

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ ECHANGEUR DE CHALEUR AVEC DISPOSITIF MELANGEUR LIQUIDE/GAZ A PORTION DE CANAL REGULATRICE.

②② Date de dépôt : 24.03.17.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE
ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION
DES PROCEDES GEORGES CLAUDE Société
anonyme — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 28.09.18 Bulletin 18/39.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 29.03.19 Bulletin 19/13.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : HAIK-BERAUD NATACHA,
GRIGOLETTO PHILIPPE, LAZZARINI SOPHIE,
PEYRON JEAN-MARC et CARDON GUILLAUME.

⑦③ Titulaire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES
PROCEDES GEORGES CLAUDE Société anonyme.

⑦④ Mandataire(s) : L'AIR LIQUIDE.



La présente invention concerne un échangeur de chaleur comprenant
5 des séries de passages pour chacun des fluides à mettre en relation
d'échange thermique, l'échangeur comprenant au moins un dispositif
mélangeur configuré pour distribuer au moins un mélange à deux phases
liquide/gaz dans une des séries de passages.

En particulier, la présente invention peut s'appliquer à un échangeur
10 de chaleur qui vaporise au moins un débit de mélange liquide-gaz, en
particulier un débit de mélange à plusieurs constituants, par exemple un
mélange d'hydrocarbures, par échange de chaleur avec au moins un autre
fluide, par exemple du gaz naturel.

La technologie couramment utilisée pour un échangeur est celle des
15 échangeurs en aluminium à plaques et à ailettes brasés, qui permettent
d'obtenir des dispositifs très compacts offrant une grande surface d'échange.

Ces échangeurs comprennent des plaques entre lesquelles sont
insérées des ondes d'échange thermique, formées d'une succession
d'ailettes ou jambes d'onde, constituant ainsi un empilage de passages de
20 vaporisation et de passages de condensation, les uns pouvant être destinés à
vaporiser du liquide frigorigène et les autres à condenser un gaz calorigène.
Les échanges de chaleur entre les fluides peuvent avoir lieu avec ou sans
changement de phase.

Afin d'assurer le bon fonctionnement d'un échangeur mettant en
25 œuvre un mélange liquide-gaz, la proportion de phase liquide et de phase
gazeuse doit être la même dans tous les passages et doit être uniforme au
sein d'un même passage.

Le dimensionnement de l'échangeur est calculé en supposant une
répartition uniforme des phases, et donc une seule température de fin de
30 vaporisation de la phase liquide, égale à la température de rosée du mélange.

Pour un mélange à plusieurs constituants, la température de fin de
vaporisation va dépendre de la proportion de phase liquide et de phase
gazeuse dans les passages.

Dans le cas d'une répartition inégale des deux phases, le profil de température du premier fluide va donc varier selon les passages, voire varier au sein d'un même passage. Du fait de cette répartition non uniforme, il peut alors arriver que le ou les fluides en relation d'échange avec le mélange à
5 deux phases aient une température en sortie de l'échangeur supérieure à celle prévue, ce qui dégrade en conséquence les performances de l'échangeur de chaleur.

Une solution pour répartir le plus uniformément possible les phases liquide et gazeuse du mélange consiste à les introduire séparément dans
10 l'échangeur, puis à les mélanger entre elles seulement à l'intérieur de l'échangeur.

Le document FR-A-2563620 décrit un tel échangeur dans lequel une barre rainurée est insérée dans la série de passages destinée à canaliser le mélange à deux phases. Ce dispositif mélangeur comporte des canaux
15 séparés pour une phase liquide et une phase gazeuse et une sortie pour distribuer le mélange liquide-gaz vers la zone d'échange thermique.

Un problème qui se pose avec ce type de dispositifs mélangeurs concerne la répartition du mélange liquide-gaz dans la largeur du passage incorporant le dispositif mélangeur. Afin de procéder au mélange des deux
20 phases, le dispositif mélangeur comprend généralement un premier canal pour l'écoulement d'une phase. Ce canal est muni d'une série d'orifices disposés le long du canal, chaque orifice étant en communication fluidique avec le deuxième canal pour l'écoulement de l'autre phase. Lorsque l'entrée du premier canal est alimentée en fluide, la vitesse d'écoulement du fluide va
25 avoir tendance à diminuer au fur et à mesure que le fluide s'écoule le long du canal. Ceci est dû au fait que le débit de fluide diminue lorsque les orifices sont alimentés.

Or, les orifices sont généralement usinés perpendiculairement à la direction longitudinale du fluide et sont donc moins bien alimentés lorsque la
30 vitesse du fluide est plus grande. Les orifices agencés du côté de l'entrée du canal ont donc tendance à être sous-alimentés, alors que les orifices les plus éloignés de l'entrée du canal sont suralimentés. Il s'ensuit une introduction inégale de la phase considérée dans le canal pour l'autre phase, et de là une

répartition inégale du mélange liquide-gaz dans la largeur du passage de l'échangeur.

Afin de minimiser ce phénomène, une solution est d'alimenter le canal considéré par deux entrées opposées du canal afin de minimiser la vitesse
5 longitudinale du fluide. Toutefois, cette solution est insuffisante quand on vise une distribution très homogène, notamment lorsque les procédés sont très sensibles à la maldistribution.

Augmenter le nombre de canaux est possible mais a ses limites également : du point de vue de la tenue mécanique et du brasage du
10 dispositif, on ne peut multiplier trop le nombre de canaux.

La présente invention a pour but de résoudre en tout ou partie les problèmes mentionnés ci-avant, notamment en proposant un échangeur de chaleur dans lequel la répartition des phases liquide et gazeuse d'un mélange est la plus uniforme possible, et ce sans complexifier de façon excessive la
15 structure de l'échangeur, ni en augmenter l'encombrement.

La solution selon l'invention est alors un échangeur de chaleur comprenant plusieurs plaques agencées parallèlement entre elles de façon à définir une première série de passages pour canaliser au moins un premier fluide et une deuxième série de passages pour canaliser au moins un
20 deuxième fluide à mettre en relation d'échange thermique avec au moins ledit premier fluide, un dispositif mélangeur étant agencé dans ledit au moins un passage de la première série et comprenant :

- au moins un premier canal pour l'écoulement d'une première phase du premier fluide suivant une direction longitudinale ,
- 25 - au moins un deuxième canal pour l'écoulement d'une deuxième phase du premier fluide,

- le premier canal comprenant plusieurs orifices reliant fluidiquement le premier canal au deuxième canal,

caractérisé en ce que le premier canal a une section transversale, mesurée perpendiculairement à la direction longitudinale, variable suivant
30 ladite direction longitudinale.

Selon le cas, l'échangeur de l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques techniques suivantes :

- le premier canal comprend au moins un changement de section transversale suivant la direction longitudinale.

- le premier canal comprend une première entrée pour une alimentation avec la première phase et au moins une première portion en aval de la première entrée, la section transversale du premier canal au niveau de la première portion étant supérieure à la section transversale du premier canal au niveau de la première entrée.

- la première portion comprend au moins un renforcement ménagé dans au moins une partie d'une paroi du premier canal.

- le dispositif mélangeur comprend plusieurs premiers canaux se succédant suivant une direction latérale orthogonale à la direction longitudinale, ledit au moins un renforcement débouchant dans le premier canal successif.

- le premier canal comprend une première entrée pour une alimentation avec la première phase et au moins une première portion agencée en aval de la première entrée, la section transversale du premier canal au niveau de la première portion étant inférieure à la section transversale du premier canal au niveau de la première entrée.

- le premier canal comprend plusieurs premières portions agencées le long de la direction longitudinale.

- lesdites plusieurs premières portions ont des sections transversales différentes.

- les sections transversales desdites plusieurs premières portions diminuent suivant la direction longitudinale.

- le premier canal comprend en outre une deuxième entrée pour une alimentation avec la première phase et au moins une deuxième portion agencée en aval de ladite deuxième entrée, la section transversale du premier canal au niveau de la deuxième portion étant inférieure à la section transversale du premier canal au niveau de la deuxième entrée.

- le premier canal comprend plusieurs deuxièmes portions agencées le long de la direction longitudinale.

- les sections transversales desdites deuxièmes portions diminuent en direction de la première entrée.

- au moins un orifice est agencé au niveau des premières et/ou deuxièmes portions.

- les première et/ou deuxième portions s'étendent suivant la direction longitudinale.

5 - le premier canal comprend une première entrée pour alimenter ledit premier canal avec ladite première phase du premier fluide, lesdits orifices étant agencés en aval de la première entrée et formant une série d'orifices comprenant un premier orifice agencé du côté de la première entrée du premier canal et un dernier orifice.

10 - au moins un orifice est agencé au niveau de chaque première première portion.

- le premier fluide est un fluide frigorigène.

- le deuxième fluide est un fluide calorigène.

15 Selon un autre aspect, l'invention concerne un procédé de distribution d'un mélange à deux phases liquide/gaz au sein d'un échangeur de chaleur selon l'invention, ainsi qu'un procédé d'échange de chaleur entre ledit mélange à deux phases liquide/gaz et au moins un autre fluide. Le mélange liquide-gaz peut être un fluide frigorigène ou calorigène.

20 En particulier, la présente invention peut s'appliquer à un échangeur de chaleur qui vaporise au moins un débit de mélange liquide-gaz, en particulier un débit de mélange à plusieurs constituants, par exemple un mélange d'hydrocarbures, par échange de chaleur avec au moins un autre fluide, par exemple du gaz naturel.

25 L'expression "gaz naturel" se rapporte à toute composition contenant des hydrocarbures dont au moins du méthane. Cela comprend une composition « brute » (préalablement à tout traitement ou lavage), ainsi que toute composition ayant été partiellement, substantiellement ou entièrement traitée pour la réduction et/ou élimination d'un ou plusieurs composés, y compris, mais sans s'y limiter, le soufre, le dioxyde de carbone, l'eau, le mercure et certains hydrocarbures lourds et aromatiques.

30 La présente invention va maintenant être mieux comprise grâce à la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en référence aux schémas ci-annexés, parmi lesquels :

- la Figure 1 est une vue schématique, dans un plan de coupe parallèle aux plaques d'un échangeur de chaleur, d'une partie d'un passage d'un échangeur alimenté en mélange à deux phases liquide-gaz conformément à un mode de réalisation de l'invention;

5 - la Figure 2 est une vue schématique en coupe, suivant un plan perpendiculaire à celui de la Figure 1, d'un mode de réalisation d'un dispositif mélangeur selon l'invention;

- la Figure 3 est une vue schématique tridimensionnelle illustrant un mode de réalisation d'un dispositif mélangeur selon l'invention ;

10 - les Figures 4 et 5 sont des vues schématiques tridimensionnelles illustrant des variantes de réalisation d'un dispositif mélangeur selon l'invention ;

- la Figure 6 est une vue en coupe partielle, suivant un plan de coupe parallèle à celui de la Figure 1, d'un autre mode de réalisation d'un
15 dispositif mélangeur selon l'invention ;

- la Figure 7 est une vue en coupe partielle, suivant un plan de coupe parallèle à celui de la Figure 1, d'un autre mode de réalisation d'un dispositif mélangeur selon l'invention.

La Figure 1 illustre un échangeur de chaleur 1 comprenant un
20 empilement de plaques 2 (non visibles) qui s'étendent suivant deux dimensions, parallèlement à un plan défini par les directions z et y. Les plaques 2 sont disposées parallèlement l'une au-dessus de l'autre avec espacement et forment ainsi une pluralité de passages pour des fluides en relation d'échange de chaleur indirect via lesdites plaques.

25 De préférence, chaque passage a une forme parallélépipédique et plate. L'écart entre deux plaques successives est petit devant la longueur et la largeur de chaque plaque successive.

L'échangeur 1 peut comprendre un nombre de plaques supérieur à
20, voire supérieur à 100, définissant entre elles une première série de
30 passages 10 pour canaliser au moins un premier fluide F1, et une deuxième série de passages 20 (non visible sur la Figure 1) pour canaliser au moins un deuxième fluide F2, l'écoulement desdits fluides ayant lieu globalement suivant la direction latérale y. Les passages 10 de la première série peuvent

être agencés, en tout ou partie, en alternance ou de façon adjacente avec tout ou partie des passages 20 de la deuxième série.

De façon connue en soi, l'échangeur 1 comprend des moyens de distribution et d'évacuation 40, 52, 45, 54, 55 configurés pour distribuer les
5 différents fluides sélectivement dans les passages 10, 20, ainsi que pour évacuer lesdits fluides desdits passages 10, 20.

L'étanchéité des passages 10, 20 le long des bords des plaques 2 est généralement assurée par des bandes d'étanchéité latérales et longitudinales 4 fixées sur les plaques 2. Les bandes d'étanchéité latérales 4 n'obturent pas
10 complètement les passages 10, 20 mais laissent avantageusement des ouvertures d'entrée et de sortie de fluide situées dans les coins diagonalement opposés des passages.

Les ouvertures des passages 10 de la première série sont disposées en coïncidence l'une au-dessus de l'autre, tandis que les ouvertures des
15 passages 20 de la deuxième série sont disposées dans les coins opposés. Les ouvertures placées l'une au-dessus de l'autre sont réunies respectivement dans des collecteurs de forme semi-tubulaire 40, 45, 50, 55, par lesquels s'effectuent la distribution et l'évacuation des fluides.

Dans la représentation de la Figure 1, les collecteurs semi-tubulaires
20 50, 45 servent à l'introduction des fluides dans l'échangeur 1 et les collecteurs semi-tubulaires 40, 55 servent à l'évacuation de ces fluides hors de l'échangeur 1.

Dans cette variante de réalisation, le collecteur d'alimentation d'un des fluides et le collecteur d'évacuation de l'autre fluide sont situés à une
25 même extrémité de l'échangeur, les fluides F1, F2 circulant ainsi à contre-courant dans l'échangeur 1.

Selon une autre variante de réalisation, les premier et deuxième fluides peuvent également circuler à co-courant, les moyens d'alimentation d'un des fluides et les moyens d'évacuation de l'autre fluide étant alors situés
30 à des extrémités opposées de l'échangeur 1.

De préférence, la direction y est orientée verticalement lorsque l'échangeur 1 est en fonctionnement. Le premier fluide F1 s'écoule globalement verticalement et dans le sens ascendant. D'autres directions et

sens d'écoulement des fluides F1, F2 sont bien entendu envisageables, sans sortir du cadre de la présente invention.

A noter que dans le cadre de l'invention, un ou plusieurs premiers fluides frigorigènes F1 et un ou plusieurs deuxième fluides F2 de natures
5 différentes peuvent s'écouler au sein des passages 10, 20 des première et deuxième séries d'un même échangeur.

Avantageusement, l'échangeur selon l'invention met en œuvre un premier fluide à deux phases F1 frigorigène et un deuxième fluide F2 calorigène.

10 Les moyens de distribution et d'évacuation de l'échangeur comprennent avantageusement des ondes de distribution 51, 54, agencées entre deux plaques 2 successives sous forme de tôles ondulées, qui s'étendent à partir des ouvertures d'entrée et de sortie. Les ondes de distribution 51, 54 assurent la répartition uniforme et la récupération des
15 fluides sur toute la largeur des passages 10, 20.

En outre, les passages 10, 20 comprennent avantageusement des structures d'échange thermique disposées entre les plaques 2. Ces structures ont pour fonction d'augmenter la surface d'échange thermique de l'échangeur. En effet, les structures d'échange thermique sont en contact
20 avec les fluides circulant dans les passages et transfèrent des flux thermiques par conduction jusqu'aux plaques 2 adjacentes, auxquelles elles peuvent être fixées par brasage, ce qui augmente la résistance mécanique de l'échangeur.

Les structures d'échange thermique ont aussi une fonction
25 d'entretoises entre les plaques 2, notamment lors de l'assemblage par brasage de l'échangeur et pour éviter toute déformation des plaques lors de la mise en œuvre des fluides sous pression. Elles assurent également le guidage des écoulements de fluide dans les passages de l'échangeur.

De préférence, ces structures comprennent des ondes d'échange
30 thermique 11 qui s'étendent avantageusement suivant la largeur et la longueur des passages 10, 20, parallèlement aux plaques 2, dans le prolongement des ondes de distribution selon la longueur des passages 10, 20. Les passages 10, 20 de l'échangeur présentent ainsi une partie principale

de leur longueur constituant la partie d'échange thermique proprement dite, qui est garnie d'une structure d'échange thermique, ladite partie principale étant bordée par des parties de distribution garnies des ondes de distribution 51, 54.

5 La Figure 1 illustre un passage 10 de la première série 1 configuré pour distribuer un premier fluide F1 se présentant sous la forme d'un mélange liquide-gaz à deux phases. Le premier fluide F1 est séparé dans un dispositif séparateur 6 en une première phase 61 et une deuxième phase 62 introduites séparément dans l'échangeur 1 par l'intermédiaire d'un collecteur
10 latéral 30 et du collecteur 50. Les deux phases 61, 62 sont ensuite mélangées l'une avec l'autre au moyen d'un dispositif mélangeur 3 agencé dans le passage 10 et représentée de façon schématique sur la Figure 1. Avantageusement, plusieurs passages 10, voire la totalité des passages 10 de la première série comporte un dispositif mélangeur 3.

15 La Figure 2 est une vue schématique en coupe, dans un plan perpendiculaire à celui de la Figure 1, d'un dispositif mélangeur se composant avantageusement d'une barre, ou baguette, logée dans un passage 10.

Dans la configuration illustrée, le dispositif mélangeur 3 comprend plusieurs premiers canaux 31a, 31b,... adaptés pour l'écoulement d'une
20 première phase 61 du fluide F1.

Le ou les premiers canaux 31 s'étendent selon la direction longitudinale z.

A noter que la direction d'étendue d'un canal ou d'une portion de canal s'entend d'une direction d'étendue globale, les parois du canal ou de la
25 portion de canal n'étant pas nécessairement rectilignes suivant la direction longitudinale z.

Avantageusement, plusieurs orifices 34 (un seul visible sur la Figure 2) se succèdent suivant la direction longitudinale z. A noter que les orifices 34 ne sont pas nécessairement disposés en alignement rectiligne le long de la
30 direction longitudinale z. Dans l'exemple illustré, la première phase 61 est liquide et la direction longitudinale z correspond à la direction d'écoulement de la première phase 61 dans les premiers canaux 31a, 31b... Ces orifices sont agencés de manière à relier fluidiquement le premier canal 31a à au

moins un deuxième canal 32 adapté pour l'écoulement de la deuxième phase 62, dans l'exemple illustré une deuxième phase gazeuse 62.

Les premiers canaux 31a, 31b... et les deuxièmes canaux 32a, 32b,... s'étendent parallèlement aux plaques 2. Les orifices 34 des différents premiers canaux 31a, 31b,... peuvent être disposés en quinconce, comme représentés sur les Figures 3 à 5, ce qui favorise une distribution plus homogène de la première phase 61 dans les deuxièmes canaux 32a, 32b,...

De préférence, le dispositif mélangeur 3 selon l'invention s'étend dans la section du passage 10 sur la quasi-totalité, voire la totalité, de la hauteur du passage 10, de sorte que le dispositif mélangeur est en contact avec chaque plaque 2a, 2b formant le passage 10.

Le dispositif mélangeur 3 est avantageusement fixé aux plaques 2 par brasage.

Le dispositif mélangeur 3 est avantageusement de forme générale parallélépipédique.

Le dispositif mélangeur 3 peut présenter, parallèlement à la direction longitudinale y , une première dimension comprise entre 20 et 200 mm et, parallèlement à la direction latérale z , une deuxième dimension comprise entre 100 et 1400 mm.

Selon l'invention, la section transversale du premier canal 31 varie suivant ladite direction longitudinale z .

A noter que dans le cadre de l'invention, la section transversale du premier canal 31 s'entend de la section du premier canal 31 mesurée, en unités de surface, perpendiculairement à la direction longitudinale z . Ainsi, en référence à la Figure 2, la section transversale du premier canal 31 est mesurée dans un plan défini par les directions x et y .

Le fait que le premier canal présente une section transversale dont la valeur varie selon la position considérée le long de la direction z permet de minimiser, voire d'éliminer, l'effet de vitesse variable le long de la direction z du premier canal décrit précédemment. Lorsque la première phase 61 s'écoule à une vitesse donnée, il est ainsi possible de la modifier ou de la réguler le long de la direction z , en ajustant la dimension de la section transversale, afin de contrôler l'alimentation des orifices 34 le long du premier canal 31. Il s'ensuit

une alimentation plus homogène des orifices et donc une distribution plus homogène du mélange liquide-gaz dans la largeur du passage 10. Cette solution présente les avantages d'être simple de mise en œuvre, de ne pas modifier l'encombrement de l'échangeur et de ne pas complexifier sa structure.

La variation de la section transversale du premier canal 31 peut être induite localement ou progressivement suivant la direction longitudinale z , le long de tout ou partie du premier canal 31.

De préférence, le premier canal 31 comprend au moins un changement de section transversale se produisant suivant la direction longitudinale z . Ce changement pourra être brutal ou progressif et pourra consister en une augmentation ou en une diminution de ladite section transversale.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le premier canal 31 comprend une première entrée 311 par laquelle la première phase 61 est introduite, lors du fonctionnement de l'échangeur, dans le premier canal 31. Au moins une première portion 310 du premier canal 31, située en aval de la première entrée 311, présente une section transversale supérieure à la section transversale du premier canal 31 au niveau de la première entrée 311.

L'agencement d'une portion de canal 310 à section de passage élargie sur le trajet de la première phase 61 dans le premier canal 31 permet de réduire sa vitesse d'écoulement et donc de favoriser sa distribution dans un orifice 34 agencé dans ou en aval de ladite portion 310.

Ainsi, la première portion 310 peut être conformée de manière à induire une diminution de la vitesse d'écoulement de la première phase 61. En d'autres termes, la première portion 310 peut être conformée de sorte que lorsque la première phase 61 s'écoule à une première vitesse $V1$ depuis la première entrée 311, ladite portion 310 induit une diminution de la vitesse d'écoulement telle que la phase 61 s'écoule à une deuxième vitesse $V2$, inférieure à $V1$, au niveau de ladite portion 310. Il est ainsi possible de compenser l'effet de vitesse plus grande à l'entrée du premier canal 31.

Avantageusement, le premier canal 31 comprend plusieurs orifices 34 formant une série avec un premier orifice agencé du côté de l'entrée 311 et un dernier orifice situé du côté de l'extrémité opposée à l'entrée 311. Une première portion 310 est agencée de préférence au moins au niveau du premier orifice.

A noter que les termes « amont » et « aval » sont utilisés en référence à la direction d'écoulement globale de la première phase 61 depuis l'entrée du premier canal 31 considérée.

De façon alternative ou complémentaire, le premier canal 31 peut comprendre au moins une première portion 310 présentant une section transversale inférieure à la section transversale du premier canal 31 au niveau de la première entrée 311.

Ainsi, la première portion 310 peut être conformée pour induire une augmentation de la vitesse d'écoulement et, par exemple, compenser les pertes de charges frictionnelles pouvant avoir lieu le long de la direction longitudinale z.

De préférence, la première portion 310 à section modifiée présente une section transversale constante ou quasi-constante le long de la direction z.

Ladite première portion 310 s'étend avantageusement suivant la direction longitudinale z.

Le dimensionnement, le nombre et la répartition de premières portions 310 agencées dans un même premier canal 31 ou dans plusieurs premiers canaux 31a, 31b,... est adapté en fonction des profils de vitesse de fluide souhaités le long d'un même canal et/ou entre plusieurs premiers canaux agencés dans le dispositif 3.

Avantageusement, au moins un orifice 34 du premier canal 31 est agencé au niveau ou en aval de la première portion 310.

Les Figures 3 à 5 illustrent des variantes de réalisation de dispositifs mélangeurs 3 selon l'invention dans lesquels la première portion 310 présente une section transversale supérieure à celle de la première entrée 311.

L'augmentation de la section transversale du premier canal 31 au niveau de la première portion 310 peut résulter d'une augmentation de la largeur dudit premier canal 31, mesurée selon la direction longitudinale y

et/ou résulter d'une augmentation de la profondeur du premier canal 31, mesurée selon une direction x orthogonale aux directions y et z.

Plus précisément, et comme illustré sur la Figure 4, le premier canal 31 comprend typiquement une première entrée 311 pour une alimentation avec la première phase 61. Les orifices 34 sont agencés en aval de l'entrée 311. Si le canal 31 a une première valeur de section transversale $S1$ donnée au niveau de la première entrée 311, ladite portion 310 a une deuxième section de passage de fluide $S2$ plus grande que $S1$.

De préférence, la première portion 310 s'étend, suivant la direction longitudinale z, au moins de part et d'autre d'un orifice 34. Il est ainsi possible de compenser une modification de vitesse d'écoulement induite par l'alimentation d'un orifice 34 pour alimenter l'orifice 34 suivant à une vitesse identique ou quasi-identique.

Avantageusement, le rapport $S2/S1$ est supérieur ou égal à 1,2, de préférence compris entre 1,2 et 2, de manière à pouvoir améliorer significativement la distribution de la première phase 61 dans le ou les orifices 34 considérés.

Comme on le voit sur les Figures 3 à 5, le dispositif mélangeur 3 forme globalement un parallélépipède délimité notamment par une première surface 3a destinée à être agencée en regard d'une plaque 2 de l'échangeur et une deuxième surface 3b agencée en regard d'une autre plaque 2. Les première et deuxième surfaces 3a, 3b s'étendent de préférence globalement parallèlement aux plaques 2. Le dispositif mélangeur 3 est de préférence agencé dans le passage 10 de sorte que les premières et deuxième surfaces 3a, 3b se trouvent en contact avec les plaques 2.

Les premiers canaux 31a, 31b se présentent avantageusement sous la forme d'évidements dont la longueur est grande devant la largeur, mesurée selon la direction latérale y ou la hauteur, mesurée selon une direction verticale x orthogonale aux directions y et z, desdits canaux.

Le dispositif 3 peut comprendre plusieurs canaux latéraux 32 se succédant au sein du dispositif 3 et/ou plusieurs premiers canaux 31. Les Figures 3 à 5 illustrent un dispositif 3 comportant une rangée de premiers

canaux 31 parallèles entre eux et une rangée de deuxième canaux 32 parallèlement entre eux.

Etant précisé que les canaux 31 et 32 peuvent être de forme et en nombre distincts ou identiques. Les distances entre les premiers canaux 31
5 successifs et les distances entre les deuxièmes canaux 32 successifs peuvent aussi varier.

A noter que le pas entre les orifices 34 se succédant dans un premier canal 31 peut être constant le long de la direction longitudinale z, ou bien varier de manière à compenser les phénomènes de vitesse inégale précédemment
10 décrits. Typiquement, le pas entre les orifices 34 est plus serré du côté de l'entrée 311 du premier canal 31.

Les premier et/ou deuxième canaux 31, 32 peuvent être formés d'évidements internes ménagés au sein du dispositif mélangeur 3. Ils peuvent aussi être débouchants au niveau des surfaces 3a et/ou 3b et former des
15 rainures principales 31, 32, comme illustré sur les Figures 3 à 5. Les premier et/ou deuxième canaux 31, 32 peuvent avoir des sections transverses de différente forme, rectangulaire, circulaire ou autre, de préférence des sections transverses rectangulaires.

Selon un mode de réalisation, la première portion 310 comprend un
20 renforcement ménagé dans au moins une partie d'une paroi du premier canal 31.

Avantageusement, au moins un orifice 34 est agencé dans ledit renforcement. L'agencement d'un orifice 34 au niveau du renforcement permet, grâce au changement de direction d'écoulement du fluide induit
25 localement par le renforcement, d'alimenter l'orifice 34 avec une vitesse d'écoulement réduite et donc de mieux l'alimenter, ce qui est particulièrement avantageux pour les orifices 34 situés du côté de l'entrée 311 du canal 31.

Plusieurs renforcements peuvent être agencés dans un même premier canal 31 et/ ou dans un ou plusieurs premiers canaux 31 successifs. Lesdits
30 renforcements peuvent avoir une section transverse de forme arrondie, rectangulaire ou toute autre forme adaptée. Le nombre d'orifices placés dans les renforcements, ainsi que la forme et la dimension des renforcements peut

être variable le long du premier canal 31. La réalisation de ces renforcements peut par exemple se faire par fraisage.

Selon une configuration particulière, au moins un renforcement 310 ménagé dans au moins une partie d'une paroi du premier canal 31a débouche
5 dans le premier canal 31b successif.

La Figure 3 représentant un exemple de dispositif mélangeur 3 sous forme de barre, des orifices 34 étant percés dans le fond de plusieurs premiers canaux 31. Le renforcement comprend une rainure secondaire 310 ménagée dans la paroi de fond du premier canal 31. Ladite rainure secondaire peut
10 s'étendre le long du canal, au niveau des orifices, sur tout ou partie de la longueur du canal.

En variante, le renforcement peut être ménagé dans l'une ou plusieurs des parois latérales de plusieurs premiers canaux 31.

La paroi de fond des premiers canaux 31 est de préférence
15 globalement rectiligne suivant la direction longitudinale z.

La Figure 4 illustre un autre exemple de dispositif mélangeur 3 dans lequel le renforcement est ménagé dans une paroi latérale de plusieurs premiers canaux 31, formant ainsi un réseau de niches 310. Tout ou partie des orifices 34 peut être agencé dans ces niches. Le virage suivi par l'écoulement du fluide à l'entrée des niches permet de réduire la vitesse en amont des orifices et facilite l'écoulement du débit vers ces orifices. De plus, l'alimentation d'un orifice 34 situé dans de telles niches se fait à un débit contrôlé qui est celui de la première phase 61 autour de l'orifice, tout en minimisant, voire en éliminant, les variations du débit de la première phase 61 circulant dans la
20 partie principale du premier canal 31.

Ces niches ont de préférence des dimensions comparables à la largeur du premier canal 31 et sont de hauteur non négligeable vis-à-vis de la hauteur du canal 31, lesdites hauteurs étant mesurées suivant la direction x.

Dans l'exemple illustré par la Figure 5, tout ou partie des orifices 34 est
30 agencé dans des niches d'un premier canal 31a, lesdites niches étant dimensionnées de telle sorte qu'elles communiquent avec un autre premier canal 31b immédiatement adjacent. On obtient ainsi un réseau d'orifices 34 alimentés à vitesse réduite et de façon plus homogène. Plusieurs

configurations de réseaux peuvent être envisagées en fonction de la distribution souhaitée.

Les Figures 6 et 7 illustrent des variantes de réalisation de dispositifs mélangeurs 3 selon l'invention dans lesquels la première portion 310 présente une section transversale inférieure à celle de la première entrée 311. En outre, les dispositifs mélangeurs 3 peuvent présenter l'une ou plusieurs des caractéristiques mentionnées précédemment.

La Figure 6 est une vue partielle d'un mode de réalisation dans lequel le premier canal 31 comprend plusieurs premières portions 310 présentant des sections transversales inférieures à celle de la première entrée 311.

Ainsi, les premières portions 310 sont conformées de manière à induire une diminution de la section de passage qui vient compenser la diminution de débit du fluide au fur et à mesure que les orifices successifs sont alimentés. On tend ainsi à une uniformisation de la vitesse d'écoulement du fluide le long du premier canal 31 et donc à une alimentation plus homogène des orifices.

Selon un mode de réalisation particulier, les sections de passages de fluide des premières portions 310 diminuent suivant la direction longitudinale z.

Comme on le voit sur la Figure 6, le premier canal 31 a une première section transversale S1 au niveau de l'entrée 311. La première phase 61 s'écoule ensuite au niveau d'une première portion 310 ayant une deuxième section transversale S2 inférieure à ladite première section S1. Le premier canal 31 peut en outre comporter une autre première portion 310 agencée en aval de la première portion et ayant une troisième section S3 inférieure à la deuxième section S2.

Avantageusement, le rapport de sections S2/S1 et/ou le rapport entre deux premières portions 310 successives est inférieur ou égal à 0,8, de préférence compris entre 0,5 et 0,8. Ceci permet d'améliorer significativement la distribution de la première phase 61 dans le ou les orifices 34 considérés.

Comme illustré sur la Figure 6, la diminution de la section transversale du premier canal 31 peut résulter d'une diminution de la largeur du premier canal 31, mesurée selon la direction longitudinale y. De façon alternative ou complémentaire, on peut aussi envisager une diminution de la

section transversale du premier canal 31 résultant d'une diminution de sa hauteur, mesurée selon la direction verticale x.

La Figure 7 illustre partiellement un autre mode de réalisation de l'invention particulièrement avantageux lorsque le premier canal 31 dispose de deux entrées pour l'alimentation en la première phase 61. Plus précisément, le premier canal 31 comprend une première entrée 311 et une deuxième entrée 312 pour l'injection de la première phase 61. La deuxième entrée est de préférence agencée à une deuxième extrémité du premier canal située à l'opposé d'une première extrémité comprenant la première entrée 311.

Le premier canal 31 comprend au moins une deuxième portion 313 agencée en aval de ladite deuxième entrée 312, la section transversale du premier canal 31 au niveau de la deuxième portion 313 étant inférieure à la section transversale du premier canal 31 au niveau de la deuxième entrée 312.

On adapte ainsi encore mieux la vitesse d'écoulement de la première phase 61 au fur et à mesure de son écoulement de manière à compenser progressivement la variation de débit d'écoulement lors du passage de la première phase 61 au dessus des orifices 34 se succédant le long du premier canal 31.

De préférence, le premier canal 31 comprend plusieurs deuxièmes portions 313 agencées le long de la direction longitudinale z. Les sections transversales desdites deuxièmes portions 313 diminuent en direction de la première entrée 311.

Avantageusement, le rapport entre les sections du premier canal 31 au niveau de la deuxième portion 313 et de la deuxième entrée 312 et/ou le rapport entre deux deuxièmes portions 313 successives est inférieur à 0,8, de préférence compris entre 0,5 et 0,8.

La Figure 7 illustre le cas où les premières et deuxièmes portions 310, 313 sont disposées de façon symétrique par rapport au centre du premier canal 31. Lesdites portions pourraient toutefois être disposées en nombre différent et présenter des sections transversales différentes de part et d'autre du centre du premier canal 31.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples particuliers décrits et illustrés dans la présente demande. D'autres variantes ou modes de réalisation à la portée de l'homme du métier peuvent aussi être envisagés sans sortir du cadre de l'invention.

- 5 Par exemple, l'échangeur selon l'invention est principalement décrit dans le cas où les passages 10, 20 s'étendent suivant la direction longitudinale y, le premier canal longitudinal 31 s'étendant suivant la direction longitudinale z et le canal latéral 32 s'étendant suivant une direction latérale y orthogonale à la direction longitudinale z. L'inverse est aussi envisageable,
- 10 c'est-à-dire un premier canal longitudinal 31 s'étendant suivant la direction latérale y et un canal latéral 32 s'étendant suivant la direction longitudinale z. Les directions latérale y et longitudinale z peuvent aussi ne pas être orthogonales entre elles.

REVENDICATIONS

1. Echangeur de chaleur (1) comprenant plusieurs plaques (2) agencées parallèlement entre elles de façon à définir une première série de passages (10) pour canaliser au moins un premier fluide (F1) et une deuxième série de passages (20) pour canaliser au moins un deuxième fluide (F2) à mettre en relation d'échange thermique avec au moins ledit premier fluide (F1), un dispositif mélangeur (3) étant agencé dans ledit au moins un passage (10) de la première série et comprenant :
 - au moins un premier canal (31) pour l'écoulement d'une première phase (61) du premier fluide (F1), ledit premier canal (31) s'étendant suivant une direction longitudinale (z),
 - au moins un deuxième canal (32) pour l'écoulement d'une deuxième phase (62) du premier fluide (F1),
 - le premier canal (31) comprenant plusieurs orifices (34) reliant fuidiquement le premier canal (31) au deuxième canal (32),
 caractérisé en ce que le premier canal (31) a une section transversale, mesurée perpendiculairement à la direction longitudinale (z), variable suivant ladite direction longitudinale (z).
2. Echangeur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier canal (31) comprend au moins un changement de section transversale suivant la direction longitudinale (z).
3. Echangeur selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le premier canal (31) comprend une première entrée (311) pour une alimentation avec la première phase (61) et au moins une première portion (310) en aval de la première entrée (311), la section transversale du premier canal (31) au niveau de la première portion (310) étant supérieure à la section transversale du premier canal (31) au niveau de la première entrée (311).

4. Echangeur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la première portion (310) comprend au moins un renforcement ménagé dans au moins une partie d'une paroi du premier canal (31).

5

5. Echangeur selon la revendication 4, caractérisé en ce que le dispositif mélangeur (3) comprend plusieurs premiers canaux (31a, 31b,...) se succédant suivant une direction latérale (y) orthogonale à la direction longitudinale (z), ledit au moins un renforcement débouchant dans le premier canal (31b) successif.

10

6. Echangeur selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le premier canal (31) comprend une première entrée (311) pour une alimentation avec la première phase (61) et au moins une première portion (310) agencée en aval de la première entrée (311), la section transversale du premier canal (31) au niveau de la première portion (310) étant inférieure à la section transversale du premier canal (31) au niveau de la première entrée (311).

15

7. Echangeur selon l'une des revendications 3 à 6, caractérisé en ce que le premier canal (31) comprend plusieurs premières portions (310) agencées le long de la direction longitudinale (z).

20

8. Echangeur selon la revendication 7, caractérisé en ce que lesdites plusieurs premières portions (310) ont des sections transversales différentes.

25

9. Echangeur selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que les sections transversales desdites plusieurs premières portions (310) diminuent suivant la direction longitudinale (z).

30

10. Echangeur selon l'une des revendications 3 à 9, caractérisé en ce que le premier canal (31) comprend en outre une deuxième entrée (312) pour une alimentation avec la première phase (61) et au moins une deuxième portion (313) agencée en aval de ladite deuxième entrée (312), la

35

section transversale du premier canal (31) au niveau de la deuxième portion (313) étant inférieure à la section transversale du premier canal (31) au niveau de la deuxième entrée (312).

5 11. Echangeur selon la revendication 10, caractérisé en ce que le premier canal (31) comprend plusieurs deuxièmes portions (313) agencées le long de la direction longitudinale (z).

10 12. Echangeur selon la revendication 11, caractérisé en ce que les sections transversales desdites deuxièmes portions (313) diminuent en direction de la première entrée (311).

15 13. Echangeur selon l'une des revendications 3 à 12, caractérisé en ce qu'au moins un orifice (34) est agencé au niveau des premières et/ou deuxièmes portions (310, 313).

14. Echangeur selon l'une des revendications 3 à 13, caractérisé en ce que les première et/ou deuxième portions (310, 313) s'étendent suivant la direction longitudinale (z).

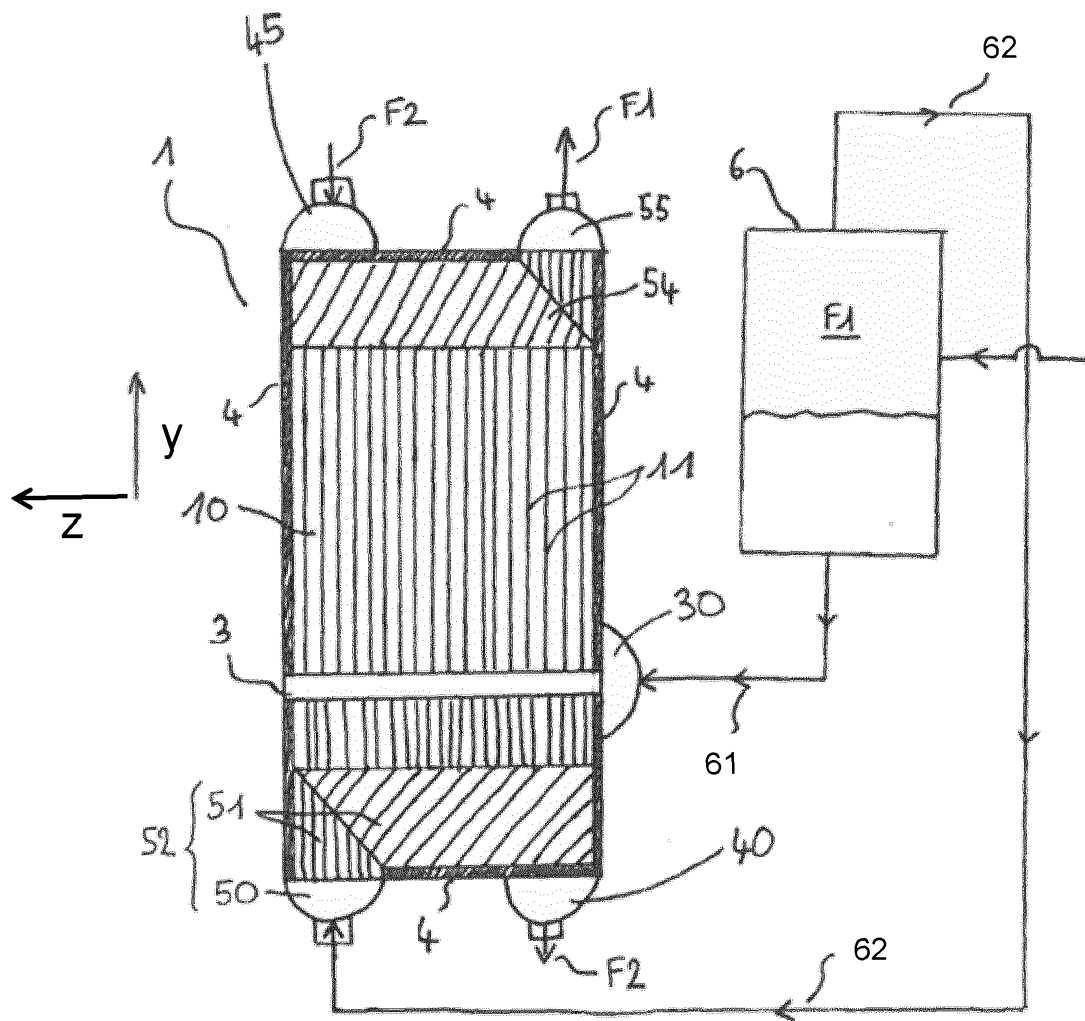


Figure 1

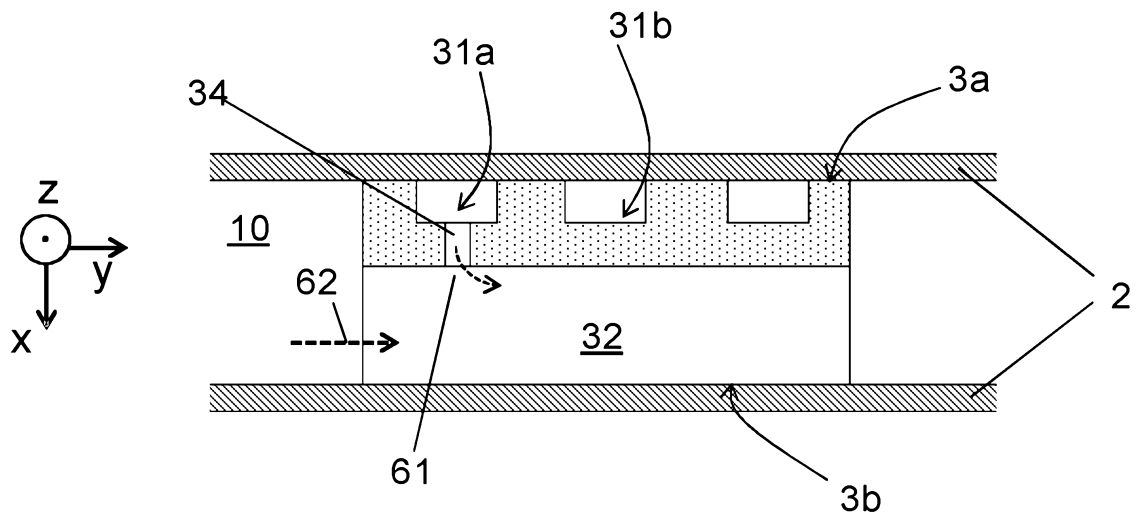


Figure 2

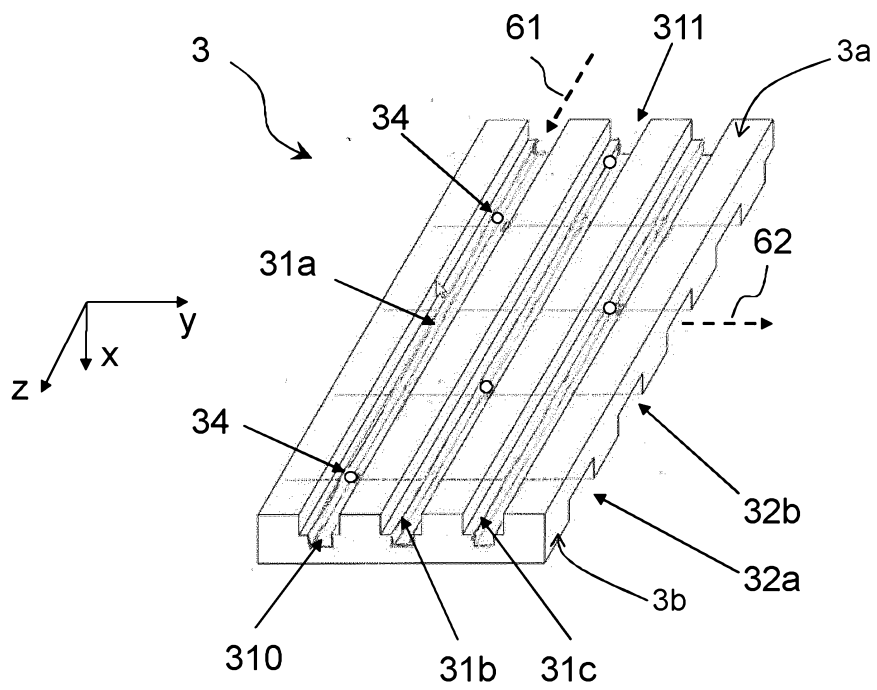
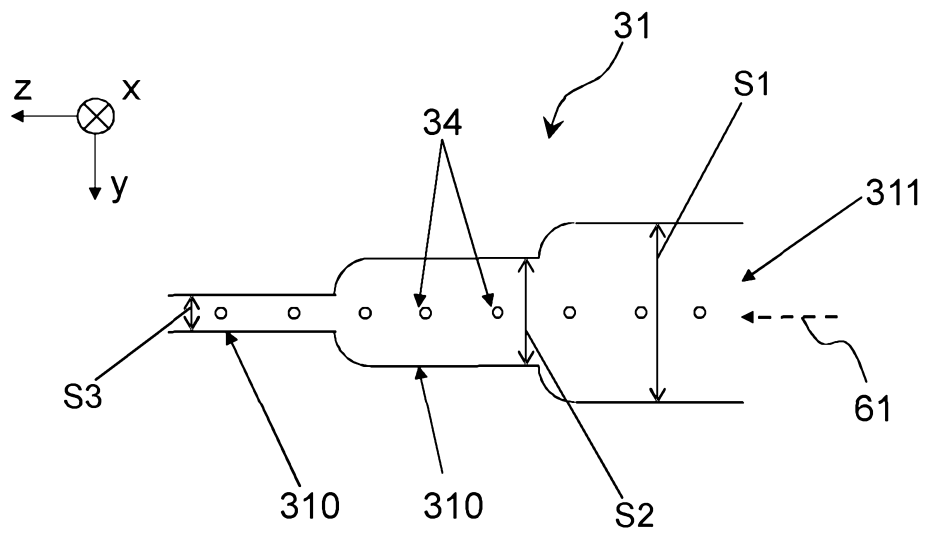
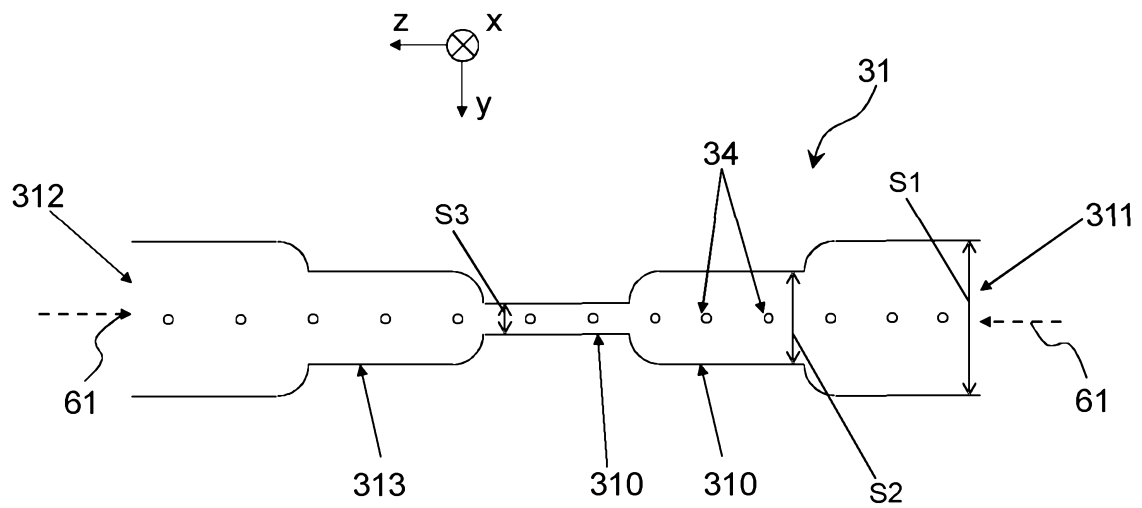


Figure 3

**Figure 6****Figure 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

NEANT

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

CN 103 983 138 A (HANGZHOU HANGYANG CO LTD) 13 août 2014 (2014-08-13)

FR 2 563 620 A1 (LINDE AG [DE]) 31 octobre 1985 (1985-10-31)

JP S58 86396 A (KOBELCO STEEL LTD) 23 mai 1983 (1983-05-23)

US 3 380 517 A (BUTT ALAN G) 30 avril 1968 (1968-04-30)

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

NEANT