

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 23.12.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 30.06.23 Bulletin 23/26.

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) : Centre national de la recherche scien-
tifique (EPST) — FR, INSTITUT POLYTECHNIQUE DE
BORDEAUX (EPSCP) — FR, UNIVERSITÉ DE BOR-
DEAUX (EPSCP) — FR et IFP ENERGIES NOU-
VELLES (EPIC) — FR.

72 Inventeur(s) : MARRE Samuel, NGUYEN Olivier,
AYMONIER Cyril, EL MASRI Farah, BONNIN Charles,
BERGEOT Ghislain et BRUNET-ERRARD Lena.

73 Titulaire(s) : Centre national de la recherche scien-
tifique (EPST), INSTITUT POLYTECHNIQUE DE BOR-
DEAUX (EPSCP), UNIVERSITÉ DE BORDEAUX
(EPSCP), IFP ENERGIES NOUVELLES (EPIC).

74 Mandataire(s) : Lavoix.

54 Dispositif de séparation d'un mélange de fluides par distillation microfluidique.

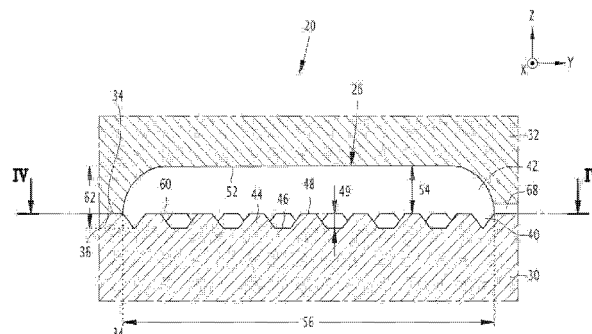
57 Dispositif de séparation d'un mélange de fluides par
distillation microfluidique

L'invention concerne un dispositif (20) de séparation
d'un mélange de fluides par capillarité, du type comportant :
un conduit (26) de séparation ; une première (64) et une se-
conde (66) sorties de fluide, ménagées aux extrémités du
conduit ; et une entrée (68) de fluide ;

le conduit comportant : un premier canal (40) apte à gui-
der un flux de liquide par capillarité ; un deuxième canal (42)
apte à guider un flux de gaz, les premier et deuxième ca-
naux étant délimités par une interface (60) permettant des
échanges de matière entre lesdits flux.

Le premier canal comprend une surface de fond (46) et
une pluralité de plots (44) en saillie ; et chaque plot com-
prend une extrémité (48), les extrémités des plots formant
une surface continue avec l'interface (60).

Figure pour l'abrégé : Figure 3



Description

Titre de l'invention : Dispositif de séparation d'un mélange de fluides par distillation microfluidique

- [0001] La présente invention concerne un dispositif de séparation d'un mélange de fluides par distillation microfluidique, du type comportant : un conduit de séparation fluidique, s'étendant entre une première et une seconde extrémités ; une première et une seconde sorties de fluide, ménagées respectivement à la première et à la seconde extrémités du conduit de séparation ; une entrée de fluide ménagée respectivement à une première distance de la première sortie et à une seconde distance de la seconde sortie, chacune des première et seconde distances étant non nulle ; le conduit de séparation comportant : un premier canal comprenant une pluralité de reliefs formant un réseau apte à guider un premier flux de liquide par capillarité, de l'une vers l'autre des première et seconde extrémités ; un deuxième canal apte à guider un deuxième flux de gaz de l'une vers l'autre des première et seconde extrémités, les premier et deuxième canaux étant délimités par une interface s'étendant selon une direction de guidage desdits flux et permettant des échanges de matière entre lesdits flux ; une dimension de l'interface perpendiculairement à la direction de guidage des flux étant inférieure ou égale à 10 mm.
- [0002] Le terme « distillation microfluidique » se réfère aux dispositifs de distillation réalisés à une échelle à laquelle la gravité devient moins importante que les forces de capillarité s'exerçant sur les fluides.
- [0003] Il est courant de séparer des mélanges liquides par distillation. Cependant, la distillation requiert des volumes importants qui ne sont pas compatibles avec tous les besoins. C'est le cas, entre autres, des applications microfluidiques.
- [0004] Le document US2008/0275653 se rapporte à un dispositif de microdistillation flash, dans lequel le milieu à analyser est partiellement évaporé, puis séparé à l'aide d'un système capillaire qui retient la phase liquide. Les flux liquide et gazeux circulent à co-courant. Un tel dispositif peut conduire à des performances insuffisantes en termes de séparation.
- [0005] Les travaux de K.F. Lam *et. al.*, « *On-chip microscale distillation for acetone-water separation* », 14th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Science, 7 octobre 2010, Groningen, NL, montrent un dispositif de distillation microfluidique comprenant deux zones parallèles, l'une des deux zones comportant un maillage de micropiliers aptes à retenir la phase liquide par capillarité. Un tel aménagement permet un écoulement des flux liquide et gazeux à contre-courant, favorable à la séparation des composés, mais présente une faible interface d'échange entre les

flux.

- [0006] La présente invention a pour but d'améliorer les dispositifs existants en favorisant l'échange de matière entre les flux liquide et gaz, pour une meilleure séparation des composés du milieu traité.
- [0007] A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de séparation du type précité, dans lequel : le premier canal comprend une surface de fond ; la pluralité de reliefs comprend une pluralité de plots en saillie par rapport à la surface de fond ; et chaque plot comprend une extrémité libre opposée à la surface de fond, les extrémités libres de la pluralité de plots formant une surface sensiblement continue avec l'interface entre les premier et deuxième canaux.
- [0008] Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, le dispositif de séparation comporte l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :
 - [0009] - l'interface entre les premier et deuxième canaux est sensiblement plane ;
 - [0010] - chacun de la pluralité de plots présente une forme sensiblement tronconique ;
 - [0011] - une dimension du conduit de séparation, perpendiculairement à l'interface entre les premier et deuxième canaux, est inférieure à 75%, préférentiellement inférieure à 50%, plus préférentiellement inférieure à 15%, de la dimension de l'interface perpendiculairement à la direction de guidage des flux ;
 - [0012] - le deuxième canal comprend une paroi sensiblement lisse en vis-à-vis de la paroi de fond du premier canal ;
 - [0013] - la première distance entre l'entrée de fluide et la première sortie représente entre 1/3 et 2/3 d'une distance entre les première et deuxième sorties ;
 - [0014] - le conduit de séparation s'étend de manière sensiblement rectiligne entre les première et seconde sorties ;
 - [0015] - le dispositif de séparation est configuré de sorte que l'interface entre les premier et deuxième canaux soit disposée sensiblement horizontalement ;
 - [0016] - le dispositif de séparation comprend en outre un organe de chauffage à proximité de la première sortie et un organe de refroidissement à proximité de la seconde sortie, de sorte à créer un gradient de température entre les première et seconde sorties.
- [0017] L'invention se rapporte en outre à une installation de séparation d'un mélange de fluides par distillation microfluidique, comportant : un dispositif de distillation microfluidique tel que décrit ci-dessus ; une canule d'entrée de fluide, reliée à l'entrée dudit dispositif ; et une première et une seconde canules de sortie de fluide, reliées respectivement à la première et à la seconde sorties dudit dispositif.
- [0018] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en se référant aux dessins sur lesquels :

- [0019] [Fig.1] la [Fig.1] est une représentation schématique d'une installation de séparation de fluides selon un mode de réalisation de l'invention ;
- [0020] [Fig.2] la [Fig.2] est une vue latérale, en coupe partielle, d'un dispositif de séparation faisant partie de l'installation de la [Fig.1] ;
- [0021] [Fig.3] la [Fig.3] est une vue de détail, en section, du dispositif de la [Fig.2] ; et
- [0022] [Fig.4] la [Fig.4] est une vue de détail, en coupe, du dispositif de la [Fig.2].
- [0023] La [Fig.1] est une représentation schématique d'une installation 10 de séparation de fluides selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0024] Plus précisément, l'installation 10 est une installation de distillation microfluidique, pour la séparation d'un mélange de fluides au moyen d'un gradient de température et de phénomènes de capillarité.
- [0025] L'installation 10 comporte : un dispositif 12 de distillation microfluidique selon un mode de réalisation de l'invention ; une canule 14 d'entrée de fluide ; et une première 16 et une seconde 18 canules de sortie de fluide.
- [0026] Le dispositif 12 de distillation microfluidique, représenté plus en détail sur la [Fig.2], comporte : une colonne 20 de distillation microfluidique selon un mode de réalisation de l'invention ; un support 22 ; et un module thermique 24.
- [0027] Les figures 3 et 4 montrent des vues de détail, en coupe, de la colonne 20 de distillation microfluidique.
- [0028] Dans la description qui suit, on considère une base orthonormée (X, Y, Z) associée à la colonne 20, au dispositif 12 et à l'installation 10, la direction Z représentant la verticale. La [Fig.1] tient compte uniquement de la direction X mais pas des directions Y et Z.
- [0029] La colonne 20 comporte un conduit 26 de séparation fluidique. Le conduit 26 s'étend entre une première 27 et une seconde 28 extrémités, visibles sur la [Fig.2].
- [0030] Dans le mode de réalisation représenté, le conduit 26 est sensiblement rectiligne et s'étend selon la direction X. Une longueur du conduit 26 entre les première et seconde extrémités est de l'ordre de quelques centimètres, par exemple entre 5 et 10 centimètres. En variante non représentée, le conduit de séparation fluidique présente une forme non rectiligne avec par exemple une ou des portions recourbées. Le conduit a par exemple une forme en S ou en serpentín afin d'augmenter sa longueur totale.
- [0031] Dans le mode de réalisation représenté, la colonne 20 comporte un bloc inférieur 30 et un bloc supérieur 32 assemblés l'un à l'autre. Chacun desdits blocs s'étend sensiblement selon la direction X. Les blocs inférieur 30 et supérieur 32 sont en contact l'un avec l'autre au niveau d'une surface de jonction 34, 36 s'étendant dans un plan (X, Y). Le bloc supérieur 32 est placé sur le bloc inférieur 30 selon la verticale Z.
- [0032] Dans le mode de réalisation représenté, le conduit 26 est formé par l'assemblage d'un canal inférieur 40, ménagé dans le bloc inférieur 30, et d'un canal supérieur 42,

ménagé dans le bloc supérieur 32.

- [0033] Le canal inférieur 40 comprend une pluralité de reliefs 44 formant un réseau apte à guider un flux de liquide par capillarité.
- [0034] Plus précisément, le canal inférieur 40 comprend une surface de fond 46 et une pluralité de plots 44, en saillie par rapport à ladite surface de fond et formant ladite pluralité de reliefs.
- [0035] La surface de fond 46 s'étend selon un plan (X, Y) parallèle à la surface de jonction 34 du bloc inférieur 30. Chaque plot comprend une extrémité libre 48 opposée à la surface de fond 46. De préférence, les plots 44 ont des hauteurs 49 sensiblement égales entre elles, la hauteur d'un plot 44 étant mesurée entre la surface de fond 46 et l'extrémité libre 48. Dans le mode de réalisation représenté, les extrémités libres 48 de la pluralité de plots 44 sont planes et sensiblement coplanaires à la surface de jonction 34 du bloc inférieur 30.
- [0036] La forme des plots 44 et la distance entre lesdits plots est destinée à permettre un écoulement de liquide par capillarité entre lesdits plots, et plus précisément à la formation de ménisques à faible rayon de courbure, comme détaillé ci-après.
- [0037] Dans le mode de réalisation représenté, chaque plot 44 présente une forme sensiblement tronconique, chaque extrémité libre 48 ayant notamment un contour circulaire. En variante non représentée, chaque plot a par exemple une forme cylindrique de base circulaire ou polygonale, ou encore une forme de cône, tronqué ou non, de base polygonale telle qu'une forme de pyramide tronquée.
- [0038] Dans le mode de réalisation représenté, comme visible sur la [Fig.4], les plots 44 sont alignés selon un maillage carré disposé à 45° par rapport aux axes X et Y. Chaque plot 44 éloigné d'un bord du canal inférieur 40 est en contact avec quatre plots adjacents dudit maillage. En variantes non représentées, le maillage carré est disposé selon les axes X et Y, ou encore le maillage présente un motif de losange non carré.
- [0039] Une distance 50 de centre à centre entre deux plots 44 alignés selon X ou selon Y est inférieure à 500 μm pour permettre l'écoulement de liquide par capillarité entre lesdits plots. De préférence, la distance 50 est comprise entre 50 μm et 500 μm . Dans le mode de réalisation représenté, la distance 50 est de l'ordre de 150 μm .
- [0040] Dans le mode de réalisation représenté, le bloc inférieur 30 est formé de silicium cristallin et le canal inférieur 40 est formé par gravure chimique dans ledit bloc inférieur. La forme des plots 44 est conditionnée par la structure de type diamant du cristal de silicium. En variante, le canal inférieur est par exemple formé par gravure plasma dans un substrat adapté.
- [0041] Le canal supérieur 42 comprend une surface supérieure 52 s'étendant sensiblement selon un plan (X, Y) parallèle à la surface de jonction 36 du bloc supérieur 32. Dans le mode de réalisation représenté, le canal supérieur 42 présente des parois lisses et sans

aspérités, avec une profondeur 54 entre la surface supérieure 52 et la surface de jonction 36.

- [0042] Dans le mode de réalisation représenté, afin de laisser visible l'intérieur du conduit 26 de séparation, le bloc supérieur 32 est formé d'un matériau transparent tel que du Pyrex. Le canal supérieur 42 est formé par gravure dans ledit bloc supérieur.
- [0043] Le canal inférieur 40 et le canal supérieur 42 présentent une même largeur 56 selon Y, ladite largeur étant constante selon X. Les canaux inférieur et supérieur sont ainsi assemblables pour former le conduit 26, comme visible sur la [Fig.3]. Dans ledit conduit 26, les canaux inférieur 40 et supérieur 42 sont délimités par une interface 60, coplanaire des extrémités libres 48 des plots 44 du canal inférieur.
- [0044] Le conduit 26 de séparation présente ainsi une hauteur 62 totale selon Z, égale à la somme de la profondeur 54 du canal supérieur et de la hauteur 49 des plots du canal inférieur.
- [0045] De préférence, la hauteur 62 totale du conduit 26 est inférieure à 75%, plus préférentiellement inférieure à 50%, encore plus préférentiellement inférieure à 15%, de la largeur 56 dudit conduit. Ladite largeur 56 est notamment inférieure ou égale à 1 cm, plus préférentiellement inférieure ou égale à 5 mm. Ladite largeur 56 est par exemple de l'ordre de 1 mm.
- [0046] La colonne 20 comporte en outre : une première 64 et une seconde 66 sorties ; et une entrée 68 de fluide. Lesdites sorties et ladite entrée ouvrent sur le conduit 26 de séparation.
- [0047] Les première 64 et seconde 66 sorties de fluide, visibles sur la [Fig.2], sont ménagées respectivement à la première 27 et à la seconde extrémités 28 du conduit 26 de séparation.
- [0048] L'entrée 68 de fluide, visible sur la [Fig.3], est ménagée respectivement à une première distance 70 de la première sortie 64 et à une seconde distance 72 de la seconde sortie 66.
- [0049] Chacune des première 70 et seconde 72 distances est non nulle. De préférence, un ratio entre les première et seconde distances est compris entre 0,5 et 2 et est préférentiellement proche de 1.
- [0050] Dans le mode de réalisation représenté, comme visible sur la [Fig.3], l'entrée 68 est matérialisée par une rainure formée dans le bloc supérieur 32 et débouchant dans le canal supérieur 42. D'autres configurations sont possibles en variantes non représentées, telle qu'une rainure formée dans le bloc inférieur 30 et débouchant dans le canal inférieur.
- [0051] Dans l'installation 10 de la [Fig.1], la canule d'entrée 14 est reliée à l'entrée 68 de la colonne 20 ; et les première 16 et seconde 18 canules de sortie sont reliées respectivement à la première 64 et à la seconde 66 sorties de la colonne 20.

- [0052] Le support 22 et le module thermique 24 du dispositif 12 de distillation micro-fluidique vont maintenant être décrits.
- [0053] Le support 22 comporte une première 80 et une seconde 82 mâchoires de serrage et un socle 84.
- [0054] Les première 80 et seconde 82 mâchoires de serrage sont disposées de part et d'autre de la colonne 20, respectivement au niveau de la première 27 et de la seconde 28 extrémités du conduit 26. Les première 80 et seconde 82 mâchoires de serrage permettent d'assembler les canules 14, 16, 18 à l'entrée 68 et aux sorties 64, 68 de la colonne 20.
- [0055] Le socle 84 est formé d'un matériau isolant thermique. Ledit socle est disposé sous les mâchoires 80, 82 de serrage. Le socle est fixé auxdites mâchoires 80, 82 ou, alternativement, les mâchoires 80, 82 sont posées sans fixation sur ledit socle 84.
- [0056] Le socle 84 comporte une première 86 et une seconde 88 gorges s'étendant selon Y, disposées sous la colonne 20, respectivement en vis-à-vis de la première 27 et de la seconde 28 extrémités du conduit 26.
- [0057] Le module thermique 24 comporte un diffuseur thermique 90, une source chaude 92 et une source froide 94.
- [0058] Le diffuseur thermique 90 comporte une plaque 95 formée d'un matériau thermiquement conducteur, tel que l'aluminium. Ladite plaque 95 est disposée sous la colonne 20, en contact avec le bloc inférieur 30. La plaque 95 s'étend selon X entre une première et une seconde extrémités, respectivement en vis-à-vis de la première 27 et de la seconde 28 extrémités du conduit 26.
- [0059] De manière optionnelle, la plaque 95 comporte des orifices 96 distribués selon X et permettant d'accueillir un thermocouple.
- [0060] La source chaude 92 est disposée dans la première gorge 86 et est apte à fournir de la chaleur à la colonne 20. La source chaude est par exemple une résistance électrique chauffante.
- [0061] La source froide 94 est disposée dans la seconde gorge 88 et est apte à refroidir la colonne 20. La source froide est par exemple un circuit d'eau froide passant par la seconde gorge 88.
- [0062] Le diffuseur thermique 90 comporte en outre : un premier barreau 97 thermiquement conducteur, s'étendant selon Y et disposé entre la source chaude 92 et la première extrémité de la plaque 95 ; et un second barreau 98 thermiquement conducteur, s'étendant selon Y et disposé entre la source froide 94 et la seconde extrémité de la plaque 95.
- [0063] Un procédé de fonctionnement de l'installation 10 va maintenant être décrit dans le cas d'un mélange de liquides.
- [0064] La source chaude 92 et la source froide 94 du module thermique 24 du dispositif 12 de distillation microfluidique sont mises en fonctionnement, de manière à créer un

gradient thermique entre la première et la seconde extrémités de la plaque 95.

- [0065] La colonne 20 étant au contact de ladite plaque 95, il se forme donc dans le conduit 26 de séparation : une zone chaude 100 ([Fig.1]) ou zone d'évaporation, proche de la première extrémité 27 ; et une zone froide 102, ou zone de condensation, proche de la seconde extrémité 28.
- [0066] Un mélange liquide de composés à séparer est alors injecté au niveau de l'entrée 68 de la colonne 20.
- [0067] En raison du phénomène de capillarité entre les plots 44, le liquide se répartit préférentiellement le long du canal inférieur 40.
- [0068] Arrivé au contact de la zone chaude 100, le mélange liquide est partiellement vaporisé. Le gaz ainsi formé crée un flux 104 dans le canal supérieur 42, en direction de la zone froide 102. Au contact de ladite zone froide, le gaz est partiellement condensé et alimente à nouveau un flux 106 de liquide dans le canal inférieur 40 en direction de la zone chaude 100.
- [0069] Le flux 106 de liquide et le flux 104 de gaz circulent donc à contre-courant à l'intérieur du conduit 26, respectivement dans le canal inférieur 40 et dans le canal supérieur 42.
- [0070] La taille et l'espacement réduits entre les plots 44 permet à la phase liquide de former, entre lesdits plots, une pluralité de ménisques de faible rayon de courbure. Une différence de pression de l'ordre de quelques mbars est ainsi créée entre la phase liquide et la phase gazeuse. Cette différence de pression permet de maintenir stable l'interface gaz/liquide et favorise le fonctionnement à contre-courant.
- [0071] La surface d'échange liquide/gaz s'étend sensiblement sur l'interface 60 entre les canaux inférieur 40 et supérieur 42. La largeur 56 importante de l'interface 60, comparativement à la hauteur 62 totale du conduit 26, favorise également les échanges de matière entre les phases liquide et gazeuse.
- [0072] Un distillat 108 ([Fig.1]) est récupéré au niveau de la seconde sortie 66, par la seconde canule de sortie 18. Un résidu 110 de distillation est récupéré au niveau de la première sortie 64, par la première canule de sortie 16.
- [0073] Avec un débit d'alimentation faible au niveau de l'entrée 68, ledit débit étant de l'ordre de 30 à 300 $\mu\text{L}/\text{heure}$, la colonne 20 et l'installation 10 permettent d'obtenir des séparations correspondant à une hauteur de plateau théorique d'environ 3 cm.
- [0074] La largeur importante 56 du conduit 26, comparativement à sa hauteur 62, permet à l'interface 60 de présenter une aire élevée par rapport à la hauteur 49 du canal inférieur 40. Une aire interfaciale importante comparativement à la profondeur du canal améliore la performance de la colonne en diminuant la hauteur de plateau théorique.
- [0075] En outre, la largeur importante 56 permet de limiter les pertes de charge liées au déplacement de la phase liquide entre les plots 44. Il est donc possible de travailler à des

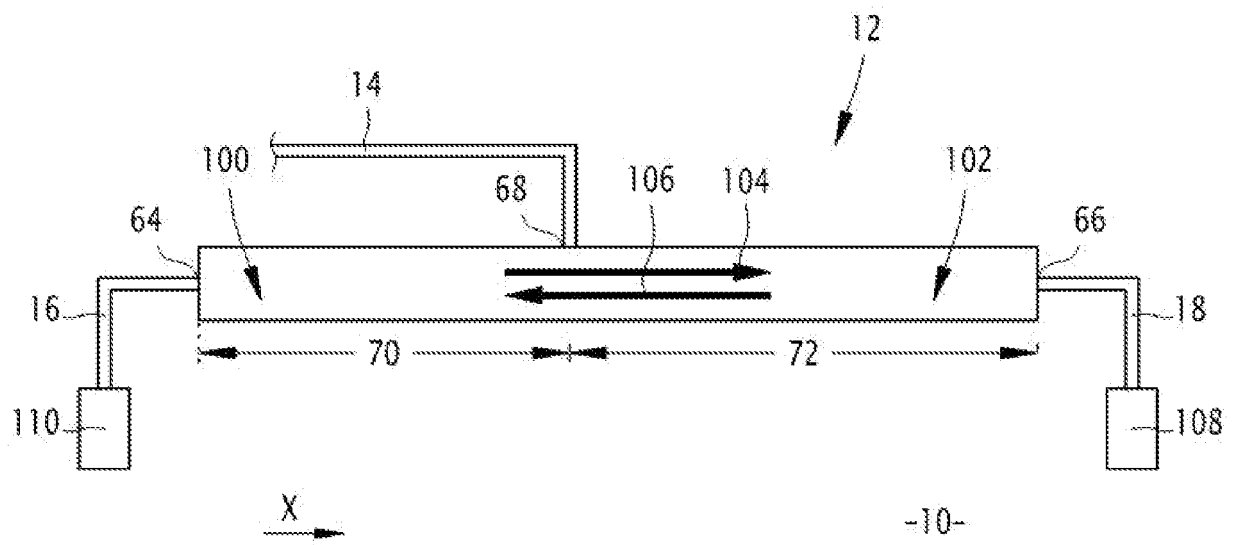
débits supérieurs à ceux de l'état de la technique, tout en demeurant dans une plage de stabilité du système.

Revendications

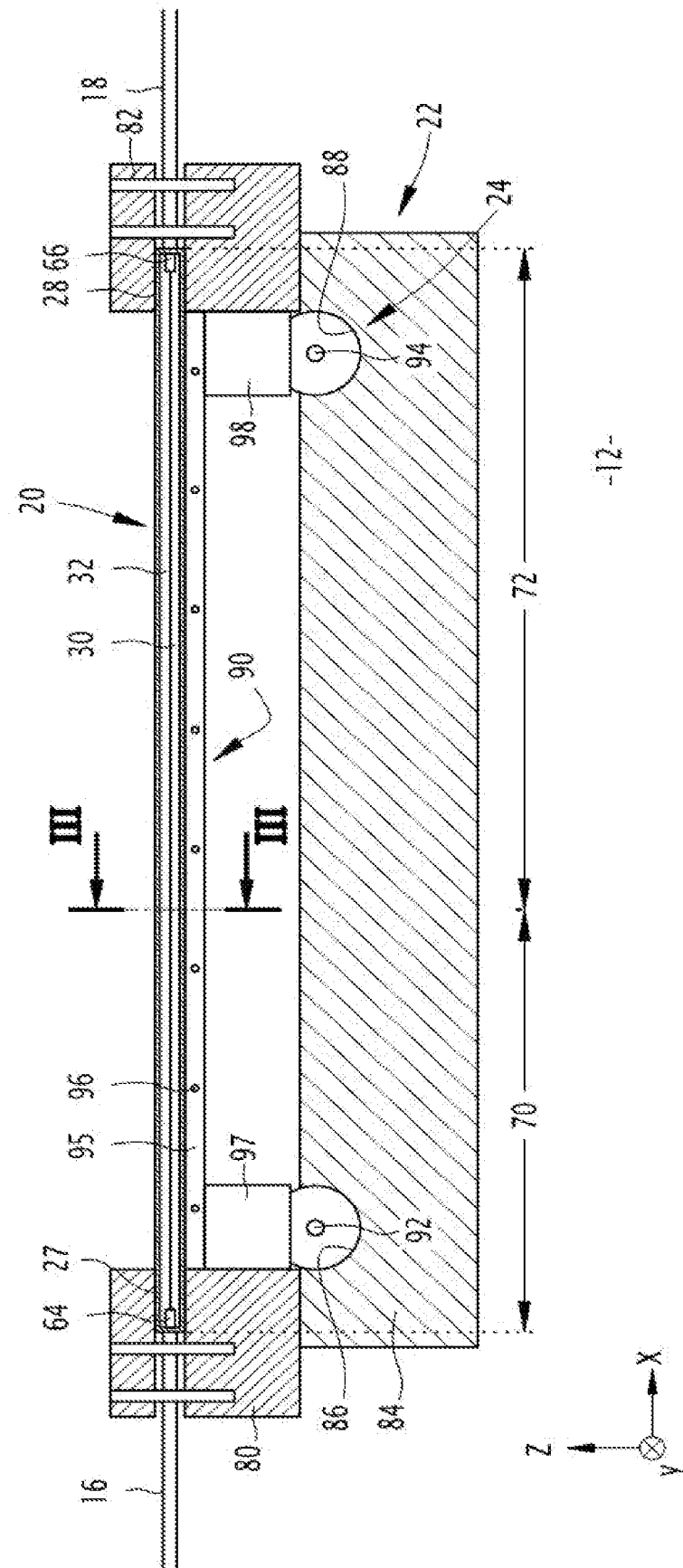
- [Revendication 1] Dispositif (12, 20) de séparation d'un mélange de fluides par distillation microfluidique, ledit dispositif comprenant : un conduit (26) de séparation fluidique, s'étendant entre une première et une seconde extrémités ; une première (64) et une seconde (66) sorties de fluide, ménagées respectivement à la première et à la seconde extrémités du conduit de séparation ; une entrée (68) de fluide ménagée respectivement à une première distance (70) de la première sortie et à une seconde distance (72) de la seconde sortie, chacune des première et seconde distances étant non nulle ;
le conduit de séparation comportant : un premier canal (40) comprenant une pluralité de reliefs (44) formant un réseau apte à guider un premier flux de liquide par capillarité, de l'une vers l'autre des première et seconde extrémités ; un deuxième canal (42) apte à guider un deuxième flux de gaz de l'une vers l'autre des première et seconde extrémités, les premier et deuxième canaux étant délimités par une interface (60) s'étendant selon une direction (X) de guidage desdits flux et permettant des échanges de matière entre lesdits flux ;
une dimension (56) de l'interface perpendiculairement à la direction de guidage des flux étant inférieure ou égale à 10 mm ;
le dispositif de séparation étant caractérisé en ce que : le premier canal comprend une surface de fond (46) ; la pluralité de reliefs comprend une pluralité de plots (44) en saillie par rapport à la surface de fond ; et chaque plot comprend une extrémité libre (48) opposée à la surface de fond, les extrémités libres de la pluralité de plots formant une surface sensiblement continue avec l'interface (60) entre les premier et deuxième canaux.
- [Revendication 2] Dispositif de séparation selon la revendication 1, dans lequel l'interface (60) entre les premier et deuxième canaux est sensiblement plane.
- [Revendication 3] Dispositif de séparation selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel chacun (44) de la pluralité de plots présente une forme sensiblement tronconique.
- [Revendication 4] Dispositif de séparation selon l'une des revendications précédentes, dans lequel une dimension (62) du conduit de séparation, perpendiculairement à l'interface (60) entre les premier et deuxième canaux, est inférieure à 75%, préférentiellement inférieure à 50%, plus préférentiellement inférieure à 15%, de la dimension (56) de l'interface perpen-

- diculairement à la direction (X) de guidage des flux.
- [Revendication 5] Dispositif de séparation selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le deuxième canal comprend une paroi (52) sensiblement lisse en vis-à-vis de la paroi de fond (46) du premier canal.
- [Revendication 6] Dispositif de séparation selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la première distance (70) entre l'entrée (68) de fluide et la première sortie (64) représente entre 1/3 et 2/3 d'une distance entre les première et deuxième sorties.
- [Revendication 7] Dispositif de séparation selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le conduit (26) de séparation s'étend de manière sensiblement rectiligne entre les première (64) et seconde (66) sorties.
- [Revendication 8] Dispositif de séparation selon l'une des revendications précédentes, configuré de sorte que l'interface (60) entre les premier et deuxième canaux soit disposée sensiblement horizontalement.
- [Revendication 9] Dispositif (12) de séparation selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre un organe de chauffage (92) à proximité de la première sortie (64) et un organe de refroidissement (92) à proximité de la seconde sortie (66), de sorte à créer un gradient de température entre les première et seconde sorties.
- [Revendication 10] Installation (10) de séparation d'un mélange de fluides par distillation microfluidique, comportant : un dispositif (12) de distillation microfluidique selon l'une des revendications précédentes ; une canule (14) d'entrée de fluide, reliée à l'entrée (68) dudit dispositif ; et une première (16) et une seconde (18) canules de sortie de fluide, reliées respectivement à la première (64) et à la seconde (66) sorties dudit dispositif.

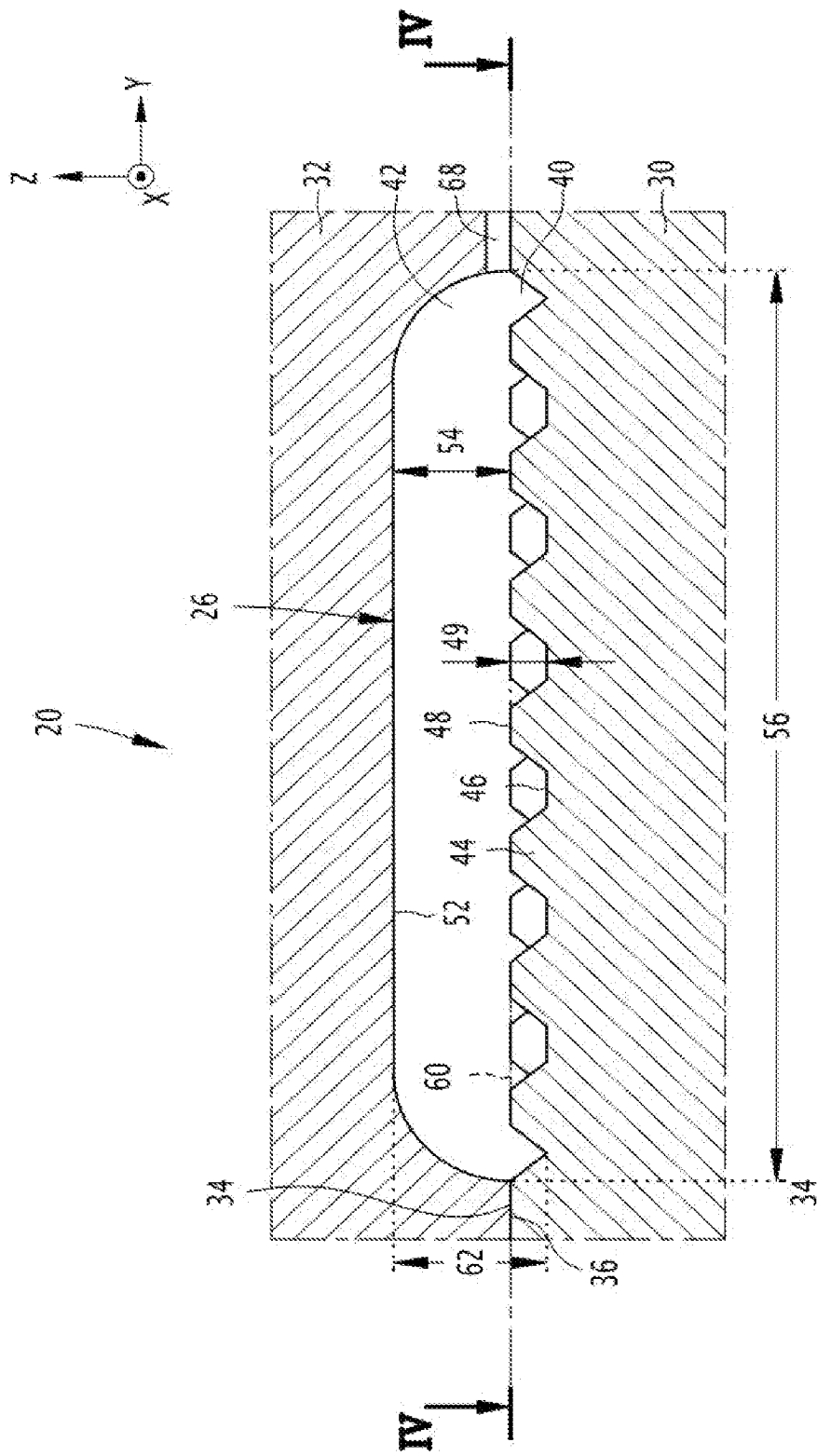
[Fig. 1]



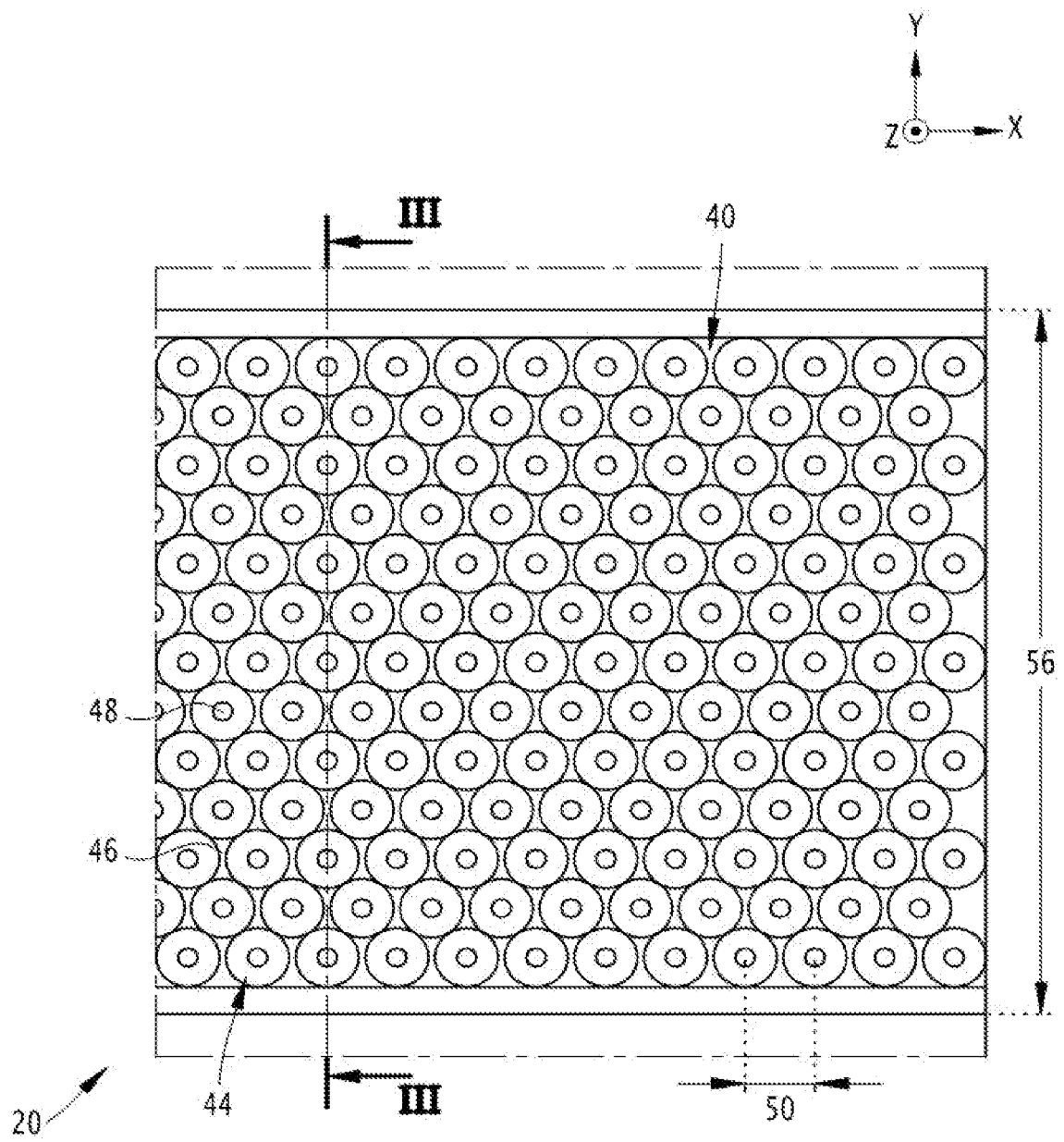
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 901842
FR 2114438

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 2010/247429 A1 (OHSAKI KATSUHIKO [JP] ET AL) 30 septembre 2010 (2010-09-30) * alinéas [0062] - [0082]; figures 1-7 * -----	1-10	B01D3/04 B01D17/12
X	US 6 666 909 B1 (TEGROTENHUIS WARD E [US] ET AL) 23 décembre 2003 (2003-12-23) * colonne 5, ligne 52 - colonne 10, ligne 13; figures 1-17 * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B01D B01J B01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 août 2022		Thibault, Valerie	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2114438 FA 901842**

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 **02-08-2022**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 2010247429 A1		30-09-2010	EP	2218499 A1		18-08-2010
			JP	5309312 B2		09-10-2013
			JP	2009106916 A		21-05-2009
			US	2010247429 A1		30-09-2010
			WO	2009057693 A1		07-05-2009

US 6666909 B1		23-12-2003	AT	490013 T		15-12-2010
			AU	7506901 A		17-12-2001
			CA	2410462 A1		13-12-2001
			CA	2683050 A1		13-12-2001
			EP	1333902 A2		13-08-2003
			JP	5582670 B2		03-09-2014
			JP	2004509733 A		02-04-2004
			US	6666909 B1		23-12-2003
WO	0193976 A2		13-12-2001			
