

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication : **2 930 342**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **08 52601**

51) Int Cl<sup>8</sup> : **G 01 N 11/02 (2006.01), G 01 N 21/01, G 02 B 6/10**

12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

22) Date de dépôt : 17.04.08.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 23.10.09 Bulletin 09/43.

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) : *R.B.I. Société à responsabilité limitée*  
— FR.

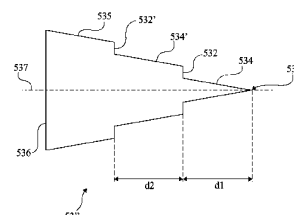
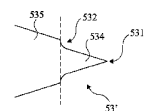
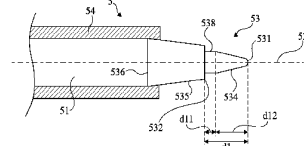
72) Inventeur(s) : BAGHAI RAMINE.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

54) **SONDE OPTIQUE POUR LA DETERMINATION DE GRANDEURS D'UN ECOULEMENT BIPHASIQUE.**

57) L'invention concerne une sonde optique (5), comportant une fibre optique (51) associée à une pointe conique (53) de base (536) circulaire, la pointe présente au moins un épaulement (532) de révolution. L'invention concerne également un procédé et un système de détermination de grandeurs caractéristiques d'un écoulement biphasique utilisant une telle sonde.



**FR 2 930 342 - A1**



**SONDE OPTIQUE POUR LA DÉTERMINATION DE GRANDEURS D'UN ÉCOULEMENT  
BIPHASIQUE**

Domaine de l'invention

L'invention concerne de façon générale les systèmes d'analyse de grandeurs caractéristiques d'un écoulement biphasique et, plus particulièrement, une sonde optique apte à fournir des signaux  
5 permettant de déterminer de telles grandeurs.

L'invention s'applique plus particulièrement à un système capable de déterminer, parmi les grandeurs caractéristiques, au moins le taux de présence, la vitesse d'écoulement ou la taille de bulles de gaz dans une phase liquide ou de gouttes d'une phase  
10 liquide dans une autre phase liquide, (par exemple, des gouttes d'eau dans de l'huile).

Exposé de l'art antérieur

On utilise généralement les propriétés optiques du milieu en écoulement pour mesurer des grandeurs caractéristiques d'un  
15 écoulement biphasique. Les dispositifs correspondant comportent généralement des sondes optiques dont des fibres optiques sont utilisées comme guide de lumière et qui utilisent les propriétés de réflexion et de transmission par l'interface entre les deux phases du milieu suivant la valeur de leurs indices de réfraction  
20 respectifs. La sonde se termine par une pointe conique destinée à

B8839

2

être disposée dans l'écoulement biphasique. Quand une bulle arrive sur l'extrémité de la pointe, les conditions de réflexion sont modifiées en raison du changement d'indice de réfraction du milieu en contact avec la pointe. En pratique, la variation d'indice entre un gaz et un liquide est de l'ordre de 30 % (de moins pour le liquide). Il en découle qu'en présence de gaz, une quantité de lumière plus faible sort de la pointe de la sonde. Par conséquent, le niveau de retour de la lumière dans la fibre optique est plus important. Grâce à la forme conique, le flux lumineux est concentré à l'extrémité de la pointe. Il en découle qu'un changement de milieu au niveau de l'extrémité de la pointe se traduit par un brusque changement du flux lumineux de retour. Un dispositif de mesure connecté à l'autre extrémité de la fibre optique permet de détecter ce changement et de le traduire en signal électrique. L'interprétation de ce signal permet de déterminer que la pointe a traversé une bulle dans l'écoulement.

Une mesure continue sur un intervalle de temps donné permet de déterminer une grandeur dite "taux de vide" ou "taux de présence" de l'écoulement qui représente le rapport du volume gazeux sur le volume total.

Pour déterminer des grandeurs telles que la vitesse de l'écoulement et la taille des bulles, on utilise généralement deux sondes.

La figure 1 représente de façon très schématique un exemple d'un système utilisant deux sondes 1 et 1'. Chaque sonde 1, 1' comporte une fibre optique 11, 11' dont une première extrémité est raccordée par un connecteur optique 12, 12' à un boîtier 2. Ce boîtier 2 comporte deux sources de lumière 21 et 21' aptes à émettre de la lumière au départ des deux fibres optiques respectives 11 et 11'. Deux lames semi-transparentes 22 et 22' sont respectivement associées à chaque trajet lumineux de façon à renvoyer vers des photorécepteurs 23 et 23' le flux réfléchi par chaque fibre optique. Chaque fibre optique 11, 11' reçoit à son extrémité une pointe 13, 13', par exemple en verre, et des gaines 14 et 14' entourent généralement les fibres optiques 11

B8839

3

et 11' en laissant libre les pointes 13 et 13'. Les pointes 13 et 13' sont destinées à être placées dans l'écoulement biphasique à mesurer. En pratique, ces pointes sont généralement placées dans un tube ou conduit 3 dans lequel s'écoule le fluide, la  
5 traversée de la paroi du conduit s'effectuant par l'intermédiaire d'éléments d'étanchéité 31 et 31'.

Les signaux récupérés par les photorécepteurs 23 et 23' sont, le cas échéant après prétraitement, transmis à un dispositif de traitement 4, par exemple, de type microordinateur  
10 pourvu d'une unité centrale 41 et de périphériques d'entrée/sortie (par exemple écran 42, clavier 43, souris 44, etc.).

Les deux pointes 13 et 13' sont placées sur une même ligne de l'écoulement dont le sens est symbolisé par une flèche F pour qu'une bulle gazeuse g atteignant la première pointe 13'  
15 dans le sens de l'écoulement ait de fortes chances d'atteindre ensuite la deuxième pointe 13.

La figure 2 illustre, sous forme de chronogrammes, un exemple d'allure de signaux électriques S' et S fournis par les photodétecteurs 23' et 23. Lorsqu'une bulle g est "embrochée"  
20 par l'extrémité de la pointe 13', la seule modification sur la lumière sortant de la pointe est liée à la variation d'indice du milieu entre le liquide et le gaz (l'angle d'attaque du flux lumineux sur l'intérieur de la pointe depuis la fibre optique reste inchangé). La diminution d'indice entre forme liquide et  
25 forme gazeuse provoque une brusque élévation de la quantité de lumière réfléchiée et captée par le photodétecteur. Cela se traduit sur le signal S' par un créneau d'amplitude plus élevée. La durée T' du créneau dépend de la taille de la bulle et l'écart R entre les créneaux respectifs sur les signaux S et S'  
30 dépend de la distance d (figure 1) entre les pointes et de la vitesse de l'écoulement. Connaissant la distance d entre les pointes, l'écart temporel R entre les deux créneaux dans les signaux S et S' permet d'obtenir la vitesse de l'écoulement  $V = d/R$ . En pratique, pour tenir compte des turbulences dans

B8839

4

l'écoulement, les signaux sont traités par des algorithmes d'autocorrélation statistiques pour déterminer la vitesse.

Connaissant la vitesse de l'écoulement, on peut alors déterminer la taille des bulles en exploitant le fait que les  
5 pointes 13 et 13' des sondes 1 et 1' ne coupent pas forcément la bulle sur un diamètre mais plus probablement sur une corde.

Tous ces calculs statistiques sont effectués par des outils informatiques.

Pour des applications à haute pression et haute  
10 température, les pointes utilisées sont généralement en saphir. Le saphir est préféré aux pointes en verre collées sur les extrémités des fibres optiques car il peut être soudé à du métal (donc sur la gaine entourant la fibre optique) alors que les pointes en verre qui ne peuvent être que collées par un liant  
15 optique ne tiennent pas pour des pressions et températures élevées (plus de 80° C et plus de 0,5 MégaPascal). Une pointe en saphir convient jusqu'à des températures de plusieurs centaines de degrés et des pressions allant jusqu'à 15 à 20 MégaPascals.

Un inconvénient des systèmes à deux sondes réside dans  
20 le doublement des éléments donc des coûts.

Un autre inconvénient est que ces systèmes requièrent un étalonnage particulier lors de la mise en place en raison de l'écart entre les pointes qui doit être connus de façon précise pour l'exploitation des mesures.

#### 25 Résumé de l'invention

Il serait souhaitable de pouvoir mesurer les grandeurs caractéristiques d'un écoulement biphasique et notamment la vitesse d'écoulement en utilisant une seule sonde optique.

Il serait également souhaitable de disposer d'une  
30 sonde optique supportant des pressions et températures élevées.

Pour atteindre tout ou partie de ces objets ainsi que d'autres, il est prévu une sonde optique comportant une fibre optique associée à une pointe conique de base circulaire, dans laquelle la pointe présente au moins un épaulement de révo-  
35 lution.

B8839

5

Selon un mode de réalisation, la pointe est en saphir ou en diamant.

Selon un mode de réalisation, une portion cylindrique est présente au niveau de l'épaulement.

5 Selon un mode de réalisation, l'épaulement provoque un changement de section représentant entre 10 et 50 % du diamètre au niveau de cet épaulement.

10 Selon un mode de réalisation, la fibre optique est gainée d'une gaine métallique à laquelle la pointe est tenue par soudure.

Selon un mode de réalisation, la base de la pointe est à une extrémité de la fibre optique.

15 Selon un mode de réalisation, la pointe se prolonge par d'une portion cylindrique rigide dont l'extrémité est à une extrémité de la fibre optique.

20 Il est également prévu un procédé de détermination de grandeurs caractéristiques d'un écoulement biphasique exploitant un signal représentatif d'un flux lumineux réfléchi par une sonde optique, comportant au moins une étape de détermination, à l'apparition d'un créneau dans ce signal, de la durée d'une première marche représentative de la longueur d'un tronçon de la pointe.

Selon un mode de mise en oeuvre, ladite détermination sert à obtenir la vitesse de l'écoulement.

25 Selon un mode de mise en oeuvre, la connaissance de la vitesse et de la durée totale du créneau sert à déterminer la taille de la bulle.

30 Il est également prévu un système de détermination de grandeurs caractéristiques d'un écoulement biphasique, comportant :

au moins une sonde optique ;

au moins une interface optique pourvue de moyens d'émission d'un flux lumineux en regard de l'extrémité de la fibre optique opposée à la pointe, et d'un photodétecteur du flux lumineux en retour ; et

B8839

6

des moyens de traitement d'au moins un signal fourni par le photodétecteur.

Selon un mode de réalisation, le système est appliqué à des écoulements biphasiques à haute pression ou à haute température.

#### Brève description des dessins

Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

Les figures 1 et 2 qui ont été décrites précédemment sont destinées à exposer l'état de la technique ;

la figure 3 est une vue schématique en coupe transversale d'un mode de réalisation d'une pointe de sonde optique ;

la figure 4 est une représentation schématique d'un dispositif de mesure de grandeurs caractéristiques d'un écoulement biphasique ;

les figures 5A et 5B illustrent le fonctionnement du dispositif de la figure 4 ;

la figure 6 est une vue en coupe transversale d'un autre mode de réalisation d'une pointe d'une sonde optique ;

la figure 7 représente partiellement des variantes de réalisation d'une pointe d'une sonde optique ;

la figure 8 représente un autre mode de réalisation d'une pointe d'une sonde optique ; et

la figure 9 représente un autre mode de réalisation d'une sonde optique dans son environnement fonctionnel.

De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références aux différentes figures.

#### Description détaillée

Par souci de clarté, seuls les éléments utiles à la compréhension de l'invention ont été représentés et seront décrits. En particulier, l'interprétation et l'exploitation des mesures n'ont pas été détaillées, l'invention étant compatible avec les outils usuels d'interprétation et d'exploitation de mesures dans

un écoulement biphasique. De plus, les différents types d'écoulement auxquels peut s'appliquer l'invention n'ont pas non plus été détaillés, l'invention étant là encore compatible avec toute application usuelle d'une sonde optique de détermination de grandeurs dans un écoulement biphasique.

La figure 3 est une vue partielle en coupe d'un mode de réalisation d'une sonde optique 5 côté pointe.

La figure 4 représente de façon très schématique un mode de réalisation d'un système de détermination de grandeurs caractéristiques d'un écoulement biphasique utilisant une pointe du type de celle illustrée en figure 3.

Dans cet exemple, la sonde comporte comme précédemment une fibre optique 51 entourée d'une gaine 54 jusqu'à une extrémité à laquelle est rapportée une pointe 53 destinée à se trouver en présence de l'écoulement biphasique à mesurer.

L'autre extrémité (non représentée en figure 3) de la fibre optique 51 est destinée à être raccordée à un boîtier d'interface 6 (figure 4). Ce boîtier comporte une source optique 63 placée en regard du départ de la fibre optique 51. Une lame semiréfléchissante est placée sur le parcours du flux lumineux. Le cas échéant, un dispositif de focalisation (non représenté) est intercalé sur le trajet optique. Le niveau de retour de la lumière réfléchi par la lame semitransparente 62 est, le cas échéant après que la lumière ait été également focalisée par un dispositif à lentilles (non représenté), détecté par un photorécepteur 61. Ce photorécepteur 61 est associé à un circuit de mise en forme qui délivre un signal S (par exemple une tension) représentant la variable caractéristique de phase de l'écoulement. Cette variable décrit l'écoulement biphasique et définit, en un point et un instant donné, si ce point se trouve dans une phase ou dans une autre.

Le signal S est exploité de façon usuelle par un système de traitement numérique 4 (non représenté en figure 4), par exemple un microordinateur.

B8839

8

La pointe 53 de la sonde 5 a une forme particulière en ce qu'elle présente, à une distance  $d_1$  de son extrémité libre 531, un épaulement 532 ou changement de section dans sa forme générale conique à base circulaire. Cet épaulement 532 sépare une partie d'extrémité ou tête 534 de la pointe 53 d'une partie ou pied 536 dont la base circulaire est rapportée à l'extrémité de la fibre optique 51. L'angle  $\alpha$  du cône est de préférence le même pour les deux tronçons 534 et 535 de la pointe.

D'un point de vue structurel, la pointe 53 est en saphir ou en diamant, ce qui permet un usinage de l'épaulement 532 de révolution circulaire qui ne serait pas possible avec la fibre optique elle-même ou avec du verre, en raison du faible diamètre en jeu. En effet, le diamètre de la fibre 51 est de quelques centaines de micromètres (par exemple entre 200 et 800 micromètres).

Comme l'illustre la figure 4, la sonde 5 est placée dans l'écoulement biphasique (dans la conduite 3) de façon usuelle en traversant un élément d'étanchéité 31. Toutefois, dans cet exemple où la sonde pénètre transversalement dans un tronçon rectiligne de la conduite, la sonde 5 est conformée de telle sorte que l'axe 537 de la pointe conique 53 est approximativement parallèle à la direction (flèche F, figure 4) de l'écoulement, et que son extrémité libre 531 soit orientée pour faire face à la direction de l'écoulement.

Dans le cas où l'interface fibre-pointe est située à l'intérieur du conduit 3, et pour résister aux pressions et températures élevées auxquelles est particulièrement destinée la sonde optique, on profite de la possibilité de souder le saphir sur une gaine métallique 54 de sorte que cette gaine dépasse de l'extrémité de la fibre optique pour entourer le début de la base de la pointe 53 et y être soudée en périphérie. En variante, si les températures le permettent, la pointe est tenue par un liant optique (par exemple, une résine époxy) entre l'extrémité de la fibre optique et la base 536 du saphir. L'écart entre l'extrémité libre 541 de la gaine métallique et

l'épaulement 532 définit une deuxième distance  $d_0$  de la pointe conique 53. Cette distance  $d_0$  entre le changement de section et la base de la pointe (donc l'extrémité de la fibre optique) ou entre ce changement de section et l'extrémité libre 541 de la gaine 54 n'influence pas le fonctionnement.

Les figures 5A et 5B illustrent le fonctionnement de la pointe de la figure 3. La figure 5A représente un exemple d'allure d'un signal de tension  $S$  fourni par le boîtier d'interface 6 à l'apparition d'une bulle de gaz  $g$  embrochée par la pointe 53. La figure 5B illustre schématiquement trois positions successives de la bulle de gaz.

Comme précédemment, le changement d'indice, lorsque la bulle de gaz est embrochée (situation gauche de la figure 5B) par l'extrémité 531 du tronçon d'extrémité 534 de la pointe 53, provoque une augmentation brusque du niveau du signal  $S$  vers une première tension  $V_1$ . Tant que la bulle n'a pas atteint l'épaulement 532 (dans l'exemple, pendant une durée  $T_1$ ), le niveau reste approximativement stable. Puis, lorsque la bulle  $g$  atteint l'épaulement 532 (situation centrale de la figure 5B), la partie du flux lumineux qui sort de la pointe 53 par la singularité de l'épaulement (qui crée une deuxième zone de concentration du flux) subit le changement d'indice de réfraction. Par conséquent, la quantité de lumière réfléchie subit un changement suffisamment important pour être détecté. Le signal  $S$  passe alors à un deuxième niveau supérieur  $V_2$ . Tant que la pointe reste dans la bulle, le niveau du signal  $S$  reste approximativement stable au niveau  $V_2$  (dans l'exemple, pendant une durée  $T_2$ ). Dès que la bulle  $g$  libère l'extrémité 531 de la pointe (situation droite de la figure 5B), le niveau du signal  $S$  redevient à  $V_0$ . En pratique, et selon la proportion du flux qui est concentrée à l'arête de l'épaulement 532, le niveau peut ne redescendre qu'à un niveau  $V_0'$  (en pointillé en figure 5A) intermédiaire entre les niveaux  $V_0$  et  $V_1$  (plus proche de  $V_0$ ). Toutefois, ce niveau sera le plus souvent assimilé à du bruit et filtré par les

circuits électroniques d'interprétation des mesures, voire par le photodétecteur lui-même.

La durée totale  $T$  du créneau du signal  $S$  représente la durée pendant laquelle la pointe est dans la bulle de gaz. La première marche  $M1$  du créneau est présente pendant une durée  $T1$  représentative de la durée pendant laquelle la bulle  $g$  n'est embrochée que sur la tête 534 de la pointe 53. La deuxième marche  $M2$  est présente pendant une durée  $T2$  représentant la durée pendant laquelle la pointe est dans la bulle de gaz par ses deux tronçons.

La différence de niveau  $h$  entre les niveaux de tension  $V2$  et  $V1$  est fonction de l'importance  $e$  (figure 3) du changement de section de la pointe. Plus ce changement de section est grand, plus la différence de niveau  $h$  est importante.

Les dimensions de la pointe sont choisies en fonction de la taille moyenne des bulles attendues dans l'écoulement. La pointe doit en effet être suffisamment fine pour "embrocher" les bulles.

Un angle  $\alpha$  au sommet de la pointe 53 compris entre 10 et 30° (de préférence entre 15 et 20°) convient à la plupart des applications. L'angle  $\alpha$  n'a pas besoin d'être modifié par rapport aux sondes usuelles.

Un épaulement 532 provoquant un changement de section représentant entre environ 10 et 50 % (de préférence entre 20 et 40 %) du diamètre de la pointe conique au niveau de l'épaulement permet une interprétation correcte dans la plupart des cas. Plus ce pourcentage est faible, plus le signal  $S$  présente une faible différence de hauteur  $h$  entre les marches  $M1$  et  $M2$ , donc risque d'être pollué par du bruit.

Alors qu'avec une pointe conique usuelle, il n'était pas possible de mesurer la vitesse d'écoulement, la structure particulière de la pointe prévue permet, dans une sonde mono-fibre et monopointe, de déduire aisément la vitesse de l'écoulement. En effet, connaissant la distance  $d1$  (la hauteur de la tête 534 de la pointe 53), la mesure de l'intervalle temporel

B8839

11

T1, qui correspond au temps que met la corde de la bulle embrochée par l'extrémité 531 de la pointe 53 pour atteindre l'épaulement 532, permet de déduire la vitesse de l'écoulement ( $V = d1/T1$ ). Par suite, l'exploitation de la durée totale T du créneau dans le niveau de tension S permet de déterminer, en utilisant les outils habituels de corrélation statistique et de correction mathématique pour passer de la mesure d'une corde d'une sphère à la détermination de son diamètre, la taille des bulles de gaz.

10 On notera que la distance d1 doit être déterminée de façon précise et peut, selon les tolérances d'usinage, requérir un étalonnage. Toutefois, il ne s'agit pas d'un étalonnage en situation mais d'une mesure de dimensions sur la pointe elle-même.

15 La distance d0 n'a pas d'importance. Elle se déduit de la distance d1, du diamètre de la base de la pointe, de l'angle au sommet de la forme conique et de la profondeur d'enfoncement de la pointe dans la gaine 54. La distance d0 sera généralement plus liée à des contraintes mécaniques de fabrication.

20 Un avantage qu'il y a à prévoir un épaulement de révolution (faisant tout le tour de la pointe) par rapport à une simple encoche ponctuelle est que cela permet de détecter une bulle qui est embrochée par une corde proche de sa périphérie et qui risquerait autrement de ne pas franchir l'encoche.

25 Selon un exemple particulier de réalisation, une pointe 53 en saphir peut être réalisée avec les dimensions suivantes :

diamètre de la base 536 correspondant au diamètre de l'extrémité de la fibre optique 51 de quelques centaines de micromètres, par exemple de l'ordre de 400 microns ;

30 longueur d1 du tronçon d'extrémité 534 de quelques centaines de micromètres (par exemple d'environ 500 micromètres) ;

écart  $e$  de rayon entre les bases respectives de la pointe conique (largeur de l'épaulement 532) de quelques dizaines de micromètres (par exemple de l'ordre de 20 micromètres) ; et

la figure 6 représente partiellement un autre mode de réalisation d'une sonde 5' dans laquelle la pointe 53' présente, entre sa tête 534 et son pied 535, une portion 538 cylindrique de diamètre constant.

La figure 7 représente partiellement un détail d'une pointe 53' au niveau du changement de section 532 pour illustrer deux variantes.

Une première variante est au niveau de l'épaulement 532 qui, pour des raisons d'usinage, peut être non abrupt mais avoir un certain rayon (par exemple de quelques micromètres à quelques dizaines de micromètres).

Une autre variante est que l'extrémité libre 531' du tronçon 534 est en pointe plutôt que d'être arrondie comme aux figures 3 et 6. Une pointe arrondie peut être nécessaire pour des questions d'usinage mais une pointe 531' non émoussée améliore la résolution de la sonde. A titre d'exemple particulier, le rayon d'extrémité 531 de la pointe 53 des figures 3 et 6 est de quelques dizaines de micromètres (par exemple, d'une valeur comprise entre 25 et 50 micromètres) avec les dimensions données précédemment.

La figure 8 représente un autre mode de réalisation d'une pointe 53'' présentant un autre changement de section dans sa hauteur. Ce deuxième épaulement 532' se traduit par une autre marche dans le signal S. Une connaissance précise de la distance  $d_2$  entre les deux épaulements 532 et 532' et la mesure du temps entre les deux marches correspondantes du signal peut remplacer la mesure à partir du tronçon d'extrémité 534. On peut également exploiter les mesures liées aux deux tronçons (intermédiaire 534' et d'extrémité 534), ce qui ouvre d'autres voies d'interprétation et la porte à de nouvelles applications et mesures de grandeurs caractéristiques.

La figure 9 représente un autre mode de réalisation d'un sonde optique 5' dans son environnement fonctionnel (conduite 3). Pour simplifier, l'interface optique 6 et le système de traitement 4 n'ont pas été illustrés.

5                    Selon ce mode de réalisation, la pointe 53 est prolongée par une portion cylindrique 52 en saphir. Par exemple, on utilise une baguette pleine cylindrique en saphir dont une extrémité est usinée en forme de pointe 53 (ou une de ses variantes, par exemple 53' 53"). La baguette cylindrique 52 est  
10 obtenue, par exemple, par tirage, puis coupée à la longueur souhaitée et usinée à une de ses extrémités pour former la pointe 53. La sonde 5' comporte donc une fibre optique 51 à l'extrémité de laquelle est rapportée la portion cylindrique 52. La longueur de la portion cylindrique 52 prolongeant la pointe est choisie  
15 pour que l'interface fibre-saphir soit à l'extérieur du conduit 3 dans lequel circule l'écoulement. Cela permet de déporter le point chaud en cas de températures élevées. L'interface fibre-saphir se retrouve donc dans un environnement moins contraignant en température et en pression. Cela permet notamment de simplifier l'assemblage (un liant optique peut alors suffire). La  
20 seule contrainte est que la baguette en saphir n'est pas déformable. La sonde 5' ne peut donc pas être placée dans un tronçon rectiligne du conduit 3. Soit, comme cela est représenté, on profite d'un coude 33 du conduit pour introduire la sonde. Soit,  
25 on utilise un des accès d'extrémité de la conduite. On notera que, même avec une sonde des autres modes de réalisation décrits dont la base de la pointe est directement rapportée à l'extrémité de la fibre optique, cette sonde peut être rectiligne en respectant les conditions ci-dessus qui permettent de la placer  
30 approximativement dans le sens de l'écoulement.

Le saphir constitue un matériau préféré par rapport au diamant en raison de sa meilleure transparence. Le diamant peut toutefois être utilisé mais requiert plus d'énergie à l'émission du signal lumineux car il est légèrement plus opaque.

Il est désormais possible de mesurer des grandeurs caractéristiques d'un flux biphasique au moyen d'une seule sonde monofibre et monopointe en obtenant des grandeurs de type vitesse d'écoulement et taille de bulles.

5 Un autre avantage est que la sonde réalisée est compatible avec des pressions et températures élevées.

Bien que l'invention ait été décrite en relation avec un exemple de détection de bulles de gaz dans un écoulement liquide, elle s'applique plus généralement à tout écoulement  
10 biphasique. En particulier, le niveau de repos du signal S d'interprétation peut être choisi pour correspondre à la phase majoritaire (gaz/liquide ou liquide/liquide) et le sens des créneaux peut alors être inversé.

Divers modes de réalisation ont été décrits. Diverses  
15 variantes et modifications sont à la portée de l'homme du métier. En particulier, le choix des dimensions de la pointe dépend non seulement du type de milieu biphasique qui, comme pour les pointes usuelles, conditionne notamment l'angle  $\alpha$  pour obtenir un signal exploitable, mais également des tailles de bulles, et  
20 vitesse d'écoulement attendues ainsi que des circuits électroniques utilisés. Les limites dimensionnelles sont plus précisément liées aux contraintes d'usinage. Par ailleurs, bien qu'une seule sonde suffise, on peut envisager l'utilisation de deux sondes telles que décrites ci-dessus en respectant que  
25 leurs pointes respectives soit orientées au moins approximativement pour recevoir l'écoulement (un angle allant de 0 à 30 ° convient encore moyennant des corrections de traitement du signal). L'utilisation de plusieurs sondes peut faciliter les corrélations statistiques effectuées pour obtenir les grandeurs  
30 caractéristiques de l'écoulement. La pointe biconique décrite peut également être associée à des pointes usuelles dans une sonde multipointes servant généralement à évaluer la turbulence de l'écoulement. Si plusieurs sondes sont utilisées, l'interface optique doit bien entendu être adaptée ou plusieurs interfaces  
35 doivent être utilisées et les moyens de traitement doivent

également être adaptés à plusieurs signaux. De telles adaptations ne posent toutefois pas de difficulté en s'inspirant des systèmes multisondes usuels.

Enfin, la mise en oeuvre pratique de l'invention est à la portée de l'homme du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus, que ce soit pour la réalisation de la pointe ou pour l'interprétation des signaux obtenus.

**REVENDICATIONS**

1. Sonde optique (5, 5'), comportant une fibre optique (51) associée à une pointe conique de base (536) circulaire, caractérisée en ce que la pointe (53, 53', 53'') présente au moins un épaulement (532, 532') de révolution.

5           2. Sonde selon la revendication 1, dans laquelle la pointe (53, 53', 53'') est en saphir ou en diamant.

3. Sonde selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle une portion cylindrique (538) est présente au niveau de l'épaulement (532).

10           4. Sonde selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle l'épaulement (532, 532') provoque un changement de section représentant entre 10 et 50 % du diamètre au niveau de cet épaulement.

15           5. Sonde selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle la fibre optique (51) est gainée d'une gaine métallique (541) à laquelle la pointe (53) est tenue par soudure.

20           6. Sonde (5) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle la base (536) de la pointe (53, 53', 53'') est à une extrémité de la fibre optique (51).

7. Sonde (5') selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle la pointe (53, 53', 53'') se prolonge par d'une portion cylindrique rigide (52) dont l'extrémité est à une extrémité de la fibre optique (51).

25           8. Procédé de détermination de grandeurs caractéristiques d'un écoulement biphasique, exploitant un signal (S) représentatif d'un flux lumineux réfléchi par une sonde optique (5, 5') conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une étape de détermination, à l'apparition d'un créneau dans ce signal, de la durée (T1) d'une première marche (M1) représentative de la longueur (d1) d'un tronçon (534, 534') de la pointe (53, 53', 53'').

30

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel ladite détermination sert à obtenir la vitesse de l'écoulement.

10. Procédé selon la revendication 8, dans lequel la connaissance de la vitesse et de la durée totale (T) du créneau sert à déterminer la taille de la bulle.

11. Système de détermination de grandeurs caractéristiques d'un écoulement biphasique, caractérisé en ce qu'il comporte :

10 au moins une sonde optique (5, 5') conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 5 ;

au moins une interface optique (6) pourvue de moyens (63) d'émission d'un flux lumineux en regard de l'extrémité de la fibre optique (51) opposée à la pointe (53, 53', 53''), et d'un photodétecteur (61) du flux lumineux en retour ; et

15 des moyens (4) de traitement d'au moins un signal (S) fourni par le photodétecteur.

12. Système selon la revendication 11, appliqué à des écoulements biphasiques à haute pression ou à haute température.

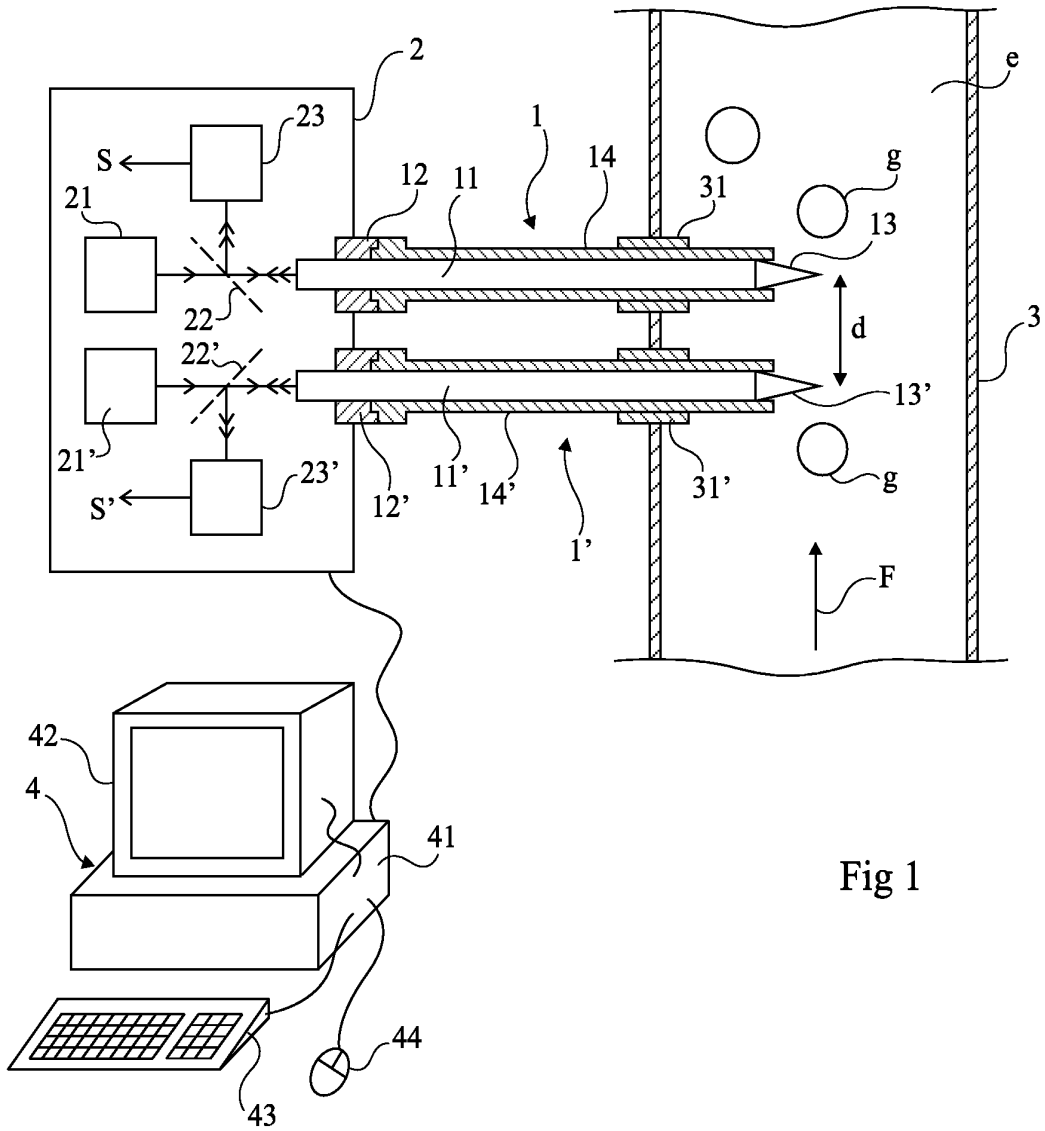


Fig 1

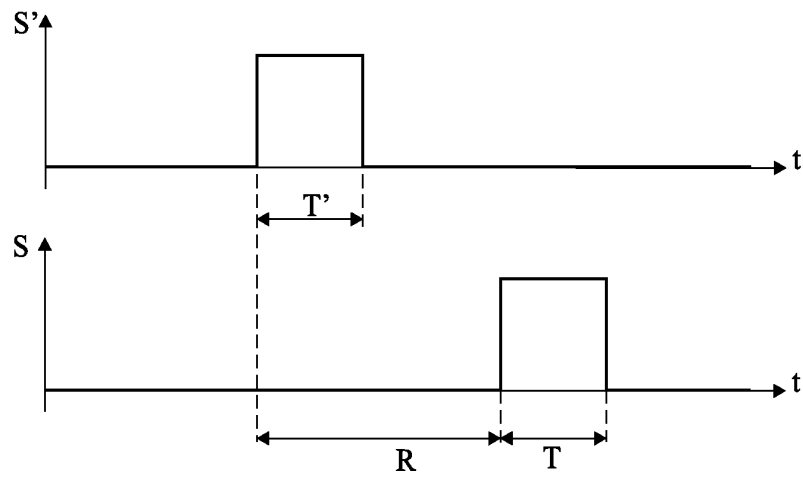


Fig 2

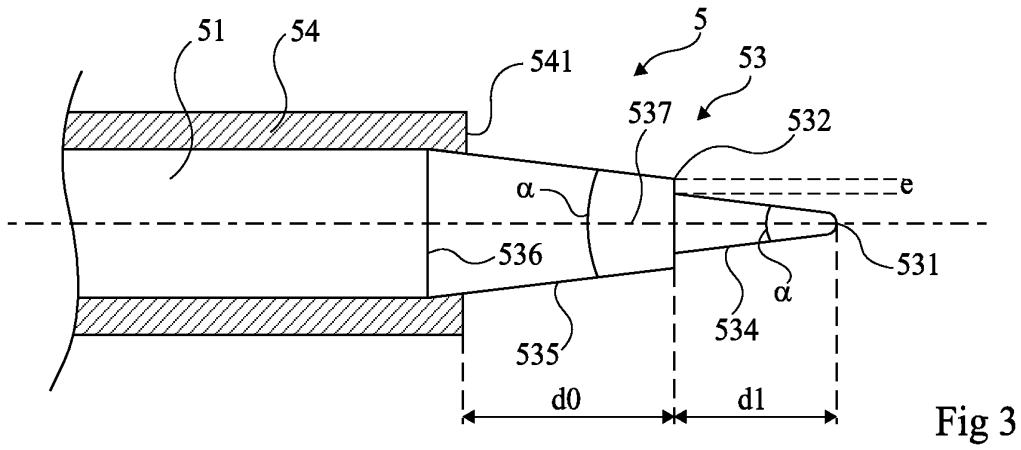


Fig 3

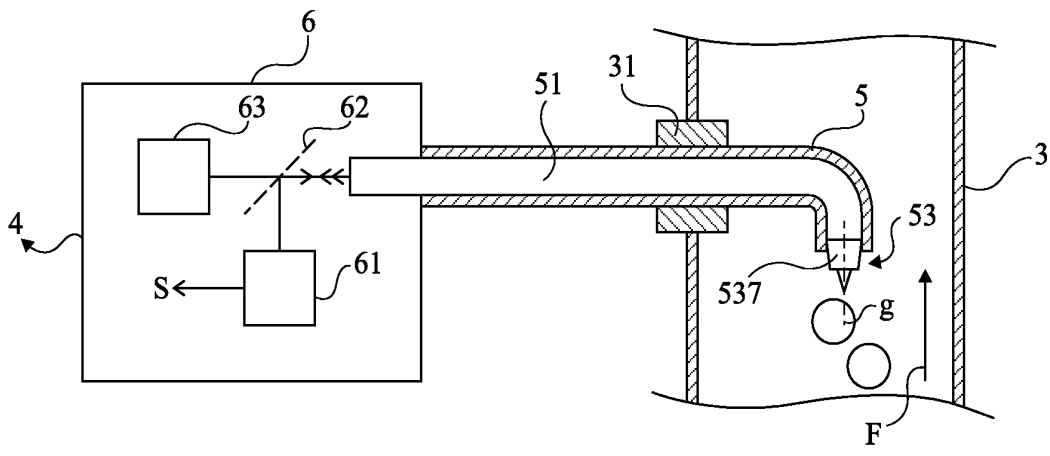


Fig 4

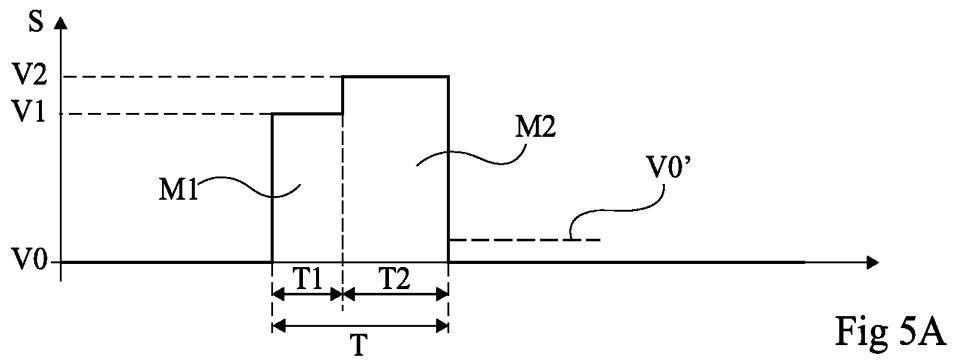


Fig 5A

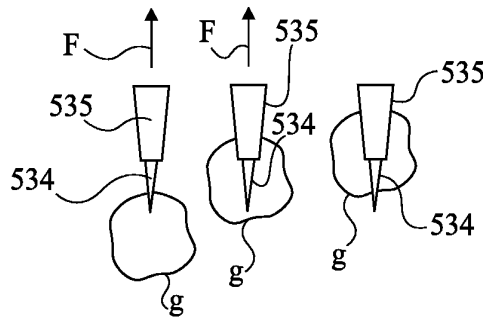


Fig 5B

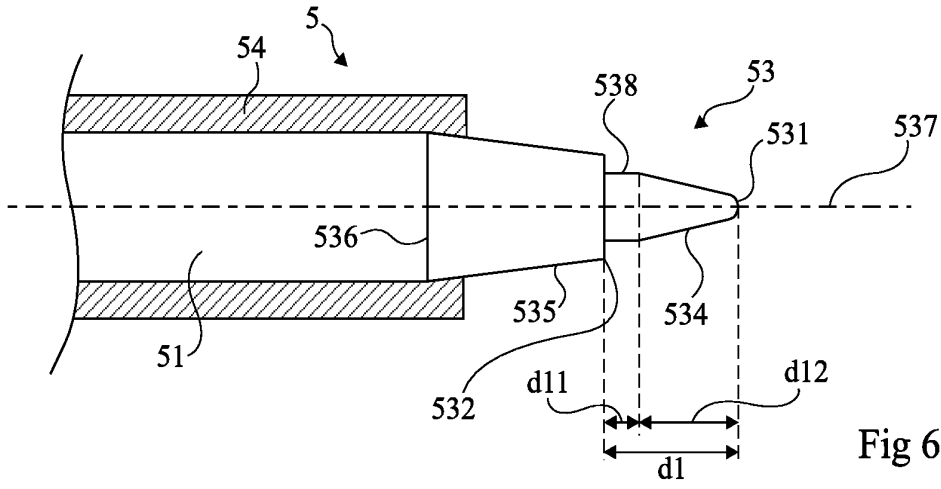


Fig 6

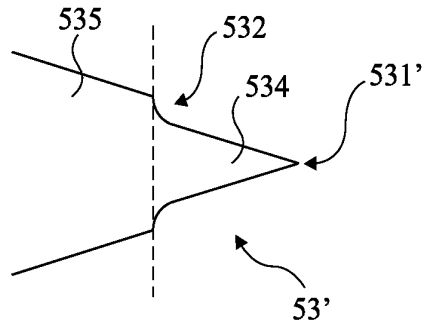


Fig 7

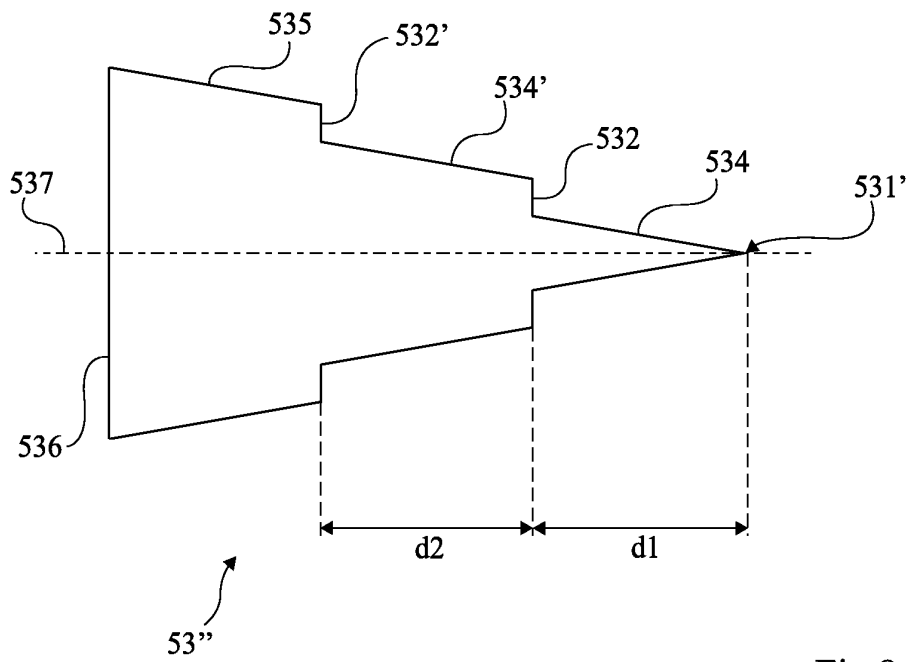


Fig 8

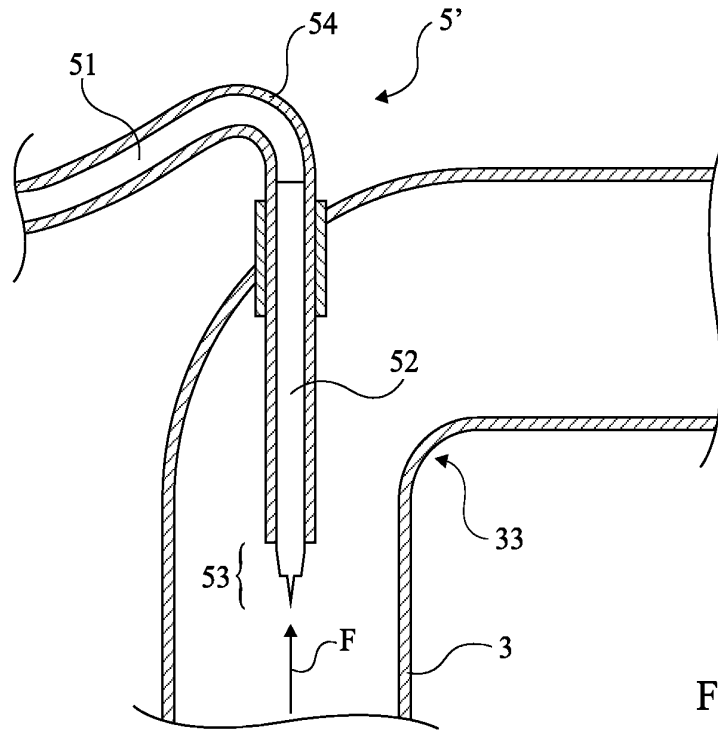


Fig 9



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 707504  
FR 0852601

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	CARTELLIER A ET AL: "Monofiber optical probes for gas detection and gas velocity measurements: optimised sensing tips" INTERNATIONAL JOURNAL OF MULTIPHASE FLOW ELSEVIER UK, vol. 24, no. 8, décembre 1998 (1998-12), pages 1295-1315, XP002499632 ISSN: 0301-9322	1,3,4, 8-11	G01N11/02 G01N21/01 G02B6/10
Y	* figures 1,2 * * page 1296, ligne 5 - ligne 8 * * figures 13,15,16 * * page 1305, alinéa 2 - page 1307, alinéa 2 * * figure 23 * * page 1313, alinéa 2 * * page 1315, alinéa 1 *	2,5-7,12	
X	FR 2 741 456 A (ELECTRICITE DE FRANCE [FR]) 23 mai 1997 (1997-05-23)	1,3,4, 8-11	
Y	* page 1, ligne 6 - ligne 22 * * page 6, ligne 23 - ligne 30 * * page 7, ligne 18 - page 8, ligne 11 * * revendication 11 * * figures 3,4,6 *	2,5-7,12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)  G01N G01F
Y	EP 1 617 202 A (SCHLUMBERGER SERVICES PETROL [FR]; SCHLUMBERGER TECHNOLOGY BV [NL]; SC) 18 janvier 2006 (2006-01-18) * alinéas [0012], [0018], [0020] * * alinéas [0027] - [0029] * * alinéas [0030], [0032] * * alinéa [0039] * * figures 1,3,4,7 *	2,5-7,12	
----- -/--			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
15 octobre 2008		Verdoodt, Erik	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p>		<p>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 ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>	

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 3



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

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

FA 707504  
FR 0852601

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		
Y	EP 0 809 098 A (SCHLUMBERGER LIMITED A NETHERL [US]; SCHLUMBERGER TECHNOLOGY BV [NL];) 26 novembre 1997 (1997-11-26) * colonne 6, ligne 42 - colonne 7, ligne 23 * * colonne 11, ligne 19 - ligne 50 * * colonne 12, ligne 50 - ligne 54 * * figures 1,2,4-6 *	2,5-7,12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
X	BARRAU E ET AL: "Single and double optical probes in air-water two-phase flows: real time signal processing and sensor performance" INTERNATIONAL JOURNAL OF MULTIPHASE FLOW ELSEVIER UK, vol. 25, no. 2, mars 1999 (1999-03), pages 229-256, XP002499633 ISSN: 0301-9322	1,3,4,8-11	
Y		2,5-7,12	
A	WO 01/09570 A (MASSHOLDER KARL F [DE]) 8 février 2001 (2001-02-08) * page 8, ligne 13 - ligne 20 * * figure 1 *	3	
A	FR 2 016 757 A (ATOMIC POWER CONST LTD) 15 mai 1970 (1970-05-15) * figure 4 * * page 5, ligne 16 - ligne 27 *	1,5,8,11	
A	FR 2 616 909 A (RBI [FR]) 23 décembre 1988 (1988-12-23) * le document en entier *	1,8,11	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
15 octobre 2008		Verdoodt, Erik	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p>		<p>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 ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>	

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 3

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0852601 FA 707504**

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 15-10-2008

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
FR 2741456	A	23-05-1997	AUCUN	
EP 1617202	A	18-01-2006	AU 2005261858 A1 CA 2573665 A1 WO 2006005600 A1	19-01-2006 19-01-2006 19-01-2006
EP 0809098	A	26-11-1997	CA 2205746 A1 DE 69725210 D1 DE 69725210 T2 DK 809098 T3 FR 2749080 A1 NO 972323 A US 5956132 A	22-11-1997 06-11-2003 29-07-2004 09-02-2004 28-11-1997 24-11-1997 21-09-1999
WO 0109570	A	08-02-2001	AUCUN	
FR 2016757	A	15-05-1970	DE 1927330 A1	29-01-1970
FR 2616909	A	23-12-1988	AUCUN	