

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : 2 958 186

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : 10 01298

⑤1 Int Cl⁸ : B 01 J 13/02 (2006.01), B 81 B 1/00

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 30.03.10.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 07.10.11 Bulletin 11/40.

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 :

⑦1 Demandeur(s) : ECOLE POLYTECHNIQUE Etablis-
sement public — FR.

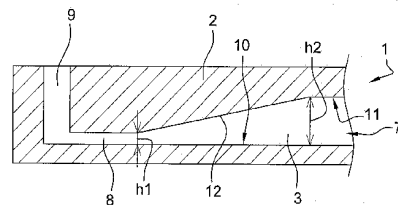
⑦2 Inventeur(s) : BAROUD CHARLES et DANGLA
REMI.

⑦3 Titulaire(s) : ECOLE POLYTECHNIQUE Etablis-
sement public.

⑦4 Mandataire(s) : ERNEST GUTMANN YVES PLASSE-
RAUD SAS.

⑤4 DISPOSITIF DE FORMATION DE GOUTTES DANS UN CIRCUIT MICROFLUIDE.

⑤7 L'invention concerne un dispositif (1) de formation de gouttes dans un circuit microfluidique, comprenant une chambre (3) contenant un premier fluide et délimitée par deux parois opposées (10, 11) qui divergent l'une par rapport à l'autre dans au moins une direction donnée, et un microcanal (8) qui contient un second fluide et qui débouche dans une zone amont de ladite chambre (3) par rapport à la direction donnée, le débouché du microcanal (8) dans la chambre (3) constituant un élargissement de la section de passage du second fluide et cet élargissement provoquant la formation de gouttes (14) du second fluide au sein du premier fluide.



FR 2 958 186 - A1



Dispositif de formation de gouttes dans un circuit microfluidique

La présente invention concerne un dispositif de formation de gouttes dans un circuit microfluidique, en particulier de microgouttes et de nanogouttes, dont la taille varie de quelques centaines de nanomètres à quelques centaines de microns.

De telles gouttes sont utilisées dans plusieurs domaines techniques. Pour chaque domaine, les méthodes de formation des gouttes sont différentes.

Un premier domaine technique concerne les applications de laboratoire sur puce ou autres biotechnologies. Dans ce domaine, une première approche consiste à utiliser un dispositif comportant au moins un microcanal d'écoulement d'un premier fluide, également appelé fluide porteur, dans lequel débouche perpendiculairement au moins un second microcanal d'écoulement d'un second fluide, non miscible avec le premier fluide. Le premier fluide (généralement de l'huile) cisaille le second fluide (généralement de l'eau pour les applications biologiques) de manière à former des gouttes de second fluide qui sont ensuite transportées par le premier fluide. Les débits des deux fluides et la géométrie des microcanaux sont ajustés de manière à obtenir une taille et une fréquence désirées de formation de gouttes, qui dépendent aussi des viscosités des deux fluides.

Un tel dispositif comporte nécessairement des moyens de forçage tels qu'une pompe, permettant de faire circuler les deux fluides. La taille des gouttes étant fonction du débit de chaque fluide, il est nécessaire d'ajuster précisément les débits des fluides, ce qui peut rendre délicate la mise en œuvre de ce dispositif.

Une deuxième approche est celle de la microfluidique dite "digitale", dans laquelle les gouttes sont typiquement formées par électromouillage, en appliquant des tensions électriques différentes à différentes parties des gouttes.

La taille des gouttes formées à l'aide de cette technique est bien supérieure à celle des nanogouttes ou des microgouttes. Cette technique pose en outre le problème de la contamination entre gouttes et de l'évaporation des gouttes.

5 Enfin, il existe plusieurs approches pour produire des gouttes à la demande en éjectant rapidement du liquide à travers une aiguille ou un trou, à l'aide de dispositifs s'apparentant souvent aux systèmes d'imprimantes à jet d'encre, qui produisent des gouttes qui impactent une surface avec beaucoup d'énergie et qui génèrent des éclaboussures. Ces
10 dispositifs nécessitent de plus des moyens techniques coûteux, comme une source de haute tension ou des moteurs de précision.

Un second domaine technique concerne la science des matériaux, dans lequel plusieurs approches ont été développées afin de produire des mousses ou des émulsions, et donc des populations de bulles
15 ou de gouttes. Les applications sont diverses et concernent notamment l'industrie alimentaire et l'industrie cosmétique.

D'autres approches consistent à encapsuler des gouttes dans d'autres gouttes. Par exemple, un goutte d'eau peut être encapsulée dans une goutte d'huile, qui est elle-même contenue dans de l'eau. Toutes ces
20 approches nécessitent l'utilisation de moyens de forçage coûteux et difficiles à mettre en œuvre.

En outre, d'une manière générale, on vise à augmenter les débits de gouttes produites, tout en garantissant l'obtention de gouttes ou de bulles monodispersées, c'est-à-dire présentant une taille constante et
25 contrôlée.

L'invention a notamment pour but d'apporter une solution simple, efficace et économique à ces problèmes.

A cet effet, elle propose un dispositif de formation de gouttes dans un circuit microfluidique, caractérisé en ce qu'il comprend une
30 chambre contenant un premier fluide et délimitée par deux parois opposées qui divergent l'une par rapport à l'autre dans au moins une direction

donnée, et un microcanal qui contient un second fluide et qui débouche dans une zone amont de ladite chambre par rapport à la direction donnée, le débouché du microcanal dans la chambre comprenant une augmentation de la section de passage du second fluide et cette
5 augmentation provoquant la formation de gouttes du second fluide et leur détachement du second fluide contenu dans le microcanal.

Dans ce dispositif, le second fluide est soumis, au niveau du débouché du microcanal dans la chambre, à deux forces antagonistes, dues à la tension de surface. Une première force est un gradient d'énergie
10 de surface qui est dû au changement de la surface de la goutte quand elle se forme et qui tend à extraire le second fluide hors du microcanal, de manière à former un "doigt" de second fluide faisant saillie dans la chambre et rattaché au second fluide contenu dans le microcanal, puis à former une goutte en séparant le doigt du second fluide contenu dans le microcanal.

15 Une seconde force, agissant en sens contraire de la première et correspondant à la force capillaire, tend à maintenir le doigt de second fluide attaché au second fluide contenu dans le microcanal.

Le doigt précité se détache du second fluide contenu dans le microcanal lorsque la première force devient supérieure à la seconde force.
20 Or, la première force est notamment fonction, pour une géométrie donnée du microcanal et de la chambre, du volume du doigt de second fluide. Ainsi, en fonctionnement, le volume du doigt va augmenter progressivement, jusqu'à ce que la première force devienne supérieure à la seconde force et que le doigt se détache pour former une goutte.

25 La goutte est ensuite transportée par l'augmentation de section de la chambre, de l'amont vers l'aval.

On remarque qu'il n'est pas nécessaire que les premier et second fluide soient en circulation, l'important étant uniquement que le second fluide soit amené jusqu'au débouché du microcanal dans la
30 chambre. Il n'est donc pas nécessaire de prévoir des moyens de forçage des différents fluides. Le transport des gouttes du second fluide dans la

chambre résulte de l'augmentation de la section de passage. En effet, une goutte située dans une zone de faible section, dans laquelle elle a une forme écrasée, sera naturellement attirée par une zone de plus grande section, dans laquelle elle peut prendre une forme plus sphérique.

5 De plus, la taille des gouttes est sensiblement indépendante du débit du second fluide. Elle est essentiellement fonction de la section d'amenée du second fluide à l'entrée de la chambre et de la divergence desdites parois opposées de la chambre, c'est-à-dire fonction de paramètres géométriques figés et invariables dans le temps, la taille des
10 gouttes étant ainsi calibrée avec précision.

La taille des gouttes ne dépend pas non plus de la tension de surface, car la même tension de surface agit à la fois pour détacher les gouttes et pour les retenir. De cette façon, la taille des gouttes est indépendante de la nature exacte des fluides ou de leur éventuelle
15 contamination, et ne dépend que très faiblement de la viscosité des fluides.

Enfin, la taille des gouttes n'est pas non plus influencée par la géométrie des parois situées à distance du débouché du microcanal, de sorte que différentes formes de chambre peuvent être utilisées.

La chambre utilisée a par exemple une section sensiblement
20 rectangulaire dont la hauteur est comprise entre les deux parois opposées divergentes et dont la longueur est grande par rapport à la hauteur.

La longueur est ainsi par exemple supérieure à 10 fois la hauteur.

Bien entendu, la chambre peut présenter d'autres formes. En
25 particulier, les parois de la chambre peuvent diverger dans plus d'une direction. A titre d'exemple, la chambre peut présenter une forme sphérique ou ovoïde.

De manière préférée, la hauteur de la chambre au débouché du microcanal est inférieure au diamètre des gouttes à former.

30 Dans un premier mode de réalisation, le débit du premier fluide dans la chambre est sensiblement nul.

Dans une variante de réalisation, le débit du premier fluide dans la chambre est réglé à une valeur déterminée.

La divergence des deux parois opposées de la chambre correspond par exemple à une pente comprise entre 1 et 4 % environ d'une paroi par rapport à l'autre.

Bien entendu, ces valeurs ne sont données qu'à titre d'exemple, et la pente peut avoir une valeur infinitésimale ou une valeur de 100 %, correspondant à une paroi verticale par rapport à une paroi horizontale.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le dispositif comporte des moyens pour modifier localement la tension de surface du second fluide.

Ceci permet notamment d'ajuster la taille des gouttes produites par rapport à la taille qu'elles auraient sans modification de la tension de surface.

Dans une réalisation de l'invention, les moyens de modification de la tension de surface du second fluide comportent des moyens de chauffage du second fluide, par exemple par un faisceau laser appliqué localement ou par des électrodes intégrées au circuit microfluidique ou en utilisant un autre moyen de commande de la température.

Si l'on chauffe la zone située directement en amont du débouché du microcanal, la tension de surface tendant à retenir le second fluide dans le microcanal diminue et l'effort nécessaire pour tirer une goutte de second fluide hors du microcanal est plus faible. Le chauffage directement en amont du débouché tend donc à faire diminuer la taille des gouttes.

A l'inverse, si l'on chauffe la zone située directement en aval du débouché du microcanal, la tension de surface tendant à extraire le second fluide hors du microcanal est diminuée. Le chauffage directement en aval du débouché tend donc à faire augmenter la taille des gouttes.

De façon générale, le chauffage produit les mêmes effets que l'augmentation de section au débouché du microcanal, en ce qui concerne la formation des gouttes et leur détachement.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le dispositif
5 comporte plusieurs microcanaux débouchant dans la chambre. Les microcanaux peuvent contenir des fluides indépendants ou former des ramifications provenant d'un même canal situé en amont des microcanaux.

Selon une première variante, les microcanaux sont sensiblement parallèles les uns aux autres et débouchent d'un même côté
10 de la chambre.

Selon une seconde variante, la chambre est de forme annulaire, les microcanaux étant agencés en étoile et débouchant en périphérie interne de la chambre.

L'invention concerne en outre un procédé de formation de
15 gouttes d'un second fluide dans un premier fluide contenu dans un circuit microfluidique, caractérisé en ce qu'il consiste à amener le second fluide à l'entrée d'une chambre contenant le premier fluide, l'entrée de la chambre comportant deux parois opposées qui divergent à l'intérieur de la chambre, et à pousser le second fluide dans l'entrée de la chambre pour former à
20 l'intérieur de celle-ci une goutte du second fluide, cette goutte s'élargissant progressivement entre les deux parois divergentes opposées de la chambre jusqu'à se détacher à son extrémité amont de l'amenée du second fluide.

De manière préférée, le procédé consiste à régler la taille des
25 gouttes du second fluide par réglage de la section d'amenée du second fluide à l'entrée de la chambre et de la divergence desdites parois opposées de la chambre et/ou par modification de la tension de surface par chauffage par un faisceau laser ou par des électrodes intégrées au circuit microfluidique ou par un autre moyen de commande de la température.

L'invention sera mieux comprise et d'autres détails,
30 caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la

description suivante faite à titre d'exemple non limitatif en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe longitudinale du dispositif selon l'invention ;
- 5 - la figure 2 en est une vue en coupe transversale de ce dispositif dans laquelle les gouttes formées ne sont pas représentées ;
- la figure 3 est un diagramme représentant la taille des gouttes produites en fonction du débit du second fluide ;
- la figure 4 est une vue schématique d'une variante de
10 réalisation dans laquelle plusieurs microcanaux agencés en parallèle débouchent dans la chambre ;
- la figure 5 est une vue schématique d'une autre variante de réalisation dans laquelle les microcanaux forment des ramifications débouchant dans la chambre ;
- 15 - la figure 6 est une vue schématique d'une autre variante de réalisation dans laquelle la chambre est annulaire, les microcanaux étant agencés en étoile.

Les figures 1 et 2 représentent un dispositif de formation de gouttes 1 dans un circuit microfluidique, comprenant un corps 2 dans lequel
20 est ménagée une chambre 3 délimitée par deux parois latérales 4 parallèles et opposées et par deux parois longitudinales opposées 10, 11. La largeur L de la chambre 3, c'est-à-dire la distance entre les deux parois latérales 4 est de l'ordre de 2 mm par exemple. La chambre 3 comporte en outre une paroi de fond 5 en forme de pointe 6 dirigée vers une extrémité
25 opposée 7 de la chambre 3.

Le corps 2 comprend de plus un microcanal 8 dont une extrémité est reliée à un orifice de raccordement 9, notamment pour le raccordement d'une seringue ou d'une pipette, et dont l'autre extrémité débouche dans la chambre 3 au niveau de la pointe 6 de la paroi de fond 5.

30 La paroi longitudinale inférieure 10 de la chambre est une paroi plane et la paroi longitudinale supérieure 11 présente une partie

oblique 12 qui s'écarte progressivement de la paroi longitudinale inférieure 10 en direction de l'extrémité opposée 7 de la chambre 3. La divergence des deux parois opposées 10, 11 de la chambre 3 correspond par exemple à une pente comprise entre 1 et 4 % environ d'une paroi par rapport à l'autre.

De cette manière, la section de la chambre 3 augmente progressivement de la zone dans laquelle débouche le microcanal 8 vers l'extrémité opposée 7. La hauteur minimum h_1 de la chambre 3, c'est-à-dire la hauteur de la chambre 3 au niveau du débouché 13 du microcanal 8, est de l'ordre de 10 à 100 μm , et la hauteur maximum h_2 de la chambre 3, c'est-à-dire la hauteur de la chambre 3 au niveau de son extrémité ouverte 7, est de l'ordre de 20 à 1000 μm .

On peut associer à ce dispositif 1 des moyens pour modifier localement la tension de surface du second fluide, comprenant des moyens de chauffage du second fluide, par exemple par des électrodes intégrées au microcircuit ou en utilisant une commande externe de la température. La tension de surface diminue de façon linéaire avec la température de sorte que l'on peut pour une surface fixe changer l'énergie de surface (égale au produit de l'aire totale par la tension de surface) par chauffage par des électrodes, afin de produire les mêmes effets que l'augmentation de section au débouché du microcanal 8, avec un gradient décroissant de température à ce débouché.

Une variante de réalisation de l'invention est représentée en figure 4. Dans celle-ci, la chambre 3 présente une forme rectangulaire, et est raccordée à plusieurs microcanaux 8 sensiblement parallèles débouchant sur un même côté de la chambre 3.

Une autre variante est illustrée en figure 5, dans laquelle le dispositif comporte un réseau de microcanaux 8 comportant des ramifications, chaque ramification étant issue d'un même canal d'origine, situé en amont. Les différentes ramifications débouchent dans un même côté de la chambre 3.

Une dernière variante est visible en figure 6. Dans cette variante, la chambre 3 présente une forme annulaire et le dispositif comporte plusieurs microcanaux 8 agencés en étoile, s'étendant radialement depuis une même source 15 jusqu'à déboucher en périphérie interne de la chambre 3.

Ces variantes de réalisation permettent de former simultanément plusieurs trains de gouttes à l'intérieur d'une même chambre. Ceci est particulièrement utile lorsque l'on cherche à produire des populations de gouttes, contenant par exemple différents ingrédients. En fonction des besoins, les gouttes ainsi formées peuvent être manipulées ou extraites du dispositif sous la forme de mousse ou d'émulsion.

Le fonctionnement de ce dispositif de formation de gouttes va maintenant être détaillé.

La chambre 3 est remplie d'un premier fluide, par exemple de l'huile. On raccorde alors une seringue contenant un second fluide, par exemple de l'eau, à l'orifice de raccordement 9 puis on injecte de l'eau dans le microcanal 8 jusqu'à ce que celle-ci atteigne le débouché 13 du microcanal 8.

Comme indiqué précédemment, l'eau située au niveau du débouché 13 du microcanal 8 est soumise à deux forces antagonistes dues à la tension de surface. Une première force est due à un gradient d'énergie de surface qui tend à extraire l'eau hors du microcanal 8, en formant un doigt 14a qui fait saillie dans la chambre 3 et est rattaché à l'eau contenue dans le microcanal 8.

Une seconde force, opposée à la première et correspondant à la force capillaire, tend à maintenir le doigt 14a attaché à l'eau contenue dans le microcanal 8.

Le doigt 14a se détache lorsque la première force devient supérieure à la seconde force. Cette première force est fonction, pour une géométrie donnée du microcanal 8 et de la chambre 3, du volume du doigt 14a. Ainsi, en fonctionnement, le volume du doigt 14a augmente

progressivement, jusqu'à ce que la première force devienne supérieure à la seconde force et que le doigt se détache pour former une goutte 14b.

Les dimensions du microcanal 8 et l'élargissement de la section de la chambre 3 sont calculés de manière à obtenir une goutte 14
5 d'une taille déterminée. En particulier, la hauteur h_1 de la chambre 3 au débouché du microcanal doit être inférieure au diamètre des gouttes 14 à former.

Les gouttes d'eau 14b sont ainsi successivement formées dans la chambre, pourvu que de l'eau soit amenée au débouché 13 du
10 microcanal 8.

En fonction des besoins, un débit d'huile peut être imposé dans la chambre 3.

Les gouttes 14b formées au niveau du débouché 13 du microcanal 8 sont transportées naturellement en direction de l'extrémité
15 opposée 7 de la chambre 3, en raison de l'élargissement de leur section de passage dans la chambre. En effet, comme vu ci-dessus, une goutte 14b située dans une zone de faible section, dans laquelle elle prend une forme écrasée, sera naturellement attirée par une zone de plus grande section, dans laquelle elle peut prendre une forme plus sphérique et donc moins
20 contrainte. Comme cela est visible sur la figure 1, les gouttes 14b proches de la pointe 6 présentent un diamètre apparent d_1 plus grand que celui d_2 des gouttes 14b proches de la seconde extrémité 7, du fait de leur écrasement entre les parois 10 et 12.

La figure 3 est un graphe représentant la variation du
25 diamètre des gouttes 14b, mesuré à une position donnée, en fonction du débit d'eau arrivant par le microcanal 8. On remarque que cette variation est quasiment nulle même pour une grande variation du débit appliqué, ce qui montre que l'invention permet d'obtenir des gouttes 14 de taille calibrée, quelles que soit les conditions opératoires, simplifiant ainsi la mise en
30 œuvre d'un tel dispositif de formation de gouttes. Dans l'exemple représenté en figure 3, la taille des gouttes 14b est de l'ordre de quelques

centaines de micromètres mais une réduction des dimensions de ce dispositif 1 permettrait également d'obtenir des gouttes 14 d'une taille de quelques centaines de nanomètres, sans modification sensible de son fonctionnement.

- 5 Le fonctionnement du dispositif est notamment indépendant de la nature des fluides (gaz ou liquide) et de la valeur de la tension de surface.

REVENDICATIONS

1. Dispositif (1) de formation de gouttes (14) dans un circuit microfluidique, caractérisé en ce qu'il comprend une chambre (3) contenant un premier fluide et délimitée par deux parois opposées (10, 11) qui divergent l'une par rapport à l'autre dans au moins une direction donnée, et un microcanal (8) qui contient un second fluide et qui débouche dans une zone amont de ladite chambre (3) par rapport à la direction donnée, le débouché (13) du microcanal (8) dans la chambre (3) comprenant une augmentation de la section de passage du second fluide et cette augmentation provoquant la formation de gouttes (14) du second fluide et leur détachement du second fluide contenu dans le microcanal.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la chambre (3) a une section sensiblement rectangulaire dont la hauteur est comprise entre les deux parois opposées divergentes (10, 11) et dont la longueur est grande par rapport à la hauteur.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la hauteur (h_1) de la chambre (3) au débouché (13) du microcanal (8) est inférieure au diamètre des gouttes (14) à former.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le débit du premier fluide dans la chambre est sensiblement nul.

5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le débit du premier fluide dans la chambre (3) est réglé à une valeur déterminée.

6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la divergence des deux parois opposées (10, 11) de la chambre (3) correspond à une pente comprise entre 1 et 4 % environ d'une paroi par rapport à l'autre.

7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour modifier localement la tension de surface du second fluide.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens de modification de la tension de surface du second fluide comportent des moyens de chauffage du second fluide, par exemple par un faisceau laser appliqué localement ou par des électrodes intégrées au circuit microfluidique.

9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs microcanaux (8) débouchant dans la chambre.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que les microcanaux (8) sont sensiblement parallèles les uns aux autres et débouchent sur un même côté de la chambre (3).

11. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que la chambre (3) est de forme annulaire, les microcanaux (8) étant agencés en étoile et débouchant en périphérie interne de la chambre (3).

12. Procédé de formation de gouttes (14) d'un second fluide dans un premier fluide contenu dans un circuit microfluidique, caractérisé en ce qu'il consiste à amener le second fluide à l'entrée d'une chambre (3) contenant le premier fluide, l'entrée de la chambre (3) comportant deux parois opposées (10, 11) qui divergent à l'intérieur de la chambre (3), et à pousser le second fluide dans l'entrée de la chambre (3) pour former à l'intérieur de celle-ci une goutte (14) du second fluide, cette goutte s'élargissant progressivement entre les deux parois divergentes opposées (10, 11) de la chambre (3) jusqu'à se détacher à son extrémité amont de l'amenée du second fluide.

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il consiste à régler la taille des gouttes (14) du second fluide par réglage de la section d'amenée du second fluide à l'entrée de la chambre (3) et de la divergence desdites parois opposées (10, 11) de la chambre (3) et/ou par modification de la tension de surface par chauffage par un faisceau laser ou par des électrodes intégrées au circuit microfluidique.

1/2

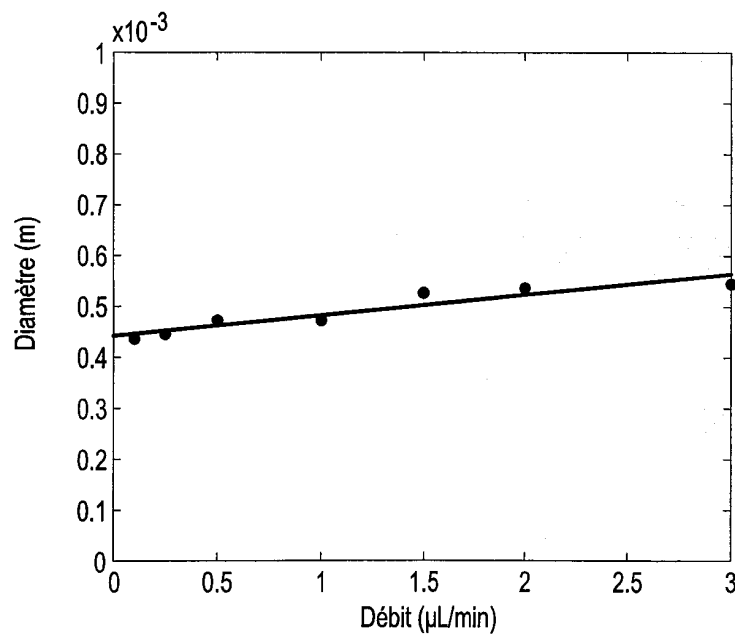
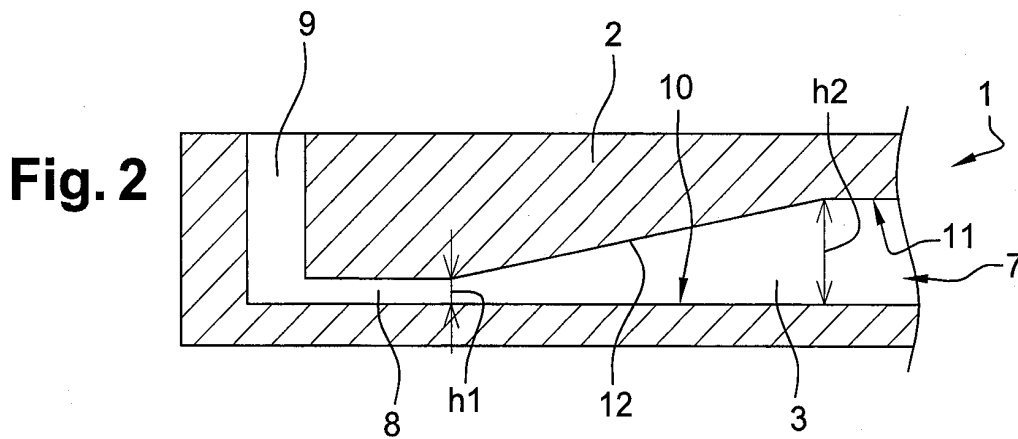
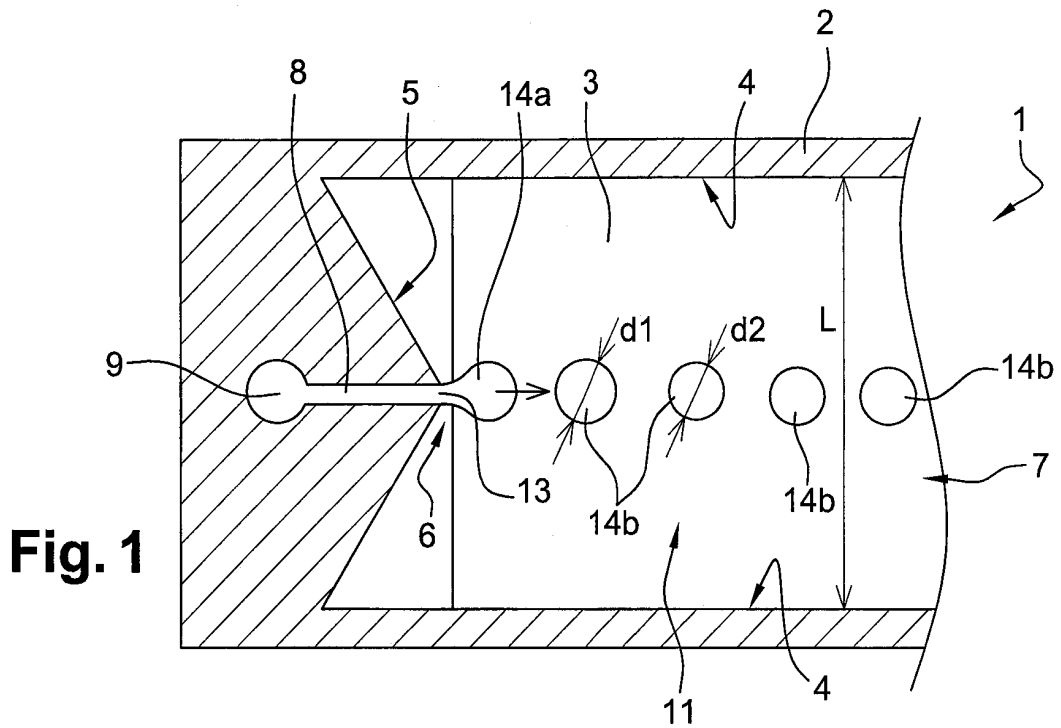


Fig. 4

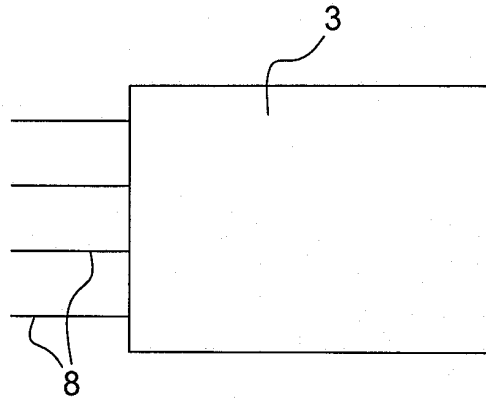


Fig. 5

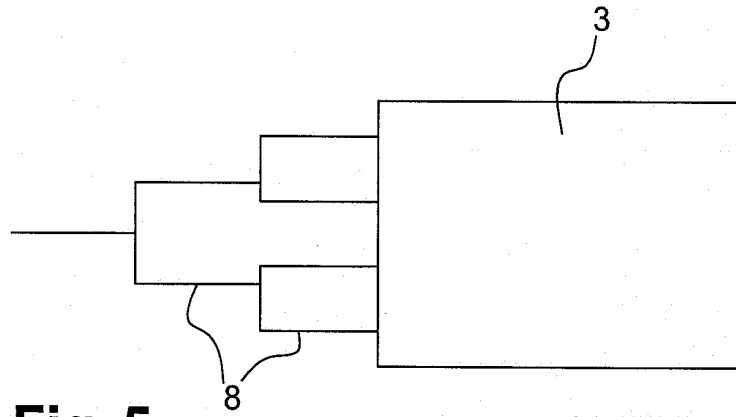
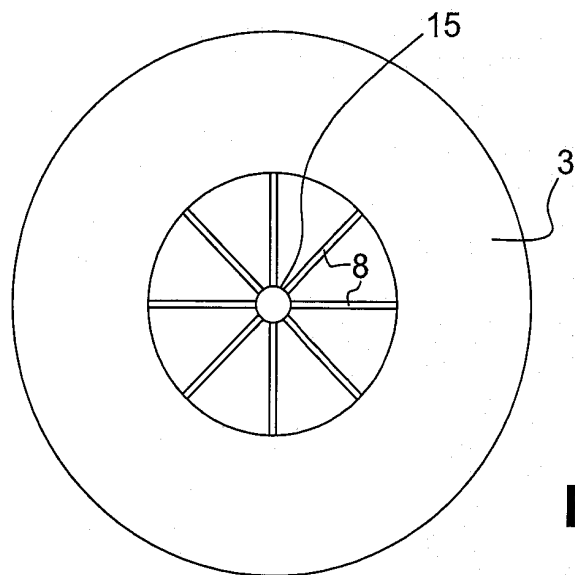


Fig. 6





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 737001
FR 1001298

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 2006/051329 A1 (LEE ABRAHAM P [US] ET AL LEE ABRAHAM PHILLIP [US] ET AL) 9 mars 2006 (2006-03-09) * figure 9 * * alinéas [0007], [0 50] * -----	1-13	B01J13/02 B81B1/00
X	WO 2009/048532 A2 (HARVARD COLLEGE [US]; STONE HOWARD A [US]; WAN JIANDI [US]; SULLIVAN M) 16 avril 2009 (2009-04-16) * figure 2B * * exemple 2 * -----	1-13	
X	YUNG-CHIEH TAN E A: "Controlled Microfluidic Encapsulation of Cells, Proteins, and Microbeads in Lipid Vesicles", JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, US, vol. 128, no. 17, 5 avril 2006 (2006-04-05), pages 5656-5658, XP002530562, ISSN: 0002-7863, DOI: DOI:10.1021/JA056641H [extrait le 2006-04-05] * figure 3a * * page 5656 - page 5658 * -----	1-13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B01J B81B
X	US 2009/098168 A1 (HETTIARACHCHI KANAKA [US] ET AL) 16 avril 2009 (2009-04-16) * figure 2 * * alinéa [0031] * -----	1-13	
X	WO 2010/033200 A2 (HARVARD COLLEGE [US]; WEITZ DAVID A [US]; AGRESTI JEREMY [US]) 25 mars 2010 (2010-03-25) * figure 9A * * exemple 1 * -----	1-13	

-/--			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
29 novembre 2010		Tarallo, Anthony	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 737001
FR 1001298

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	WO 2007/133710 A2 (RAINDANCE TECHNOLOGIES INC [US]; LINK DARREN R [US]; WEINER MICHAEL [U] 22 novembre 2007 (2007-11-22) * figure 4 * * page 28, ligne 14 - page 29, ligne 4 *	1-13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
X	CORDERO M-L ET AL: "Holographic control of droplet microfluidics", PROCEEDINGS OF THE SPIE, SPIE, BELLINGHAM, VA, US, vol. 7038, 10 août 2008 (2008-08-10), pages 70381J-1, XP007910334, ISSN: 0277-786X, DOI: DOI:10.1117/12.794855 * figure 7 * * pages 70381J-6 *	1-11	
X	MICHELE ZAGNONI; E.A.: "Electrically initiated upstream coalescence cascade of droplets in a microfluidic flow", PHYSICAL REVIEW E, vol. 80, no. 4, octobre 2009 (2009-10), pages 046303-1-046303-9, XP002611761, * figure 1 * * pages 046303-2 *	1-11	
X	CORDERO MARIA LUISA ET AL: "Thermocapillary manipulation of droplets using holographic beam shaping: Microfluidic pin ball", APPLIED PHYSICS LETTERS, AIP, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, MELVILLE, NY, US, vol. 93, no. 3, 24 juillet 2008 (2008-07-24), pages 34107-34107, XP012113187, ISSN: 0003-6951, DOI: DOI:10.1063/1.2952374 * figure 3 * * pages 034107-1 - pages 034107-3 *	1-11	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
29 novembre 2010		Tarallo, Anthony	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1001298 FA 737001**

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 29-11-2010

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 2006051329 A1	09-03-2006	AUCUN	

WO 2009048532 A2	16-04-2009	AUCUN	

US 2009098168 A1	16-04-2009	AUCUN	

WO 2010033200 A2	25-03-2010	AUCUN	

WO 2007133710 A2	22-11-2007	EP 2021113 A2	11-02-2009
		EP 2047910 A2	15-04-2009
		JP 2010506136 T	25-02-2010
		US 2008014589 A1	17-01-2008
		US 2008003142 A1	03-01-2008
		WO 2008063227 A2	29-05-2008
