(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 955 607**

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

(21) **N° d'enregistrement national :** **10 50538**

(51) Int Cl[8] : ***E 21 B 49/08*** *(2006.01), G 01 N 11/14*

# (12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 27.01.10.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 29.07.11 Bulletin 11/30.

(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) :** *GEOSERVICES EQUIPEMENTS Société par actions simplifiée* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** VILLARD ERIC et KLIOUA NAMIC.

(73) **Titulaire(s) :** GEOSERVICES EQUIPEMENTS Société par actions simplifiée.

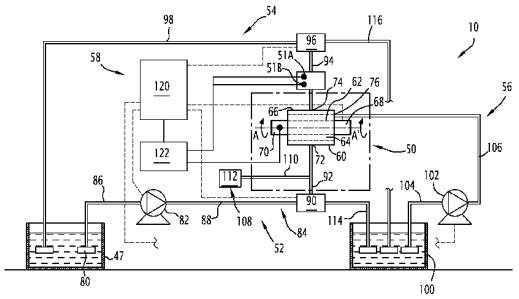
(74) **Mandataire(s) :** ETUDES ET PRODUCTIONS SCHLUMBERGER.

## (54) ENSEMBLE DE MESURE EN LIGNE DES PROPRIETES RHEOLOGIQUES D'UN FLUIDE DE FORAGE ET PROCEDE DE MESURE ASSOCIE.

(57) Cet ensemble comporte un dispositif de mesure (50) comportant un récipient (60) et un insert (62) disposé dans le récipient (60). Le dispositif de mesure (50) comporte des moyens (68) d'entraînement en rotation du récipient (60) autour d'un axe central, le récipient (60) et l'insert (62) délimitant entre eux un espace intermédiaire (64) de mesure du fluide de forage.

L'ensemble comporte une unité (58) de commande et de mesure, propre à enregistrer une information représentative de la force appliquée par le fluide de forage sur l'insert (62) lors de la rotation du récipient (60).

L'ensemble comporte une conduite (84) d'amenée de fluide de forage à mesurer dans l'espace intermédiaire (94) et une pompe (82), comprenant une entrée raccordée à une tête de prélèvement (80) et une sortie raccordée à la conduite d'amenée (84) pour pomper le fluide de forage vers l'espace intermédiaire (64).




FR 2 955 607 - A1

# Ensemble de mesure en ligne des propriétés rhéologiques d'un fluide de forage et procédé de mesure associé

La présente invention concerne un ensemble de mesure en ligne des propriétés rhéologiques d'un fluide de forage, du type comprenant :

- un dispositif de mesure comportant un récipient creux d'axe central et un insert disposé dans le récipient, l'un au moins parmi le récipient et l'insert étant monté rotatif autour de l'axe central, le dispositif de mesure comportant des moyens d'entraînement en rotation de l'un parmi le récipient et l'insert autour de l'axe central ; le récipient et l'insert délimitant entre eux un espace intermédiaire de mesure du fluide de forage,

- une unité de commande et de mesure, propre à activer les moyens d'entraînement en rotation pour entraîner en rotation à une vitesse choisie l'un parmi le récipient et de l'insert et propre à enregistrer une information représentative de la force appliquée par le fluide de forage sur l'autre parmi le récipient et l'insert lors de la rotation de l'un parmi le récipient et l'insert.

Lors du forage d'un puits de pétrole ou d'un autre effluent (notamment gaz, vapeur, eau), il est connu d'analyser le fluide de forage émergeant du puits en vue d'obtenir des informations utiles sur le puits en train d'être foré.

A cet effet, en analysant par exemple les composés gazeux et les débris de forage contenus dans les boues de forage émergeant du puits, il est possible de reconstituer la succession géologique des formations traversées lors du forage, ce qui intervient dans la détermination des possibilités d'exploitation des gisements de fluide rencontrés.

Par ailleurs, un certain nombre d'autres analyses sont effectuées sur le fluide de forage émergeant du puits ou éventuellement injecté dans le puits. A cet effet, il est connu de récupérer, à intervalles réguliers, des échantillons de fluide de forage et d'analyser ces échantillons dans un laboratoire présent sur le site de forage. Ces analyses comprennent notamment la détermination des propriétés rhéologiques du fluide de forage pour déterminer sa viscosité. Le fluide de forage est en effet généralement un fluide non newtonien, voire un fluide thixotrope.

Cette analyse est destinée notamment à évaluer le comportement du fluide lors de différentes phases du forage.

En particulier, lorsque le forage est stoppé pendant une période de temps assez longue, le fluide de forage présent dans le puits peut présenter une augmentation de viscosité notable, qui doit être prise en compte lors du redémarrage des pompes assurant la circulation de fluide de forage dans le puits.

La mesure des propriétés rhéologiques du fluide est généralement effectuée suivant les normes recommandées par l'American Petroleum Institute (API). A cet effet,

un échantillon de fluide de forage est prélevé à intervalles réguliers par l'opérateur, par exemple au niveau d'un bac de boue. L'échantillon récupéré est ensuite convoyé par l'opérateur jusqu'à la cabine de mesure où il est disposé dans un ensemble de mesure du type précité, tel que décrit par exemple dans le brevet américain US-4,484,468.

Un tel ensemble de mesure comporte généralement un récipient creux rotatif, pouvant être entraîné en rotation à des vitesses de rotation choisies. Il comporte en outre une broche disposée dans le récipient creux et délimitant, avec le récipient, un espace intermédiaire recevant le fluide à mesurer.

La broche est montée partiellement libre en rotation autour de son axe. Lors de la mesure, le récipient est entraîné en rotation autour de son axe à une vitesse de rotation donnée, ce qui entraîne partiellement le fluide de forage en rotation sous l'effet du cisaillement. Une information représentative de la force appliquée par le fluide de forage sur la broche lors de la rotation du récipient est collectée par un capteur. Le capteur mesure par exemple le degré de rotation de l'insert autour de son axe pour différentes vitesses de rotation du récipient.

Un tel dispositif ne donne pas entière satisfaction. Il nécessite en effet une main d'œuvre importante et des interventions permanentes sur le puits, notamment dans la zone sécurisée autour du puits. De fait, cette mesure n'est effectuée typiquement que 4 à 6 fois par jour ce qui ne permet pas d'identifier tous les changements de rhéologie.

En outre, la précision de la mesure dépend de la qualité de l'échantillon prélevé par l'opérateur, et aussi de la qualité de la mesure réalisée par l'opérateur.

Un but de l'invention est donc d'obtenir un ensemble de mesure des propriétés rhéologiques d'un fluide de forage, qui soit simple et fiable à utiliser, notamment dans un chantier de forage, et qui permette néanmoins d'obtenir une mesure précise et reproductible, notamment suivant les normes existantes.

A cet effet, l'invention a pour objet un ensemble du type précité, caractérisé en ce que l'ensemble comporte :

- une conduite d'amenée de fluide de forage à mesurer dans l'espace intermédiaire de mesure et une conduite d'évacuation de fluide de forage hors de l'espace intermédiaire de mesure ;

- une pompe présentant une entrée raccordée à une tête de prélèvement de fluide de forage dans un volume de fluide de forage et une sortie raccordée à la conduite d'amenée pour pomper le fluide de forage depuis la tête de prélèvement vers l'espace intermédiaire de mesure.

L'ensemble selon l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toute(s) combinaison(s) techniquement possible(s) :

- l'ensemble comporte une conduite d'injection d'un fluide de nettoyage, distincte de la conduite d'amenée et de la conduite d'évacuation, la conduite d'injection débouchant dans l'espace intermédiaire de mesure, l'ensemble comportant avantageusement une pompe auxiliaire d'injection de fluide de nettoyage présentant une sortie raccordée à la conduite d'injection ;

- l'ensemble comporte des moyens d'injection d'un gaz de purge sous pression dans l'espace intermédiaire de mesure, propres à éjecter le fluide de forage présent dans l'espace intermédiaire de mesure avant l'injection de fluide de nettoyage à travers la conduite d'injection ;

- l'ensemble comporte un module de régulation de la température du fluide de forage amené dans l'espace intermédiaire de mesure, le module de régulation de la température étant avantageusement interposé entre la tête de prélèvement et le récipient ;

- l'ensemble comporte un module de dégazage, propre à extraire le gaz présent dans le fluide de forage pour l'évacuer hors du fluide de forage, le module de dégazage étant interposé entre la tête de prélèvement et le récipient ;

- l'unité de commande et de mesure comporte des moyens de pilotage de la pompe propres à activer la pompe dans une première phase de mesure pour injecter en continu du fluide de forage à un débit donné dans l'espace intermédiaire de mesure, les moyens de pilotage étant propres à arrêter la pompe pendant un temps prédéterminé dans une deuxième phase d'immobilisation du fluide dans l'espace intermédiaire de mesure, puis étant propre à réactiver la pompe dans une deuxième phase de mesure analogue à la première phase de mesure ; et

- l'unité de commande et de mesure comporte des moyens d'enregistrement de la variation temporelle de l'information représentative de la force appliquée par le fluide de forage sur l'autre de l'insert et du récipient, propres à enregistrer en continu la variation temporelle de l'information représentative lors de la deuxième phase d'arrêt de la pompe.

L'invention a également pour objet un procédé de mesure en ligne des propriétés rhéologiques d'un fluide de forage, du type comprenant les étapes suivantes :

- fourniture d'un ensemble tel que défini plus haut ;

- activation de la pompe pour pomper en continu du fluide de forage depuis la tête de prélèvement, à travers la conduite d'amenée de fluide dans l'espace intermédiaire de

mesure, le fluide de forage s'évacuant hors de l'espace intermédiaire de mesure par la conduite d'évacuation,

- entraînement en rotation autour de l'axe central à au moins une vitesse donnée de l'un parmi le récipient et l'insert par les moyens d'entraînement en rotation ;

- mesure d'une information représentative de la force appliquée par le fluide de forage sur l'autre parmi le récipient et l'insert lorsque l'un parmi le récipient et l'insert est entraîné en rotation autour de l'axe central.

Le procédé selon l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes combinaisons techniquement possibles :

- le procédé comporte, après une étape de mesure, l'injection d'un fluide de nettoyage dans l'espace intermédiaire de mesure à travers une conduite d'injection distincte de la conduite d'amenée et de la conduite d'évacuation, la conduite d'injection débouchant dans l'espace intermédiaire de mesure ;

- le procédé comporte, avant l'étape d'injection de fluide de nettoyage, une étape de purge de l'espace intermédiaire de mesure par un gaz sous pression pour vider le fluide présent dans l'espace intermédiaire de mesure avant l'injection de fluide de nettoyage ;

- le procédé comporte une étape de régulation de la température du fluide de forage à une température choisie dans un module de régulation de la température disposé entre la tête de prélèvement et le récipient ;

- le procédé comporte une étape de dégazage du gaz présent dans le fluide de forage pour évacuer ce gaz hors du fluide de forage, l'étape de dégazage étant effectuée dans un module de dégazage disposé entre la tête de prélèvement et le récipient ;

- le procédé comporte une phase de calibration de la mesure en fonction de la température à une vitesse donnée de rotation de l'un parmi le récipient et l'insert, la phase de calibration comportant :

  • la fourniture successive dans l'espace intermédiaire de mesure de fluide de forage à au moins deux températures de calibration distinctes, et

  • pour chaque température de calibration, la mesure de l'information représentative à la vitesse donnée,

  • la détermination d'au moins un paramètre de calibration d'une équation reliant l'information représentative déterminée à une température de mesure à l'information représentative calculée à une température de référence différente de la température de mesure, le ou chaque paramètre de calibration étant obtenu sur la base de l'information représentative mesurée à chaque température de calibration,

l'étape de mesure comprenant la mesure de l'information représentative du fluide de forage amené dans l'espace intermédiaire de mesure, et la mesure de la température de mesure du fluide de forage, le procédé comprenant une phase de calcul de l'information représentative à la température de référence, sur la base de l'information représentative mesurée à la température de mesure et de l'équation déterminée à l'étape de calibration ;

- la phase de calibration comporte les étapes suivantes :

• arrêt de la pompe,

• mesure d'une information représentative de la force appliquée par le fluide de forage présent à une première température de calibration sur l'autre parmi le récipient et l'insert et lorsque l'un parmi le récipient et l'insert est entraîné en rotation autour de l'axe central ;

• refroidissement du fluide de forage présent dans l'espace intermédiaire de mesure, puis

• mesure d'une information représentative de la force appliquée par le fluide de forage présent dans l'espace intermédiaire de mesure à au moins une deuxième température de calibration inférieure à la première température sur l'autre parmi le récipient et l'insert lorsque l'un parmi le récipient et l'insert est entraîné en rotation autour de l'axe central ; et

- le procédé comporte au moins une phase de mesure du gel, comportant les étapes suivantes :

• arrêt de la pompe ;

• entraînement en rotation du fluide de forage présent dans l'espace intermédiaire de mesure à une première vitesse pendant un temps d'homogénéisation donné. ;

• immobilisation de l'un du récipient et de l'insert pendant un temps de repos donné ;

• entraînement en rotation de l'un du récipient et de l'insert à une deuxième vitesse inférieure à la première vitesse pendant un temps de mesure donné ;

• mesure de l'information représentative de la force appliquée par le fluide de forage sur l'autre parmi le récipient et l'insert pendant le temps de mesure donné pour déterminer la valeur maximale de l'information représentative en fonction du temps pendant le temps de mesure donné ;

• enregistrement à une fréquence donnée de l'information représentative mesurée pendant tout le temps de mesure donné pour obtenir la variation temporelle de l'information représentative avant et après la valeur maximale.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe verticale d'une installation de forage munie d'un premier ensemble de mesure selon l'invention ;

- la figure 2 est une vue schématique des principaux éléments de l'ensemble de mesure représenté sur la figure 1 ;

- la figure 3 est un organigramme illustrant la mise en œuvre d'un premier procédé de mesure selon l'invention ;

- la figure 4 est une vue d'une courbe représentant la vitesse de rotation du récipient de l'ensemble de mesure autour de son axe lors des différentes phases du procédé représenté sur la figure 3 ;

- la figure 5 est une courbe représentant la force appliquée par le fluide de forage sur la broche de l'ensemble de mesure, collectée en fonction du temps lors d'une première mesure de gel du fluide de forage ;

- la figure 6 est une courbe analogue à celle de la figure 5 lors d'une deuxième mesure de gel du même fluide de forage ;

- la figure 7 est une vue d'une courbe de calibration représentant la contrainte de cisaillement d'un fluide de forage mesurée à différentes températures dans l'ensemble de la figure 1 pour une vitesse de rotation de récipient donnée ;

- la figure 8 est une vue analogue à la figure 2 d'un deuxième ensemble de mesures selon l'invention.

Dans tout ce qui suit, les termes « amont » et « aval » s'entendent par rapport au sens de circulation normal d'un fluide dans une conduite.

Un ensemble de mesure 10 selon l'invention est utilisé par exemple dans une installation 11 de forage de production de pétrole. Cet ensemble 10 est destiné à mesurer les propriétés rhéologiques du fluide de forage émergeant du puits ou injecté dans le puits, en ligne et de manière sensiblement continue.

Par « sensiblement continue », on entend notamment qu'une mesure effectuée sur le fluide peut être réalisée pendant un temps donné, et qu'une autre mesure peut être immédiatement réalisée à la fin de la première mesure.

Les propriétés rhéologiques mesurées sont notamment la contrainte de cisaillement pour différents taux de cisaillement appliqués sur le fluide de forage. Ceci permet d'évaluer le comportement viscoélastique du fluide de forage.

Comme illustré sur la Figure 1, l'installation 11 comprend un conduit de forage 13 disposé dans une cavité 14 percée par un outil de forage 15 rotatif, une installation de surface 17, et le premier ensemble de mesure 10 selon l'invention.

Le conduit de forage 13 est disposé dans la cavité 14 ménagée dans le sous-sol 21 par l'outil de forage 15 rotatif. Ce conduit 13 comporte, au niveau de la surface 22, une tête de puits 23 munie d'une conduite 25 de vidange.

L'outil de forage 15 comprend une tête de forage 27, une garniture de forage 29, et une tête 31 d'injection de fluide de forage.

La tête de forage 27 comprend des moyens de perçage 33 des roches du sous-sol 21. Elle est montée sur la partie inférieure de la garniture de forage 29 et est positionnée dans le fond du conduit de forage 13.

La garniture 29 comprend un ensemble de tubes de forage creux. Ces tubes délimitent un espace interne 35 qui permet d'amener un liquide depuis la surface 22 jusqu'à la tête de forage 27. A cet effet, la tête d'injection 31 de liquide est vissée sur la partie supérieure de la garniture 29.

L'installation de surface 17 comprend des moyens 41 de support et d'entraînement en rotation de l'outil de forage 15, des moyens 43 d'injection du fluide de forage et un tamis vibrant 45.

Les moyens d'injection 43 sont reliés hydrauliquement à la tête d'injection 31 pour introduire et faire circuler le fluide de forage dans l'espace interne 35 de la garniture de forage 29.

Le tamis vibrant 45 collecte le fluide chargé de résidus de forage qui sort de la conduite de vidange 25 et sépare le liquide des résidus de forage solides.

L'installation de surface 17 comporte en outre un bac 47 de rétention de boue désigné généralement par le terme anglais « mud pit », propre à collecter le liquide reçu du tamis vibrant 45.

Le fluide de forage est généralement désigné par le terme « boue de forage ». La boue de forage est par exemple une boue de forage à l'eau, une boue de forage à l'huile, ou une boue de forage synthétique.

Comme illustré par les figures 1 et 2, l'ensemble de mesure 10 comporte un dispositif 50 de mesure des propriétés rhéologiques, des capteurs de mesure 51A, 51B respectifs de température et de niveau, des moyens 52 de transport du fluide de forage vers le dispositif de mesure 50, et des moyens 54 d'évacuation du fluide de forage hors du dispositif de mesure 50.

L'ensemble de mesure 10 comporte en outres des moyens 56 de nettoyage du dispositif de mesure 50 et une unité 58 de commande et de mesure.

Le dispositif de mesure 50 comporte un récipient creux 60 d'axe central A-A', monté rotatif autour de son axe, une broche 62 insérée dans le récipient creux 60, le récipient creux 60 et la broche 62 délimitant entre eux un espace intermédiaire 64 de réception du fluide de forage mesuré.

Le dispositif 50 comprend en outre une enveloppe extérieure 66 destinée à contenir de manière étanche le récipient creux 60 et la broche 62, un mécanisme 68 d'entraînement en rotation du récipient creux 60 autour de son axe A-A' et un capteur 70 de mesure de la force appliquée sur la broche 62 par le fluide de forage présent dans l'espace intermédiaire 64 lors de la rotation du récipient creux 60 autour de son axe A-A'.

Dans l'exemple représenté sur la figure 2, le dispositif de mesure 50 est un viscosimètre de couette. Le récipient creux 60 est alors formé par un manchon cylindrique. L'axe A-A' du récipient 60 est disposé par exemple horizontalement. La broche 62 est reçue de manière rotative autour de l'axe A-A' dans le récipient creux 60. Elle est également de forme cylindrique.

L'espace intermédiaire 64 est un espace annulaire délimité entre la broche 62 et le récipient creux 60.

L'enveloppe 66 délimite une ouverture 72 d'amenée de fluide de forage dans l'espace intermédiaire 64, une ouverture 74 d'évacuation de fluide de forage hors de l'espace intermédiaire 64. Les ouvertures 72, 74 débouchent à l'opposé l'une de l'autre transversalement par rapport à l'axe A-A'.

L'enveloppe 66 délimite en outre une pluralité d'ouvertures 76 d'injection de fluide de nettoyage qui débouchent directement dans l'espace intermédiaire 64 à une extrémité axiale de cet espace 64. Les ouvertures d'injection 76 sont par exemple ménagées dans une couronne annulaire obturant axialement l'espace intermédiaire 64.

Le mécanisme d'entraînement 68 est propre à être commandé par l'unité de commande 58 pour entraîner en rotation le récipient creux 60 autour de l'axe A-A' à une pluralité de vitesses constantes réglables. La vitesse constante est par exemple comprise entre un tour par minute et mille tours par minute avantageusement entre 2 tours par minute et 450 tours par minute pour appliquer un taux de cisaillement de 5 $s^{-1}$ à 1050 $s^{-1}$.

Le mécanisme 68 est propre à maintenir la vitesse choisie constante pendant une période de temps déterminée, pilotée par l'unité de commande 58.

La broche 62 est montée librement rotative autour de l'axe A-A', en étant asservie vers une position angulaire de référence autour de l'axe A-A' par un moyen de sollicitation élastique (non représenté).

Le capteur 70 est propre à mesurer la déviation angulaire de la broche 62 autour de l'angle A-A' par rapport à la position angulaire de référence, cette information étant

représentative de la contrainte de cisaillement appliquée par le fluide de forage sur la broche 62.

Les moyens de transport 52 comportent, d'amont en aval, une tête de prélèvement 80 de fluide de forage, une pompe 82 d'amenée de fluide de forage présentant une entrée raccordée à la tête de prélèvement 80, et une conduite 84 d'amenée de fluide de forage dans le dispositif de mesure 50, la conduite d'amenée 84 étant raccordée en amont, à une sortie de la pompe 82, et en aval, à l'ouverture d'amenée 72.

La tête de prélèvement 80 est destinée à être plongée dans une masse de fluide de forage en circulation. En variante, elle est piquée sur une conduite de circulation de fluide de forage.

Dans cet exemple, la tête de prélèvement 80 est plongée dans le bac de réception 47 pour prélever du fluide de forage émergeant du puits sous forme liquide après filtration des résidus solides dans le tamis vibrant 45.

En variante, la tête 80 est montée directement dans la conduite de vidange 25, en amont du tamis vibrant 45.

La tête 80 est raccordée à une entrée de la pompe 82 par une conduite amont 86.

La pompe 82 est avantageusement une pompe à déplacement positif de fluide, comme par exemple une pompe péristaltique.

Cette pompe 82 est propre à délivrer, à sa sortie dans la conduite d'injection 84, un débit constant et réglable de fluide de forage prélevé par la tête de prélèvement 80. Ce débit est par exemple compris entre 0,1 l/min et 10 l/min.

La pompe 82 est raccordée à l'unité de commande 58 pour être pilotée par cette unité 58.

La conduite d'amenée 84 comprend un tronçon amont 88 raccordé à la sortie de la pompe 82, éventuellement une vanne trois voies amont 90, et un tronçon aval 92 débouchant dans l'ouverture d'amenée 72.

Le tronçon amont 88 et le tronçon aval 92 sont raccordés à la valve trois voies 90, lorsqu'elle est présente.

Le tronçon aval 92 s'étend de manière inclinée ou verticale sous le dispositif 50.

Il débouche vers le haut dans l'ouverture d'amenée 72 en étant sensiblement perpendiculaire à l'axe A-A'.

Les moyens d'évacuation 54 comprennent une conduite d'évacuation 94, une valve trois voies 96 éventuelle et une conduite aval 98 de retour vers le bac de rétention 47.

La conduite aval 94 s'étend de manière sensiblement verticale ou inclinée par rapport à l'axe A-A'. Elle débouche en amont dans l'ouverture d'évacuation 74, au-dessus du dispositif de mesure 50. Elle débouche en aval dans la vanne trois voies 96.

Dans cet exemple, les capteurs 51A, 51B de température et de niveau sont disposés dans la conduite d'évacuation 94, au voisinage et en regard de l'ouverture d'évacuation 74.

La conduite aval 98 raccorde la vanne trois voies aval 96 à un volume de décharge du fluide de forage analysé, qui, dans cet exemple, est formé par le bac de rétention 47.

Les moyens de nettoyage 56 comportent un réservoir 100 de fluide de nettoyage, une pompe auxiliaire 102, une conduite de prélèvement 104 de fluide de nettoyage dans le réservoir 100, et une conduite 106 d'injection de fluide de nettoyage dans l'espace intermédiaire 64.

Les moyens de nettoyage 56 comprennent en outre un ensemble 108 de purge de l'espace intermédiaire 64.

Le fluide de nettoyage contenu dans le réservoir 100 est avantageusement un liquide de nettoyage distinct du fluide de forage. Le liquide de nettoyage est par exemple de l'eau ou de l'huile utilisée comme base de la boue à phase continue huile.

La conduite de prélèvement 104 raccorde le réservoir 100 à une entrée de la pompe auxiliaire 102. La conduite d'injection 106 raccorde une sortie de la pompe auxiliaire 102 à la ou chaque ouverture d'injection 76.

L'ensemble de purge 108 comprend un piquage 110 raccordé à une source 112 de gaz comprimé. Le piquage 110 débouche dans cet exemple dans le tronçon aval 92 de la conduite d'injection 84 sous le dispositif 50. En variante, le piquage 110 débouche directement dans l'espace intermédiaire 64 à travers l'enveloppe 66.

Dans l'exemple représenté sur la figure 2, les moyens de nettoyage 56 comprennent en outre un piquage amont 114 raccordant la vanne trois voies amont 90 à un espace de décharge formé dans cet exemple par le réservoir 100. Les moyens de nettoyage 56 comprennent un piquage aval 116 raccordant la vanne trois voies aval 96 à un espace de décharge, formé dans cet exemple par le réservoir 100.

Les piquages 114, 116 permettent respectivement le nettoyage du tronçon aval 92 de la conduite d'injection 84 et le nettoyage de la conduite d'évacuation 94, comme on le verra plus bas.

La pompe auxiliaire 102 est raccordée à l'unité de commande 58. Elle est propre à être pilotée pour projeter du fluide de nettoyage provenant du réservoir 100 dans l'espace intermédiaire 64 à travers la conduite d'injection 106 et les ouvertures d'injection 76.

L'unité de commande et de mesure 58 comporte un module de commande 120 et un module de mesure 122.

Le module de commande 120 est raccordé respectivement à la pompe 82, au mécanisme d'entraînement 68, aux vannes trois voies 90 et 96, à la pompe auxiliaire 102 par des liaisons de commande électrique ou pneumatique. Dans cet exemple, les liaisons de commande sont pneumatiques.

Le module de commande 120 est propre à piloter la pompe 82 pour réaliser une pluralité de phases successives de mesures de viscosité, dans laquelle la pompe 82 est active pour pomper du fluide à travers l'espace intermédiaire 64, et une pluralité de phases de mesure de gel, dans laquelle la pompe 82 est stoppée temporairement pour immobiliser le fluide de forage présent dans l'espace intermédiaire 64.

Le module de commande 120 est en outre propre à piloter la pompe 82 pour réaliser une phase de nettoyage dans lesquelles la pompe 82 est stoppée et les moyens de nettoyage 56 sont actifs, comme on le verra plus bas.

Le module de mesure 122 comprend des moyens d'enregistrement des données reçues des capteurs respectifs 51A, 51B, et 70.

Comme on le verra plus bas, et selon l'invention, les moyens d'enregistrement sont propres à enregistrer, à une fréquence donnée, toutes les données provenant du capteur 70, notamment lors des phases de mesure de gel lorsque la pompe 82 est arrêtée.

Un procédé de mesure selon l'invention, mis en œuvre lors du forage d'un puits, va maintenant être décrit comme exemple, en référence à la Figure 1.

Pour effectuer le forage, l'outil de forage 15 est entraîné en rotation par l'installation de surface 41. Un fluide de forage est introduit sous forme liquide dans l'espace intérieur 35 de la garniture de forage 29 par les moyens d'injection 43. Ce fluide descend jusqu'à la tête de forage 27, et passe dans le conduit de forage 13 à travers la tête de forage 27. Ce fluide refroidit et lubrifie les moyens de perçage 33. Puis, le fluide collecte les déblais solides résultant du forage et remonte par l'espace annulaire défini entre la garniture de forage 29 et les parois du conduit de forage 13, puis est évacué par la conduite de vidange 25 jusqu'au tamis vibrant 45.

Le liquide issu du tamis vibrant 45 est recueilli dans le bac de rétention 47.

Comme illustré par la figure 1, une partie de ce liquide est pompé en continu depuis le bac 47 vers les moyens d'injection 43 à travers une conduite de recyclage 148 pour recycler la boue de forage.

Simultanément, la tête de prélèvement 80 est disposée dans le volume de fluide de forage présent dans le bac 47. Le procédé de mesure selon l'invention peut alors être mis en œuvre.

Comme illustré par la figure 3, ce procédé comporte une pluralité de phases de mesure 150, et une pluralité de phases de nettoyage 152 interposées entre les phases de mesure 150.

Dans l'exemple représenté sur la figure 3, chaque phase de mesure 150 comprend au moins une première étape 154 de mesure de viscosité, au moins une première étape 156 de mesure de gel avec un premier temps de repos choisi, et au moins une deuxième étape 158 de mesure de gel avec un deuxième temps de repos choisi.

Le nombre d'étapes de mesures de viscosité, ou de mesures de gel, ainsi que leur fréquence est programmé dans l'unité de commande 58. Ces étapes peuvent également être déclenchées manuellement par l'utilisateur à l'aide de l'unité de commande 58.

Dans chaque étape de mesure de la viscosité 154, le module de commande 120 de l'unité 58 pilote la pompe 82 pour prélever en continu du fluide de forage à l'aide de la tête de prélèvement 80 dans le bac de rétention 47, par exemple à un débit supérieur à 0,1 l/min.

La vanne trois voies 90 est pilotée pour raccorder le tronçon amont 88 exclusivement au tronçon aval 92.

Le fluide de forage passe dans la conduite amont 86, dans la pompe 82, et remonte jusqu'au tronçon aval 92 de la conduite 84 à travers la vanne trois voies 90.

Le fluide de forage remonte alors jusqu'à l'ouverture d'injection 72 et pénètre dans l'espace intermédiaire 64 entre la broche 62 et le réceptacle 60.

Le fluide de forage remplit l'espace intermédiaire 64 et s'évacue par l'ouverture d'évacuation 74. Il circule alors à travers la conduite d'évacuation 94 jusqu'à la valve aval 3 et à travers la conduite aval 98.

Lorsque le capteur de niveau 51B détecte la présence de fluide de forage dans la conduite aval 94, le module de commande 120 pilote le mécanisme d'entraînement 68 pour entraîner en rotation le récipient 60 autour de l'axe A-A' à au moins une première vitesse constante donnée pendant un temps de mesure choisi.

Comme représenté sur la figure 4, le module 120 pilote les moyens d'entraînement en rotation 68 pour réaliser une pluralité de paliers de mesure 160 à des vitesses constantes décroissantes.

Pour chaque palier de vitesse 160 pendant le temps de mesure, le module de mesure 122 recueille l'information représentative mesurée par le capteur 70 raccordé à la broche 62.

Le module de mesure 122 calcule ensuite la contrainte de cisaillement pour les différentes vitesses de rotation pour en déduire les propriétés rhéologiques du fluide, son éventuel comportement viscoélastique, sur la base des mesures réalisées pour chaque palier 160.

La vitesse d'entraînement en rotation du récipient creux 60 autour de l'axe A-A' est par exemple supérieure à 400 tours/minute dans le premier palier 160 et est inférieure à 4 tours/minute dans le dernier palier 160.

A tout instant, le module de mesure 122 enregistre la température du fluide de forage mesurée par le capteur 51A.

Lorsqu'une première étape de mesure du gel 156 doit être effectuée, le module de commande 120 stoppe la pompe 82 pour immobiliser le fluide de forage présent dans l'espace intermédiaire 64.

Puis, comme illustré par la figure 4, les moyens de commande 120 pilotent le mécanisme 68 d'entraînement en rotation, pour entraîner en rotation à relativement grande vitesse le récipient 60 autour de l'axe A-A', par exemple à une vitesse supérieure à 400 tours/minute.

Puis, au bout d'un premier temps d'homogénéisation T1 donné, le module de commande 120 stoppe le mécanisme d'entraînement 68 pour immobiliser le réceptacle 60 et le fluide présent dans l'espace intermédiaire 64 pendant un temps de repos $T_{R1}$ par exemple inférieur à 20 secondes et notamment égal à 10 secondes.

Puis, le module de commande 120 pilote le mécanisme d'entraînement en rotation 68 pour entraîner en rotation à relativement basse vitesse, avantageusement à moins de 4 tours/minute, le récipient 60 autour de son axe A-A' pendant un temps de mesure donné $T_{M1}$. Ce temps de mesure $T_{M1}$ est par exemple égal à 8 secondes.

Les moyens d'enregistrement enregistrent à une fréquence donnée, par exemple supérieure à 1 Hertz, et notamment égale à 5 Hertz, les valeurs mesurées par le capteur 70 sur toute la durée du temps de mesure $T_{M1}$ afin de déterminer le maximum de la mesure obtenue par le capteur 70, ainsi que le comportement dynamique de la mesure avant et après que le maximum soit atteint.

Cette mesure est illustrée par exemple par la figure 5 où le maximum est atteint au point 170 et où les données obtenues après le maximum dans l'intervalle de temps 172 sont enregistrées à la fréquence donnée.

Puis, à l'étape 158, une deuxième mesure de gel est réalisée. Comme à l'étape 156, le module de commande 120 active tout d'abord le mécanisme d'entraînement 68 pour entraîner à grande vitesse le récipient creux en rotation autour de son axe A-A' pendant une deuxième période de temps T2 d'homogénéisation donnée.

La vitesse d'entraînement est supérieure à 400 tours par minute et le temps d'homogénéisation est inférieur à 20 secondes.

Puis, le module de commande 120 stoppe le mécanisme d'entraînement en rotation 68 pour immobiliser le récipient creux 60 pendant un deuxième temps de repos donné $T_{R2}$.

La durée du deuxième temps de repos $T_{R2}$ est très supérieure à la durée $T_{R1}$. Cette durée est par exemple supérieure à une minute et notamment égale à dix minutes.

Puis, à la fin du deuxième temps de repos, le module de commande 120 active le mécanisme d'entraînement en rotation 68 pour entraîner en rotation le récipient creux 60 autour de son axe A-A' à une relativement basse vitesse pendant un deuxième temps de mesure $T_{M2}$.

Cette basse vitesse est par exemple inférieure à 4 tours/ minute.

Le module de mesure 122 enregistre à une fréquence donnée par exemple supérieure à 1 Hertz et notamment égale à 5 Hertz, sur tout le temps de mesure $T_{M2}$ les données reçues du capteur 70. Comme l'illustre la figure 6, ceci permet de déterminer le maximum 170 de la valeur donnée par le capteur 70, ainsi que le comportement dynamique mesuré après l'obtention du maximum 170.

Comme illustré par la figure 3, la phase de mesure 150 peut alors comprendre d'autres étapes de mesure de la viscosité 154 et d'autres étapes de mesure du gel 156, 158.

Au bout d'un certain nombre d'étapes 154, 156, 158 programmées dans les moyens de commande 120, ou lorsque l'opérateur effectue un déclenchement manuel, une phase de nettoyage 152 est réalisée.

Le module de commande 120 désactive alors la pompe 82 pour stopper l'écoulement de fluide de forage à travers la conduite d'amenée 84, le dispositif de mesure 50 et la conduite d'évacuation 94.

Le module de commande 120 active alors l'ensemble de purge pour injecter du gaz comprimé provenant de la source 112 à travers le piquage d'injection 110. Le gaz comprimé pénètre dans l'espace intermédiaire 64 à travers l'ouverture 72 et évacue le fluide de forage hors de l'espace intermédiaire 64. Le fluide de forage s'écoule alors à travers le conduit d'évacuation 94, la valve trois voies 96 jusqu'à la conduite aval 98.

Une fois l'espace intermédiaire 64 vidé, le module de commande 120 pilote la valve trois voies 190 pour raccorder le tronçon aval 92 au piquage amont 114 et isoler le tronçon aval 92 du tronçon amont 84.

Le module de commande 120 active alors la pompe auxiliaire 102 permettant le pompage du fluide de nettoyage à partir du réservoir 100, à travers la conduite de

prélèvement 104, la pompe 102, et la conduite d'amenée de fluide de nettoyage 106 jusqu'à chaque ouverture 76.

L'espace intermédiaire 64 ayant été préalablement purgé du fluide de forage, le fluide de nettoyage est éjecté à grande vitesse dans l'espace intermédiaire 64. Ceci assure un nettoyage efficace et rapide des surfaces en regard du récipient 60 et de la broche 62.

Le fluide de nettoyage est ensuite évacué par gravité à travers le tronçon amont 92, la valve trois voies 90 jusqu'au réservoir 100. Ceci assure le nettoyage de la conduite d'amenée 84.

La conduite d'évacuation 94 peut également être nettoyée en pilotant la valve trois voies 96 pour raccorder la conduite d'évacuation 94 exclusivement au piquage aval 116 et faire circuler du fluide de nettoyage à travers l'espace intermédiaire 64, la conduite d'évacuation 94 et le piquage aval 116.

Les ouvertures d'injection de fluide de nettoyage 76 débouchant directement dans l'espace intermédiaire 64 entre la broche 62 et le récipient 60, par une ouverture distincte de l'ouverture d'injection 72 de fluide de forage et distincte de l'ouverture d'évacuation 74 de fluide de forage, le nettoyage de l'espace intermédiaire 64 est particulièrement efficace et ne requiert sensiblement aucune intervention manuelle de l'opérateur.

Une fois la phase de nettoyage effectuée, le module de commande 120 pilote les vannes 90, 96 et la pompe 82 pour effectuer une nouvelle phase de mesure 150.

Un deuxième ensemble de mesure 210 selon l'invention est représenté sur la figure 8. A la différence du premier ensemble 10, les moyens de transport 52 comprennent en outre un module 212 de régulation de la température du fluide de forage et, dans une variante représentée en pointillés, un module 214 de dégazage du fluide de forage.

Le module de régulation 212 comporte par exemple un échangeur de chaleur propre à mettre en relation d'échange thermique sans contact un fluide caloporteur avec le fluide de forage issu de la pompe 82. Le module 212 est disposé sur le tronçon aval 88 de la conduite d'amenée 94. Il comporte par exemple un échangeur à plaques.

Le module de commande 120 est propre à faire circuler le fluide caloporteur à une température choisie, pour refroidir ou réchauffer le fluide de forage et l'amener à une température déterminée.

Dans une variante, le module de régulation 212 comprend uniquement des moyens de chauffage, tels que des résistances électriques.

Le module de dégazage 214, lorsqu'il est présent, est disposé sur le tronçon aval 88 de la conduite d'injection de boue 94, avantageusement en aval du module de

chauffage 212. Il comporte par exemple une cuve 218 de dégazage, un agitateur 220 disposé dans la cuve 218 et des moyens 222 d'évacuation de gaz. La cuve 218 délimite une entrée 224 d'injection de fluide de forage et une sortie 226 d'évacuation de fluide de forage dégazé débouchant dans une partie supérieure de la cuve 218.

L'agitateur rotatif 220 est plongé dans le fluide de forage en circulation dans la cuve 218. Lors de son entraînement en rotation, il est propre à agiter le fluide de forage pour extraire le gaz contenu dans ce fluide. Le gaz extrait est évacué par les moyens d'évacuation 222 qui comportent par exemple une conduite et une pompe.

A la différence du premier procédé, lorsque la pompe 82 est activée par le module de commande 120, le fluide de forage issu de la pompe 82 pénètre dans le module de régulation de la température 212. Le fluide de forage entre en relation d'échange thermique avec le fluide caloporteur ou avec les résistances présentes dans ce module 212. Il sort ensuite du module 212 à une température donnée réglée par le module de commande 120.

Lorsque le module de dégazage 214 est présent, le fluide de forage est introduit dans la cuve 218 par l'entrée d'injection 224. Il est agité par l'agitateur 220, ce qui provoque l'extraction au moins partielle du gaz contenu dans le fluide de forage. Le gaz extrait est évacué par les moyens d'évacuation 222.

Le fluide de forage dégazé issu du module 214 est alors évacué par la sortie d'évacuation 226.

Dans une variante des ensembles de mesure 10, 210, le mécanisme 68 est raccordé à la broche 62 et le capteur 70 mesure le déplacement angulaire du récipient 60 lors de la rotation de la broche 62.

Dans une variante, le procédé de mesure mis en œuvre à l'aide de l'ensemble de mesure 10, 210 comporte une phase de calibration de la mesure en fonction de la température et une phase de correction de la mesure de viscosité obtenue à chaque étape de mesure 154 en fonction de la calibration réalisée à la phase de calibration.

Dans la phase de calibration, au moins deux échantillons de fluide de forage à respectivement deux températures de calibration données sont introduits successivement dans l'espace intermédiaire 64 puis sont mesurés à au moins une vitesse donnée de rotation du récipient 60 par rapport à la broche 62, pilotée par le module de commande 120, comme décrit précédemment pour chaque étape 154.

A chaque vitesse i de rotation, la contrainte de cisaillement $\eta_c$ mesurée pour les différentes températures de calibration $T_{calib1}$, $T_{calib2}$, $T_{calib3}$, représentée par les points 250A, 250B, 250C sur la courbe de la figure 7 est ensuite utilisée pour déterminer les paramètres constitutifs $a_i$, $b_i$, $c_i$ d'une équation reliant la valeur de la contrainte $\eta(T_{ref})$ à

une température de référence $T_{ref}$, par exemple égale à 50°C, à la valeur de la contrainte $\eta(T_{mes})$ à la température de mesure effective.

Dans un exemple d'application, l'équation est par exemple de type :

$$\eta(T_{ref}) = \eta(T_{mes}) \times \left[ a_i \times (T_{mes} - T_{ref})^2 + b_i \times (T_{mes} - T_{ref}) + c_i \right]$$

Dans un mode de réalisation, les échantillons de fluide de forage aux différentes températures $T_{calib1}$, $T_{calib2}$, $T_{calib3}$ sont successivement introduits manuellement dans l'espace annulaire 64 par un opérateur.

Dans une variante, le fluide de forage à une température $T_{calib1}$ et pompé par la pompe 82 à travers la conduite d'injection 84 jusqu'à l'espace intermédiaire 64. Puis la pompe 82 est stoppée par le module de commande 120.

La température du fluide est mesurée par la sonde 51A. Une première mesure à la température $T_{calib1}$ est effectuée pour chaque vitesse de rotation à calibrer comme décrit précédemment. Puis, le fluide est laissé au repos dans l'espace intermédiaire 64 pour refroidir jusqu'à une température $T_{calib2}$. A la température $T_{calib2}$, une nouvelle mesure est effectuée. Comme précédemment, le module de commande 120 active les moyens d'entraînement 68 pour entraîner en rotation le récipient 60 autour de l'axe A-A' à la ou à chaque vitesse souhaitée. Cette opération peut ensuite être répétée pour obtenir d'autres points de mesure.

Dans une autre variante, mise en œuvre dans l'ensemble 210 représenté sur la figure 8, le fluide de forage est pompé à l'aide la pompe 82 qui est activée par le module de commande 120. En outre, le module de commande 120 pilote le module de régulation 212 pour que la température du fluide sortant du module 212 soit sensiblement égale à la température $T_{calib1}$.

La mesure est ensuite effectuée comme décrit précédemment à cette première température $T_{calib1}$. Puis, le module de commande 120 pilote le module de régulation de la température 212 pour que la température du fluide à la sortie du module 212 soit sensiblement égale à la deuxième température $T_{calib2}$ distincte de la première température $T_{calib1}$. Une autre mesure dans le dispositif 50 est alors réalisée, comme décrit précédemment.

Une fois la phase de calibration terminée, une phase de calcul de la valeur de contrainte corrigée est effectuée par le module 122 en utilisant la contrainte de cisaillement mesurée à la température de mesure telle que déterminée par la sonde 51A, et en calculant la contrainte de cisaillement à la température de référence $T_{ref}$ sur la base de l'équation définie plus haut, dont les paramètres expérimentaux $a_1$, $b_1$ et $c_1$ ont été déterminés lors de la phase de calibration.

Dans une autre variante, le fluide de nettoyage ou un autre fluide introduit par la pompe auxiliaire peut être introduit dans l'espace intermédiaire 104 et le remplir afin de calibrer le dispositif de mesure 50 en déterminant notamment ses dérives intrinsèques.

Grâce à l'ensemble de mesure 10, 210 et au procédé de mesure selon l'invention, tels qu'ils viennent d'être décrits, les propriétés rhéologiques du fluide de forage peuvent donc être déterminées de manière fiable, simple et précise avec un minimum d'intervention de l'opérateur, Ces valeurs peuvent en outre être corrigées facilement sur la base d'une phase de calibration simple à mettre en œuvre dans l'ensemble 10, 210.

## REVENDICATIONS

1.- Ensemble (10 ; 210) de mesure en ligne des propriétés rhéologiques d'un fluide de forage, du type comprenant :

- un dispositif (50) de mesure comportant un récipient creux (60) d'axe central (A-A') et un insert (62) disposé dans le récipient (60), l'un au moins parmi le récipient (60) et l'insert (62) étant monté rotatif autour de l'axe central (A-A'), le dispositif de mesure (50) comportant des moyens (68) d'entraînement en rotation de l'un parmi le récipient (60) et l'insert (62) autour de l'axe central (A-A') ; le récipient (60) et l'insert (62) délimitant entre eux un espace intermédiaire (64) de mesure du fluide de forage,

- une unité (58) de commande et de mesure, propre à activer les moyens d'entraînement en rotation (68) pour entraîner en rotation à une vitesse choisie l'un parmi le récipient (60) et de l'insert (62) et propre à enregistrer une information représentative de la force appliquée par le fluide de forage sur l'autre parmi le récipient (60) et l'insert (62) lors de la rotation de l'un parmi le récipient (60) et l'insert (62) ;

caractérisé en ce que l'ensemble (10 ; 210) comporte :

- une conduite (84) d'amenée de fluide de forage à mesurer dans l'espace intermédiaire (64) de mesure et une conduite (94) d'évacuation de fluide de forage hors de l'espace intermédiaire (64) de mesure ;

- une pompe (82) présentant une entrée raccordée à une tête (80) de prélèvement de fluide de forage dans un volume de fluide de forage et une sortie raccordée à la conduite d'amenée (84) pour pomper le fluide de forage depuis la tête de prélèvement (80) vers l'espace intermédiaire (84) de mesure.

2.- Ensemble (10 ; 210) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une conduite (106) d'injection d'un fluide de nettoyage, distincte de la conduite d'amenée (84) et de la conduite d'évacuation (94), la conduite d'injection (106) débouchant dans l'espace intermédiaire de mesure (64), l'ensemble (10 ; 210) comportant avantageusement une pompe auxiliaire (102) d'injection de fluide de nettoyage présentant une sortie raccordée à la conduite d'injection (106).

3.- Ensemble (10 ; 210) selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (108) d'injection d'un gaz de purge sous pression dans l'espace intermédiaire (64) de mesure, propres à éjecter le fluide de forage présent dans l'espace intermédiaire (64) de mesure avant l'injection de fluide de nettoyage à travers la conduite d'injection (106).

4.- Ensemble (210) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un module (212) de régulation de la température du fluide de forage amené dans l'espace intermédiaire de mesure (64), le module de régulation

(212) de la température étant avantageusement interposé entre la tête de prélèvement (80) et le récipient (60).

5.- Ensemble (210) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un module de dégazage (214), propre à extraire le gaz présent dans le fluide de forage pour l'évacuer hors du fluide de forage, le module de dégazage (214) étant interposé entre la tête de prélèvement (80) et le récipient (60).

6.- Ensemble (10 ; 210) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'unité (58) de commande et de mesure comporte des moyens de pilotage de la pompe (82) propres à activer la pompe (82) dans une première phase de mesure pour injecter en continu du fluide de forage à un débit donné dans l'espace intermédiaire de mesure (64), les moyens de pilotage étant propres à arrêter la pompe (82) pendant un temps prédéterminé dans une deuxième phase d'immobilisation du fluide dans l'espace intermédiaire de mesure (64), puis étant propre à réactiver la pompe (82) dans une deuxième phase de mesure analogue à la première phase de mesure.

7.- Ensemble (10 ; 210) selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'unité de commande et de mesure (58) comporte des moyens d'enregistrement de la variation temporelle de l'information représentative de la force appliquée par le fluide de forage sur l'autre de l'insert (62) et du récipient (60), propres à enregistrer en continu la variation temporelle de l'information représentative lors de la deuxième phase d'arrêt de la pompe.

8.- Procédé de mesure en ligne des propriétés rhéologiques d'un fluide de forage, du type comprenant les étapes suivantes :

- fourniture d'un ensemble (10 ; 210) selon l'une quelconque des revendications précédentes ;

- activation de la pompe (82) pour pomper en continu du fluide de forage depuis la tête de prélèvement (80), à travers la conduite (84) d'amenée de fluide dans l'espace intermédiaire de mesure (64), le fluide de forage s'évacuant hors de l'espace intermédiaire de mesure (64) par la conduite d'évacuation (94),

- entraînement en rotation autour de l'axe central (A-A') à au moins une vitesse donnée de l'un parmi le récipient (60) et l'insert (62) par les moyens d'entraînement en rotation (68) ;

- mesure d'une information représentative de la force appliquée par le fluide de forage sur l'autre parmi le récipient (60) et l'insert (62) lorsque l'un parmi le récipient (60) et l'insert (62) est entraîné en rotation autour de l'axe central (A-A').

9.- Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comporte, après une étape de mesure, l'injection d'un fluide de nettoyage dans l'espace intermédiaire de mesure (64) à travers une conduite d'injection (106) distincte de la conduite d'amenée

(84) et de la conduite d'évacuation (94), la conduite d'injection (106) débouchant dans l'espace intermédiaire de mesure (64).

10- Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comporte, avant l'étape d'injection de fluide de nettoyage, une étape de purge de l'espace intermédiaire de mesure (64) par un gaz sous pression pour vider le fluide présent dans l'espace intermédiaire de mesure (64) avant l'injection de fluide de nettoyage.

11.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de régulation de la température du fluide de forage à une température choisie dans un module (212) de régulation de la température disposé entre la tête de prélèvement (80) et le récipient (60).

12.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de dégazage du gaz présent dans le fluide de forage pour évacuer ce gaz hors du fluide de forage, l'étape de dégazage étant effectuée dans un module (214) de dégazage disposé entre la tête de prélèvement (80) et le récipient (60).

13.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, caractérisé en qu'il comporte une phase de calibration de la mesure en fonction de la température à une vitesse donnée de rotation de l'un parmi le récipient (60) et l'insert (62), la phase de calibration comportant :

- la fourniture successive dans l'espace intermédiaire de mesure (64) de fluide de forage à au moins deux températures de calibration distinctes, et

- pour chaque température de calibration, la mesure de l'information représentative à la vitesse donnée,

- la détermination d'au moins un paramètre de calibration d'une équation reliant l'information représentative déterminée à une température de mesure à l'information représentative calculée à une température de référence différente de la température de mesure, le ou chaque paramètre de calibration étant obtenu sur la base de l'information représentative mesurée à chaque température de calibration,

l'étape de mesure comprenant la mesure de l'information représentative du fluide de forage amené dans l'espace intermédiaire de mesure (64), et la mesure de la température de mesure du fluide de forage, le procédé comprenant une phase de calcul de l'information représentative à la température de référence, sur la base de l'information représentative mesurée à la température de mesure et de l'équation déterminée à l'étape de calibration.

14.- Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que la phase de calibration comporte les étapes suivantes :

- arrêt de la pompe (82),

- mesure d'une information représentative de la force appliquée par le fluide de forage présent à une première température de calibration sur l'autre parmi le récipient (60) et l'insert (62) et lorsque l'un parmi le récipient et l'insert est entrainé en rotation autour de l'axe central (A-A') ;

- refroidissement du fluide de forage présent dans l'espace intermédiaire de mesure (64), puis

- mesure d'une information représentative de la force appliquée par le fluide de forage présent dans l'espace intermédiaire de mesure (64) à au moins une deuxième température de calibration inférieure à la première température sur l'autre parmi le récipient (60) et l'insert (62) lorsque l'un parmi le récipient (60) et l'insert (62) est entraîné en rotation autour de l'axe central (A-A').

15.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 14, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une phase de mesure du gel, comportant les étapes suivantes :

- arrêt de la pompe (82) ;

- entraînement en rotation du fluide de forage présent dans l'espace intermédiaire de mesure (64) à une première vitesse pendant un temps d'homogénéisation donné. ;

- immobilisation de l'un du récipient (60) et de l'insert (62) pendant un temps de repos donné ;

- entraînement en rotation de l'un du récipient (60) et de l'insert (62) à une deuxième vitesse inférieure à la première vitesse pendant un temps de mesure donné ;

- mesure de l'information représentative de la force appliquée par le fluide de forage sur l'autre parmi le récipient (60) et l'insert (62) pendant le temps de mesure donné pour déterminer la valeur maximale de l'information représentative en fonction du temps pendant le temps de mesure donné ;

- enregistrement à une fréquence donnée de l'information représentative mesurée pendant tout le temps de mesure donné pour obtenir la variation temporelle de l'information représentative avant et après la valeur maximale.

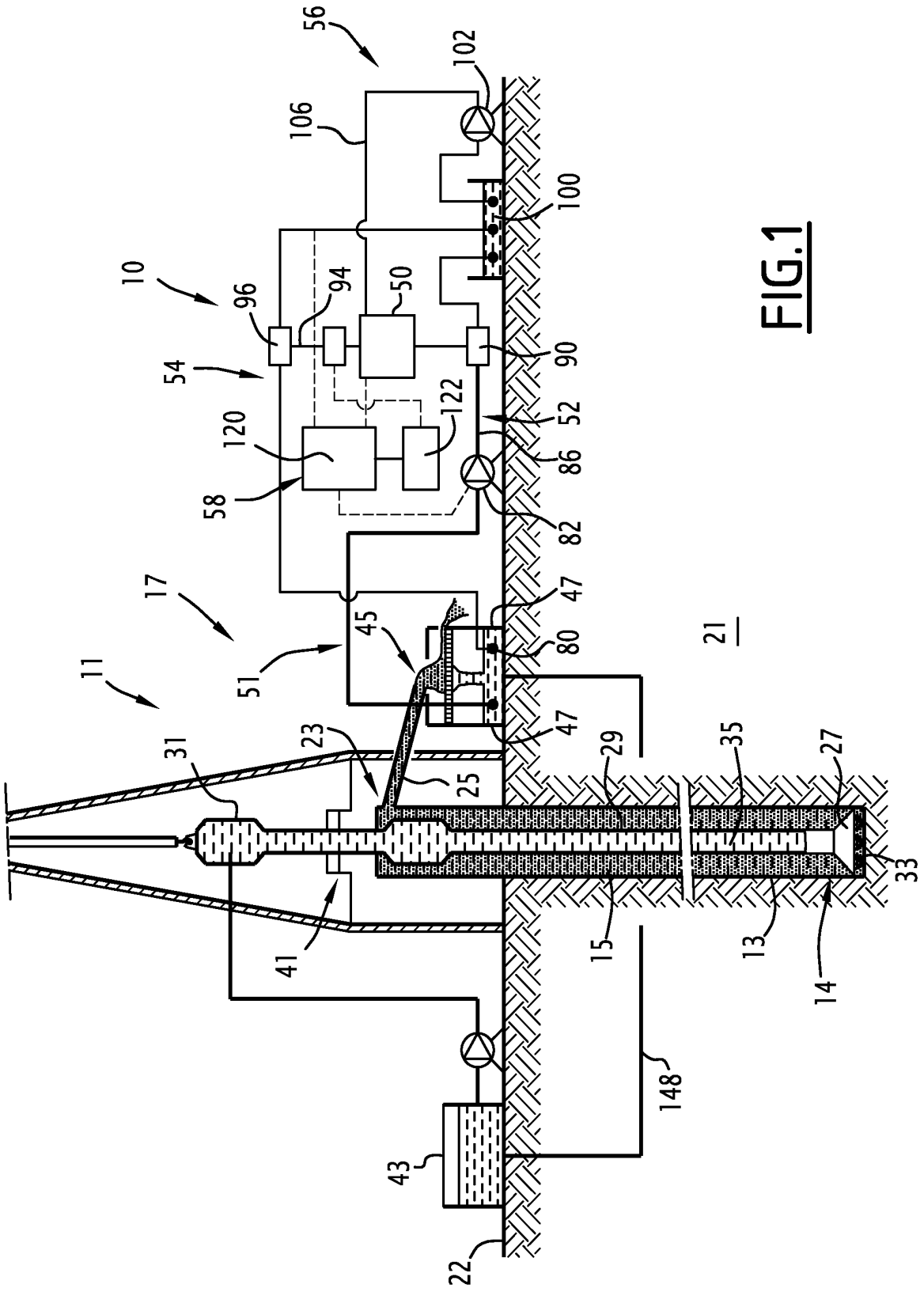

56
102
106
100
10
96
94
50
54
90
122
52
120
86
58
82
17
47
45
80
51
21
11
47
31
23
29
35
27
25
33
41
15
13
14
148
43
22

FIG.1

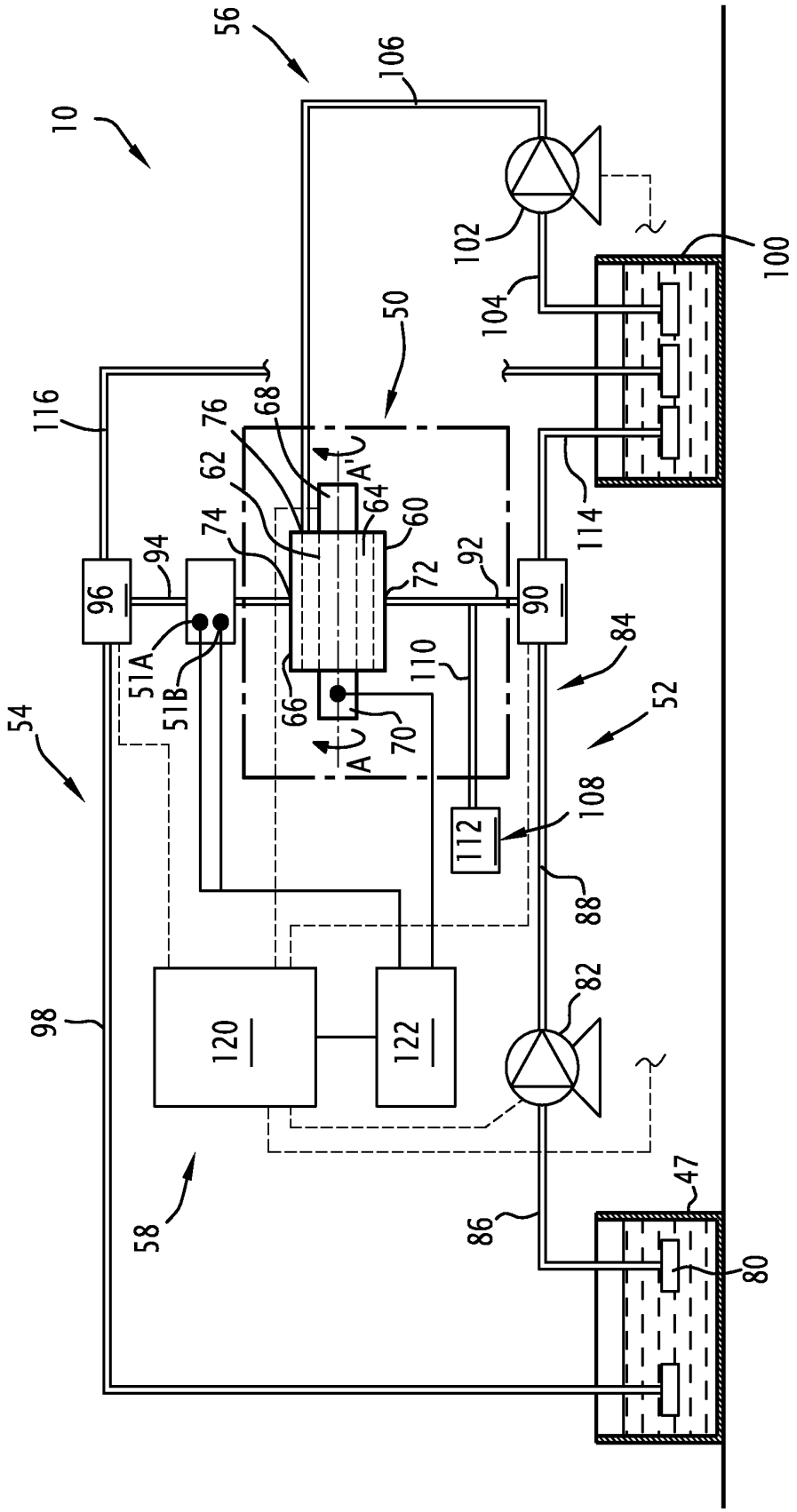

10
56
106
102
100
104
50
116
68
76
62
64
A'
60
74
94
72
92
114
96
90
51A
51B
66
70
A
110
84
52
54
108
112
88
82
98
120
122
58
86
47
80

FIG.2

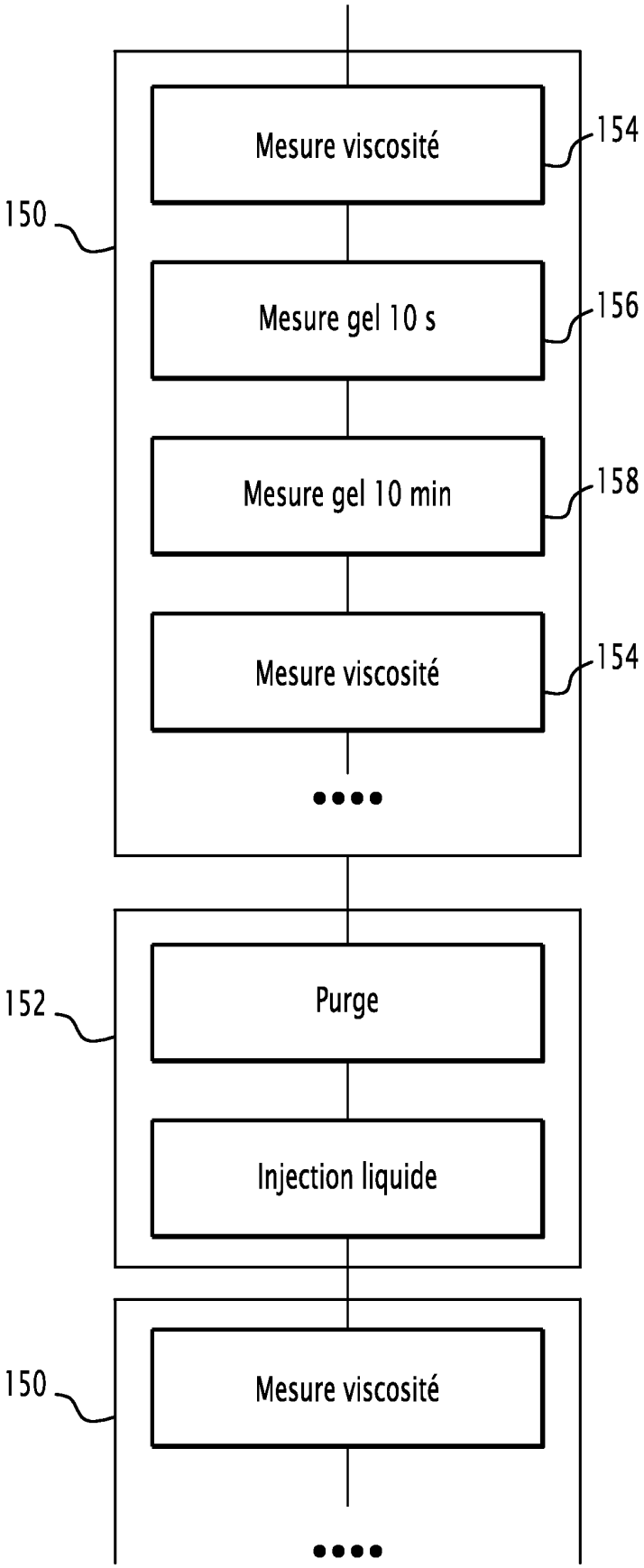

Mesure viscosité
154
150
Mesure gel 10 s
156
Mesure gel 10 min
158
Mesure viscosité
154
Purge
152
Injection liquide
Mesure viscosité
150

FIG.3

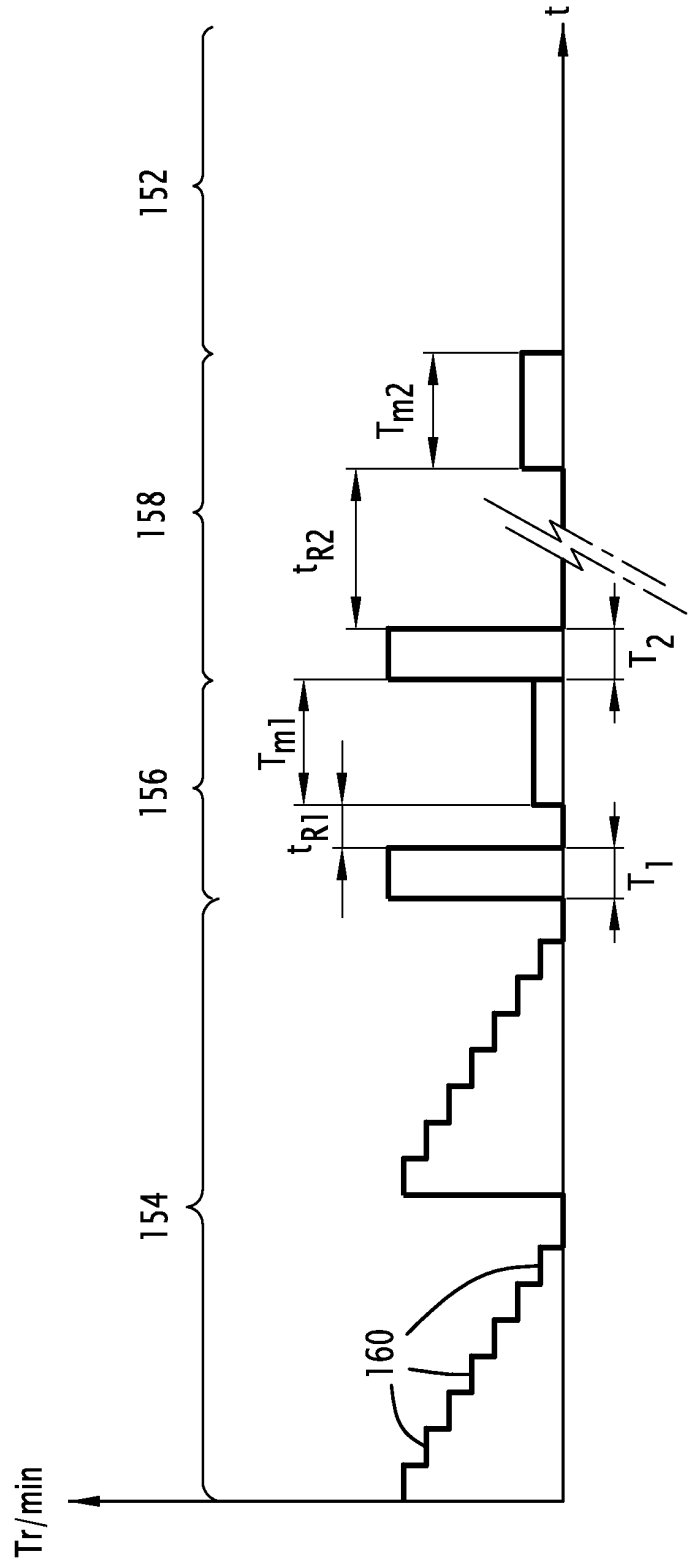



FIG.4

FIG.5

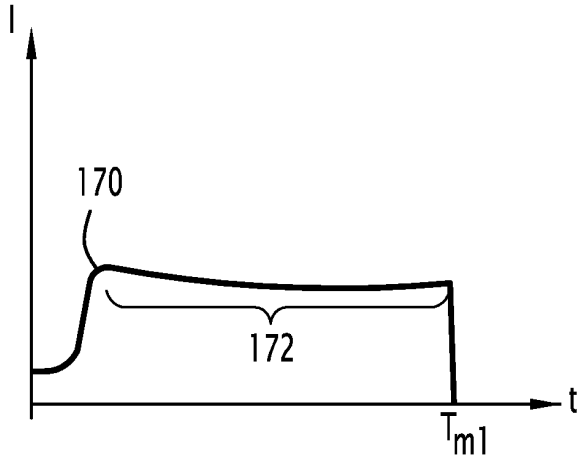



FIG.6

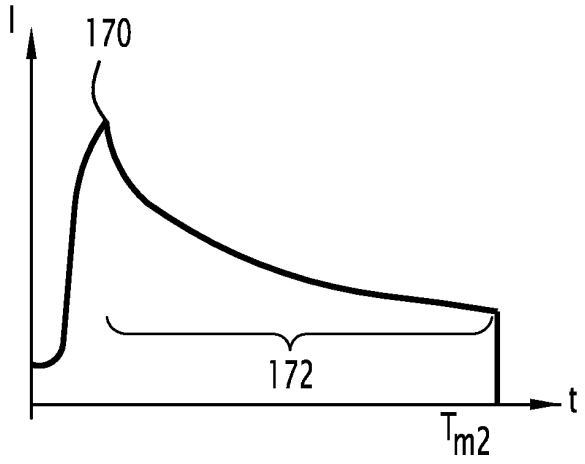
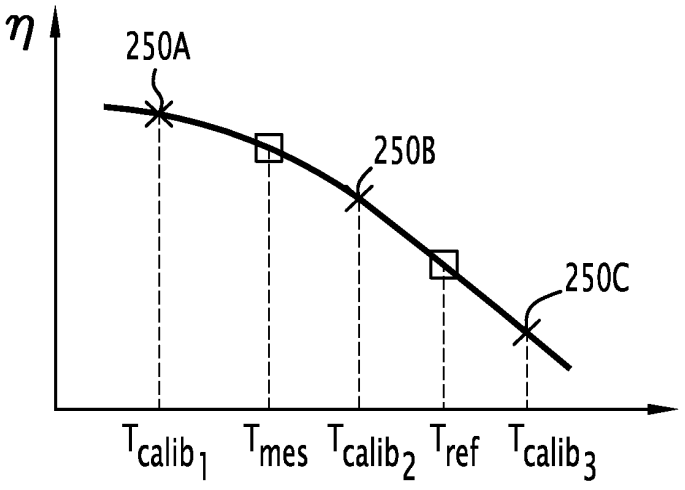



FIG.7



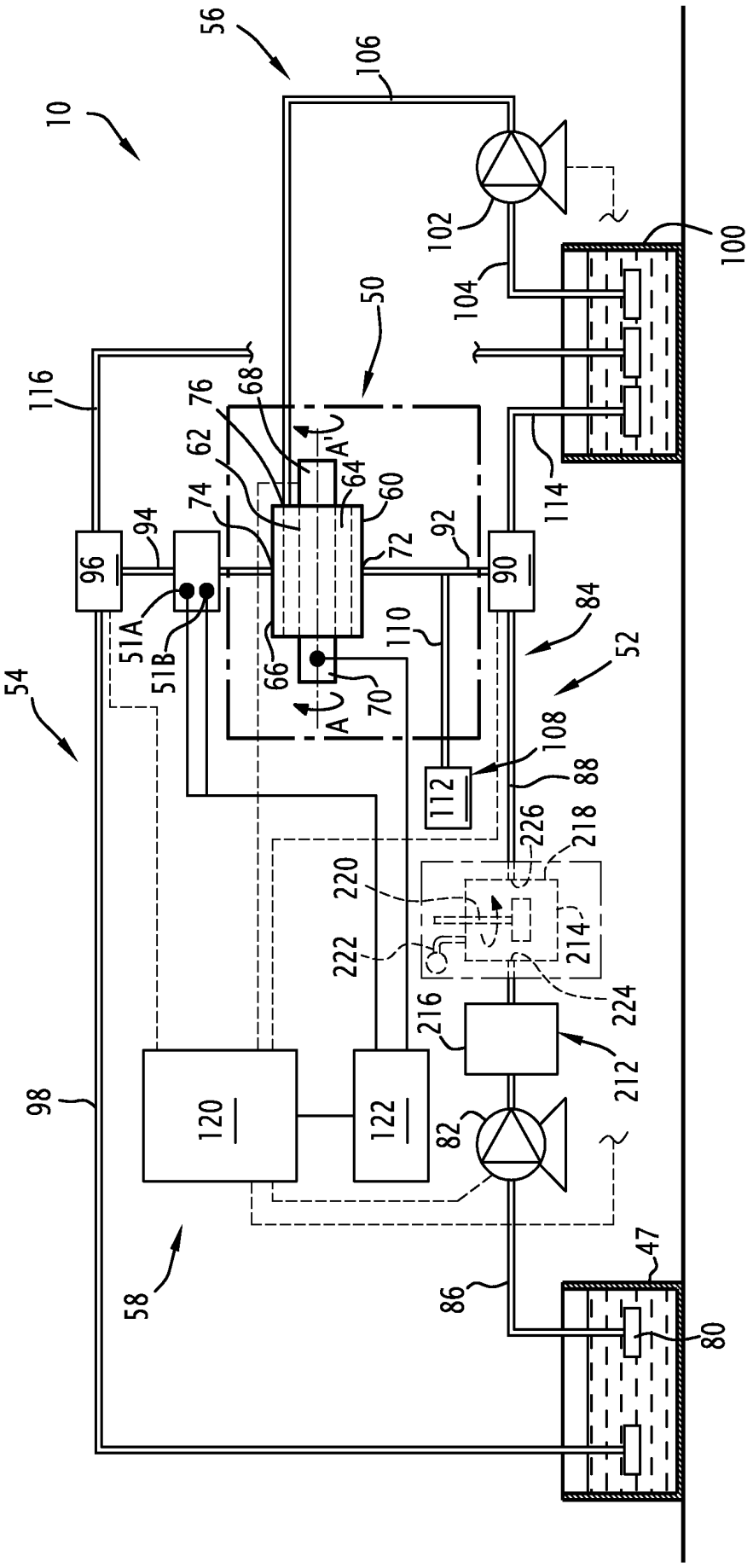

10
56
106
102
100
104
50
116
68
76
62
64
60
74
94
72
92
114
96
90
51A
51B
66
70
110
84
52
54
108
112
88
226
218
220
214
222
224
216
212
98
120
122
82
58
86
47
80

FIG.8

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

# RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement national

FA 731756
FR 1050538

| 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,D | US 4 484 468 A (GAU GERALD S [US] ET AL) 27 novembre 1984 (1984-11-27)<br>* abrégé *<br>* colonne 3, ligne 19 - colonne 4, ligne 23; revendication 1; figure 1 *<br>----- | 1-15 | E21B49/08<br>G01N11/14 |
| Y | FR 2 876 424 A1 (GEOSERVICES [FR]) 14 avril 2006 (2006-04-14)<br>* abrégé *<br>* page 2, ligne 14 - page 3, ligne 22 *<br>* page 4, ligne 1 - page 5, ligne 3; revendication 1; figure 1 *<br>----- | 1-15 | |
| A | US 4 703 664 A (KIRKPATRICK LLOYD V [US] ET AL) 3 novembre 1987 (1987-11-03)<br>* abrégé *<br>* colonne 1, ligne 10 - ligne 21 *<br>* colonne 3, ligne 46 - ligne 66 *<br>* colonne 4, ligne 17 - colonne 5, ligne 5 *<br>* colonne 5, ligne 57 - colonne 7, ligne 9 *<br>* colonne 8, ligne 15 - colonne 9, ligne 30; figure 1 *<br>----- | 1-15 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)<br>G01N<br>E21B<br>F04C |
| A | FR 2 799 790 A1 (INST FRANCAIS DU PETROLE [FR]) 20 avril 2001 (2001-04-20)<br>* le document en entier *<br>----- | 1-15 | |
| A | WO 2009/153603 A2 (COLQUHOUN ROSS [GB]) 23 décembre 2009 (2009-12-23)<br>* abrégé *<br>* page 5, ligne 24 - page 6, ligne 27 *<br>* page 15, ligne 12 - page 19, ligne 2; revendication 32; figures 1,2 *<br>----- | 1-15 | |

| Date d'achèvement de la recherche | Examinateur |
|---|---|
| 12 novembre 2010 | Weaver, Malika |

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant



EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

## ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1050538 FA 731756

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 12-11-2010
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 4484468 A | 27-11-1984 | AUCUN | |
| FR 2876424 A1 | 14-04-2006 | CA 2522864 A1 | 11-04-2006 |
| | | EP 1645718 A2 | 12-04-2006 |
| | | US 2006075801 A1 | 13-04-2006 |
| US 4703664 A | 03-11-1987 | AUCUN | |
| FR 2799790 A1 | 20-04-2001 | AT 382146 T | 15-01-2008 |
| | | AU 7429700 A | 24-04-2001 |
| | | BR 0007171 A | 07-08-2001 |
| | | CA 2352103 A1 | 29-03-2001 |
| | | DE 60037570 T2 | 08-01-2009 |
| | | DK 1131615 T3 | 13-05-2008 |
| | | EP 1131615 A1 | 12-09-2001 |
| | | ES 2298154 T3 | 16-05-2008 |
| | | WO 0122050 A1 | 29-03-2001 |
| | | NO 20012536 A | 25-05-2001 |
| | | US 6443001 B1 | 03-09-2002 |
| WO 2009153603 A2 | 23-12-2009 | AUCUN | |

EPO FORM P0465