

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 11.04.91.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la demande : 16.10.92 Bulletin 92/42.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : SERVICES PETROLIERS SCHLUMBERGER (précédemment Société de Prospection Electrique Schlumberger) Société Anonyme — FR.

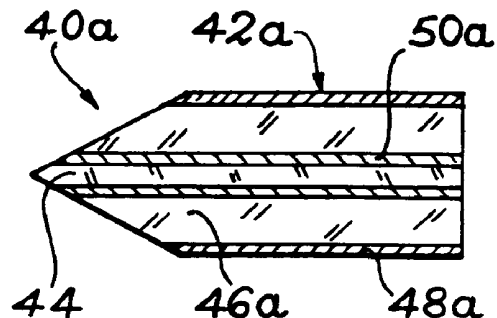
72 Inventeur(s) : Vigneaux Pierre.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : Hagel Francis Service Brevets Etudes et Productions Schlumberger.

54 Procédé pour déterminer localement la nature d'une phase dans un fluide triphasique en mouvement et application de ce procédé à la détermination de paramètres d'écoulement du fluide.

57 Dans le but de déterminer les paramètres d'écoulement d'un fluide triphasique contenant par exemple, dans le cas d'un puits d'hydrocarbure en cours de production, une phase d'eau continue et des phases discontinues de pétrole et de gaz sous forme de bulles, on utilise une sonde locale (40a) permettant d'identifier la phase en présence. Cette sonde (40a) comprend deux capteurs (42a, 44) sensibles à des propriétés physiques différentes du fluide et situés sensiblement en un même point, de façon à fournir un ensemble de signaux différent pour chacune des phases. Les capteurs comprennent notamment un capteur radio-fréquence et un capteur optique agencés coaxialement à l'extrémité d'un câble coaxial (42a) dont l'âme comprend une fibre optique (44) métallisée.



PROCEDE POUR DETERMINER LOCALEMENT LA NATURE D'UNE PHASE DANS UN FLUIDE TRIPHASIQUE EN MOUVEMENT ET APPLICATION DE CE PROCEDE A LA DETERMINATION DE PARAMETRES D'ECOULEMENT DU FLUIDE.

#### DESCRIPTION

L'invention concerne principalement un procédé permettant, dans un fluide en mouvement pouvant contenir trois phases distinctes constituées d'une phase continue et de phases dispersées, de déterminer localement la nature de la phase, par exemple dans un puits d'hydrocarbure en cours de production.

L'invention a aussi pour objet un procédé et un dispositif permettant, après identification de la phase en présence, de déterminer des paramètres d'écoulement du fluide tels que la vitesse et le diamètre des bulles présentes dans la phase continue, ou la vitesse superficielle de la phase dispersée.

Dans un puits d'hydrocarbure en cours de production, le fluide recueilli en surface peut être composé d'un mélange d'eau, formant généralement la phase continue, et de pétrole et de gaz formant les phases dispersées. Pour la surveillance du puits, il est souhaitable de connaître l'importance quantitative respective de chacune des phases à différentes profondeurs. Pour cela on effectue couramment des mesures de diagraphie de production.

Dans le cadre de ces mesures appliquées à un fluide biphasique, il a été proposé dans le document FR-A-2 645 901 de placer successivement à différentes profondeurs à l'intérieur d'un puits d'hydrocarbure un ou plusieurs capteurs locaux de très petite dimension, tels que des capteurs radio-fréquence. Dans ce cas, le signal de sortie de chaque capteur présente un niveau différent selon que le capteur est en présence d'eau ou d'hydrocarbure. En outre, il a été observé que les

zones de transition entre les différents niveaux de chaque signal peuvent être utilisées pour déterminer certains des paramètres d'écoulement de la phase dispersée, qui se présente le plus souvent sous forme de bulles dans la phase continue. Ces zones de transition permettent notamment de déterminer la vitesse de déplacement des bulles et, en les combinant avec un signal représentatif du temps de présence d'une bulle sur le capteur, le diamètre des bulles ainsi que la vitesse superficielle de la phase dispersée, définie comme le rapport du débit de cette phase par la section de mesure.

Dans la pratique, ces différentes informations sont obtenues après traitement du signal de mesure fourni par le capteur local. Ce traitement permet d'obtenir un premier signal qui correspond au temps de présence d'une bulle sur le capteur et un deuxième signal qui correspond à la durée des périodes de transition pendant lesquelles le signal de sortie du capteur passe d'un niveau à un autre.

Lorsque le fluide circulant dans le puits d'hydrocarbure ne contient qu'une phase dispersée telle que du pétrole à l'intérieur d'une phase continue telle que de l'eau, l'utilisation de capteurs de petites dimensions (capteurs radio-fréquence pour le cas eau-pétrole) permet d'effectuer les mesures qui viennent d'être mentionnées dans de bonnes conditions.

Cependant, de tels capteurs ne permettent pas de parvenir au résultat escompté lorsque le fluide en écoulement contient une deuxième phase dispersée telle qu'un gaz, qu'un capteur radio-fréquence ne permet pas de différencier du pétrole, en présence d'eau.

Selon l'invention, il est proposé de déterminer localement la nature d'une phase dans un fluide triphasique en mouvement, grâce aux informations four-

nies par une sonde constituée de deux capteurs de nature différente, ces capteurs étant de petite dimension et localisés pratiquement en un même endroit.

L'invention concerne plus précisément un procédé pour déterminer localement la nature d'une phase dans un fluide en mouvement pouvant contenir trois phases distinctes, caractérisé par le fait qu'il consiste à :

- engendrer sensiblement en un même point du fluide au moins deux signaux dont chacun est représentatif d'une propriété physique différente du fluide, afin qu'à chaque phase corresponde un ensemble distinctif de signaux ;
- détecter lesdits signaux ; et
- identifier la nature de la phase à partir de l'ensemble de signaux détectés.

Avantageusement, un premier des signaux est obtenu au moyen d'un capteur radio-fréquence, capable de mesurer localement la constante diélectrique du fluide, et qui permet de distinguer la présence d'hydrocarbure (pétrole ou gaz) dans de l'eau.

Le deuxième signal peut être fourni par tout autre capteur permettant de distinguer une phase gaz d'une phase liquide (eau et pétrole). Ce capteur peut être notamment un capteur optique sensible à l'indice de réfraction du fluide, ou un capteur sensible aux fluctuations de pression dans le fluide tel qu'un capteur piézoélectrique sensible à la vitesse de propagation du son dans le fluide.

Avantageusement, ces deux capteurs peuvent être montés coaxialement, de façon à former une sonde unique permettant d'effectuer deux mesures différentes sensiblement en un même point du fluide.

Ainsi, dans un premier mode de réalisation de l'invention, la sonde comprend un câble coaxial dont

une extrémité forme un capteur radio-fréquence, ce câble coaxial incluant une fibre optique centrale métallisée dont une extrémité forme à la fois un capteur optique et un conducteur central du capteur radio-fréquence.

Dans un deuxième mode de réalisation de l'invention, la sonde comprend un câble coaxial dont une extrémité forme un capteur radio-fréquence, ce câble coaxial incluant un tube intermédiaire en un matériau électriquement isolant, dont une extrémité forme à la fois un capteur optique et un isolant du capteur radio-fréquence.

L'invention permet aussi, lorsque la nature de la phase a été établie, de déterminer les paramètres d'écoulement d'un fluide pouvant contenir trois phases distinctes, à partir du signal de mesure délivré par l'un au moins des capteurs de la sonde.

A cet effet, l'un au moins des signaux de mesure délivrés par les deux capteurs est traité, après l'identification de la nature de la phase en présence, afin d'obtenir au moins un signal représentatif d'un paramètre d'écoulement de cette phase.

On décrira maintenant, à titre d'exemple non limitatif, un mode de réalisation préféré de l'invention, en se référant aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue de côté, en coupe partielle, illustrant schématiquement l'implantation d'une installation de diagraphie pouvant mettre en œuvre les procédés et le dispositif selon l'invention, dans un puits de pétrole ;

- les figures 2A et 2B sont des vues en coupe longitudinale illustrant deux modes de réalisation d'une sonde conçue pour être utilisée dans l'installation de la figure 1, conformément à l'invention ;

- la figure 3 est un diagramme illustrant les

différents circuits qui sont associés à la sonde afin de permettre une identification de la phase en présence et la détermination de différents paramètres physiques relatifs à l'écoulement du fluide ; et

- la figure 4 représente à titre d'exemple l'évolution simultanée des signaux de mesure  $V_{RF}$  et  $V_{OP}$  délivrés par les circuits de détection associés à chacun des capteurs de la sonde, en fonction du temps  $t$ , lors du passage successif d'une goutte de pétrole et d'une goutte de gaz devant la sonde.

On a représenté sur la figure 1 un forage pétrolier 10 revêtu intérieurement d'un tubage 12 cylindrique, par lequel s'écoule vers la surface un fluide triphasique 14. Dans la suite de la description, et à titre d'illustration, ce fluide triphasique sera supposé constitué d'une phase d'eau continue dans laquelle se trouvent des phases dispersées de pétrole et de gaz, sous forme de bulles. Le fluide arrivant en surface est acheminé par un conduit 16 vers une installation de stockage (non représentée).

Le forage 10 illustré sur la figure 1 est également équipé d'une installation de diagraphie comprenant principalement un outil de diagraphie 18 apte à être déplacé dans le tubage 12 afin d'effectuer des mesures à différentes profondeurs, et une unité de surface 20 comprenant des moyens pour exploiter les informations fournies par l'outil de diagraphie 18.

L'outil de diagraphie 18 est suspendu à l'extrémité d'un câble 22 qui s'enroule à son extrémité opposée sur un treuil 24. Afin de connaître la profondeur de l'outil de diagraphie 18 dans le tubage 12, des moyens de détection 28, connus des spécialistes, sont associés au treuil 24 pour détecter des marques magnétiques disposées à intervalles réguliers sur le câble 22.

L'outil de diagraphie 18 comprend principale-

ment un corps 30 allongé dont les extrémités supérieure et inférieure sont reliées respectivement à une section électronique 32 et à un nez 34. Des organes de positionnement 36 tels que des centreurs sont placés immédiatement au-dessus et en dessous du corps 30 afin d'assurer son positionnement à l'intérieur du tubage 12 lorsqu'une mesure doit être effectuée. Dans l'exemple représenté, les organes 36 permettent de disposer le corps allongé 30 dans l'axe du tubage. D'autres types d'organes de positionnement peuvent aussi être utilisés, afin notamment de plaquer le corps allongé 30 contre le tubage.

Le corps 30 de l'outil de diagraphie 18 porte un ou plusieurs bras articulés 38 (par exemple trois) dont le pivotement autour d'axes orthogonaux par rapport à l'axe longitudinal de l'outil leur permet de se déplacer entre une position repliée contre le corps 30 et une position déployée, illustrée sur la figure 1. La position repliée des bras 38 est utilisée entre deux mesures, lors du déplacement de l'outil. Au contraire, les bras 38, qui portent des sondes de mesure 40 à leurs extrémités, sont placés dans leur position déployée lorsqu'une mesure doit être effectuée. La commande du pivotement des bras 38 entre ces deux positions peut être assurée par tout moyen connu tel que des vérins hydrauliques (non représentés).

La position occupée par les sondes locales 40 dans le forage, qui dépend à la fois de la position du corps 30 à l'intérieur du tubage 12 déterminée par les organes de positionnement 36 et de la position déployée des bras 38, est déterminée avantageusement de la manière décrite et revendiquée dans le document FR-A-2 637 089.

Conformément à l'invention, chacune des sondes locales de mesure 40 comprend deux capteurs qui sont montés coaxialement, de façon à mesurer en un même

endroit deux caractéristiques physiques différentes du fluide 14. Plus précisément, ces caractéristiques physiques sont choisies afin que les deux capteurs fassent une discrimination différente entre les trois phases contenues dans le fluide. En particulier, dans l'exemple considéré selon lequel le fluide 14 comprend une phase d'eau continue dans laquelle se trouvent des bulles de pétrole et des bulles de gaz, on choisit l'un des capteurs afin qu'il puisse faire la discrimination entre les hydrocarbures (pétrole et gaz) et l'eau, et le second capteur afin qu'il puisse faire la discrimination entre le gaz et les liquides (eau et pétrole).

Dans la pratique, le premier capteur peut notamment être constitué par un capteur radio-fréquence, sensible à une variation de la constante diélectrique du milieu dans lequel il se trouve. Le deuxième capteur peut être constitué quant à lui par un capteur optique détectant une variation de l'indice de réfraction du milieu.

En variante, le deuxième capteur peut aussi être un capteur à fibre optique anisotrope comportant un élément dont le plan de polarisation varie en fonction de la pression. Il peut aussi être envisagé de réaliser le deuxième capteur sous la forme d'un empilement de pastilles de céramique piézoélectrique sensible à la propagation du son dans le milieu.

Deux modes de réalisation d'une sonde comportant en association un capteur radio-fréquence et un capteur optique sensible à l'indice de réfraction du milieu vont à présent être décrits en se référant successivement aux figures 2A et 2B.

Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 2A, la sonde 40a est formée à une extrémité conique d'un câble coaxial 42a dont l'âme centrale est formée par une fibre optique 44 métallisée. L'extrémité



conique du câble coaxial 42a forme un capteur radio-fréquence, alors que l'extrémité conique de la fibre optique 44 forme un capteur optique.

De façon plus précise, le câble coaxial 42a comprend un élément intermédiaire électriquement isolant, constitué par exemple par un tube de verre 46a, un conducteur extérieur 48a constitué par exemple par une couche de molybdène et un conducteur central 50a constitué par un revêtement métallique, par exemple de molybdène formé sur la fibre optique 44. La fibre optique 44 peut être constituée quant à elle par une fibre de silice. Afin d'assurer la tenue de l'ensemble à la pression et surtout d'éviter tout risque d'infiltration du fluide dans les interfaces entre les différentes couches de la sonde 40a, notamment entre le revêtement métallique 50a et l'élément isolant 46a, cette liaison peut être réalisée par collage ou par fusion d'un revêtement métallique 50.

Un connecteur mixte optoélectronique (non représenté), de structure connue, permet de relier l'extrémité opposée du câble coaxial 42a au circuit de détection associé au capteur radio-fréquence, qui est représenté schématiquement en 52 sur la figure 3. Ce circuit de détection comprend, d'une manière connue et qui a été décrite en détail dans le document FR-A-2 645 901, un générateur haute fréquence dont la sortie est reliée à un amplificateur associé à un filtre passe-bas, cet ensemble étant lui-même relié à l'extrémité d'une branche d'un pont de Wheastone dont l'une des branches est formée par le câble coaxial 42a. Un détecteur, placé au centre du pont, délivre un signal de mesure  $V_{RF}$  représentatif du déséquilibre du pont. Ce déséquilibre est lui-même fonction de la constante diélectrique de la phase du fluide qui se trouve en contact avec l'extrémité de la sonde 40a. Ainsi, et

comme on l'a représenté sur la partie haute de la figure 4, ce signal de mesure  $V_{RF}$  est sensiblement plus faible pendant les intervalles  $\Delta T_0$  et  $\Delta T_G$  au cours desquels l'extrémité de la sonde est respectivement en contact avec une bulle de pétrole et avec une bulle de gaz, que lorsque ladite extrémité est en contact avec la phase d'eau continue.

Comme on l'a vu précédemment, le capteur optique est formé quant à lui par l'extrémité taillée en forme de cône de la fibre optique 44. L'angle du cône formé par cette extrémité dépend des constantes diélectriques des différentes phases du fluide dans lequel se trouve le capteur. Grâce à cet angle, un faisceau lumineux incident très directif acheminé par la fibre optique 44 est totalement réfléchi pour la ou les phases dont l'indice de réfraction est supérieur à un seuil déterminé et, au contraire, totalement transmis pour la ou les phases dont l'indice de réfraction est inférieur à ce seuil.

Dans la pratique, le capteur optique permet de distinguer les bulles de gaz des phases liquides (eau et pétrole) présentes dans le fluide circulant dans le forage. Pour cela, on donne à l'angle formé par le cône d'extrémité de la fibre optique 44 par rapport à une section droite de cette fibre une valeur voisine de  $65^\circ$ .

Comme l'illustre schématiquement la figure 3, le capteur optique formé par l'extrémité conique de la fibre optique 44 est relié par cette dernière à un circuit de détection associé 54. Ce circuit de détection 54 comprend essentiellement une diode laser émettant un faisceau de lumière pratiquement parallèle qui est transmis jusqu'au capteur optique par la fibre optique, et un photo-récepteur permettant de transformer le faisceau lumineux éventuellement réfléchi par l'extrémité conique de la fibre optique en un signal de mesure

optique  $V_{OP}$ .

On voit sur la partie basse de la figure 4 que ce signal de mesure  $V_{OP}$  présente une valeur sensiblement constante lorsque le capteur est dans la phase d'eau continue et lors de la présence d'une bulle de pétrole pendant le temps  $\Delta T_0$ . Cette valeur est une valeur haute qui correspond à une réflexion pratiquement totale du faisceau lumineux parallèle à l'extrémité conique de la fibre optique, représentative d'un milieu liquide dont l'indice de réfraction est supérieur à un seuil déterminé par l'angle formé par cette extrémité conique.

Au contraire, lors de la présence d'une bulle de gaz pendant le temps  $\Delta T_G$ , le signal de mesure  $V_{OP}$  délivré par le circuit de détection 54 associé au capteur optique chute pour prendre une valeur pratiquement nulle, représentative d'une transmission pratiquement totale du faisceau lumineux à l'extrémité conique de la fibre optique 44. En effet, dans ce cas l'indice de réfraction du gaz est inférieur au seuil au-delà duquel le faisceau lumineux incident est totalement réfléchi par l'extrémité conique de la fibre optique 44.

Il est important d'observer que dans la structure de la sonde décrite précédemment en se référant à la figure 2A, le fonctionnement du capteur radio-fréquence nécessite simplement que le conducteur central 50a, formant antenne, fasse saillie au-delà de l'extrémité du conducteur extérieur 48a pour qu'un fonctionnement correct soit assuré. Pour des raisons de facilité de fabrication et de bonne tenue mécanique, compte tenu de la forme conique donnée à l'extrémité de la fibre optique 44, on donne avantageusement à l'extrémité de la sonde une forme conique telle qu'illustrée sur la figure 2A.

Cependant, cette configuration peut éventuellement être modifiée, par exemple en prolongeant l'élément isolant 46a jusqu'à l'extrémité du conducteur central 50a et en le coupant selon une section droite à ce niveau.

Sur la figure 2B, on a représenté un deuxième mode de réalisation d'une sonde pouvant être utilisée dans l'installation décrite précédemment en se référant à la figure 1. Afin de la distinguer de la sonde 40a décrite en se référant à la figure 2A, cette sonde est désignée par la référence 40b.

Comme dans le premier mode de réalisation, cette sonde 40b comprend un capteur radio-fréquence et un capteur optique agencés coaxialement.

Le capteur radio-fréquence est formé par l'extrémité d'un câble coaxial 42b qui comprend un conducteur central formant antenne 50b, un conducteur extérieur 48b ainsi qu'un élément isolant tubulaire 46b agencé entre les conducteurs 48b et 50b. Dans ce cas, le conducteur central formant antenne 50b est un conducteur plein, réalisé par exemple en molybdène. Comme dans le premier mode de réalisation, le conducteur extérieur 48b peut également être réalisé en molybdène. L'élément isolant 46b est réalisé quant à lui en verre ou en silice et il constitue dans ce cas une fibre optique annulaire dont l'extrémité forme le capteur optique de la sonde 40b.

Comme dans le premier mode de réalisation, l'extrémité du câble coaxial 42b est avantageusement taillée en forme de cône afin, d'une part, que le conducteur central 50b formant antenne fasse saillie au-delà de l'extrémité du conducteur extérieur 48b et, d'autre part, que l'extrémité de l'élément isolant 46b formant le capteur optique soit taillée en cône selon

un angle d'environ  $65^\circ$  par rapport à une section transversale du câble coaxial.

Comme dans le premier mode de réalisation, l'extrémité opposée du câble coaxial 42 est reliée, par l'intermédiaire d'un connecteur mixte optoélectronique, d'une part au circuit de détection associé au capteur radio-fréquence et, d'autre part, au circuit de détection associé au capteur optique, comme l'illustre très schématiquement la figure 3.

Le circuit de détection associé au capteur radio-fréquence est identique à celui qui a été décrit précédemment pour la sonde 40a illustrée sur la figure 2A.

En revanche, compte tenu du caractère annulaire de la fibre optique qui relie le capteur optique au circuit de détection associé, la diode laser utilisée dans le premier mode de réalisation est remplacée dans ce cas par une simple lampe constituant une source lumineuse émettant un faisceau de lumière non parallèle. Des réflexions multiples se produisent donc lors de la transmission de ce faisceau incident à l'intérieur de la fibre optique. Comme précédemment, ce faisceau lumineux incident est réfléchi à l'extrémité de la fibre optique lorsque l'indice de réfraction de la phase dans laquelle se trouve cette extrémité est supérieur à un seuil déterminé. Au contraire, le faisceau est transmis par cette extrémité à la phase en présence lorsque son indice de réfraction est inférieur à ce seuil.

Cependant, compte tenu du caractère non directif du faisceau lumineux qui chemine dans la fibre optique, la réflexion n'est pas totale dans le premier cas et la transmission n'est pas totale dans le deuxième cas. Par conséquent, le signal  $V_{Op}$  délivré dans ce cas par le photo-récepteur du circuit de détection associé au capteur optique présentera une différence de niveau

moindre que dans le premier mode de réalisation de la sonde entre les parties correspondant à la présence sur la sonde d'une phase liquide (eau ou pétrole) d'indice de réfraction supérieur au seuil prédéterminé et d'une phase gazeuse d'indice de réfraction inférieur à ce seuil. Cette sensibilité moindre est cependant acceptable dans la mesure où l'électronique associée permet de distinguer sans ambiguïté les parties correspondantes du signal de mesure associées au capteur optique.

Le caractère non directif du faisceau lumineux cheminant dans la fibre optique constituée par l'élément isolant 46b a aussi pour conséquence que le fonctionnement du capteur optique est moins sensible à l'angle formé par l'extrémité de la fibre optique par rapport à une section droite du câble coaxial 42b. Cela permet, éventuellement, de donner à l'extrémité de la fibre optique constituée par le diélectrique 46b une forme légèrement différente d'un cône telle qu'une forme arrondie ou sphérique.

Le mode de réalisation illustré sur la figure 2B a aussi pour avantage par rapport au précédent de présenter une structure plus simple, ce qui facilite sa fabrication et permet d'obtenir plus facilement une bonne tenue à la pression et surtout une bonne étanchéité.

Il est à noter que, dans chacun des modes de réalisation décrits en se référant aux figures 2A et 2B, la tenue mécanique de l'extrémité du câble coaxial formant la sonde proprement dite peut être améliorée en remplaçant à ce niveau l'élément isolant 46a par une pièce en un matériau plus résistant et présentant les mêmes caractéristiques électriques et optiques, tel que du saphir. Cette solution a cependant pour inconvénient, dans le cas du deuxième mode de réalisation illustré sur la figure 2B, d'introduire une interface supplémen-

taire dans le cheminement du faisceau lumineux incident et du faisceau lumineux réfléchi.

Comme l'illustre schématiquement la figure 3, les signaux de mesure  $V_{RF}$  et  $V_{Op}$  délivrés par les circuits de détection 52 et 54 associés respectivement au capteur radio-fréquence et au capteur optique sont transmis à un circuit 56 d'identification de la phase en présence. Ce circuit 56, traite tout d'abord chacun des signaux de mesure  $V_{RF}$  et  $V_{Op}$  afin d'obtenir, pour chacun d'entre eux, un signal binaire présentant la valeur zéro lorsque le signal de mesure correspondant est supérieur à un seuil déterminé et la valeur un lorsque ce même signal est inférieur à ce seuil. On obtient ainsi, à partir du signal de mesure  $V_{RF}$ , un signal présentant des créneaux pour les périodes de temps telles que  $\Delta T_0$  et  $\Delta T_G$  représentatives respectivement de la présence d'une bulle de pétrole et de la présence d'une bulle de gaz sur la sonde et, à partir du signal de mesure  $V_{Op}$ , un signal présentant un créneau à chacune des périodes de temps telles que  $\Delta T_G$  pendant lesquelles la sonde se trouve dans une bulle de gaz.

A partir de ces signaux en forme de créneaux, le circuit 56 d'identification de la phase en présence peut identifier la phase dans laquelle se trouve la sonde à l'aide d'un circuit logique particulièrement simple. En effet, l'absence de créneau simultanément sur les signaux logique dérivés des signaux de mesure  $V_{RF}$  et  $V_{Op}$  signifie que la sonde se trouve dans la phase d'eau continue, la présence simultanée d'un créneau sur chacun de ces signaux logiques signifie que la sonde se trouve dans une bulle de gaz et la présence d'un créneau seulement sur le signal logique dérivé du signal de mesure  $V_{RF}$  indique la présence d'une bulle de pétrole autour de la sonde.

Le circuit 56 permet en outre d'identifier

la phase continue parmi les phases en présence, sauf dans le cas où le fluide ne contient que de l'eau et du gaz (les réponses des deux capteurs sont alors les mêmes).

L'information ainsi obtenue dans le circuit 56 concernant la phase du fluide dans laquelle se trouve la sonde est transmise à un circuit de traitement 58, par exemple sous la forme d'un signal  $S_0$  lorsque la sonde se trouve dans une bulle de pétrole et sous la forme d'un signal  $S_G$  lorsque la sonde se trouve dans une bulle de gaz.

Le circuit de traitement 58, dont il est important de noter qu'il est constitué par un circuit unique pour les deux capteurs de la sonde 40, reçoit par ailleurs chacun des signaux de mesure  $V_{RF}$  et  $V_{OP}$ . Selon un programme pré-établi qui peut notamment dépendre de la réception de l'un ou l'autre des signaux  $S_0$  ou  $S_G$ , le circuit de traitement 58 peut soit exploiter uniquement l'un ou l'autre des signaux de mesure  $V_{RF}$  et  $V_{OP}$ , soit exploiter simultanément ces deux signaux.

Le circuit de traitement 58 permet de déterminer, à partir de l'un au moins des signaux de mesure  $V_{RF}$  et  $V_{OP}$ , différents paramètres d'écoulement du fluide présent dans le forage, au niveau auquel se trouve l'outil de diagraphie 18 de la figure 1. Pour cela, on traite avantageusement le signal de mesure qui présente la variation d'amplitude maximale pour la phase en présence. Les paramètres d'écoulement peuvent notamment être détectés de la manière décrite dans le document FR-A-2 645 901.

Ainsi, comme cela est décrit dans ce document, on déduit de l'un au moins des signaux de mesure un signal représentatif de l'intervalle de temps nécessaire au signal de mesure considéré pour passer d'un niveau à un autre. On calcule ensuite le gradient de ce signal



de mesure, qui est proportionnel à la vitesse de déplacement de la bulle considérée.

Par ailleurs, le circuit de traitement 58 dérive également du signal de mesure considéré un signal indicatif du temps de présence d'une bulle devant le capteur. On combine ensuite ce signal avec le signal représentatif du gradient du signal de mesure, afin d'obtenir un signal représentatif du diamètre de la bulle considérée.

Enfin, le circuit de traitement 58 permet, en totalisant les signaux représentatifs du diamètre d'une bulle au cours d'une unité de temps, de connaître la vitesse superficielle de la phase dispersée considérée (pétrole ou gaz), qui correspond à la vitesse locale de cette phase supposée seule dans la section présentée par le forage à ce niveau.

Il est à noter que ces différents traitements qui peuvent être réalisés dans le circuit 58 ne sont donnés qu'à titre d'exemple, d'autres traitements pouvant être envisagés sans sortir du cadre de l'invention.

On observera également que si l'invention est particulièrement adaptée pour effectuer des mesures dans un forage pétrolier, d'autres applications sont possibles, notamment dans l'industrie chimique, lorsque des fluides comprenant au moins trois phases distinctes s'écoulent dans des tuyauteries et qu'une connaissance de certaines caractéristiques d'écoulement de ces fluides est souhaitée. De ce point de vue, il doit aussi être observé que la nature des phases constituant le fluide peut être différente des trois phases décrites à titre d'exemple, pourvu que deux capteurs de faible dimension et localisés sensiblement en un même emplacement puissent permettre de distinguer ces trois phases en effectuant des mesures sur des caractéristiques physiques différentes du fluide.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé pour déterminer localement la nature d'une phase dans un fluide en mouvement pouvant contenir trois phases distinctes, caractérisé par le fait qu'il consiste à :

- engendrer sensiblement en un même point du fluide au moins deux signaux dont chacun est représentatif d'une propriété physique différente du fluide, afin qu'à chaque phase corresponde un ensemble distinctif de signaux ;
- détecter lesdits signaux ; et
- identifier la nature de la phase à partir de l'ensemble de signaux détectés.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'un premier des signaux est représentatif de la constante diélectrique de la phase.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait qu'un deuxième des signaux est représentatif d'une propriété physique choisie dans le groupe comprenant : l'indice de réfraction du fluide, la pression dans le fluide et la vitesse de propagation du son dans le fluide.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'on engendre lesdits signaux en plaçant dans le fluide une sonde (40) comprenant un capteur radio-fréquence (42a, 42b) et un capteur optique (44, 46b) montés coaxialement.

5. Procédé pour déterminer des paramètres d'écoulement d'un fluide en mouvement pouvant contenir trois phases distinctes, caractérisé par le fait qu'il consiste à :

- engendrer sensiblement en un même point du fluide au moins deux signaux de mesure dont chacun est représentatif d'une propriété physique différente du fluide,

afin qu'à chaque phase corresponde un ensemble distinctif de signaux ;

- détecter lesdits signaux ;
- identifier la nature de la phase en présence, à partir de l'ensemble de signaux détectés ; et
- traiter l'un au moins desdits signaux de mesure afin d'obtenir au moins un signal traité représentatif d'un paramètre d'écoulement de la phase en présence.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé par le fait qu'on traite le signal de mesure présentant une variation d'amplitude maximale pour ladite phase en présence.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, caractérisé par le fait qu'on engendre les signaux de mesure en plaçant dans le fluide une sonde (40) comprenant un capteur radio-fréquence (42a, 42b) et un capteur optique (44, 46b) agencés coaxialement.

8. Dispositif pour déterminer des paramètres d'écoulement d'un fluide en mouvement pouvant contenir trois phases distinctes, caractérisé par le fait qu'il comprend une sonde (40) comportant deux capteurs (44, 46b ; 42a, 42b) localisés en un même point et sensibles à une propriété physique différente du fluide, de façon à délivrer des signaux présentant des niveaux différents suivant la phase en contact avec la sonde, ces signaux formant un ensemble différent pour chacune des phases du fluide.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé par le fait que la sonde (40) comprend un capteur radio-fréquence (42a, 42b) et un capteur optique (44, 46b) montés coaxialement.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé par le fait que la sonde (40a) comprend un câble coaxial (42a) dont une extrémité forme le capteur

radio-fréquence, ce câble coaxial incluant une fibre optique centrale métallisée (44, 50a) dont une extrémité forme à la fois le capteur optique (44) et un conducteur central (50a) du capteur radio-fréquence.

11. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé par le fait que la sonde (40b) comprend un câble coaxial (42b) dont une extrémité forme le capteur radio-fréquence, ce câble coaxial incluant un tube intermédiaire (46b) en un matériau électriquement isolant, dont une extrémité forme à la fois le capteur optique et un isolant du capteur radio-fréquence.

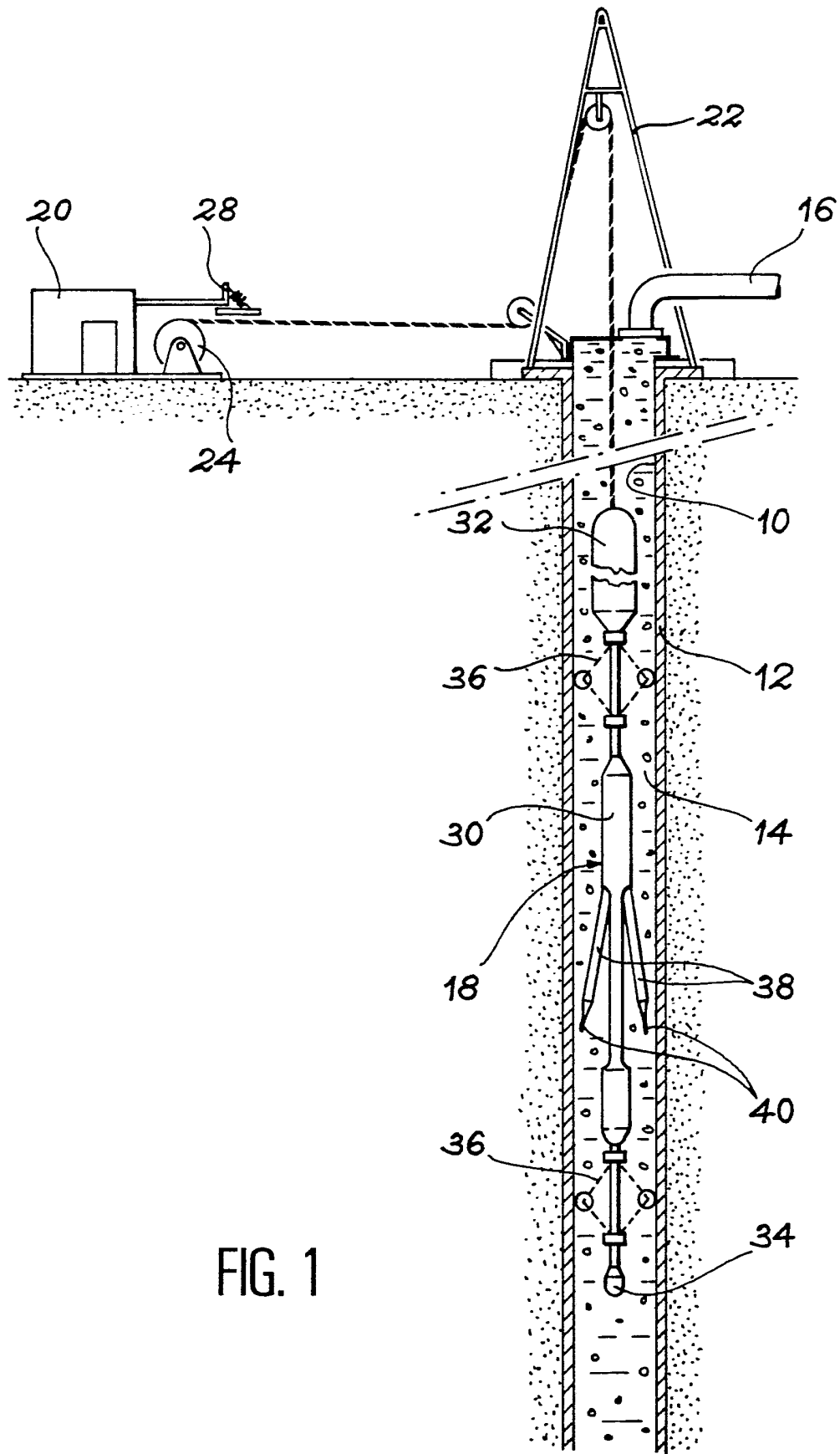


FIG. 1

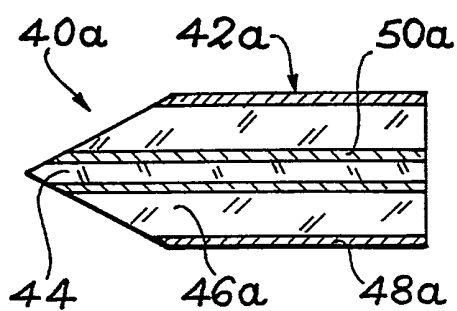


FIG. 2A

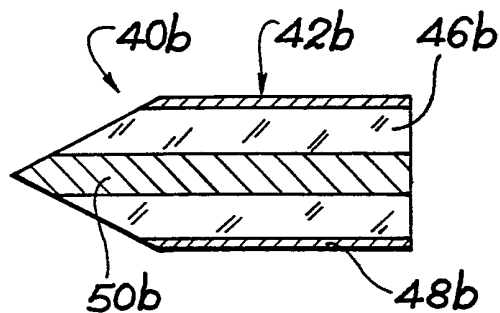


FIG. 2B

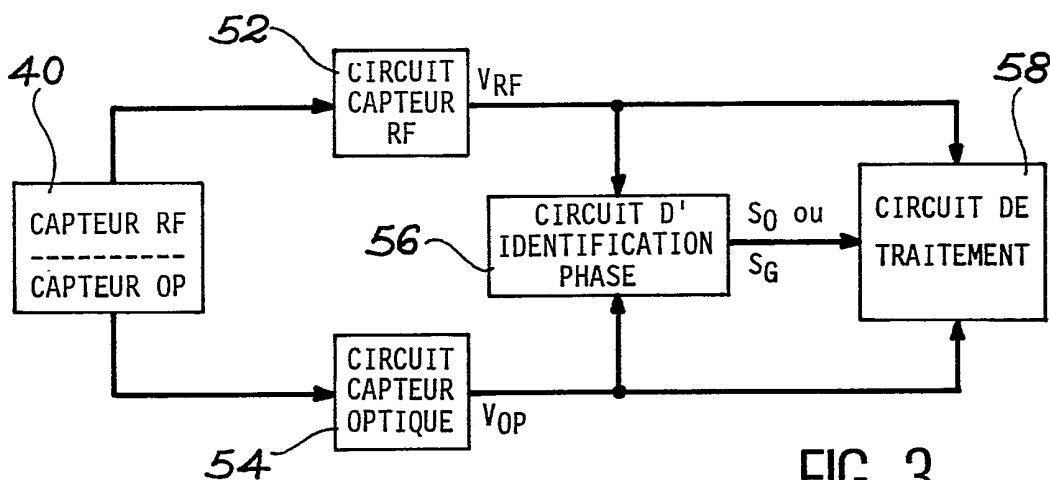


FIG. 3

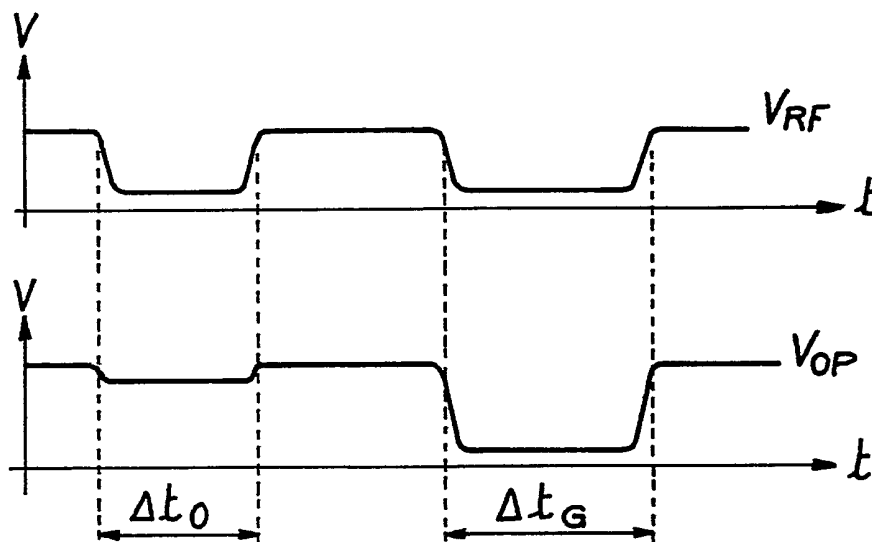


FIG. 4

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FR 9104406  
FA 456746

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	DE-B-1 213 814 (SCHLUMBERGER) * Revendication 1 *	1-3
X	DD-A- 221 635 (R. JOHANNNS et al.) * Le document en entier *	8
Y	-----	1-3
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		E 21 B G 01 N
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
18-12-1991		RAMPELMANN K.
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul                      Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie                      A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général                      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 03.82 (P0413)