

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Echangeur de chaleur.

②② Date de dépôt : 18.02.19.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : **FAURECIA SYSTEMES
D'ECHAPPEMENT** Société par actions simplifiée à
associé unique — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 21.08.20 Bulletin 20/34.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 19.03.21 Bulletin 21/11.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : GREBER Frédéric et FOURCAUDOT
Yannick.

⑦③ Titulaire(s) : **FAURECIA SYSTEMES
D'ECHAPPEMENT** Société par actions simplifiée à
associé unique.

⑦④ Mandataire(s) : Lavoix.



Description

Titre de l'invention : Echangeur de chaleur

- [0001] L'invention concerne en général les échangeurs de chaleur, notamment les échangeurs de chaleur pour lignes d'échappement de véhicules.
- [0002] Il est possible, à bord d'un véhicule à moteur thermique, d'implanter un échangeur de chaleur en vue de récupérer l'énergie thermique du gaz d'échappement.
- [0003] Un tel échangeur peut comporter des tubes dans lesquels circule le gaz d'échappement, ces tubes étant disposés dans une enveloppe à l'intérieur de laquelle circule un fluide, typiquement un liquide caloporteur.
- [0004] Le gaz d'échappement, à l'entrée des tubes, est à haute température, typiquement à plusieurs centaines de °C quand le moteur fonctionne à pleine charge.
- [0005] En conséquence, il existe un risque que le fluide caloporteur soit porté à ébullition au moment où celui-ci circule au contact de la partie amont des tubes. En cas d'ébullition, on observe une montée en température de l'échangeur de chaleur car le fluide caloporteur, transformé en vapeur, ne refroidit plus l'échangeur de chaleur. L'élévation de température de la paroi de l'échangeur de chaleur va générer des contraintes thermiques élevées, pouvant aller jusqu'à la rupture de l'échangeur de chaleur et dégrader considérablement le fluide caloporteur. Pour limiter ce risque, la circulation du fluide caloporteur doit être bien maîtrisée.
- [0006] Dans ce contexte, l'invention vise à proposer un échangeur de chaleur dans lequel la circulation du fluide caloporteur est bien maîtrisée.
- [0007] A cette fin, l'invention porte selon un premier aspect sur un échangeur de chaleur comprenant :
- [0008] - une pluralité de tubes de circulation d'un premier fluide ;
 - une enveloppe délimitant un volume interne dans lequel sont placés les tubes, l'enveloppe présentant une entrée de second fluide et une sortie de second fluide débouchant dans le volume interne, l'entrée de second fluide et la sortie de second fluide étant décalées longitudinalement l'une par rapport à l'autre ;
 - au moins une grille interne disposée dans le volume interne, longitudinalement entre l'entrée de second fluide et la sortie de second fluide, et divisant le volume interne en une pluralité de chambres se succédant longitudinalement, la ou chaque grille interne présentant des orifices dans lesquels sont engagés les tubes, la ou chaque grille interne présentant un bord périphérique externe dont un tronçon délimite avec une surface interne de l'enveloppe un passage pour le second fluide, le ou chaque passage étant agencé pour que le second fluide circule en chicane depuis l'entrée de second fluide jusqu'à la sortie de second fluide à travers les chambres.
- [0009] Ainsi, la ou les grilles internes sont agencées pour forcer le second fluide à circuler

en chicane depuis l'entrée jusqu'à la sortie des tubes de l'échangeur de chaleur. Le second fluide va donc balayer successivement chaque chambre.

- [0010] Quand le premier fluide correspond à un gaz d'échappement de véhicule, et que les tubes sont agencés de manière à ce que la partie amont des tubes traverse la première chambre, dans laquelle débouche l'entrée du second fluide, alors la partie amont des tubes est particulièrement bien refroidie. La grille interne force le second fluide à circuler au contact de la partie amont des tubes.
- [0011] L'échangeur de chaleur peut en outre présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :
- [0012] - l'enveloppe présente, pour la ou chaque grille interne, une zone en bosse vers l'extérieur délimitant le passage avec ledit tronçon de ladite grille interne ;
- [0013] - dans la ou chaque grille interne, des ouvertures sont ménagées entre chaque tube et un bord interne de l'orifice correspondant ;
- [0014] - les tubes présentent chacun une section transversale allongée transversalement et sont superposés suivant une direction d'élévation, les bords internes des orifices portant des languettes transversales en appui contre les tubes suivant la direction d'élévation ;
- [0015] - le bord interne de chaque orifice présente deux tronçons de bord transversaux opposés l'un à l'autre, chaque tronçon de bord transversal portant plusieurs languettes espacées transversalement l'une de l'autre ;
- [0016] - les orifices d'une même grille interne sont séparées par des bandes pleines transversales de la grille interne, lesdites bandes pleines transversales définissant chacune deux tronçons de bord transversaux de l'orifice, les languettes des deux tronçons de bord transversaux étant agencées en quinconce ;
- [0017] - les languettes sont inclinées vers l'intérieur de l'orifice ;
- [0018] - le bord périphérique externe de la ou chaque grille interne présente des première et seconde bandes pleines s'étendant de part et d'autre des orifices suivant la direction transversale, la première bande pleine définissant ledit tronçon (43) du bord périphérique externe et présentant transversalement une largeur plus faible que celle de la seconde bande pleine ;
- [0019] - l'échangeur comprend plusieurs grilles internes toutes identiques, deux grilles internes successives étant orientées en sens inverses selon la direction longitudinale de telle sorte que les premières bandes pleines desdites deux grilles internes sont tournées en sens inverse suivant la direction transversale ;
- [0020] - la grille interne la plus proche de la sortie de second fluide est orientée avec la seconde bande pleine tournée vers la sortie de second fluide, l'enveloppe présentant au moins une zone intermédiaire en bosse vers l'extérieur, en vis-à-vis d'un tronçon inter-

médiaire du bord périphérique externe situé entre la première bande pleine et la seconde bande pleine ;

[0021] - le bord périphérique externe de la ou chaque grille interne porte des languettes externes, en appui contre la surface interne de l'enveloppe.

[0022] Selon un second aspect, l'invention porte sur une ligne d'échappement comportant un échangeur de chaleur ayant les caractéristiques ci-dessus, le premier fluide étant le gaz d'échappement et le second fluide étant un liquide caloporteur prévu pour récupérer une partie de l'énergie thermique des gaz d'échappement.

[0023] De préférence, les tubes sont des tubes droits longitudinaux, le premier fluide s'écoulant depuis des parties d'extrémité amont des tubes jusqu'à des parties d'extrémité aval des tubes, l'entrée du second fluide étant située en vis-à-vis des parties d'extrémité amont des tubes, et la sortie de second fluide en vis-à-vis des parties d'extrémité aval des tubes.

[0024] L'entrée de second fluide débouche dans une chambre amont, traversée par les parties d'extrémité amont des tubes.

[0025] La sortie de second fluide débouche dans une chambre aval, traversée par les parties d'extrémité aval des tubes.

[0026] Les chambres amont et aval sont situées à deux extrémités longitudinales opposées de la succession de chambres.

[0027] Selon un troisième aspect, l'invention porte sur un véhicule comportant une ligne d'échappement ayant les caractéristiques ci-dessus.

[0028] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée qui en est donnée ci-dessous, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux figures annexées, parmi lesquelles :

[0029] [fig.1] la figure 1 est une vue en perspective d'un échangeur de chaleur selon l'invention ;

[0030] [fig.2] la figure 2 est une vue en coupe longitudinale de l'échangeur de chaleur de la figure 1, prise selon l'incidence des flèches II ;

[0031] [fig.3] la figure 3 est une vue en coupe de l'échangeur de chaleur de la figure 1, prise selon l'incidence des flèches III ;

[0032] [fig.4] la figure 4 est une vue en perspective, éclatée, des tubes et des grilles internes de l'échangeur de chaleur de la figure 1 ;

[0033] [fig.5] la figure 5 est une vue agrandie d'une partie d'une grille interne de la figure 4 ;

[0034] [fig.6] la figure 6 est une vue en coupe, agrandie, d'un détail VI de la figure 3 ; et

[0035] [fig.7] la figure 7 est une vue en coupe transversale de l'échangeur de chaleur, prise selon l'incidence des flèche VII de la figure 2.

[0036] L'échangeur de chaleur 1 représenté sur la figure 1 est typiquement destiné à être

intégré dans une ligne d'échappement de véhicule. Le véhicule est un véhicule à moteur thermique, par exemple une voiture, un camion ou un deux roues.

[0037] L'échangeur de chaleur 1 comprend :

[0038] - une pluralité de tubes 3 de circulation d'un premier fluide ;

[0039] - une enveloppe 5 délimitant un volume interne 6 dans lequel sont placés les tubes 3, l'enveloppe 5 présentant une entrée de second fluide 7 et une sortie de second fluide 9 débouchant dans le volume interne 6.

[0040] Le premier fluide est typiquement le gaz d'échappement du véhicule.

[0041] Le second fluide est typiquement un liquide caloporteur, prévu pour la récupération d'une partie de l'énergie thermique du gaz d'échappement.

[0042] Typiquement, les tubes 3 sont des tubes droits, longitudinaux. La direction longitudinale est matérialisée par la flèche L sur les figures.

[0043] Comme visible sur les figures 1 à 4, les tubes 3 présentent chacun une section transversale allongée transversalement et sont superposés suivant une direction d'élévation.

[0044] La direction transversale est matérialisée par une flèche T sur les figures. La direction d'élévation est matérialisée par une flèche E sur les figures.

[0045] On entend par section transversale une section perpendiculaire à la direction longitudinale L.

[0046] Dans l'exemple représenté, les tubes 3 ont une section transversale en « racetrack », c'est-à-dire en piste de course.

[0047] Chaque tube 3 présente une section transversale constante, c'est-à-dire identique quel que soit le plan de coupe considéré quand on suit le tube longitudinalement.

[0048] Ainsi, chaque tube 3 est délimité par des première et seconde grandes faces 11, 13 opposées l'une à l'autre, raccordées par deux tranches arquées 15, 17 opposées l'une à l'autre. Les première et seconde grandes faces 11, 13 sont perpendiculaires à la direction d'élévation E. Ainsi, elles s'étendent l'une et l'autre selon des plans sensiblement longitudinal et transversal. La seconde grande face 13 d'un tube 3 est située au-dessus et en vis-à-vis de la première grande face 11 du tube 3 situé immédiatement en-dessous dans l'empilement.

[0049] Les tranches arquées 15 et 17 sont transversalement tournées dans des directions opposées.

[0050] Dans l'exemple représenté, les tubes 3 sont agencés pour former un empilement unique selon la direction d'élévation E. En d'autres termes, l'échangeur de chaleur 1 ne comporte, suivant la direction transversale T, qu'un seul tube 3, qui occupe sensiblement toute la largeur transversale de l'échangeur de chaleur 1. L'empilement sera aussi appelé faisceau de tubes dans la présente description.

[0051] Chaque tube 3 délimite, à une extrémité longitudinale, une entrée de premier fluide

- 19, et à l'extrémité longitudinale opposée, une sortie de premier fluide 21. Une feuille métallique 23 pliée de manière à constituer des ailettes est insérée dans chaque tube 3.
- [0052] L'enveloppe 5 présente une forme tubulaire, avec un axe central sensiblement longitudinal. Elle présente des sections transversales sensiblement rectangulaire, avec quatre grandes faces 24 de formes générales planes raccordées les unes aux autres par des portions arrondies.
- [0053] L'enveloppe 5 délimite à ses deux extrémités longitudinales des ouvertures amont et aval 25, 27 dans lesquelles sont engagées des grilles d'extrémité 29. Dans la présente description, les termes amont et aval sont entendus relativement au sens d'écoulement du premier fluide.
- [0054] Les grilles d'extrémité 29 présentent des orifices 31 de réception des extrémités longitudinales des tubes 3. Ces extrémités longitudinales sont fixées de manière étanche dans les orifices 31 et traversent les grilles d'extrémité 29.
- [0055] Ainsi, les tubes 3 s'étendent longitudinalement sur toute la longueur de l'enveloppe 5.
- [0056] L'entrée de second fluide 7 et la sortie de second fluide 9 sont décalées longitudinalement l'une par rapport à l'autre.
- [0057] L'entrée 7 est placée longitudinalement à proximité de l'ouverture amont 25, et la sortie 9 à proximité de l'ouverture aval 27.
- [0058] Dans l'exemple représenté, l'entrée de second fluide 7 et la sortie de second fluide 9 sont des fentes, découpées dans l'enveloppe 5. Ces fentes sont allongées suivant la direction d'élévation E, et présentent une hauteur sensiblement égale à la hauteur de l'empilement de tubes 3.
- [0059] L'échangeur de chaleur 1 comprend avantageusement au moins une grille interne 33 disposée dans le volume interne 6, longitudinalement entre l'entrée de second fluide 7 et la sortie de second fluide 9.
- [0060] Elle divise le volume interne 6 en une pluralité de chambres se succédant longitudinalement.
- [0061] L'échangeur de chaleur 1 comporte une grille interne 33, ou deux grilles internes 33, ou trois grilles internes 33 comme dans l'exemple représenté sur les figures, ou tout autre nombre de grilles internes 33, en fonction de la longueur longitudinale de l'échangeur de chaleur 1.
- [0062] La ou chaque grille interne 33 s'étend typiquement perpendiculairement à la direction longitudinale L.
- [0063] Le volume interne 6 comporte au moins une chambre amont 35, dans laquelle débouche l'entrée de second fluide 7, et une chambre aval 37, dans laquelle débouche la sortie de second fluide 9.
- [0064] Elle comprend éventuellement une ou plusieurs chambres intermédiaires 39, situées

longitudinalement entre les chambres 35 et 37.

[0065] Chaque chambre 35, 37, 39 s'étend transversalement sur toute la section du volume interne 6. Chaque chambre 35, 37, 39 occupe donc une tranche longitudinale du volume interne 6.

[0066] La chambre amont 35 est délimitée entre la grille d'extrémité 29 engagée dans l'ouverture amont 25 de l'enveloppe 5, et la grille interne 33 située le plus vers l'amont. La chambre aval 37 est délimitée entre la grille d'extrémité 29 engagée dans l'ouverture aval 27 de l'enveloppe 5, et la grille interne 33 située le plus vers l'aval.

[0067] La ou chaque chambre intermédiaire 39 est délimitée entre deux grilles internes 33.

[0068] La ou chaque grille interne 33 présente comme visible sur la figure 4, des orifices 41 dans lesquels sont engagés les tubes 3. La grille interne 33 présente un orifice 41 pour chaque tube 3.

[0069] Chaque orifice 41 est à contour fermé. Il présente une section interne proche de la section transversale externe du tube 3 correspondant.

[0070] Dans l'exemple représenté, les orifices 41 de la ou chaque grille interne 33 sont tous allongés transversalement. Ils sont superposés suivant la direction d'élévation E. Ils sont tous identiques.

[0071] Selon un aspect de l'invention, visible notamment sur la figure 2, la ou chaque grille interne 33 présente un bord périphérique externe 42 (figure 4) dont un tronçon 43 délimite avec une surface interne de l'enveloppe 5 un passage 45 pour le second fluide. Le ou chaque passage 45 est agencé pour que le second fluide circule en chicane depuis l'entrée de second fluide 7 jusqu'à la sortie de second fluide 9 à travers les chambres 35, 39, 37.

[0072] On entend ici par circulation en chicane le fait que le second fluide circule à partir de l'entrée 7 selon un parcours comprenant une succession de changements de direction en U, à 180°, les changements de direction en U successifs dessinant des créneaux.

[0073] En d'autres termes, les passages 45 sont disposés pour que le second fluide, à partir de l'entrée de second fluide 7, traverse la chambre amont 35 transversalement, puis effectue un changement de direction en U en traversant le passage 45 pour passer de la chambre amont 35 à la chambre suivante.

[0074] Le second fluide traverse ensuite la chambre suivante transversalement puis arrive à la sortie de second fluide 9 ou, dans le cas où l'échangeur de chaleur comporte plus de deux chambres, effectue un nouveau changement de direction à 180° pour passer dans la chambre suivante, et ainsi de suite jusqu'à la sortie de second fluide 9.

[0075] Dans l'exemple représenté, la ou chaque grille interne 33 est sensiblement rectangulaires, et le tronçon 43 s'étend sur tout un côté de la grille interne 33. Le reste du bord périphérique externe 42 est en appui sur la surface interne de l'enveloppe 5, de manière à empêcher le passage du second fluide.

- [0076] Pour ce faire, le bord périphérique externe 42 de la ou chaque grille interne 33 porte des languettes externes 47 (figures 4 et 5), en appui contre la surface interne de l'enveloppe 5 (figure 6).
- [0077] Dans l'exemple représenté, la ou chaque grille interne 33 comporte une languette externe 47 par côté.
- [0078] La languette externe 47 est pliée de manière à former un angle α légèrement supérieur à 90° par rapport au plan dans lequel s'inscrivent les orifices 41 de passage des tubes 3. Au niveau de ses coins, le bord périphérique externe 42 ne comporte pas de languette pliée, mais une languette non pliée 49, s'inscrivant dans le plan des orifices 41 de passage des tubes 3. Le bord libre de la languette non pliée 49 vient s'adapter contre la surface interne de l'enveloppe 5, créant une étanchéité au second fluide.
- [0079] La languette externe 47 portée par le tronçon 43 n'est pas en appui contre la surface interne de l'enveloppe 5. En revanche, les languettes externes 47 portées par les autres portions du bord périphérique externe sont en appui contre la surface interne de l'enveloppe 5.
- [0080] Par ailleurs, dans la ou chaque grille interne 33, des ouvertures 51 sont ménagées entre chaque tube 3 et le bord interne 53 de l'orifice 41 correspondant (figure 7).
- [0081] Comme visible sur les figures, les bords internes 53 des orifices 41 portent des languettes 55 transversales, en appui contre les tubes 3 suivant la direction d'élévation E (figures 4 à 6).
- [0082] Plus précisément, le bord interne 53 de chaque orifice 41 présente deux tronçons de bord 57, transversaux, opposés l'un à l'autre. Les tronçons de bord transversaux 57 sont raccordés l'un à l'autre par des tronçons de bord d'extrémité 59.
- [0083] Chaque tronçon de bord transversal 57 porte plusieurs languettes 55, espacées transversalement l'une de l'autre.
- [0084] Les languettes 55 sont inclinées vers l'intérieur de l'orifice 41, comme illustré sur la figure 6. Par rapport à la direction longitudinale L, elles forment un angle β compris entre 2° et 6° , et valant typiquement 4° .
- [0085] Les languettes 55 sont toutes inclinées de la même façon.
- [0086] Comme visible notamment sur les figures 4 et 5, les orifices 41 d'une même grille interne 33 sont séparés les uns des autres par des bandes pleines transversales 61 de la grille interne 33.
- [0087] Chaque bande pleine transversale 61 définit le tronçon de bord transversal 57 de l'orifice 41 situé immédiatement en-dessous et le tronçon de bord transversal 57 de l'orifice 41 situé immédiatement au-dessus.
- [0088] Les languettes 55 de ces deux tronçons de bord transversaux 57 sont agencées en quinconce, comme visible plus nettement sur la figure 5.

- [0089] On entend par-là que les languettes 55 portées par l'un des deux tronçons de bord transversaux 57 sont séparées les unes des autres par des espaces 63. Les languettes 55 de l'autre tronçon de bord transversal 57 sont situées en vis-à-vis des espaces 63.
- [0090] Les ouvertures 51 correspondent ici aux intervalles 63 entre les languettes 55.
- [0091] Avantageusement, la somme des longueurs transversales des languettes 55 est égale à la moitié de la largeur transversale du tube 3.
- [0092] L'angle de dépouille β permet de maintenir l'écartement entre les différents tubes 3, et permet de centrer le faisceau de tubes 3 dans l'enveloppe 5 de l'échangeur de chaleur 1 suivant la direction d'élévation E.
- [0093] Pour ce faire, au repos, les bords libres des languettes 55 situés de part et d'autre d'un même orifice 41 présentent selon la direction d'élévation E un écartement inférieur à l'épaisseur du tube 3. L'épaisseur est prise selon la direction d'élévation E.
- [0094] Quand les tubes 3 sont insérés dans les orifices 41, les languettes 55 sont défléchies élastiquement pour laisser passer le tube 3 sans jeu.
- [0095] De même, les languettes externes 47 permettent d'engager les grilles internes 33 dans l'enveloppe 5, par flexion élastique des languettes externes 47. L'angle de dépouille des languettes externes 47 peut être plus important que celui des languettes 55, pour garantir des tolérances potentiellement plus importantes.
- [0096] L'enveloppe 5 présente, pour la ou chaque grille interne 33, une zone en bosse 65 vers l'extérieur, délimitant le passage 45 avec ledit tronçon 43 de la grille interne 33. La zone en bosse 65 est en creux vers l'intérieur de l'enveloppe 5. Elle est située, transversalement, en vis-à-vis du tronçon 43. Elle s'étend sur la plus grande partie de la largeur transversale de l'enveloppe 5.
- [0097] Il est ainsi possible d'augmenter la section de passage offerte au second fluide à travers le passage 45. Ceci réduit la contre-pression.
- [0098] Avantageusement, les grilles internes 33 sont toutes identiques.
- [0099] Le bord périphérique externe 42 de la grille interne 33 présente des première et seconde bandes pleines 67, 69 s'étendant de part et d'autre des orifices 41 suivant la direction transversale T.
- [0100] La première bande pleine 67 est allongée suivant la direction d'élévation E. Elle jouxte les tronçons de bords d'extrémité 59 des orifices 41. Elle est située à une première extrémité transversale des orifices 41.
- [0101] La seconde bande pleine 69 s'étend elle aussi suivant la direction d'élévation E. Elle jouxte les tronçons de bords d'extrémité 59 opposés des orifices 41. Elle est située de l'autre côté transversal des orifices 41.
- [0102] La première bande pleine 67 définit le tronçon 43 du bord périphérique externe 42 et présente transversalement une largeur 11. La seconde bande pleine 69 présente une largeur transversale 12. La largeur transversale 11 est plus faible que la largeur

transversale 12.

- [0103] Par ailleurs, les grilles internes 33 sont agencées de telle sorte que deux grilles internes 33 successives selon la direction longitudinale L sont orientées en sens inverse. Les bandes pleines 67 desdites deux grilles internes 33 sont tournées en sens inverse suivant la direction transversale T.
- [0104] Ainsi, les passages 45 délimités par deux grilles internes 33 successives sont situés transversalement de deux côtés opposés de l'échangeur de chaleur 1, ce qui permet de créer la circulation en chicane.
- [0105] Les zones en bosses correspondantes 65 sont elles aussi disposées de deux côtés transversaux opposés de l'échangeur de chaleur 1.
- [0106] La grille interne 33 située la plus proche de l'entrée de second fluide 7 est orientée de telle sorte que la première bande pleine 67 est située transversalement à l'opposé de l'entrée de second fluide 7. Ainsi, le passage 45 permettant de passer de la chambre amont 35 à la chambre située immédiatement en aval est situé transversalement à l'opposé de l'entrée de second fluide 7. Le second fluide est forcé de traverser, à partir de l'entrée de second fluide 7, toute la chambre amont 35 pour arriver au passage 45.
- [0107] La grille interne 33 la plus proche de la sortie de second fluide 9 est orientée avec la première bande pleine 67 tournée transversalement à l'opposé de la sortie de second fluide 9. Ainsi, le passage 45 permettant d'accéder à la chambre aval 37 est situé transversalement à l'opposé de la sortie de second fluide 9. Le second fluide pénétrant dans la chambre aval 37 par le passage 45 est forcé de traverser toute la chambre aval 37 transversalement pour arriver à la sortie de second fluide 9.
- [0108] Quand l'échangeur de chaleur 1 comporte plusieurs grilles internes 33, l'enveloppe 5 présente une forme particulière au niveau de la grille interne 33 la plus proche de la sortie de second fluide 9. Plus précisément, elle présente une zone intermédiaire 71 en bosse vers l'extérieur, en vis-à-vis d'un tronçon intermédiaire 73 du bord périphérique externe 42 situé entre la première bande pleine 67 et la seconde bande pleine 69.
- [0109] De préférence, l'enveloppe 5 présente deux zones intermédiaires 71 en bosse vers l'extérieur, situées de deux côtés opposés de l'enveloppe 5 suivant la direction d'élévation E.
- [0110] Dans l'exemple représenté, les tronçons intermédiaires 73 du bord périphérique externe 42 sont les côtés de la grille interne 33 d'orientation transversale. Ces côtés raccordent les première et seconde bandes pleines 67, 69 l'une à l'autre. L'un des tronçons intermédiaires 73 est situé au-dessus de l'empilement de tubes 3, et l'autre en-dessous.
- [0111] La ou chaque zone intermédiaire en bosse 71 s'étend typiquement transversalement sur sensiblement toute la largeur de l'enveloppe 5.
- [0112] On crée ainsi des by-pass 75 pour le second fluide entre le ou chaque tronçon inter-

médiaire 73 et la ou chaque zone intermédiaire en bosse 71.

- [0113] En d'autres termes, le second fluide peut s'écouler jusqu'à la chambre aval 37 à la fois par le passage 45, et par les by-pass 75.
- [0114] Ces by-pass 75 permettent de réduire la contre-pression au-dessus et en-dessous de l'empilement de tubes 3.
- [0115] Les grilles internes 33 sont typiquement formées à partir d'une feuille de tôle fine, d'épaisseur comprise entre 0,2 et 0,8 mm, typiquement d'épaisseur 0,4 mm.
- [0116] Elles sont de préférence obtenues par découpage et pliage de la feuille de tôle fine. Ces opérations permettent de former les orifices 41 de passage des tubes 3, et les languettes 47 et 55, ainsi que les languettes non pliées 49.
- [0117] Le fonctionnement de l'échangeur de chaleur 1 représenté sur les figures va maintenant être décrit.
- [0118] Le premier fluide s'écoule à l'intérieur des tubes 3. Il entre dans chaque tube 3 par l'extrémité amont 19 de celui-ci, et sort par l'extrémité aval 21 de celui-ci.
- [0119] Le premier fluide est refroidi dans l'échangeur de chaleur 1, de telle sorte qu'il présente une température relativement plus élevée à l'extrémité amont 19 qu'à l'extrémité aval 21.
- [0120] Le second fluide pénètre dans le volume interne 6 par l'entrée de second fluide 7. Du fait de la présence de la grille interne 33 située la plus en amont, il est forcé de s'écouler transversalement, entre les tubes 3. Il traverse ainsi transversalement la chambre amont 35, jusqu'au passage 45. Au niveau du passage 45, il suit un parcours en U et, après avoir pénétré dans la première chambre intermédiaire 39, s'écoule transversalement en sens inverse. De nouveau, il s'écoule transversalement sur toute la largeur de la chambre intermédiaire 39, jusqu'au passage 45 situé à l'extrémité transversale opposée de la chambre intermédiaire 39.
- [0121] Du fait de son inertie, le second fluide pénétrant dans la chambre intermédiaire 39 par le passage 45 est déporté vers la seconde grille interne 33. En revanche, une partie du second fluide s'écoule de la chambre amont 35 à la première chambre intermédiaire 39 à travers les ouvertures 51. Ainsi, la zone de la première chambre intermédiaire 39 située immédiatement le long de la grille interne 33 la plus en amont est balayée par le second fluide issu des ouvertures 51.
- [0122] Le second fluide passe de la première chambre intermédiaire 39 à la seconde chambre intermédiaire 39 à travers le passage 45 situé transversalement du côté de l'entrée second fluide 7 et de la sortie second fluide 9, et à travers les ouvertures 51 de la seconde grille interne 33.
- [0123] Le second fluide passe de la seconde chambre intermédiaire 39 à la chambre aval 37 à la fois par le passage 45 délimité par la troisième grille interne 33, et par les by-pass 75. Il passe également par les ouvertures 51 de la troisième grille interne 33.

- [0124] Le second fluide quitte la chambre aval 37 par la sortie de second fluide 9.
- [0125] L'invention présente de multiples avantages.
- [0126] Du fait que le second fluide circule en chicane depuis l'entrée de second fluide 7 jusqu'à la sortie de second fluide 9 à travers les chambres 35, 39, 37, la partie des tubes située dans la chambre amont 35 est particulièrement bien balayée par le second fluide.
- [0127] Quand le premier fluide est très chaud, ceci permet de garantir un excellent refroidissement du premier fluide, sans risque d'ébullition du second fluide.
- [0128] Le fait que l'enveloppe porte des zones en bosse vers l'extérieur pour délimiter le passage permettant de communiquer d'une chambre à une autre permet d'ajuster facilement le volume de liquide traversant le passage. Cet ajustement est réalisé en choisissant la profondeur de la zone en bosse.
- [0129] L'existence d'ouvertures ménagées entre chaque tube et le bord interne de l'orifice correspondant dans la grille interne, permet de balayer la zone du volume interne située immédiatement en aval de ladite grille interne avec un flux suffisant de second fluide.
- [0130] Les languettes transversales portées par les bords internes des orifices permettent de contrôler l'écartement entre les tubes suivant la direction d'élévation. Il n'est donc pas prévu dans les tubes des protubérances par l'intermédiaire desquelles les tubes sont en appui les uns contre les autres. De telles protubérances sont utilisées traditionnellement pour contrôler la hauteur de l'interstice entre les tubes. Elles présentent le défaut qu'il n'y a pas de contact entre les ailettes et la paroi du tube au niveau des protubérances, ce qui interrompt localement le flux thermique des ailettes vers le tube.
- [0131] Le fait que les languettes soient espacées transversalement l'une de l'autre permet de créer commodément les ouvertures entre chaque tube et le bord interne de l'orifice correspondant.
- [0132] Il est ainsi possible de contrôler facilement la quantité de second fluide passant par les ouvertures, en modulant l'espacement entre les languettes transversalement.
- [0133] Le fait de placer les languettes portées par une même bande transversale pleine en quinconce permet de créer un chemin de fluide plus complexe pour le second fluide passant à travers les ouvertures. Ceci réduit le débit passant entre les tubes et le bord de l'orifice correspondant.
- [0134] Le fait de prévoir que les languettes sont inclinées vers l'intérieur de l'orifice permet de centrer le faisceau de tubes dans le corps de l'échangeur suivant la direction d'élévation, et de caler l'écartement entre les tubes suivant la direction d'élévation. Ceci permet aussi d'introduire très commodément les tubes dans les orifices.
- [0135] Le fait de prévoir des première et seconde bandes pleines de part et d'autre des orifices, de largeurs transversales différentes, permet de réaliser la circulation en chicane en utilisant des grilles toutes identiques.
- [0136] Pour cela, les grilles successives sont tournées en sens inverses.

- [0137] Il en résulte par ailleurs que le faisceau de tubes est centré transversalement par rapport à l'enveloppe, de manière commode.
- [0138] Le risque d'ébullition du second fluide existe essentiellement dans la chambre dans laquelle débouche l'entrée de second fluide, et éventuellement dans la chambre située immédiatement en aval. On considère que ce risque est pratiquement nul dans la chambre située la plus en aval, dans laquelle débouche la sortie de second fluide.
- [0139] De ce fait, il est avantageux de prévoir au moins une zone intermédiaire en bosse vers l'extérieur dans l'enveloppe, au droit de la grille interne la plus proche de la sortie.
- [0140] Comme indiqué plus haut, ceci permet de créer des by-pass autour de ladite grille interne, ce qui réduit la contre-pression au-dessus et en-dessous du faisceau de tubes. Ceci permet en particulier d'augmenter le débit de second fluide dans les parties des chambres situées au-dessus et en-dessous du faisceau de tubes. Comme décrit plus haut, l'entrée de second fluide suivant la direction d'élévation présente une hauteur sensiblement égale à celle du faisceau de tubes. Son extrémité supérieure arrive au niveau du tube supérieur, et son extrémité inférieure au niveau du tube inférieur. Il n'est pas possible de prolonger la fente plus loin, du fait que l'enveloppe présente un cintrage entre ses faces latérales et ses faces supérieure/inférieure.
- [0141] Les volumes de la chambre amont situées au-dessus et en-dessous du faisceau de tubes sont moins bien arrosées par le second fluide pénétrant par l'entrée que les volumes situés entre les tubes. La ou les zones intermédiaires en bosse permettent d'augmenter le débit de second fluide dans ces volumes mal desservis de la chambre amont.
- [0142] L'échangeur de chaleur décrit ci-dessus peut présenter de multiples variantes.
- [0143] L'invention a été décrite avec des tubes droits, s'étendant longitudinalement sur toute la longueur de l'échangeur de chaleur, et traversant dans cet ordre la chambre amont, la ou les chambres intermédiaires éventuelles, et la chambre aval.
- [0144] Les tubes pourraient avoir toute autre forme ou agencement. Les tubes pourraient par exemple être en U, avec deux portions longitudinales raccordées par un cintre.
- [0145] Il a été décrit plus haut que la ou chaque grille interne présente des languettes externes 47 séparées les unes des autres. En variante, la ou chaque grille interne présente une languette unique, s'étendant circonférentiellement le long de tout le bord périphérique externe 42.
- [0146] Dans ce cas, la grille est obtenue par emboutissage.
- [0147] Alternativement, la ou chaque grille interne est réalisée à partir d'une plaque métallique relativement plus épaisse. Les orifices 41 de réception des tubes sont découpés. La grille ne comporte pas de languette externe 47 ni de languette 55 pour caler les tubes. Les ouvertures 51 sont réalisées par enlèvement de métal ou déformation.

- [0148] Les languettes transversales 55 ne sont pas nécessairement de largeur constante. Les languettes 55 peuvent être transversalement de largeur variable le long d'un même orifice. La largeur des languettes 55 peut également varier d'une grille à l'autre.
- [0149] Il a été décrit plus haut que toutes les grilles internes sont identiques, pour optimiser le coût de fabrication. En variante, les grilles internes sont différentes les unes des autres, ce qui permet d'adapter le comportement fluidique de l'échangeur de chaleur.
- [0150] Les grilles, dans l'exemple décrit, sont rectangulaires. En variante, elles sont ovales, en « racetrack », ou de toute autre forme adaptée.
- [0151] L'enveloppe dans ce cas présente une section transversale correspondant à la forme de la grille.
- [0152] L'échangeur de chaleur, dans l'exemple représenté, comporte transversalement un seul tube. En variante, il comporte plusieurs tubes juxtaposés transversalement.
- [0153] En variante, l'échangeur de chaleur n'est pas prévu pour être intégré dans la ligne d'échappement d'un véhicule. Il peut être intégré dans un autre circuit du véhicule, ou même à bord de tout autre type d'équipement.
- [0154] Le premier fluide n'est pas nécessairement le gaz d'échappement du véhicule, mais peut être de tout autre type. Le premier fluide est un gaz ou un liquide, et peut être de toute nature.
- [0155] De même, le second fluide n'est pas nécessairement un liquide caloporteur. Le second fluide est un gaz ou un liquide, de toute nature.

Revendications

- [Revendication 1] Echangeur de chaleur (1) comprenant :
- une pluralité de tubes (3) de circulation d'un premier fluide ;
 - une enveloppe (5) délimitant un volume interne (6) dans lequel sont placés les tubes (3), l'enveloppe (5) présentant une entrée de second fluide (7) et une sortie de second fluide (9) débouchant dans le volume interne (6), l'entrée de second fluide (7) et la sortie de second fluide (9) étant décalées longitudinalement l'une par rapport à l'autre ;
 - au moins une grille interne (33) disposée dans le volume interne (6), longitudinalement entre l'entrée de second fluide (7) et la sortie de second fluide (9), et divisant le volume interne (6) en une pluralité de chambres (35, 39, 37) se succédant longitudinalement, la ou chaque grille interne (33) présentant des orifices (41) dans lesquels sont engagés les tubes (3), la ou chaque grille interne (33) présentant un bord périphérique externe (42) dont un tronçon (43) délimite avec une surface interne de l'enveloppe (5) un passage (45) pour le second fluide, le ou chaque passage (45) étant agencé pour que le second fluide circule en chicane depuis l'entrée de second fluide (7) jusqu'à la sortie de second fluide (9) à travers les chambres (35, 39, 37), dans lequel, dans la ou chaque grille interne (33), des ouvertures (51) sont ménagées entre chaque tube (3) et un bord interne (53) de l'orifice (41) correspondant.
- [Revendication 2] Echangeur selon la revendication 1, dans lequel l'enveloppe (5) présente, pour la ou chaque grille interne (33), une zone (65) en bosse vers l'extérieur délimitant le passage (45) avec ledit tronçon (43) de ladite grille interne (33).
- [Revendication 3] Echangeur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les tubes (3) présentent chacun une section transversale allongée transversalement et sont superposés suivant une direction d'élévation (E), les bords internes (53) des orifices (41) portant des languettes (55) transversales en appui contre les tubes (3) suivant la direction d'élévation (E).
- [Revendication 4] Echangeur selon la revendication 3, dans lequel le bord interne (53) de chaque orifice (41) présente deux tronçons de bord transversaux (57) opposés l'un à l'autre, chaque tronçon de bord transversal (57) portant plusieurs languettes (55) espacées transversalement l'une de l'autre.
- [Revendication 5] Echangeur selon la revendication 4, dans lequel les orifices (41) d'une

même grille interne (33) sont séparées par des bandes pleines transversales (61) de la grille interne (33), lesdites bandes pleines transversales (61) définissant chacune deux tronçons de bord transversaux (57) de l'orifice (41), les languettes (55) des deux tronçons de bord transversaux (57) étant agencées en quinconce.

[Revendication 6] Echangeur selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel les languettes (55) sont inclinées vers l'intérieur de l'orifice (41).

[Revendication 7] Echangeur selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, dans lequel le bord périphérique externe (42) de la ou chaque grille interne (33) présente des première et seconde bandes pleines (67, 69) s'étendant de part et d'autre des orifices (41) suivant la direction transversale (T), la première bande pleine (67) définissant ledit tronçon (43) du bord périphérique externe (42) et présentant transversalement une largeur plus faible que celle de la seconde bande pleine (69).

[Revendication 8] Echangeur selon la revendication 7, dans lequel l'échangeur (1) comprend plusieurs grilles internes (33) toutes identiques, deux grilles internes (33) successives étant orientées en sens inverses selon la direction longitudinale (L) de telle sorte que les premières bandes pleines (67) desdites deux grilles internes (33) sont tournées en sens inverse suivant la direction transversale (T).

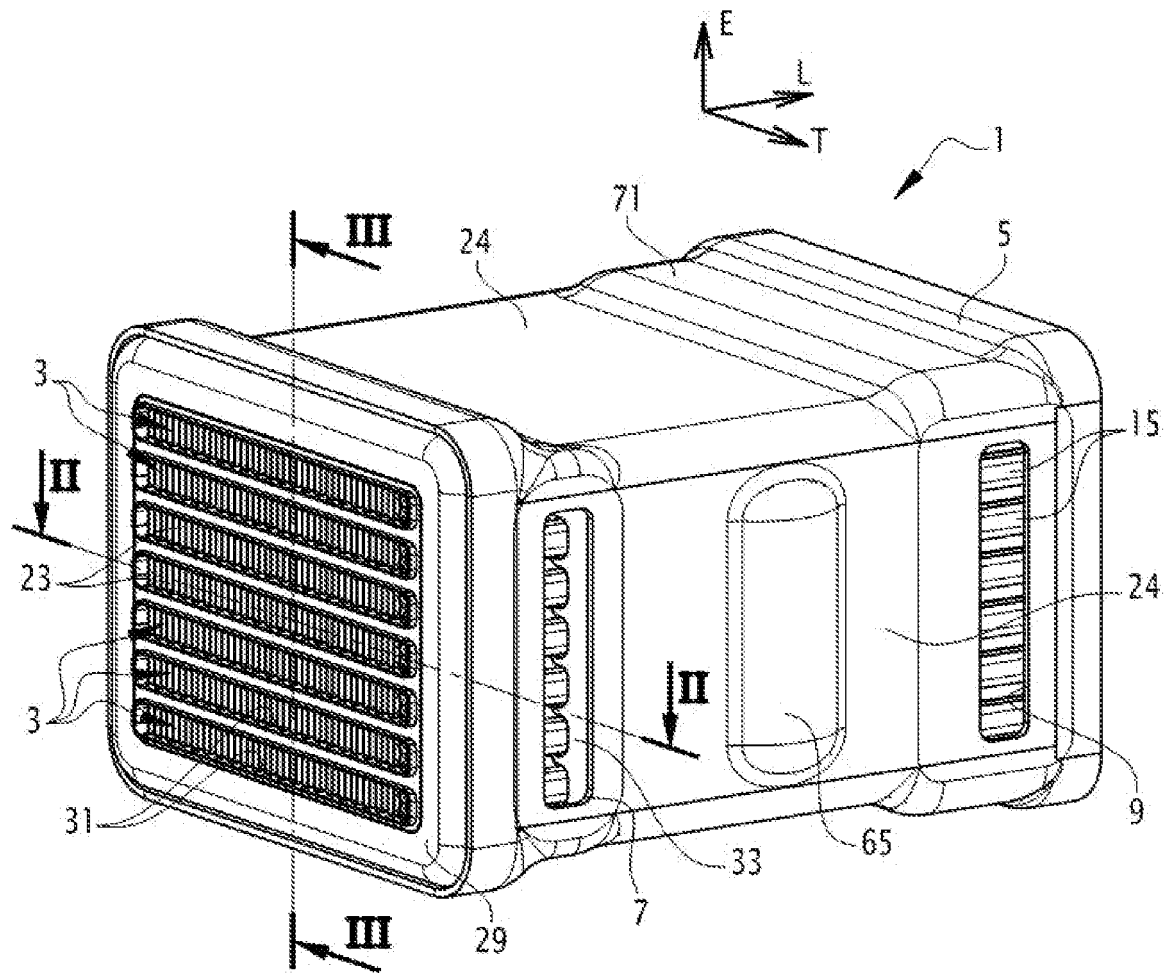
[Revendication 9] Echangeur selon la revendication 8, dans lequel la grille interne (33) la plus proche de la sortie de second fluide (9) est orientée avec la seconde bande pleine (69) tournée vers la sortie de second fluide (9), l'enveloppe (5) présentant au moins une zone intermédiaire (71) en bosse vers l'extérieur, en vis-à-vis d'un tronçon intermédiaire (73) du bord périphérique externe (42) situé entre la première bande pleine (67) et la seconde bande pleine (69).

[Revendication 10] Echangeur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le bord périphérique externe (42) de la ou chaque grille interne (33) porte des languettes externes (47), en appui contre la surface interne de l'enveloppe (5).

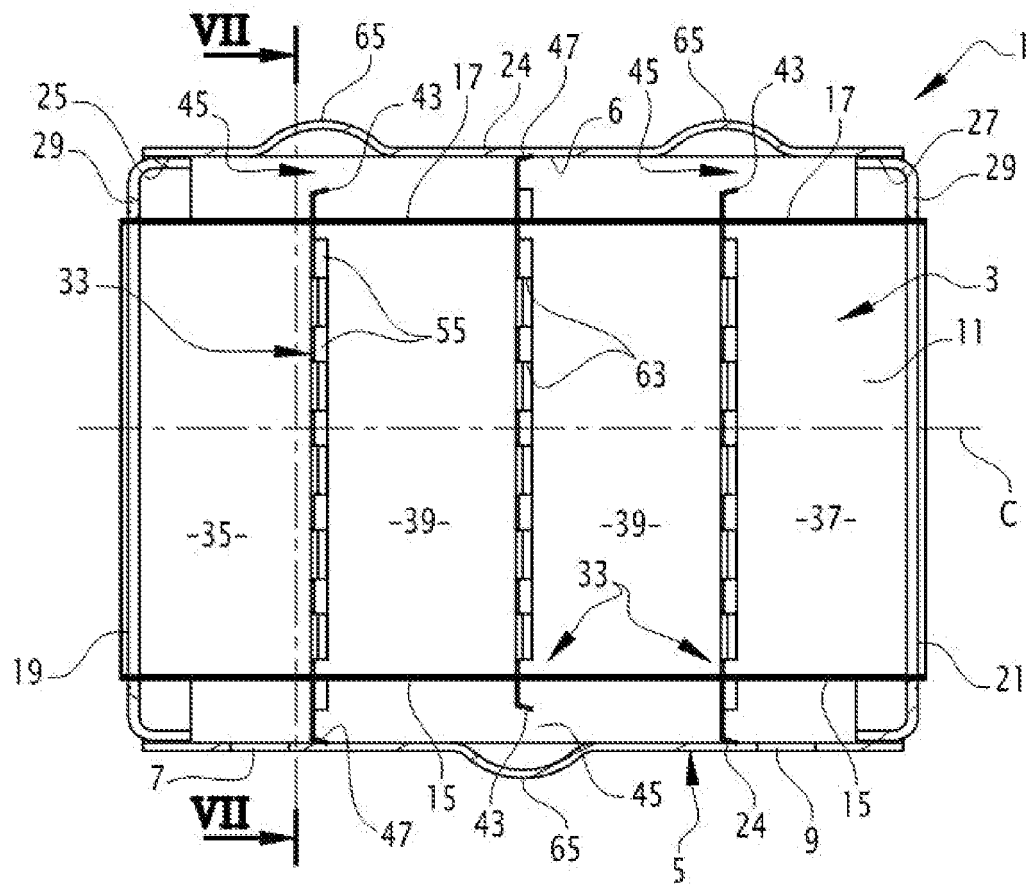
[Revendication 11] Ligne d'échappement comportant un échangeur de chaleur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, le premier fluide étant le gaz d'échappement et le second fluide étant un liquide caloporteur prévu pour récupérer une partie de l'énergie thermique du gaz d'échappement.

[Revendication 12] Véhicule comprenant une ligne d'échappement selon la revendication 11.

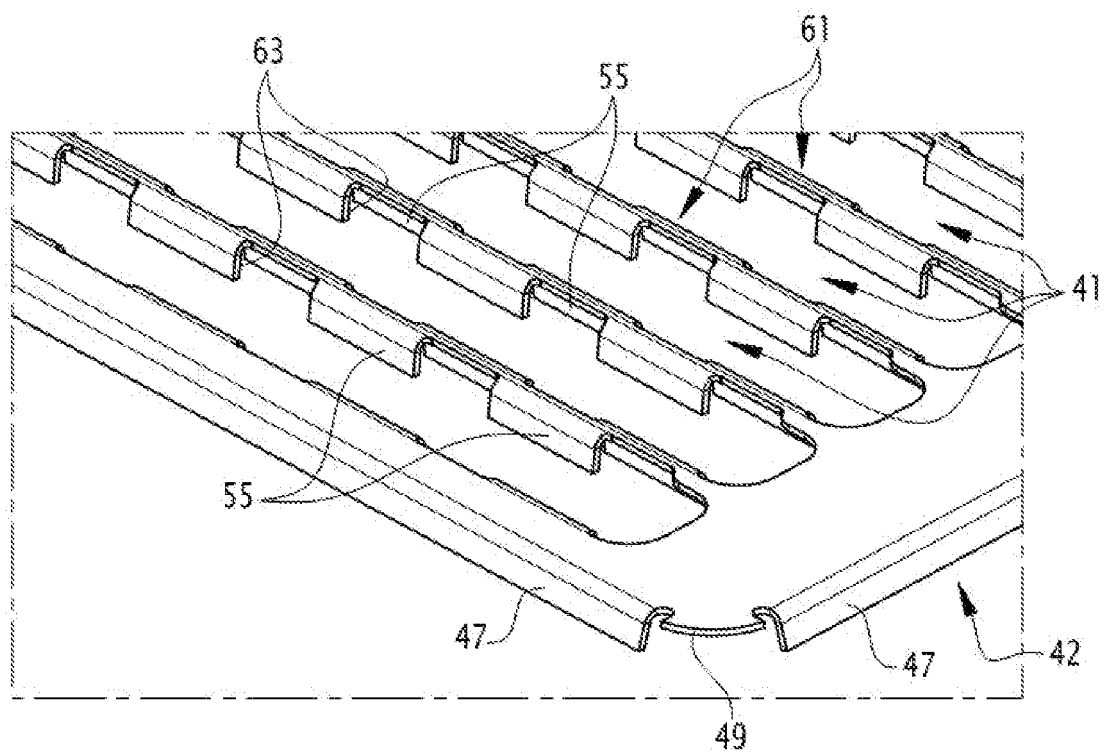
[Fig. 1]



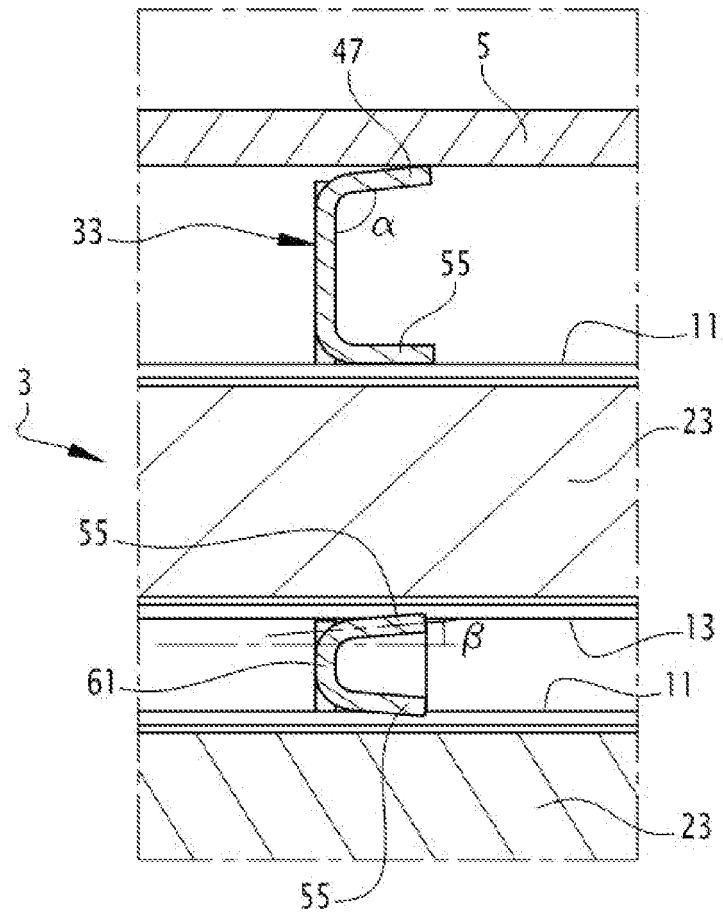
[Fig. 2]



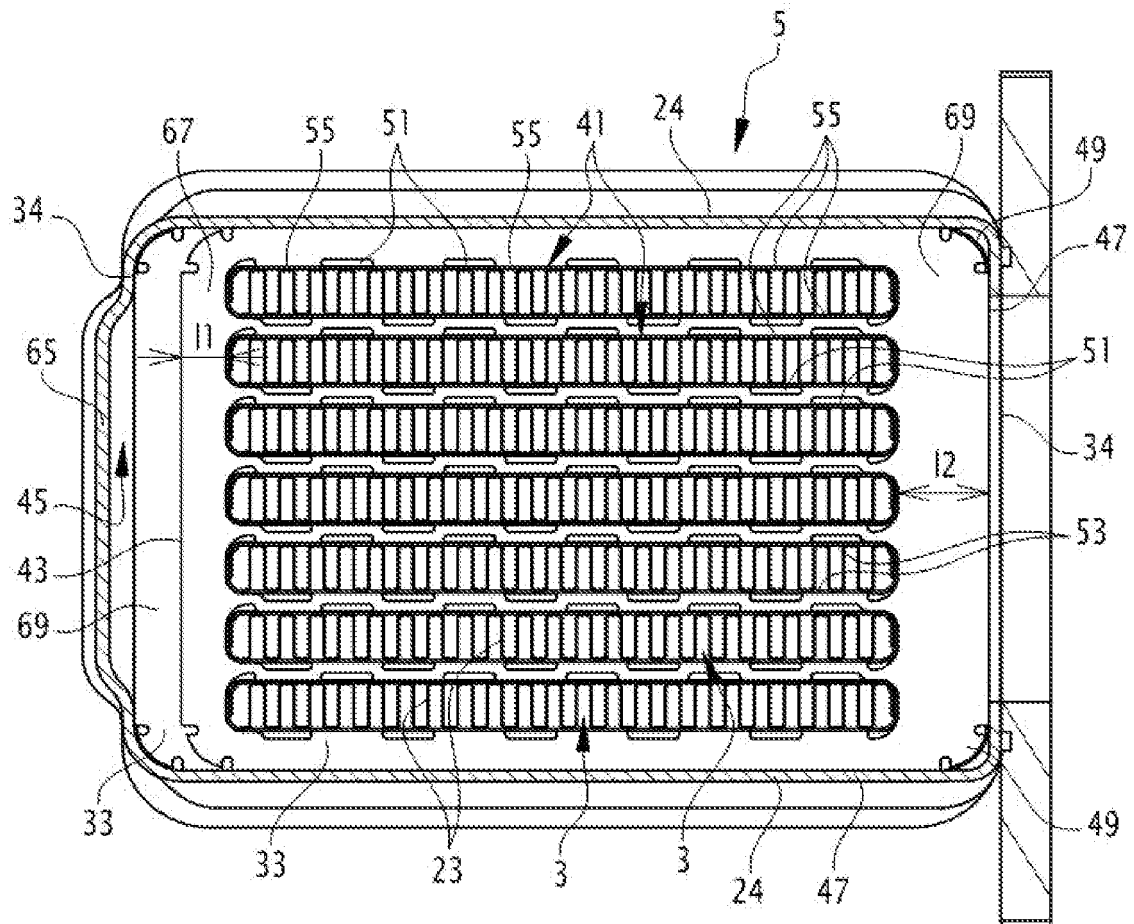
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 3 426 841 A (JOHNSON HERBERT G)
11 février 1969 (1969-02-11)

US 2009/056909 A1 (BRAUN CATHERINE R [US])
5 mars 2009 (2009-03-05)

CN 107 166 999 A (GAO ZHINAN)
15 septembre 2017 (2017-09-15)

JP 2001 041680 A (USUI INTERNATIONAL
INDUSTRY) 16 février 2001 (2001-02-16)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT