



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
30.03.2016 Bulletin 2016/13

(51) Int Cl.:
B01L 3/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **15187168.8**

(22) Date de dépôt: **28.09.2015**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
MA

(71) Demandeur: **Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **SARRUT-RIO, Nicolas**
38180 Seyssins (FR)
• **SHPAK-KRAIEVSKYI, Pavlo**
38000 Grenoble (FR)

(30) Priorité: **29.09.2014 FR 1459192**

(74) Mandataire: **Brevalex**
95, rue d'Amsterdam
75378 Paris Cedex 8 (FR)

(54) **CARTE FLUIDIQUE COMPORTANT UNE CHAMBRE D'EXPANSION RACCORDÉE À UN RÉSERVOIR DE RÉACTION**

(57) L'objet principal de l'invention est une carte fluide (1) comportant un canal fluide d'entrée (2), un canal fluide de sortie (3), un réservoir de réaction (4), pourvu d'un orifice d'entrée (5) et d'un orifice de sortie (6), le réservoir de réaction (4) étant configuré pour être couplé à des moyens de chauffage du fluide, ledit fluide étant maintenu dans le réservoir de réaction (4) par l'intermédiaire de l'actionnement de deux vannes de fermeture amont et aval, caractérisée en ce qu'elle comporte

en outre une chambre d'expansion (7) pourvue d'au moins une extrémité débouchante (7a) dans le réservoir de réaction (4), située entre l'orifice d'entrée (5) et l'orifice de sortie (6), permettant une communication fluide entre la chambre d'expansion (7) et le réservoir de réaction (4), la chambre d'expansion (7) étant apte à collecter en partie le fluide contenu dans le réservoir de réaction (4) lors de son échauffement.

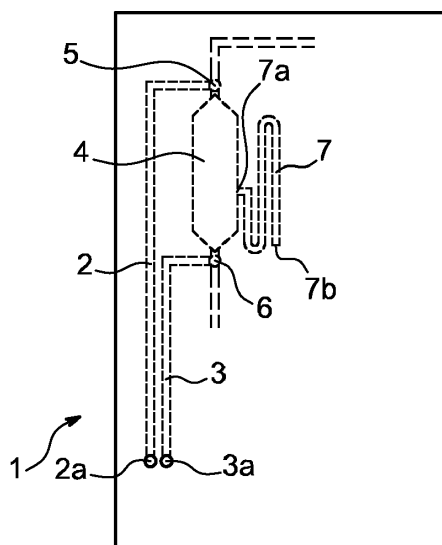


FIG. 1

Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] La présente invention se rapporte au domaine des cartes fluidiques, en particulier microfluidiques, prévues pour permettre le chauffage d'au moins un fluide destiné notamment à être délivré.

[0002] L'invention trouve des applications dans de nombreux domaines, comme entre autres la recherche médicale, la biologie et la pharmaceutique. Plus spécifiquement, elle peut être appliquée pour la délivrance de drogues et dans le cadre du concept de « laboratoire sur puce » (appelé encore LOC pour « Lab On a Chip » en anglais), c'est-à-dire un dispositif intégré rassemblant, sur un substrat miniaturisé, une ou plusieurs fonctions de laboratoire.

[0003] L'invention propose ainsi une carte fluidique comportant une chambre d'expansion raccordée à un réservoir de réaction, ainsi qu'un procédé de chauffage associé d'au moins un fluide au moyen d'une telle carte fluidique.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

[0004] On connaît déjà de l'art antérieur différentes solutions permettant d'embarquer un ou plusieurs fluides, en particulier des réactifs, sur une carte microfluidique à des fins de stockage et/ou de délivrance.

[0005] Dans certains cas, il est souhaitable de chauffer ce ou ces fluides présents sur la carte microfluidique afin de les faire réagir, ceux-ci pouvant alors ensuite être distribués.

[0006] Habituellement, la carte microfluidique comporte un réservoir de stockage pourvu d'un orifice d'entrée et d'un orifice de sortie, respectivement connectés à un canal fluidique d'entrée et à un canal fluidique de sortie de la carte microfluidique. Le fluide est d'abord acheminé dans le canal fluidique d'entrée de la carte microfluidique, puis pénètre dans le réservoir par le biais de son orifice d'entrée. Des moyens de chauffage sont alors appliqués sur le réservoir pour faire monter la température du fluide et entraîner une réaction chimique. Après avoir réagi au sein du réservoir, le fluide est évacué par l'orifice de sortie, puis s'écoule au travers du canal fluidique de sortie de la carte microfluidique pour son utilisation.

[0007] Néanmoins, cette solution n'est pas entièrement satisfaisante. En effet, lors du chauffage du fluide contenu dans le réservoir de la carte microfluidique, on observe l'apparition de risques de rupture de la carte microfluidique, notamment du réservoir, au-delà d'une certaine température seuil appliquée. Autrement dit, lorsque la température de chauffage est trop élevée, on observe une détérioration de la carte microfluidique.

[0008] A titre d'exemple, il a été envisagé un essai expérimental avec une carte microfluidique du type LOC en copolymère cyclo-oléfine (ou encore COC pour « Cyclic Olefin Copolymer » en anglais), comportant un

réservoir usuel de stockage d'un fluide choisi pour être de l'acétonitrile. Ce type de polymère est particulièrement propice à la fabrication de cartes jetables destinées à la mise en oeuvre de protocoles chimiques ou biologiques. Lorsque l'acétonitrile est chauffé à des températures inférieures à 100°C, l'intégrité du réservoir est préservée. Par contre, dès que la température de 100°C est atteinte, on observe une rupture de la carte microfluidique en COC. Autrement dit, à la température seuil de 100°C, le point de rupture est atteint sous l'effet de la pression générée par la dilatation de l'acétonitrile lors du chauffage.

[0009] Certaines opérations, comme la synthèse de produits destinés à l'imagerie par TEP, nécessitent une étape de chauffage à haute température. Ces opérations ne peuvent pas être mises en oeuvre avec les cartes fluidiques existantes, réalisées avec certains polymères, de type COC.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0010] Il existe par conséquent un besoin pour proposer une solution alternative pour permettre le chauffage d'un fluide contenu dans une carte fluidique. En particulier, il existe un besoin pour permettre de maximiser la valeur de la température appliquée au fluide lors du chauffage sans entraîner de rupture de la carte fluidique, autrement dit un besoin pour repousser la limite en température de rupture.

[0011] L'invention a pour but de remédier au moins partiellement aux besoins mentionnés ci-dessus et aux inconvénients relatifs aux réalisations de l'art antérieur.

[0012] L'invention a ainsi pour objet, selon l'un de ses aspects, une carte fluidique comportant :

- un canal fluidique d'entrée pourvu d'une ouverture d'entrée pour l'écoulement d'au moins un fluide dans la carte fluidique,
- un canal fluidique de sortie pourvu d'une ouverture de sortie pour l'évacuation dudit au moins un fluide hors de la carte fluidique,
- un réservoir de réaction, disposé entre le canal fluidique d'entrée et le canal fluidique de sortie, et pourvu d'un orifice d'entrée raccordé au canal fluidique d'entrée et d'un orifice de sortie raccordé au canal fluidique de sortie,

le réservoir de réaction étant configuré pour être couplé à des moyens de chauffage du fluide contenu dans le réservoir de réaction, ledit fluide étant maintenu dans le réservoir de réaction par l'intermédiaire de l'actionnement de deux vannes de fermeture amont et aval, respectivement situées en amont de l'orifice d'entrée et en aval de l'orifice de sortie,

caractérisée en ce qu'elle comporte en outre une chambre d'expansion pourvue d'au moins une extrémité débouchante dans le réservoir de réaction, située entre l'orifice d'entrée et l'orifice de sortie, permettant une com-

munication fluïdique entre la chambre d'expansion et le réservoir de réaction, la chambre d'expansion étant apte à collecter en partie le fluide contenu dans le réservoir de réaction lors de son échauffement.

[0013] Dans toute la description, les termes « amont » et « aval » sont à comprendre par rapport au sens d'écoulement normal du fluide, de l'amont vers l'aval, et en particulier depuis l'ouverture d'entrée du canal fluïdique d'entrée vers l'ouverture de sortie du canal fluïdique de sortie.

[0014] Gr  ce à l'invention, il peut être possible d'envisager le chauffage du fluide contenu dans le réservoir de réaction de la carte fluïdique à des températures supérieures à celles pratiqu  es avec les solutions de l'art antérieur décrites auparavant. En particulier, il peut être possible d'augmenter la température de chauffage tout en évitant, ou du moins en repoussant, les risques de rupture de la carte fluïdique. En effet, lors du chauffage du fluide contenu dans le réservoir de réaction, la dilatation du fluide entraîne une évacuation partielle de celui-ci à l'intérieur de la chambre d'expansion permettant d'éviter la rupture.

[0015] La carte fluïdique selon l'invention peut en outre comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes prises isolément ou suivant toutes combinaisons techniques possibles.

[0016] Le canal fluïdique d'entrée, et notamment son ouverture d'entrée, peut être raccordé à une vanne d'entrée dudit au moins un fluide. De même, le canal fluïdique de sortie, et notamment son ouverture de sortie, peut être raccordé à une vanne de sortie dudit au moins un fluide.

[0017] La chambre d'expansion peut comporter plusieurs extrémités débouchantes dans le réservoir de réaction. Toutefois, la chambre d'expansion est avantageusement borgne. Autrement dit, elle ne comporte avantageusement aucune ouverture pour permettre une communication fluïdique entre la chambre d'expansion et un autre élément, hormis celle(s) correspondant à la ou aux extrémités débouchantes dans le réservoir de réaction. En particulier, lorsque la chambre d'expansion comporte deux extrémités, dont une première extrémité débouchante dans le réservoir de réaction, la deuxième extrémité, opposée à la première extrémité, est fermée.

[0018] La carte fluïdique peut être réalisée en tout type de matériaux, et notamment en plastique, par exemple en polyméthacrylate de méthyle (PMMA), en polycarbonate, en polytéréphtalate d'éthylène (PET) ou en copolymère cyclo-oléfine (COC), en verre, en silicium, entre autres.

[0019] La carte fluïdique peut avoir des dimensions similaires ou semblables aux dimensions d'une carte de crédit. Son épaisseur peut être suffisante pour contenir au moins un canal fluïdique, et notamment un réseau fluïdique (comportant plusieurs canaux fluïdiques).

[0020] La longueur et/ou la largeur de la carte fluïdique peuvent être comprises entre quelques centimètres et quelques décimètres, par exemple entre 1 cm et 10 cm,

voire 20 cm. L'épaisseur de la carte fluïdique peut être comprise entre quelques millimètres et quelques centimètres, par exemple entre, d'une part, 1 mm ou 5 mm et, d'autre part, 1 cm ou 2 cm.

[0021] Selon un mode de réalisation de l'invention, la chambre d'expansion peut se présenter sous la forme d'un canal d'expansion pourvu d'une première extrémité débouchante dans le réservoir de réaction et d'une deuxième extrémité fermée, opposée à la première extrémité débouchante.

[0022] Selon un autre mode de réalisation de l'invention, la chambre d'expansion peut comporter une portion de réservoir dont la forme est configurée pour favoriser au moins en partie le retour du fluide contenu dans la chambre d'expansion après l'arrêt du chauffage du réservoir de réaction.

[0023] Selon encore un autre mode de réalisation de l'invention, la chambre d'expansion peut comporter une portion de réservoir dont la forme est configurée pour retenir au moins en partie le fluide contenu dans la chambre d'expansion après l'arrêt du chauffage du réservoir de réaction.

[0024] Le volume de la chambre d'expansion peut être supérieur ou égal à environ 10 % du volume total du réseau fluïdique de la carte fluïdique.

[0025] Le volume de la chambre d'expansion peut en particulier être d'environ 5 à 15 % du volume du réservoir de réaction.

[0026] La longueur caractéristique, c'est-à-dire le diamètre ou la diagonale, de ladite au moins une extrémité débouchante de la chambre d'expansion peut être inférieure ou égale à 1 mm, notamment inférieure ou égale à 500 μ m.

[0027] La chambre d'expansion peut comporter, notamment au niveau de ladite au moins une extrémité débouchante, un moyen d'arrêt apte à la formation d'une interface liquide/gaz lors du remplissage du réseau fluïdique de la carte fluïdique. En particulier, le moyen d'arrêt est un traitement de surface hydrophobe, notamment un dépôt local de matériau fluoré.

[0028] La carte fluïdique peut comporter les deux vannes de fermeture amont et aval. En variante, ces vannes sont situées en dehors de la carte fluïdique.

[0029] L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, un procédé de chauffage d'au moins un fluide au moyen d'une carte fluïdique telle que définie précédemment, caractérisée en ce qu'il comporte les étapes successives suivantes :

- a) introduire au moins un fluide à l'intérieur du réservoir de réaction, notamment par le biais de l'ouverture d'entrée du canal fluïdique d'entrée raccordé à l'orifice d'entrée du réservoir de réaction,
- b) fermer les deux vannes de fermeture amont et aval, respectivement situées en amont de l'orifice d'entrée et en aval de l'orifice de sortie du réservoir de réaction,
- c) chauffer le fluide contenu dans le réservoir de

réaction par le biais des moyens de chauffage, une partie du fluide s'introduisant alors sous l'effet de la dilatation dans la chambre d'expansion,

d) arrêter le chauffage du réservoir de réaction, et éventuellement refroidir le mélange réactionnel fluide obtenu dans le réservoir de réaction, une partie du fluide contenu dans la chambre d'expansion retournant alors éventuellement à l'intérieur du réservoir de réaction,

e) ouvrir au moins la vanne de fermeture aval pour permettre l'évacuation du fluide contenu dans le réservoir de réaction en dehors du réservoir de réaction.

[0030] Le procédé peut comporter, après l'étape d), l'étape de récupération dans le réservoir de réaction du fluide contenu dans la chambre d'expansion. En variante, le procédé peut comporter, après l'étape d), l'étape de restriction dans la chambre d'expansion du fluide contenu dans la chambre d'expansion.

[0031] Le procédé peut en outre comporter, avant l'étape a), l'étape de remplissage du réseau fluide de la carte fluide avec un gaz, notamment de l'air et/ou un gaz inerte, afin d'empêcher l'introduction dudit au moins un fluide dans la chambre d'expansion avant chauffage du réservoir de réaction.

[0032] De plus, le procédé peut comporter, après l'étape e), l'étape d'introduction d'un gaz, notamment de l'air et/ou un gaz inerte, dans le réseau fluide de la carte fluide pour favoriser l'évacuation du fluide contenu dans le réservoir de réaction.

[0033] Par ailleurs, lors de l'étape c), le fluide contenu dans le réservoir de réaction peut être chauffé à une température supérieure ou égale à 100°C, mieux 120°C, mieux encore 150°C.

[0034] La carte fluide et le procédé de chauffage selon l'invention peuvent comporter l'une quelconque des caractéristiques énoncées dans la description, prises isolément ou selon toutes combinaisons techniques possibles avec d'autres caractéristiques.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0035] L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples de mise en oeuvre non limitatifs de celle-ci, ainsi qu'à l'examen des figures, schématiques et partielles, du dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 représente, partiellement et en vue du dessus, un exemple de carte fluide conforme à l'invention,
- les figures 2A à 2F illustrent des étapes du procédé de chauffage d'un fluide par le biais d'une carte fluide conforme à l'invention,
- les figures 3A à 3C illustrent également des étapes du procédé de chauffage d'un fluide par le biais de la carte fluide de la figure 1, et

- les figures 4 et 5 illustrent des variantes de chambres d'expansion pour une carte fluide conforme à l'invention.

[0036] Dans l'ensemble de ces figures, des références identiques peuvent désigner des éléments identiques ou analogues.

[0037] De plus, les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0038] Dans tous les exemples décrits ci-après, la carte fluide 1 est en particulier une carte microfluide pouvant être appliquée pour la délivrance de réactifs, et servir par exemple en tant que laboratoire sur puce. De plus, le fluide F considéré est ici de l'acétonitrile. En outre, la carte fluide 1 est par exemple réalisée en copolymère cyclo-oléfine (COC).

[0039] En référence à la figure 1, on a représenté, partiellement et en vue du dessus, un exemple de carte fluide 1 conforme à l'invention.

[0040] La carte fluide 1 comporte ainsi un canal fluide d'entrée 2 pourvu d'une ouverture d'entrée 2a pour l'introduction d'un fluide F dans la carte fluide 1, et un canal fluide de sortie 3 pourvu d'une ouverture de sortie 3a pour l'évacuation du fluide F hors de la carte fluide 1.

[0041] Les canaux fluidiques de la carte fluide 1 présentent par exemple une section de côté compris entre quelques dizaines et quelques centaines de micromètres, et par exemple de l'ordre de 300 μm x 800 μm .

[0042] De plus, la carte fluide 1 comporte un réservoir de réaction 4, disposé entre le canal fluide d'entrée 2 et le canal fluide de sortie 3. Ce réservoir 4, par exemple de forme sensiblement hexagonale, est pourvu d'un orifice d'entrée 5 raccordé au canal fluide d'entrée 2 et d'un orifice de sortie 6 raccordé au canal fluide de sortie 3.

[0043] Le réservoir de réaction 4 présente par exemple un volume intérieur compris entre 10 μl et 1 ml, typiquement entre quelques dizaines à quelques centaines de microlitres, et par exemple de l'ordre de 200 μl .

[0044] Le réservoir de réaction 4 est en outre configuré pour être couplé à des moyens de chauffage C, représentés sur la figure 2D, du fluide F contenu dans le réservoir de réaction 4, ce fluide F étant maintenu dans le réservoir de réaction 4 par l'intermédiaire de l'actionnement de deux vannes de fermeture amont F1 et aval F2, respectivement situées en amont de l'orifice d'entrée 5 et en aval de l'orifice de sortie 6. Il est à noter que les vannes de fermeture amont F1 et aval F2 sont situées en dehors de la carte fluide 1 dans l'exemple de la figure 1, et des figures 3A à 3C décrites par la suite (et donc non représentées sur ces figures), tandis qu'elles sont situées sur la carte fluide 1 dans les exemples

des figures 2A-2F, 4 et 5.

[0045] Par ailleurs, conformément à l'invention, la carte fluïdique 1 comporte une chambre d'expansion pourvue d'une extrémité débouchante 7a dans le réservoir de réaction 4, située entre l'orifice d'entrée 5 et l'orifice de sortie 6. Cette extrémité débouchante 7a permet ainsi une communication fluïdique entre la chambre d'expansion 7 et le réservoir de réaction 4, la chambre d'expansion 7 étant apte à collecter en partie le fluide F contenu dans le réservoir de réaction 4 lors de son échauffement.

[0046] Plus précisément, dans l'exemple de la figure 1 (et dans les exemples des figures 2A-2F et 3A-3C décrits par la suite), la chambre d'expansion 7 se présente sous la forme d'un canal d'expansion 7 pourvu d'une première extrémité débouchante 7a dans le réservoir de réaction 4 et d'une deuxième extrémité fermée 7b, opposée à la première extrémité débouchante 7a. Ce canal d'expansion 7 peut notamment se présenter sous la forme d'un canal replié en serpentín pour permettre un allongement de sa longueur et une capacité augmentée de collecte du fluide lors de sa dilatation pendant le chauffage.

[0047] Le volume de la chambre d'expansion 7 est avantageusement supérieur à 10 % du volume total du réseau fluïdique de la carte fluïdique 1. Plus précisément, il peut être de quelques pourcentages à quelques dizaines de pourcentages du volume du réservoir de réaction 4, et notamment de l'ordre de 50 μ l. Le volume de la chambre d'expansion 7 peut en particulier dépendre du coefficient de dilatation thermique du fluide F utilisé et de la température de chauffage requise.

[0048] En référence aux figures 2A à 2F, on a illustré des étapes du procédé de chauffage du fluide F par le biais d'une carte fluïdique 1 conforme à l'invention.

[0049] Contrairement à l'exemple de la figure 1, la carte fluïdique 1 comporte dans cet exemple les deux vannes de fermeture amont F1 et aval F2. De plus, la chambre d'expansion 7 se présente sous la forme d'un canal d'expansion 7 avec une première extrémité 7a raccordée au réservoir de réaction 4 et une deuxième extrémité 7b qui est fermée, autrement dit le canal d'expansion 7 est borgne.

[0050] Sur la figure 2A, les deux vannes de fermeture amont F1 et aval F2 sont ouvertes et aucun fluide F ne circule dans le réseau fluïdique de la carte fluïdique 1. A ce stade, la carte fluïdique 1 peut être remplie d'air ou de gaz inerte, de sorte que lors du remplissage ultérieur en fluide F, celui-ci ne pourra pas entrer à l'intérieur de la chambre d'expansion 7 du fait que cet air ou ce gaz inerte occupant la chambre d'expansion 7 s'y opposera.

[0051] Sur la figure 2B, on remplit le réservoir de réaction 4 avec le fluide F. Alors, l'air ou le gaz inerte présent initialement se retrouve piégé à l'intérieur de la chambre d'expansion 7.

[0052] Sur la figure 2C, les vannes de fermeture amont F1 et aval F2 sont fermées pour contenir le fluide F devant réagir à l'intérieur du réservoir de réaction 4.

[0053] Sur la figure 2D, on chauffe le milieu réactionnel

du réservoir de réaction 4 par le biais des moyens de chauffage C, afin de réaliser une réaction chimique, biologique et/ou biochimique.

[0054] Alors, comme représenté, le fluide F se dilate et occupe une partie de la chambre d'expansion 7. L'air ou le gaz inerte, présent initialement dans le réservoir de réaction 4, se comprime et « encaisse » la dilatation du fluide F. Ainsi, les contraintes générées sur la carte fluïdique 1 sont moins importantes que celles habituellement générées en l'absence d'une chambre d'expansion 7.

[0055] Sur la figure 2E, on refroidit le réservoir de réaction 4 jusqu'à la température initiale lors du remplissage, en particulier la température ambiante sensiblement égale à 20°C. Alors, le fluide F présent dans la chambre d'expansion 7 retourne à l'intérieur du réservoir de réaction 4.

[0056] Sur la figure 2F, le mélange réactionnel situé dans le réservoir de réaction 4 est récupéré par l'ouverture des vannes de fermeture amont F1 et aval F2, et l'éventuelle introduction d'air ou d'un gaz inerte dans le réservoir de réaction 4 pour pousser et limiter la dilution du mélange réactionnel obtenu.

[0057] En référence maintenant aux figures 3A à 3C, on a illustré des étapes d'essais expérimentaux du procédé de chauffage du fluide F par le biais de la carte fluïdique 1 de la figure 1.

[0058] Comme on peut le voir sur la figure 3A, la longueur caractéristique s (c'est-à-dire le diamètre ou la diagonale) de l'extrémité débouchante 7a de la chambre d'expansion 7 doit préférentiellement être suffisamment faible pour qu'une interface liquide/air puisse se former lors du remplissage du réseau fluïdique de la carte fluïdique 1, afin d'éviter en particulier que, lors du remplissage, du liquide F envahisse la chambre d'expansion 7. En effet, du fait d'une telle interface, l'air ou le gaz inerte peut rester piégé dans tout ou partie de la chambre d'expansion 7.

[0059] Aussi, préférentiellement, la longueur caractéristique s (diamètre ou diagonale) de l'extrémité débouchante 7a de la chambre d'expansion 7 présente un côté (ou diamètre) inférieur à quelques millimètres, et notamment inférieur ou égal à 1 mm, notamment inférieur ou égal à 500 μ m. De cette façon, l'interface liquide/air peut se former à l'aide des forces de capillarité.

[0060] Néanmoins, alternativement ou en combinaison avec ce qui précède, on peut appliquer, au niveau de l'extrémité débouchante 7a de la chambre d'expansion 7, un moyen d'arrêt apte à la formation d'une interface liquide/air lors du remplissage du réseau fluïdique. Ce moyen d'arrêt peut notamment correspondre à un traitement de surface hydrophobe de façon à mieux maîtriser le volume d'air ou de gaz inerte piégé dans la chambre d'expansion 7. En particulier, il peut s'agir d'un dépôt local de matériau fluoré, tel que du Téflon®. Lors du chauffage du réservoir de réaction 4, l'interface liquide/air est poussée à l'intérieur de la chambre d'expansion 7.

[0061] Sur la figure 3A, la température appliquée au

réservoir de réaction 4 est d'environ 21°C. Le réservoir de réaction 4 est rempli d'acétonitrile F. Les vannes de fermeture amont F1 et aval F2, indépendantes de la carte fluide 1 dans cet exemple et non représentées, sont d'abord ouvertes lors du remplissage, puis fermées lorsque le réservoir de réaction 4 est complètement rempli. A ce stade, la chambre d'expansion 7 ne comporte pas d'acétonitrile.

[0062] Sur la figure 3B, la température du réservoir de réaction est progressivement augmentée, d'abord d'environ 21°C à environ 78°C, puis d'environ 78°C à environ 100°C. On constate alors que l'acétonitrile se dilate et pénètre dans la chambre d'expansion 7 en comprimant l'air ou le gaz inerte initialement piégé dans la chambre d'expansion 7.

[0063] Sur la figure 3C, la température de chauffage appliquée au réservoir de réaction 4 est d'environ 120°C. Alors, la chambre d'expansion 7 est pratiquement remplie aux trois quarts de son volume total. Il subsiste naturellement de l'air ou du gaz inerte dans la chambre d'expansion 7. La température de chauffage pourrait être augmentée jusqu'à environ 150°C. On observe alors que cette augmentation importante de température n'engendre pas l'apparition de ruptures sur la carte fluide 1, alors qu'en l'absence d'une telle chambre d'expansion 7 accouplée au réservoir de réaction 4, une fente serait apparue au niveau du réservoir de réaction 4 entraînant une fuite pour une température de rupture de seulement environ 100°C. Au contraire, grâce au principe selon l'invention, la température de rupture est ici repoussée jusqu'à environ 150°C.

[0064] On a par ailleurs illustré en référence aux figures 4 et 5 des variantes de réalisation de la chambre d'expansion 7 pour une carte fluide 1 conforme à l'invention.

[0065] Ainsi, en référence à la figure 4, la chambre d'expansion 7 comporte une portion de réservoir 8 dont la forme est configurée pour favoriser au moins en partie le retour du fluide F contenu dans la chambre d'expansion 7 après l'arrêt du chauffage du réservoir de réaction 4. Plus précisément, la chambre d'expansion 7 comporte un canal d'expansion 8a raccordé au réservoir de réaction 4, et une portion de réservoir 8b, présentant notamment la forme d'un ballon, dont l'extrémité opposée au canal d'expansion 8a est arrondie de sorte à favoriser le retour du mélange réactionnel dans le réservoir de réaction 4 après arrêt du chauffage, et notamment lors du refroidissement du réservoir de réaction 4.

[0066] Cette conception de la chambre d'expansion 7 selon la figure 4 peut tout particulièrement être intéressante si la chambre d'expansion 7 est également chauffée par les moyens de chauffage C, ce qui permet alors au volume de fluide F présent dans la chambre d'expansion 7 de réagir également, et d'être ainsi récupéré par la suite.

[0067] En référence maintenant à la figure 5, la chambre d'expansion 7 comporte une portion de réservoir 9 dont la forme est configurée pour retenir au moins en

partie le fluide F contenu dans la chambre d'expansion 7 après l'arrêt du chauffage du réservoir de réaction 4. Plus précisément, la chambre d'expansion 7 présente une forme sensiblement comparable à une flèche, avec un canal d'expansion 9c raccordé au réservoir de réaction 4 et situé à l'opposé de la pointe de la flèche, et deux bras 9a et 9b d'angles aigus partant de la pointe de la flèche et s'étendant de part et d'autre du canal d'expansion 9c. Les deux bras 9a et 9b sont avantageusement prévus pour retenir en partie le fluide F contenu dans la chambre d'expansion 7 après arrêt du chauffage, et notamment lors du refroidissement du réservoir de réaction 4.

[0068] Cette conception de la chambre d'expansion 7 selon la figure 5 peut tout particulièrement être intéressante si l'on estime que le volume de fluide F présent dans la chambre d'expansion 7 n'a pas réagi, par exemple si la chambre d'expansion 7 n'est pas chauffée, et que l'on ne souhaite pas alors le récupérer et empêcher son introduction totale dans le réservoir de réaction 4.

[0069] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits. Diverses modifications peuvent y être apportées par l'homme du métier.

[0070] L'expression « comportant un » doit être comprise comme étant synonyme de « comportant au moins un », sauf si le contraire est spécifié.

30 Revendications

1. Carte fluide (1) comportant :

- un canal fluide d'entrée (2) pourvu d'une ouverture d'entrée (2a) pour l'écoulement d'au moins un fluide (F) dans la carte fluide (1),
- un canal fluide de sortie (3) pourvu d'une ouverture de sortie (3a) pour l'évacuation dudit au moins un fluide (F) hors de la carte fluide (1),
- un réservoir de réaction (4), disposé entre le canal fluide d'entrée (2) et le canal fluide de sortie (3), et pourvu d'un orifice d'entrée (5) raccordé au canal fluide d'entrée (2) et d'un orifice de sortie (6) raccordé au canal fluide de sortie (3), le réservoir de réaction (4) étant configuré pour être couplé à des moyens de chauffage (C) du fluide (F) contenu dans le réservoir de réaction (4), ledit fluide (F) étant maintenu dans le réservoir de réaction (4) par l'intermédiaire de l'actionnement de deux vannes de fermeture amont (F1) et aval (F2), respectivement situées en amont de l'orifice d'entrée (5) et en aval de l'orifice de sortie (6),

caractérisée en ce qu'elle comporte en outre une chambre d'expansion (7) pourvue d'au moins une extrémité débouchante (7a) dans le réservoir de réaction (4), située entre l'orifice

- d'entrée (5) et l'orifice de sortie (6), permettant une communication fluide entre la chambre d'expansion (7) et le réservoir de réaction (4), la chambre d'expansion (7) étant apte à collecter en partie le fluide (F) contenu dans le réservoir de réaction (4) lors de son échauffement, et **en ce que** le volume de la chambre d'expansion (7) est supérieur ou égal à environ 10 % du volume total du réseau fluide de la carte fluide (1).
2. Carte fluide selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la chambre d'expansion (7) se présente sous la forme d'un canal d'expansion (7) pourvu d'une première extrémité débouchante (7a) dans le réservoir de réaction (4) et d'une deuxième extrémité fermée (7b), opposée à la première extrémité débouchante (7a).
3. Carte fluide selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la chambre d'expansion (7) comporte une portion de réservoir (8) dont la forme est configurée pour favoriser au moins en partie le retour du fluide (F) contenu dans la chambre d'expansion (7) après l'arrêt du chauffage du réservoir de réaction (4).
4. Carte fluide selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la chambre d'expansion (7) comporte une portion de réservoir (9) dont la forme est configurée pour retenir au moins en partie le fluide (F) contenu dans la chambre d'expansion (7) après l'arrêt du chauffage du réservoir de réaction (4).
5. Carte fluide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le volume de la chambre d'expansion (7) est d'environ 5 à 15 % du volume du réservoir de réaction (4).
6. Carte fluide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la longueur caractéristique (s) de ladite au moins une extrémité débouchante (7a) de la chambre d'expansion (7) est inférieure ou égale à 1 mm, notamment inférieure ou égale à 500 μm .
7. Carte fluide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la chambre d'expansion (7) comporte, notamment au niveau de ladite au moins une extrémité débouchante (7a), un moyen d'arrêt apte à la formation d'une interface liquide/gaz lors du remplissage du réseau fluide de la carte fluide (1).
8. Carte fluide selon la revendication 7, **caractérisée en ce que** le moyen d'arrêt est un traitement de surface hydrophobe, notamment un dépôt local de matériau fluoré.
9. Carte fluide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'elle** comporte les deux vannes de fermeture amont (F1) et aval (F2).
10. Procédé de chauffage d'au moins un fluide (F) au moyen d'une carte fluide (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte les étapes successives suivantes :
- a) introduire au moins un fluide (F) à l'intérieur du réservoir de réaction (4), notamment par le biais de l'ouverture d'entrée (2a) du canal fluide d'entrée (2) raccordé à l'orifice d'entrée (5) du réservoir de réaction (4),
 - b) fermer les deux vannes de fermeture amont (F1) et aval (F2), respectivement situées en amont de l'orifice d'entrée (5) et en aval de l'orifice de sortie (6) du réservoir de réaction (4),
 - c) chauffer le fluide (F) contenu dans le réservoir de réaction (4) par le biais des moyens de chauffage (C), une partie du fluide (F) s'introduisant alors sous l'effet de la dilatation dans la chambre d'expansion (7),
 - d) arrêter le chauffage du réservoir de réaction (4), et éventuellement refroidir le mélange réactionnel fluide (F) obtenu dans le réservoir de réaction (4), une partie du fluide (F) contenu dans la chambre d'expansion (7) retournant alors éventuellement à l'intérieur du réservoir de réaction (4),
 - e) ouvrir au moins la vanne de fermeture aval (F2) pour permettre l'évacuation du fluide (F) contenu dans le réservoir de réaction (4) en dehors du réservoir de réaction (4).
11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'il** comporte, après l'étape d), l'étape de récupération dans le réservoir de réaction (4) du fluide (F) contenu dans la chambre d'expansion (7).
12. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'il** comporte, après l'étape d), l'étape de restriction dans la chambre d'expansion (7) du fluide (F) contenu dans la chambre d'expansion (7).
13. Procédé selon l'une des revendications 10 à 12, **caractérisé en ce qu'il** comporte, avant l'étape a), l'étape de remplissage du réseau fluide de la carte fluide (1) avec un gaz, notamment de l'air et/ou un gaz inerte, afin d'empêcher l'introduction dudit au moins un fluide (F) dans la chambre d'expansion (7) avant chauffage du réservoir de réaction (4).
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, **caractérisé en ce qu'il** comporte, après l'étape e), l'étape d'introduction d'un gaz, notam-

ment de l'air et/ou un gaz inerte, dans le réseau fluidique de la carte fluidique (1) pour favoriser l'évacuation du fluide (F) contenu dans le réservoir de réaction (4).

5

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, **caractérisé en ce que**, lors de l'étape c), le fluide (F) contenu dans le réservoir de réaction (4) est chauffé à une température supérieure ou égale à 100°C, mieux 120°C, mieux encore 150°C.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

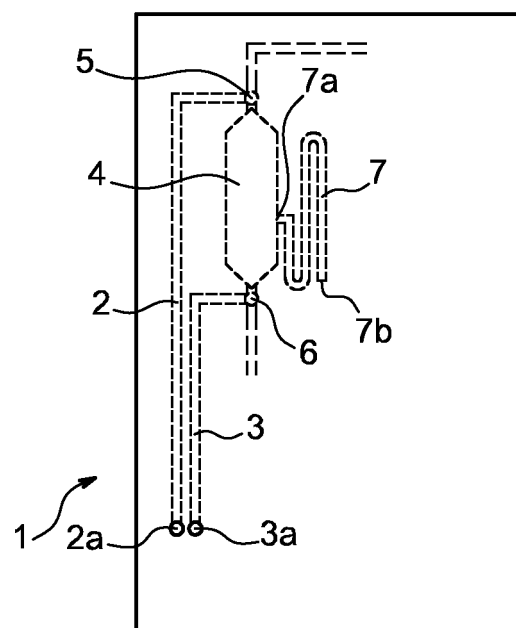


FIG. 1

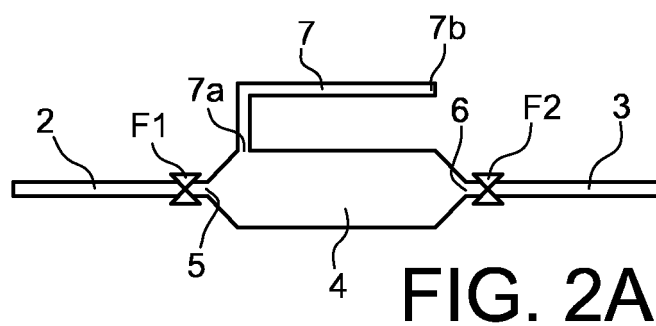


FIG. 2A

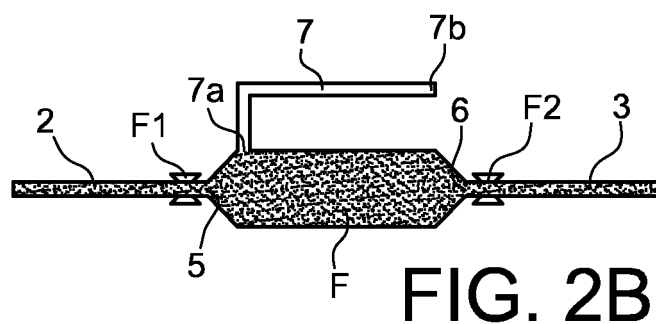


FIG. 2B

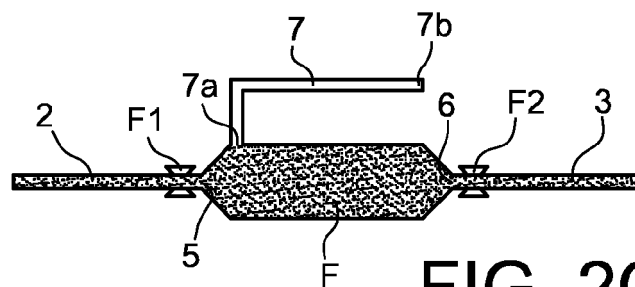


FIG. 2C

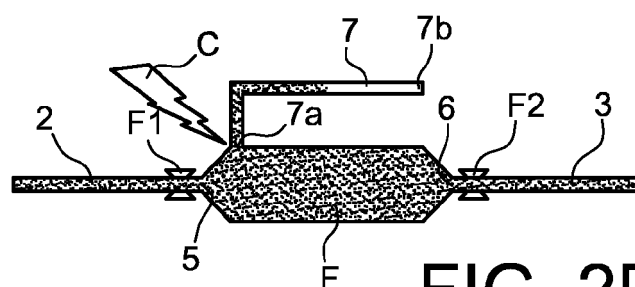


FIG. 2D

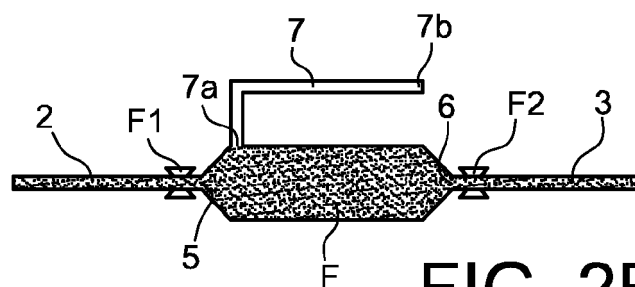


FIG. 2E

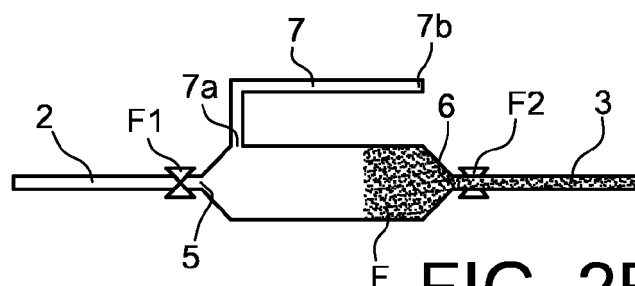


FIG. 2F

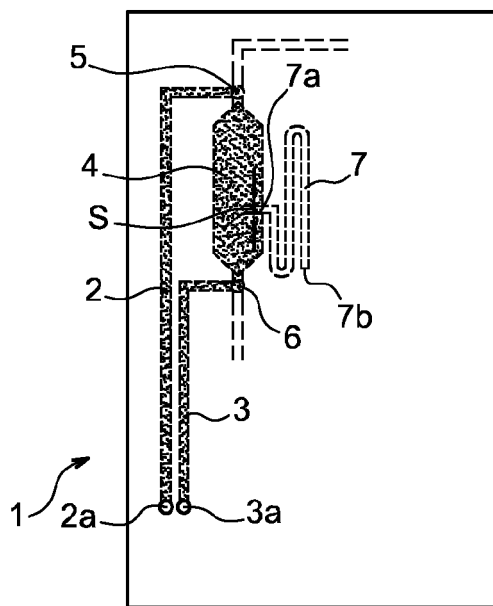


FIG. 3A

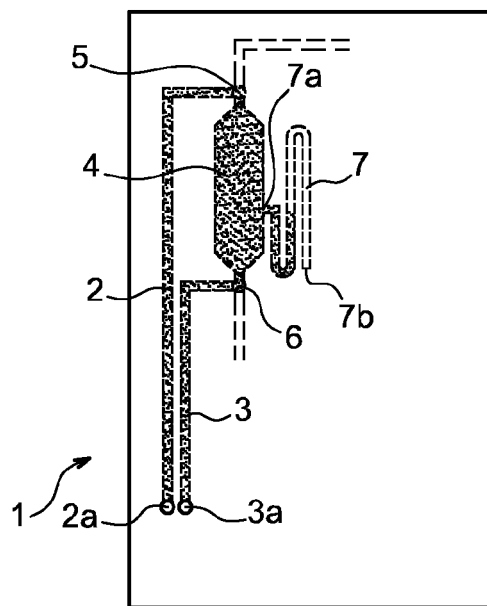


FIG. 3B

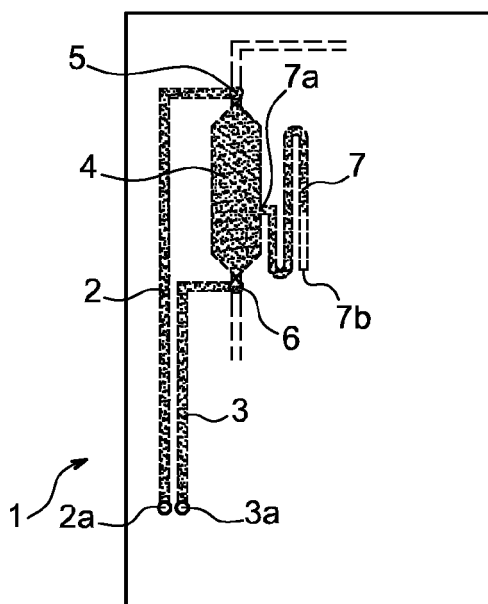
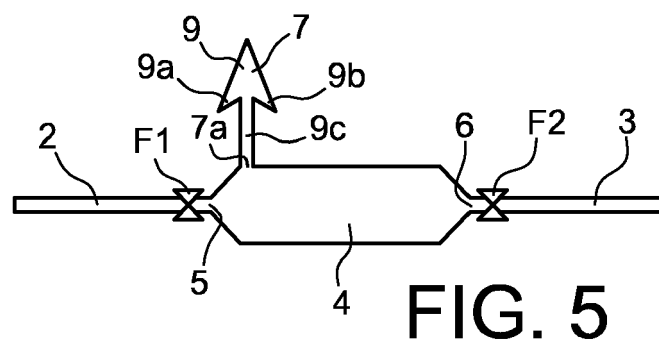
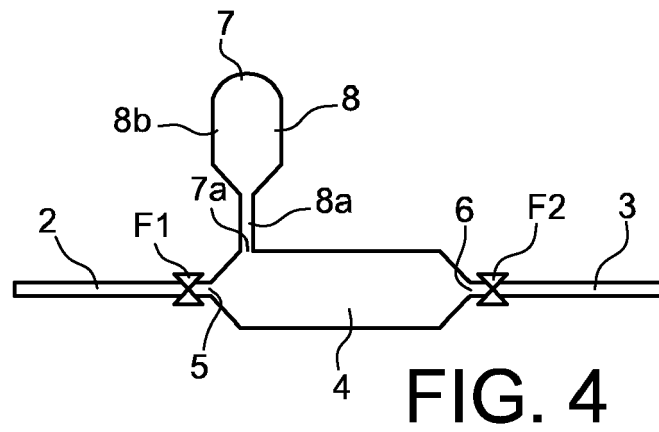


FIG. 3C





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 15 18 7168

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2012/100552 A1 (WELLE RICHARD [US] ET AL) 26 avril 2012 (2012-04-26) * alinéas [0012], [0028] - [0030]; figures 2, 3 * -----	1-16	INV. B01L3/00
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			B01L
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		17 décembre 2015	Campbell, Paul
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 15 18 7168

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

17-12-2015

10	Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
15	US 2012100552 A1	26-04-2012	AUCUN	
20	-----			
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82