fluide (31).
- [Revendication 14] Utilisation de l'échangeur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, pour échanger de la chaleur entre un premier fluide et un deuxième fluide, le premier fluide et le deuxième fluide étant introduits dans le corps d'échange thermique à une température comprise entre 50 °C et 1000 °C, le premier fluide étant de préférence plus froid que le deuxième fluide, à l'introduction dans le corps d'échange thermique.
- [Revendication 15] Utilisation selon la revendication précédente, dans au moins un, de préférence dans chacun des circuits de circulation de premier fluide et dans au moins un, de préférence dans chacun des circuits de circulation de deuxième fluide, le sens de circulation du premier fluide étant différent du sens de circulation du deuxième fluide.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]

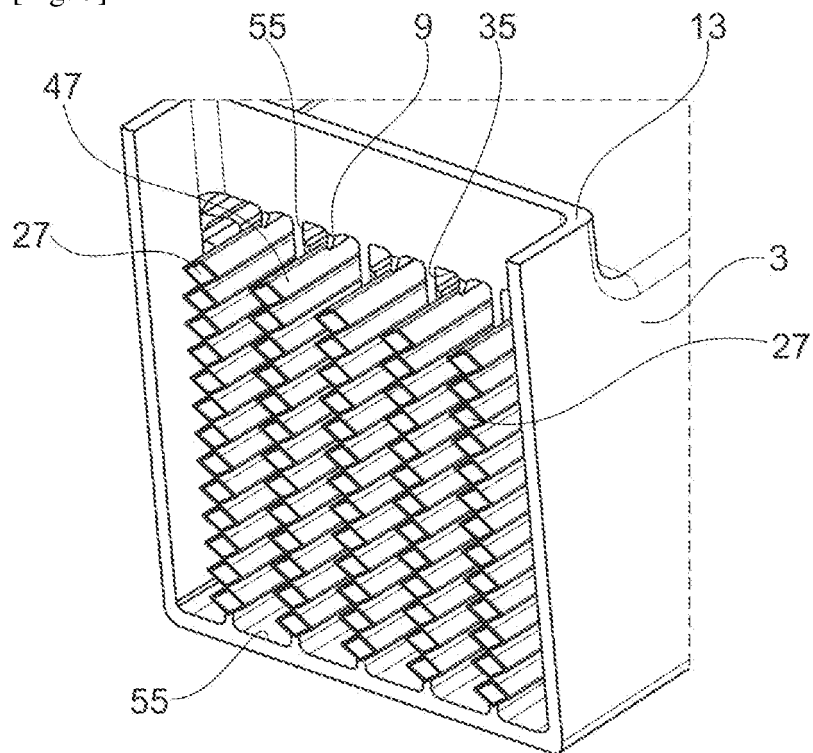


Fig. 3

[Fig. 4]

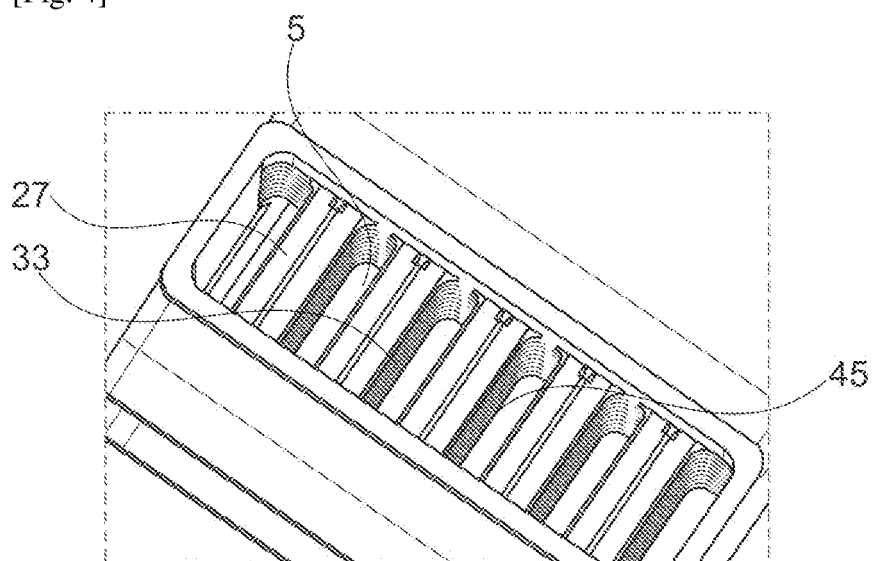


Fig. 4

[Fig. 5]

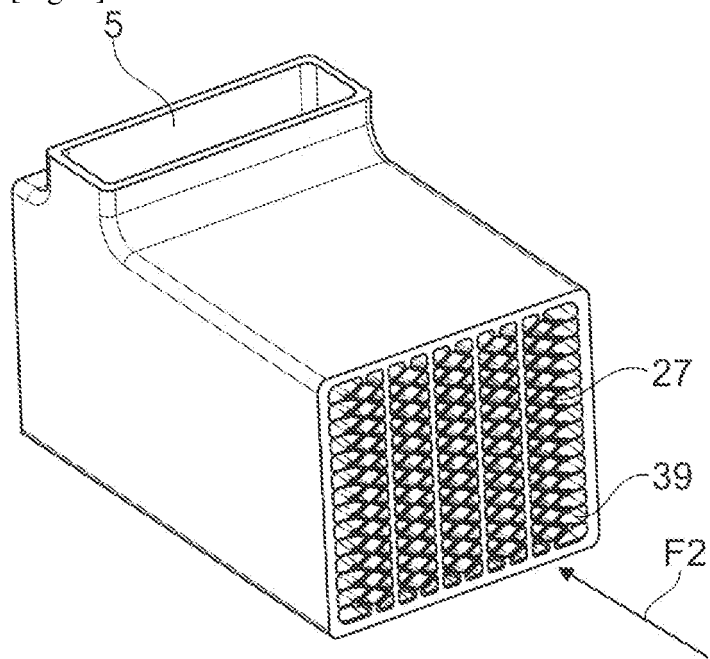


Fig. 5

[Fig. 6]

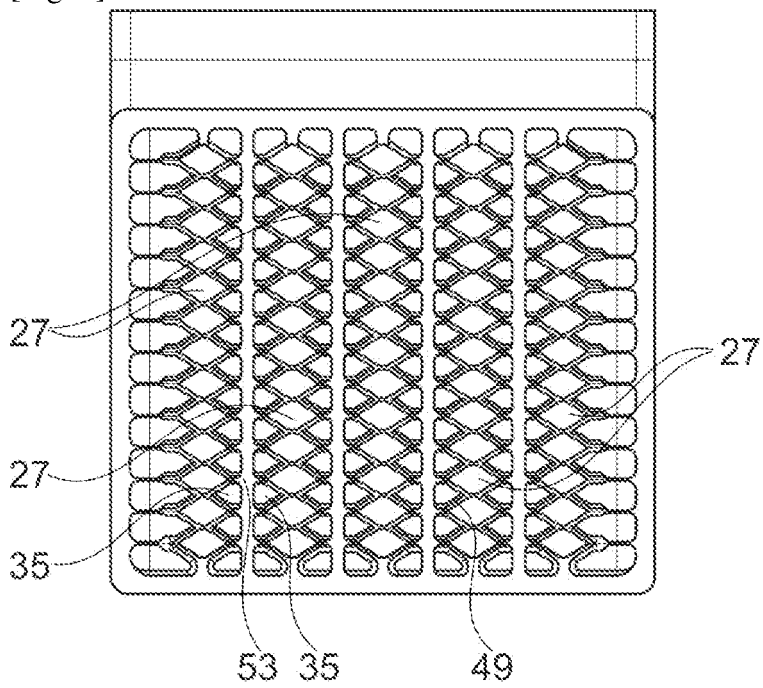


Fig. 6

[Fig. 7]

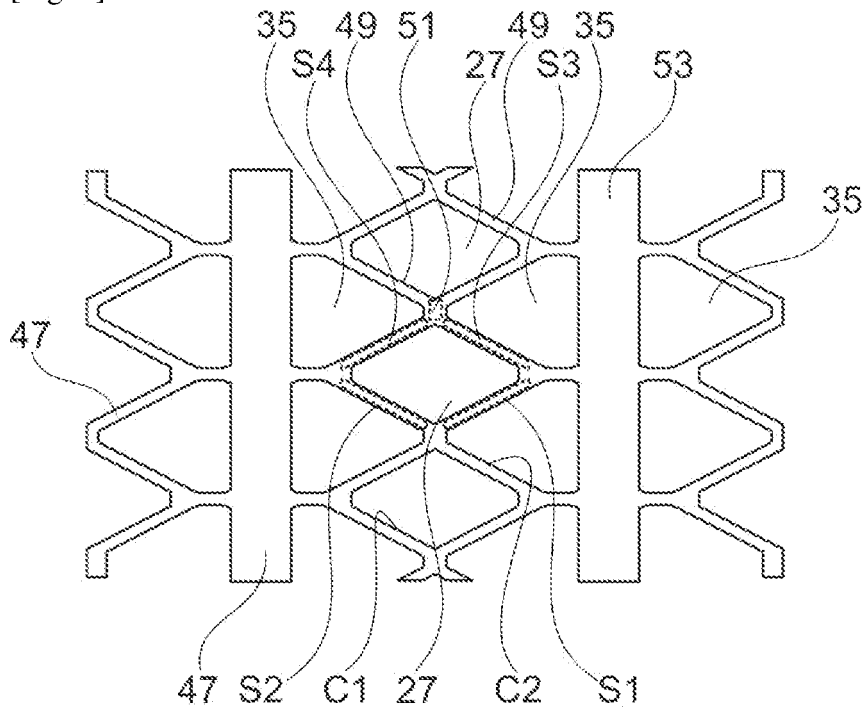
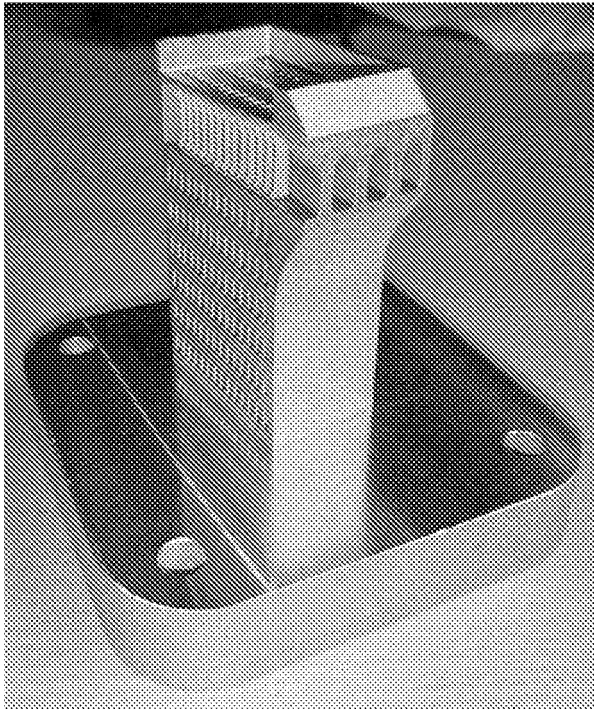


Fig. 7

[Fig. 8]



[Fig. 9]

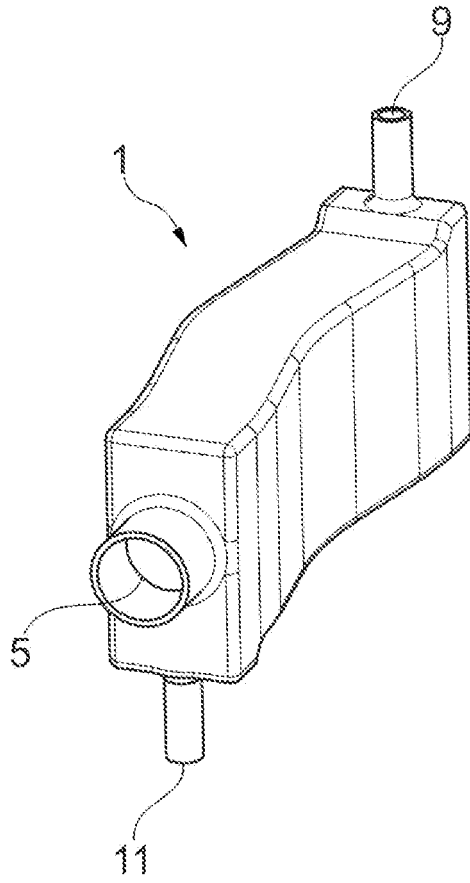


Fig. 9

[Fig. 10]

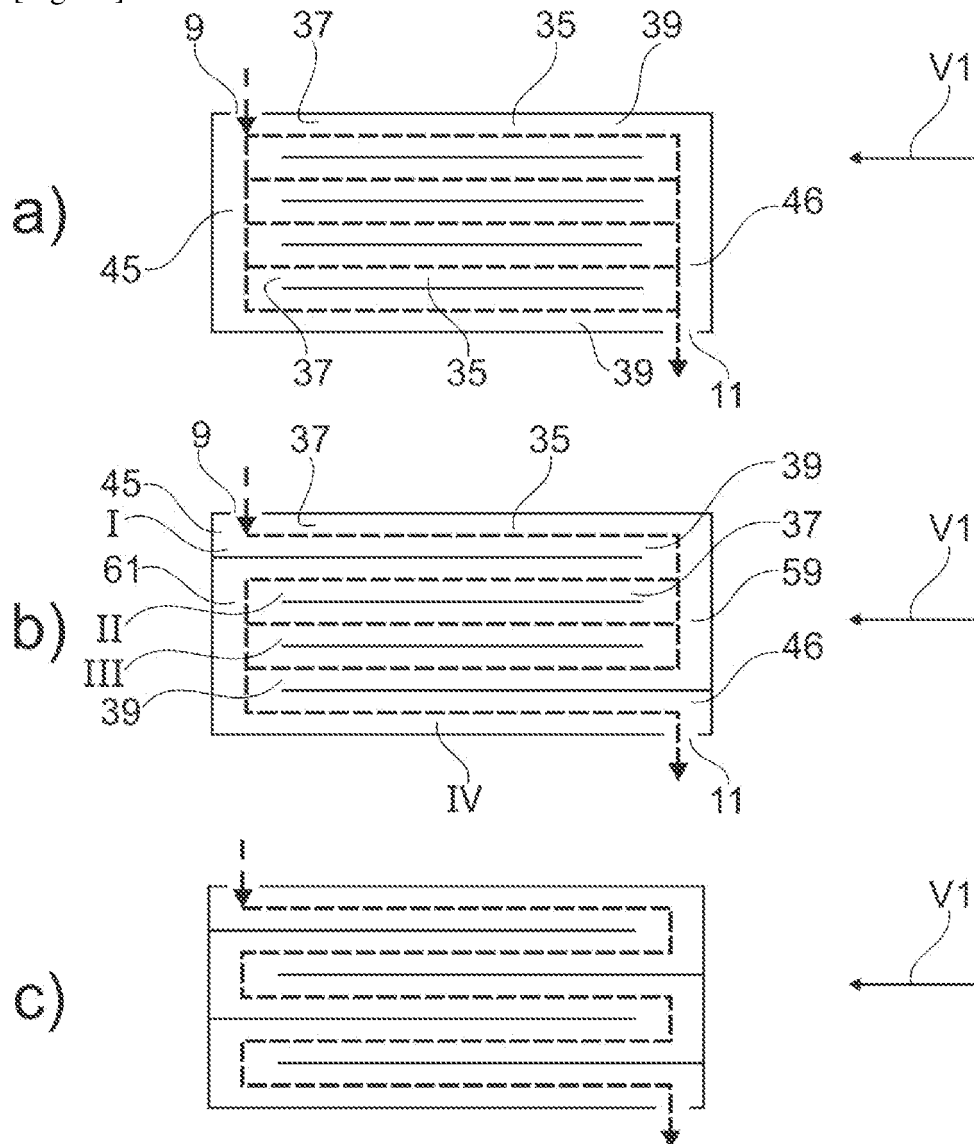


Fig. 10

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 914416

FR 2212805

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 2021/231383 A1 (HOROSZCZAK ADAM [PL]) 29 juillet 2021 (2021-07-29) * alinéa [0055] - alinéa [0070]; figures 1-3 *	1-11, 13-15	F28D21/00 F28F7/02 B33Y80/00

X, D	US 2021/003349 A1 (HOROSZCZAK ADAM [PL] ET AL) 7 janvier 2021 (2021-01-07) * le document en entier *	1-8, 14, 15	

X	US 10 393 446 B2 (WAGNER ANDREW L [US]; PRICE STEVEN W [US]; US NAVY) 27 août 2019 (2019-08-27) * le document en entier *	1-6, 8, 14, 15	

X	US 2022/316819 A1 (ENDO TSUNEO [JP] ET AL) 6 octobre 2022 (2022-10-06) * alinéa [0072] - alinéas [0078], [0096]; figures 1, 2, 3d *	1-8, 13-15	

X	US 2019/383565 A1 (STRÖMER FREDRIK [SE] ET AL) 19 décembre 2019 (2019-12-19) * le document en entier *	1-11, 13-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F28F B33Y
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
26 mai 2023		Jessen, Flemming	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire			
		& : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2212805 FA 914416**

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 **26-05-2023**
 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 2021231383 A1	29-07-2021	EP 3855107 A1	28-07-2021
		US 2021231383 A1	29-07-2021

US 2021003349 A1	07-01-2021	EP 3760962 A1	06-01-2021
		US 2021003349 A1	07-01-2021

US 10393446 B2	27-08-2019	AUCUN	

US 2022316819 A1	06-10-2022	CN 115143810 A	04-10-2022
		JP 7247251 B2	28-03-2023
		JP 2022153922 A	13-10-2022
		US 2022316819 A1	06-10-2022

US 2019383565 A1	19-12-2019	CA 3043665 A1	28-06-2018
		CN 110073166 A	30-07-2019
		DK 3339792 T3	18-05-2020
		DK 3559583 T3	11-10-2021
		EP 3339792 A1	27-06-2018
		EP 3559583 A1	30-10-2019
		JP 6806908 B2	06-01-2021
		JP 2020502468 A	23-01-2020
		KR 20190098190 A	21-08-2019
		SI 3339792 T1	31-08-2020
		SI 3559583 T1	29-04-2022
		US 2019383565 A1	19-12-2019
		WO 2018114237 A1	28-06-2018
