



DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
30.12.2020 Bulletin 2020/53

(51) Int Cl.:
E21B 47/09 (2012.01) **E21B 47/01 (2012.01)**
E21B 47/12 (2012.01)

(21) Numéro de dépôt: **20181360.7**

(22) Date de dépôt: **22.06.2020**

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

(30) Priorité: **21.06.2019 FR 1906764**

(71) Demandeurs:
• **Febus Optics**
64000 Pau (FR)
• **Drillstar Industries**
64140 Lons (FR)

(72) Inventeurs:
• **Lanticq, Vincent**
64000 Pau (FR)
• **Clément, Pierre**
64000 Pau (FR)
• **Lamazouade Tarek, Marion**
64000 Pau (FR)
• **Souchal, Raphaël**
64170 Lons (FR)
• **Cabé, Cédric**
64510 Assat (FR)

(74) Mandataire: **A.P.I. Conseil**
Immeuble Newton
4, rue Jules Ferry
64000 Pau (FR)

(54) **DISPOSITIF DE MAINTENANCE ET PROCEDE POUR DETERMINER LA POSITION D'UN POINT DE BLOCAGE D'UN ELEMENT TUBULAIRE**

(57) L'invention porte sur un dispositif (1) de maintenance pour la détermination de la position d'un point (2) de blocage d'un élément (3) tubulaire caractérisé en ce qu'il comporte un câble (40) à fibre optique et une pluralité de guides (20) de maintien, chaque guide (20) de maintien étant fixé au câble (40) à fibre optique et comportant un moyen (21) d'accroché à une paroi interne de l'élément (3) tubulaire.

L'invention porte également sur un procédé et un système pour déterminer la position d'un point de blocage d'un élément tubulaire.

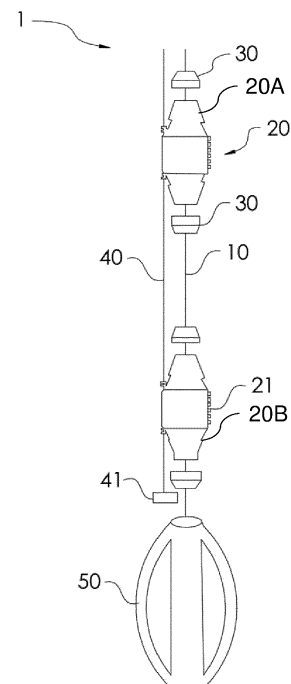


FIG. 3

Description

[0001] L'invention concerne le domaine de l'exploitation du sous-sol tel que l'exploitation minière et pétrolière, et plus particulièrement le domaine du forage. L'invention concerne un dispositif de maintenance pour la détermination de la position d'un point de blocage d'un élément tubulaire, de préférence dans un forage. L'invention concerne également un procédé pour déterminer la position d'un point de blocage d'un élément tubulaire dans un forage.

[Art antérieur]

[0002] Le forage est utilisé depuis des années pour creuser des trous dans la terre. Généralement, le forage désigne l'ensemble des techniques permettant de creuser ou forer la terre jusqu'à des profondeurs élevées, ainsi que le résultat de leur application. Historiquement, le forage permettait de trouver et exploiter des ressources comme l'eau. Puis au fil des ans, les techniques de forage se sont développées avec l'exploitation d'autres ressources comme le pétrole et le gaz. De nouveaux domaines d'application faisant appel à des techniques de forage sont également apparus comme le domaine de la géothermie, de la géotechnique, de l'environnement et également de la recherche scientifique.

[0003] De manière générale, le forage consiste à creuser à l'aide d'un foret rotatif disposé à l'extrémité d'un élément tubulaire tel qu'une colonne tubulaire ou garniture de forage à travers des couches de terre et de roche. Au fur et à mesure que le forage progresse, des tubes de forage sont utilisés pour faire progresser plus profondément le trou de forage. Cependant, à mesure de la progression du forage, il n'est pas rare que le tube de forage se coince notamment à cause d'effondrement de terrain, mettant un terme aux opérations de forage.

[0004] En raison de la longueur du tube, de la difficulté d'accès et de dégagement, il s'avère difficile voir impraticable de procéder au dégagement de la ou des sections bloquées.

[0005] Afin de parvenir à un dégagement, il est de pratique courante de dévisser (« back-off » en terminologie anglo-saxonne) ou couper le train de tiges à un endroit précis pour récupérer un maximum de tiges de forage et de l'équipement pour une utilisation ultérieure, ou encore d'abandonner le train de tiges de forage au niveau du point de blocage. Ces solutions sont lourdes de conséquences, chronophages, coûteuses, mettant en jeu la sécurité des opérateurs et la stabilité du forage. Il est donc nécessaire de connaître avec précision le point de blocage d'un tube de forage afin de limiter ces conséquences.

[0006] Les techniques courantes, développées par les groupes pétroliers, se basent sur un outil communément appelé FPI (« Free Point Indicator » en terminologie anglo-saxonne). Cet outil permet de déterminer l'endroit où le tube de forage est bloqué pour pouvoir, par la suite,

le libérer par exemple au moyen d'explosifs. Pour cela l'outil est fixé de façon amovible aux parois internes du tube de forage qui subit une contrainte de traction ou de torsion. Le FPI mesure des déformations qui permettent d'estimer le point de blocage du tube de forage. Néanmoins, cet outil ne mesure que quelques mètres à chaque fois obligeant la réalisation d'un grand nombre de mesures pour couvrir l'ensemble du tube. En outre, le protocole de descente est long, pouvant s'étendre sur plusieurs heures, pour déterminer la portion bloquée. Par ailleurs, cette technologie est particulièrement coûteuse et fragile du fait de l'électronique et des systèmes mécaniques embarqués.

[0007] Un autre système nommé HFPT (« Halliburton Free Point Tool » en terminologie anglo-saxonne) permet également de déterminer la position d'un point de blocage dans un forage. Pour cela, cet outil mesure une valeur magnétique de référence et une valeur magnétique après l'exercice d'une contrainte sur le tube de forage puis une comparaison de ces mesures est faite. Néanmoins, ce système nécessite également un équipement électrique complexe. Une autre technique basée sur des capteurs magnétiques consiste à marquer des repères magnétiques dans le tubage qui sont par la suite lus par les capteurs magnétiques lors de la remontée du système de forage. Cette technique nécessite un équipement spécifique et onéreux. Une telle méthode est par exemple illustrée dans le document US2008060808.

[0008] Des techniques utilisant des capteurs acoustiques ont aussi été mises en œuvre. Pour cela, et comme décrit dans le document US7660197, des transmetteurs configurés pour générer et recevoir des ondes acoustiques ont été utilisés. Selon la vitesse et la direction de propagation des ondes acoustiques, il semble possible de déterminer une contrainte dans le tube de forage. Toutefois, ces techniques déterminant une contrainte ne permettent pas de mettre en évidence de façon fiable et précise la position du point de blocage d'un tube. En outre, plusieurs capteurs sont nécessaires, entraînant un surcoût d'utilisation et une immobilisation totale du forage durant un temps souvent excessif. Par exemple, selon le document US7389183, des données acoustiques et des données de perméabilité magnétique sur un tube subissant ou non une contrainte sont comparées pour déterminer la nature et le lieu du blocage. Ces techniques nécessitent de réaliser plusieurs mesures à la fois acoustiques et magnétiques, d'une part en présence d'une contrainte, et d'autre part sans contrainte. De plus, les données recueillies doivent être analysées et comparées entre elles, ce qui augmente d'autant plus le temps d'utilisation et la complexité du système. En outre, ces techniques s'avèrent être consommatrices de temps et coûteuses du fait de la pluralité de capteurs et de l'équipement nécessaire. Au surplus, elles nécessitent un temps d'immobilisation important du forage.

[0009] D'autres techniques utilisant des fibres optiques ont également été développées. Par exemple, une première fibre peut être enroulée autour de l'extrémité

supérieure du tube et une seconde fibre est alors enroulée à l'extrémité inférieure du tube, puis une torsion est appliquée et mesurée. Cette technique nécessite de descendre le tube petit à petit et de réaliser des mesures ponctuelles le long du tube. En outre, des explosifs sont également nécessaires pour dégager la tige lorsque celle-ci est coincée (CN106351646). Or ces techniques sont tout aussi chronophages, nécessitent plusieurs mesures et des mesures point à point. Elles ne permettent pas de mettre en évidence de façon fiable et précise la position d'un point de blocage d'un tube. En outre, elles ne sont pas sécurisées pour les opérateurs et nécessitent un temps d'immobilisation du forage.

[0010] Ainsi, il existe un besoin pour de nouveaux systèmes et de nouvelles méthodes pour déterminer un point de blocage d'un élément tubulaire dans un forage capables de répondre aux problèmes engendrés par les méthodes existantes.

[Problème technique]

[0011] L'invention a donc pour but de remédier aux inconvénients de l'art antérieur. En particulier, l'invention a pour but de proposer un dispositif de maintenance pour la détermination de la position d'un point de blocage d'un élément tubulaire. Ce dispositif étant adapté à une utilisation dans un forage, peu onéreux notamment grâce à une faible durée d'immobilisation du forage par exemple, et pouvant être descendu rapidement dans le forage. En outre, le dispositif permet de contrôler en une seule mesure plusieurs dizaines de mètres, de préférence une centaine de mètres.

[0012] L'invention a en outre pour but de proposer un procédé pour déterminer la position d'un point de blocage d'un élément tubulaire par l'intermédiaire d'un dispositif de maintenance, ledit procédé étant rapide et simple à mettre en œuvre, avec un nombre réduit de mesure, et permettant de maîtriser les coûts notamment, grâce à la réduction du temps d'immobilisation de l'appareil de forage et des personnels impliqués.

[Brève description de l'invention]

[0013] A cet effet, l'invention porte sur un dispositif de maintenance pour la détermination de la position d'un point de blocage d'un élément tubulaire caractérisé en ce qu'il comporte un câble à fibre optique et une pluralité de guides de maintien, chaque guide de maintien étant fixé au câble à fibre optique et comportant un moyen d'accroche à l'élément tubulaire, de préférence à une paroi interne de l'élément tubulaire.

[0014] La mise en œuvre d'un câble à fibre optique permet de disposer d'un dispositif complètement passif et donc aucun système électrique n'est descendu dans le forage.

[0015] Cela améliore la sécurité des opérateurs, des installations et du forage. En outre, le câble à fibre optique permet notamment, grâce à la fibre optique, une mesure

aisée de la déformation. Les mesures sont d'une justesse, d'une précision et d'une fiabilité augmentées.

[0016] Les guides de maintien permettent de rendre solidaire le câble à fibre optique au tube de forage, de préférence aux parois interne du tube de forage.

[0017] Selon d'autres caractéristiques optionnelles du dispositif de maintenance, ce dernier peut inclure facultativement une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, seules ou en combinaison :

- il comporte un câble de sécurité et chaque guide de maintien est agencé de façon à permettre un mouvement de translation des guides de maintien par rapport au câble de sécurité. Cette caractéristique permet d'augmenter la robustesse du dispositif de maintenance. En outre, ceci permet un degré de liberté entre le câble de sécurité et les guides de maintien, se traduisant par un coulisement du câble de sécurité à l'intérieur de chaque guide de maintien. Ce degré de liberté permet de libérer le câble à fibre optique lors de la mesure.
- il comporte une pluralité de butées, chaque butée étant couplée au câble de sécurité et à un des guides de maintien de façon à limiter le mouvement dudit guide de maintien par rapport au câble de sécurité. Ceci permet d'augmenter et d'améliorer la sécurité du dispositif de maintenance, aussi bien durant la descente dans l'élément tubulaire du dispositif de maintenance que lors de la remontée. Les butées permettent d'améliorer la protection et la sécurité en constituant une protection du câble à fibre optique en évitant qu'une force de traction trop importante lui soit imposée.
- il comporte une pluralité de paires de butées, chaque butée d'une paire de butées étant couplée au câble de sécurité et étant positionnée respectivement de part et d'autre d'un des guides de maintien de façon à limiter le mouvement dudit guide de maintien par rapport au câble de sécurité. La pluralité de paires de butées permet de limiter le mouvement de chaque guide de maintien par rapport au câble de sécurité. Ceci permet également, d'augmenter et d'améliorer la sécurité du dispositif de maintenance, aussi bien durant la descente dans l'élément tubulaire du dispositif de maintenance que lors de la remontée. Les butées permettent d'améliorer la protection et la sécurité en constituant une protection du câble à fibre optique en évitant qu'une force de traction trop importante lui soit imposée.
- le moyen d'accroche est sélectionné parmi : un moyen d'accroche mécanique, un moyen d'accroche magnétique, un moyen d'accroche électromagnétique, un moyen d'accroche chimique, de préférence un moyen d'accroche adhésif. Le moyen d'accroche permet de fixer indirectement le câble à fibre

optique à l'élément tubulaire et plus précisément à une paroi interne de l'élément tubulaire.

- les moyens d'accroche des guides de maintien permettent une fixation fixe et amovible à la paroi interne de l'élément tubulaire. Une fixation fixe permet tant qu'elle est active d'empêcher tout mouvement d'un guide de maintien par rapport à l'élément tubulaire. Par contre la fixation est amovible donc le guide de maintien peut être détaché. 5
- les guides de maintien comprennent des aimants et un système de serrage. Les aimants permettent d'assurer la fixation des guides de maintien avec l'élément tubulaire. Le système de serrage permet de retenir le câble à fibre optique sur les guides de maintien. Les guides de maintien permettent alors de solidariser le câble à fibre optique avec l'élément tubulaire sans l'utilisation de mécanismes mobiles et/ou électriques. 10
- le câble de sécurité est un câble en acier (e.g. standard ou inoxydable), en matériaux composites ou en matériaux textiles. Ceci permet d'assurer la robustesse du dispositif de maintenance et d'assurer une protection à l'ensemble des composants. En effet, avantageusement, le câble de sécurité est configuré pour résister à au moins l'ensemble du poids du dispositif additionné d'un coefficient de sécurité pour prendre en compte les aléas de manœuvre (e.g. traction, choc...). 15
- il comprend en outre un ou plusieurs lests. Le lest permet d'assurer la descente du dispositif de maintenance dans le forage. Ceci permet d'assurer la descente totale dans le forage des deux câbles, de la pluralité des guides de maintien et de la pluralité de paires de butées ou de la pluralité de butées. En outre, le lest permet la mise en tension du ou des câbles de sécurité et à fibre optique. 20
- les guides de maintien présentent une forme longitudinale et sont traversés sur leur longueur par le câble de sécurité. Ceci permet d'assurer une parfaite sécurité du dispositif. En outre, cela permet un degré de liberté du câble de sécurité et d'éviter tout risque de rupture du dispositif. 25
- chaque guide de maintien comprend une conduite adaptée au câble à fibre optique, pour accueillir le câble à fibre optique. Cette caractéristique permet de sécuriser le câble à fibre optique et d'augmenter la qualité et la fiabilité de la fixation. 30
- les guides de maintien de la pluralité de guides de maintien peuvent être espacés les uns des autres d'une distance de l'ordre de la taille d'une section de l'élément tubulaire, par exemple, chaque guide de 35

maintien est espacé d'au plus 20 mètres. Cela permet d'augmenter la précision de l'analyse.

- les guides de maintien présentent une forme longitudinale comportant deux extrémités et une portion centrale et les guides de maintien présentent à leurs extrémités un diamètre de section transversale inférieur au diamètre de section transversale de la portion centrale. Ceci permet de passer plus facilement d'éventuelles réductions de diamètre de l'élément tubulaire. 40
- il comprend en outre un équipement de mesures de pression et/ou de température et/ou acoustique. Ce ou ces équipements permettent de recueillir des données supplémentaires afin de parfaire la détermination de la position d'un point de blocage d'un élément tubulaire, mais également d'assurer une surveillance et un contrôle de l'élément tubulaire ou du point de blocage. 45

[0018] Selon un autre aspect l'invention concerne un système pour déterminer la position d'un point de blocage d'un élément tubulaire comportant un dispositif de mesure répartie par réflectométrie et un dispositif de maintenance selon l'invention, ledit dispositif de mesure répartie par réflectométrie étant relié au dispositif de maintenance et configuré pour réaliser une mesure de déformation de l'élément tubulaire. Le système permet de déterminer la position d'un point de blocage de façon simple et rapide. En effet, un tel système permet de ne réaliser qu'un seul ensemble de mesure. En outre, les mesures sont précises, justes et fiables. Ceci permet également de mesurer les déformations de la fibre optique sur toute sa longueur de manière à déterminer où l'élément tubulaire est bloqué. 50

[0019] Selon un autre aspect l'invention concerne un procédé pour déterminer la position d'un point de blocage d'un élément tubulaire par l'intermédiaire d'un dispositif de maintenance comprenant un câble à fibre optique et une pluralité de guides de maintien, chaque guide de maintien étant fixé au câble à fibre optique et comportant un moyen d'accroche à l'élément tubulaire, de préférence à une paroi interne de l'élément tubulaire, le dispositif de maintenance étant inséré dans l'élément tubulaire et les guides de maintien étant fixés à l'élément tubulaire par l'intermédiaire des moyens d'accroche, ledit procédé comprenant : 55

- une étape de première mesure répartie par réflectométrie,
- une étape d'application d'une contrainte sur l'élément tubulaire ou de suppression d'une contrainte appliquée sur l'élément tubulaire antérieurement à l'étape de première mesure répartie par réflectométrie,
- une étape de seconde mesure répartie par réflectométrie, et

- une étape de détermination de la position du point de blocage de l'élément tubulaire par comparaison des première et seconde mesures par réflectométrie.

[0020] Un procédé selon l'invention permet de contrôler en une seule mesure typiquement une centaine de mètres d'un élément tubulaire. Cela permet un gain de temps considérable. En outre, les mesures sont fiables, justes et précises. Par ailleurs, le procédé selon l'invention ne nécessite pas des étapes d'ancrage successives à différentes hauteurs des parois de l'élément tubulaire pour réaliser les mesures. Le dispositif de maintenance peut donc être descendu de plusieurs mètres voire centaines de mètres le long de l'élément tubulaire avant de réaliser les mesures nécessaires à la détermination de la position d'un point de blocage. Ceci permet à nouveau un gain de temps considérable et une réduction d'utilisation de matériel coûteux et spécifique. En outre, le procédé est sécurisé car celui-ci ne nécessite pas l'utilisation de capteur actif ou d'ancrage actif.

[0021] Selon d'autres caractéristiques optionnelles du procédé, ce dernier peut inclure facultativement une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, seules ou en combinaison :

- les étapes de mesure de la déformation comportent le calcul de la rétrodiffusion de Brillouin dans la fibre optique au moyen d'un dispositif de mesure répartie de déformation. Ceci permet de réaliser les mesures en temps réel et de façon autonome. En outre, une telle étape est faiblement consommatrice d'énergie.
- il comprend en outre une étape de mesure de la longueur du câble à fibre optique déroulée. Ceci permet d'éviter toute sur-longueur d'un câble par rapport à l'autre. Cela minimise le risque de rupture.
- il comprend en outre une étape de mesure acoustique par un équipement de mesure de rétrodiffusion Rayleigh. Cette étape permet de recueillir des données afin de parfaire la détermination de la position d'un point de blocage d'un élément tubulaire, mais également d'assurer une surveillance et un contrôle de l'élément tubulaire ou du point de blocage.
- il comprend en outre une étape de mesure de pression par un équipement de mesure de rétrodiffusion Brillouin et/ou Rayleigh. Ceci permet de recueillir des données afin de parfaire la détermination de la position d'un point de blocage d'un élément tubulaire, mais également d'assurer une surveillance et un contrôle de l'élément tubulaire ou du point de blocage.
- il comprend en outre une étape de mesure de température par un équipement de mesure de rétrodiffusion de Brillouin. Cette étape permet de recueillir

des données afin de parfaire la détermination de la position d'un point de blocage d'un élément tubulaire, mais également d'assurer une surveillance et un contrôle de l'élément tubulaire ou du point de blocage.

[0022] Selon un autre aspect l'invention porte sur un élément tubulaire comprenant un dispositif de maintenance selon l'invention pour la détermination de la position d'un point de blocage dudit élément tubulaire.

[0023] D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante donnée à titre d'exemple illustratif et non limitatif, en référence aux Figures annexées :

[Fig 1] représente un schéma d'un mode de réalisation du dispositif de maintenance selon l'invention.

[Fig 2] représente un schéma d'un mode de réalisation du dispositif de maintenance selon l'invention.

[Fig 3] représente un schéma d'un mode de réalisation du dispositif de maintenance selon l'invention.

[Fig 4] représente un schéma d'un mode de réalisation du dispositif de maintenance selon l'invention.

[Fig 5] représente un schéma d'un guide de maintien selon l'invention.

[Fig 6] représente un schéma d'un système pour déterminer la position d'un point de blocage d'un élément tubulaire selon l'invention.

[Fig 7] représente un schéma d'un mode de réalisation du procédé de détermination de la position d'un point de blocage selon l'invention.

[Fig 8A] représente un graphique d'une mesure absolue de déformation par fibre optique.

[Fig 8B] représente un graphique d'une mesure relative de déformation par fibre optique.

[Fig 9] représente un schéma d'un mode de réalisation du système d'assemblage selon l'invention.

[Fig 10] représente un schéma d'un mode de réalisation du procédé de mise en place selon l'invention, les étapes en pointillées étant facultatives.

Description de l'invention

[0024] Dans la suite de la description, l'expression « **point de blocage** » correspond au coincement d'un élément tubulaire par exemple dans un forage empêchant la progression de cet élément tubulaire. Un point de blocage peut-être, par exemple, la conséquence d'un

éboulement, d'une restriction, ou d'une déformation de la formation rocheuse.

[0025] Par « **forage** » on entend au sens de l'invention l'action de forer et/ou son résultat.

[0026] Par « **position** » on entend au sens de l'invention un emplacement précis dans l'espace occupé par le point de blocage, par exemple sur toute la hauteur du forage, et donc plus particulièrement une profondeur ou une distance par rapport à la surface.

[0027] Le terme « **élément tubulaire** » au sens de l'invention correspond de préférence à une tige de forage utilisée pour le forage d'un puits, un tubage, ou cuvelage. Toutefois, un élément tubulaire peut correspondre également à une pièce, un objet ou un conduit, dont la longueur est supérieure à la largeur, par exemple de forme cylindrique ou rectangulaire. Ainsi, ce terme peut également correspondre à tout équipement faisant partie de la garniture de forage ou de complétion, tel qu'un stabilisateur, masse-tige (« **drill collar** » en terminologie anglo-saxonne), garniture d'étanchéité (« **packer** » en terminologie anglo-saxonne), olive de suspension (« **hanger** » en terminologie anglo-saxonne), ou tiges lourdes (« **heavy-weight** » en terminologie anglo-saxonne).

[0028] On entend par « **contrainte** » au sens de l'invention une force appliquée sur un matériau ou un corps. Cette force peut être exercée par une torsion, une traction, une poussée ou toute autre force entraînant une « **déformation** » ou un déplacement du matériau ou du corps sur lequel elle s'exerce.

[0029] Par « **déformation** », on entend un changement de forme ou de dimension d'un matériau ou d'un corps sans dépasser la limite de rupture du matériau ou du corps en question. Par exemple, une déformation au sens de l'invention tend à étirer ou comprimer un matériau ou un corps subissant une force et notamment sous forme d'une contrainte.

[0030] Les termes « **fixe** », « **fixé** », ou « **fixer** », au sens de l'invention correspondent à l'association directe ou indirecte d'un élément par rapport à un autre sans mouvement de ces éléments l'un par rapport à l'autre, inamovible ou amovible avec un ou plusieurs éléments intermédiaires. Deux éléments peuvent être fixés mécaniquement, électriquement ou liés par un canal de communication.

[0031] Les termes « **couplé** » ou « **assembler** » et leurs dérivés au sens de l'invention correspondent à l'attache, à la connexion directe ou indirecte, mobile ou immobile, inamovible ou amovible avec un ou plusieurs éléments intermédiaires. Deux éléments peuvent être couplés mécaniquement, électriquement ou liés par un canal de communication.

[0032] Par « **relié** » au sens de l'invention on entend une liaison entre au moins deux éléments, la liaison pouvant être physique, électrique, numérique.

[0033] Le terme « **amovible** » au sens de l'invention correspond à la capacité à être détaché, enlevé ou démonté aisément sans avoir à détruire des moyens de

fixation soit parce qu'il n'y a pas de moyen de fixation soit parce que les moyens de fixation sont aisément et rapidement démontables (e.g. encoche, vis, languette, ergot, clips). Par exemple, par amovible, il faut comprendre que l'objet n'est pas fixé par soudure ou par un autre moyen non prévu pour permettre de détacher l'objet.

[0034] Par « **traverser** » on entend au sens de l'invention, la pénétration d'un dispositif d'une extrémité à l'autre, de préférence dans le sens longitudinal du dispositif et en son centre. Un degré de liberté, de préférence un mouvement de translation selon l'axe longitudinal du dispositif peut être autorisé.

[0035] Par l'expression « **un seul ensemble de mesures** », on entend au sens de l'invention l'absence de succession de types de mesures différentes. Il s'agit d'un seul type de mesure, réalisé par réflectométrie. Ainsi, au sens de l'invention, une seule mesure correspond à la réalisation de mesures par réflectométrie sans déplacement du dispositif de maintenance, permettant d'identifier la position d'un point de blocage.

[0036] Par « **traiter** », « **calculer** », « **afficher** », « **extraire** » « **comparer** », « **mesurer** » ou plus largement « **opération exécutable** » au sens de l'invention, une action effectuée par un dispositif ou un processeur sauf si le contexte indique autrement. À cet égard, les opérations se rapportent à des actions et/ou des processus d'un système de traitement de données, par exemple un système informatique ou un dispositif informatique électronique, qui manipule et transforme les données représentées en tant que quantités physiques (électroniques) dans les mémoires du système informatique ou d'autres dispositifs de stockage, de transmission ou d'affichage de l'information. Ces opérations peuvent se baser sur des applications ou des logiciels.

[0037] Par « **essentiellement** », on entend au sens de l'invention au moins 50 % de la constitution, de préférence au moins 70 % de la constitution, de façon plus préférée au moins 90 % de la constitution, de façon encore plus préférée au moins 95 % de la constitution.

[0038] Par « **juste** », « **fiable** », « **précis** » on entend au sens de l'invention, des mesures de préférence répétables et exactes de la position du point de blocage, dont la précision est par exemple de l'ordre du mètre.

[0039] En outre, les différentes caractéristiques présentées et/ou revendiquées peuvent être avantageusement combinées. Leur présence dans la description ou dans des revendications dépendantes différentes, n'excluent pas cette possibilité.

[0040] Les solutions actuelles pour déterminer la position d'un point de blocage d'un élément tubulaire sont généralement longues, laborieuses et coûteuses. En outre, elles nécessitent souvent l'insertion dans l'élément tubulaire de matériel électronique coûteux et source de risque notamment dans un contexte de forage d'hydrocarbures.

[0041] Ainsi, les inventeurs ont développé un nouveau dispositif de maintenance pour la détermination de la position d'un point de blocage d'un élément tubulaire dans

un forage permettant rapidité et fiabilité, justesse et précision des mesures, et en outre une sécurité augmentée (sans aucun système électrique descendu dans le forage).

[0042] L'invention va être décrite dans le contexte d'un blocage d'un élément tubulaire dans un forage. L'invention ne se limite pas, toutefois, à cet exemple, et peut trouver des applications dans toute configuration dans laquelle il y a un blocage d'un équipement au cours d'un forage.

[0043] Dans la suite de la description, les mêmes références sont utilisées pour désigner les mêmes éléments.

[0044] Selon un premier aspect, l'invention concerne un dispositif 1 de maintenance pour la détermination de la position d'un point 2 de blocage d'un élément tubulaire, de préférence un tube de forage. Un dispositif 1 de maintenance selon l'invention permet de pallier aux difficultés rencontrées avec les systèmes de l'art antérieur. La mise en œuvre d'un dispositif 1 de maintenance selon l'invention est parfaitement adaptée pour une utilisation de l'exploitation du sous-sol telle que l'exploitation minière et pétrolière, et plus particulièrement du forage.

[0045] En effet, un dispositif 1 de maintenance selon l'invention est complètement passif et donc aucun système électrique n'est descendu dans le forage. Ceci permet également de sécuriser le lieu du forage tel que le forage, les opérateurs et les installations. En outre, le dispositif 1 de maintenance assure une résistance élevée.

[0046] Un dispositif 1 de maintenance peut être selon un mode de réalisation préférée de l'invention un câble, mais l'invention ne se limite pas à un câble. En effet, tout type de dispositif comprenant un câble 40 à fibre optique et une pluralité de guides 20 de maintien peut être mis en œuvre.

[0047] La Figure 1 schématise un mode de réalisation d'un dispositif 1 de maintenance selon l'invention. Comme illustré, le dispositif 1 de maintenance comporte un câble 40 à fibre optique et une pluralité de guides 20 de maintien.

[0048] Le dispositif 1 de maintenance comporte une pluralité de guides 20 de maintien.

[0049] Chaque guide 20 de maintien peut comporter un moyen 21 d'accroche à l'élément tubulaire. De préférence le moyen 21 d'accroche permet de fixer le câble 40 à fibre optique à l'élément tubulaire et plus précisément à une paroi interne de l'élément tubulaire. Cette fixation entre l'élément tubulaire et le câble 40 à fibre optique par l'intermédiaire du moyen 21 d'accroche des guides 20 de maintien est de préférence fixe et amovible. Le moyen 21 d'accroche est de préférence agencé à la périphérie de la portion centrale 20C de chaque guide 20 de maintien.

[0050] Le moyen d'accroche 21 est sélectionné parmi : un moyen d'accroche mécanique, un moyen d'accroche magnétique, un moyen d'accroche électromagnétique,

un moyen d'accroche chimique, de préférence un moyen d'accroche adhésif. Un moyen d'accroche mécanique peut par exemple être sélectionné parmi : ancre, bras mobile, crampon ou garniture d'étanchéité (« packer » en terminologie anglo-saxonne). Un moyen d'accroche magnétique peut par exemple être sélectionné parmi : aimant permanent, dispositif électrostatique. Un moyen d'accroche électromagnétique peut par exemple être sélectionné parmi : un dispositif électromagnétique, électroaimant. Un moyen d'accroche chimique, de préférence adhésif peut par exemple être sélectionné parmi : adhésif permanent, adhésif temporaire, colle, ruban, adhésif.

[0051] Ainsi, en particulier, un moyen 21 d'accroche peut correspondre à un aimant, une pluralité d'aimants, aimants permanents, électroaimants, plastoaimants, des organes mobiles ou à leurs combinaisons, configuré pour se fixer à l'élément tubulaire. De préférence, le moyen 21 d'accroche est une pluralité d'aimants 22 annulaires permanents. Ces aimants 22 peuvent être couplés avec une tige 24. Les aimants 22 de la pluralité d'aimants sur la tige 24 peuvent être séparés par un espace 23 dans le but de limiter l'interaction directe entre deux aimants 22. En outre, le nombre d'aimant 22 de la pluralité d'aimants peut être fonction de la configuration de l'élément tubulaire. En effet, selon la force de friction recherchée, le nombre d'aimant 22 de la pluralité d'aimants sera élevé si la force de friction doit être importante ou réduit si la force de friction recherchée doit être faible. Alternativement, le nombre d'aimant 22 de la pluralité d'aimants peut également être fonction des caractéristiques de l'élément tubulaire.

[0052] En outre, les guides 20 de maintien peuvent être fixés au câble 40 à fibre optique. Les guides 20 de maintien de la pluralité de guides de maintien peuvent être espacés les uns des autres d'une distance de l'ordre de la taille d'une section de l'élément tubulaire. Par exemple, chaque guide 20 de maintien est espacé de 20 mètres, de préférence de 15 mètres et de manière plus préférée de 10 mètres du guide 20 de maintien suivant. La distance séparant deux guides 20 de maintien est de manière encore plus préférée supérieure à 2 mètres. La distance entre deux guides 20 de maintien permet de donner la résolution spatiale, lors de la réalisation des mesures. Par exemple, une distance de 2 mètres entre deux guides de maintien donne une résolution spatiale de mesure de 2 mètres égale à l'espacement entre deux guides 20 de maintien.

[0053] Un câble 40 à fibre optique est généralement constitué d'au moins une âme, une gaine optique et d'un revêtement. Il peut être prévu une ou plusieurs armatures de câble 40 à fibre optique.

[0054] L'âme du câble 40 à fibre optique permet de transporter les signaux optiques entre une source lumineuse et un récepteur. L'âme peut être de verre ou de polymère et se différencie par son diamètre. Ainsi, l'âme de câble 40 à fibre optique selon l'invention peut correspondre à une fibre optique multimode ou à une fibre op-

tique monomode ou à fibre multi-cœurs. L'âme peut être pour une fibre multimode de 62,5/125 μm (micromètre), de 50/125 μm ou de 9/125 μm pour une fibre monomode. De préférence, le type de câble à fibre optique est spécifique pour la mesure de déformation. Par exemple, il peut s'agir d'un câble à fibre de type « tight-buffered » (ou fibre serrée en français), pour une fibre serrée dans l'armature, ou un câble à fibre de type « loose-tube » (ou fibre libre en français), c'est-à-dire que la fibre est libre de toute contrainte à l'intérieur de l'armature, pour une mesure de température et/ou vibrations acoustiques.

[0055] La gaine optique entoure l'âme de la fibre optique. La gaine permet de retenir les ondes lumineuses tout en permettant la circulation sur toute la longueur de la fibre. En outre, la gaine permet de provoquer la réfraction.

[0056] Le revêtement peut être constitué de polymère. Il entoure la gaine et permet d'assurer la protection de la fibre optique, notamment en absorbant les chocs que pourrait subir le câble 40 à fibre optique lors de sa descente ou remontée dans un forage. L'épaisseur du revêtement est par exemple comprise entre 250 μm et 900 μm .

[0057] Alternativement, le câble 40 à fibre optique présente une armature de câble à fibre optique. De préférence, cette armature de câble 40 à fibre optique est structurée. Ceci permet d'améliorer la fixation du câble à fibre optique aux guides 20 de maintien. En effet, cela augmente le coefficient de friction avec le moyen de fixation 27 par écrasement du guide de maintien. Ceci permet également d'améliorer la sensibilité de mesure de la déformation.

[0058] De préférence, le câble à fibre optique est de type « tight-buffered ». Ceci permet d'isoler et de protéger la fibre optique. En outre, un câble à fibre optique de type « tight-buffered » permet une mesure améliorée des déformations du câble à fibre optique.

[0059] La longueur du câble 40 à fibre optique peut être de l'ordre de la profondeur d'un forage. Par exemple une longueur du câble à fibre optique peut être de 5 Km (Kilomètre).

[0060] Un câble 40 à fibre optique permet de transporter des signaux optiques entre une source de lumière et un récepteur.

[0061] Par ailleurs, la fibre est de préférence solidaire de l'armature extérieure du câble à fibre optique, ce qui permet d'améliorer la sensibilité des mesures. Ceci permet des mesures précises, au mètre voir au centimètre, fiables et justes.

[0062] Le câble 40 à fibre optique peut être fixé à l'élément tubulaire par l'intermédiaire des guides de maintien.

[0063] En outre, une des extrémités du câble 40 à fibre optique peut comprendre un dispositif 41 d'étanchéité destiné à étanchéifier l'extrémité du câble à fibre optique. Ce dispositif 41 peut être de diamètre supérieur à celui des guides 20 de maintien. Cette caractéristique permet d'éviter que le dispositif d'étanchéité ne passe au travers des guides de maintien. Le dispositif 41 d'étanchéité per-

met également de maintenir le câble 40 à fibre optique dans les guides de maintien. De préférence, le dispositif d'étanchéité permet également de limiter le mouvement du câble à fibre optique. Cela est avantageux car le dispositif d'étanchéité permet d'étanchéifier l'extrémité du câble à fibre optique tout en évitant que le câble à fibre optique ne se libère des guides de maintien.

[0064] Avantageusement le câble 40 à fibre optique résiste aux conditions de température et de pression présentes dans un forage. Le câble 40 à fibre optique peut aussi être résistant aux différents composés et éléments chimiques présents dans un forage.

[0065] Avantageusement, le câble 40 à fibre optique est apte à être connecté en surface à un dispositif 110 de mesure répartie par réflectométrie qui sera détaillé ci-après.

[0066] En outre, comme cela est illustré à la **figure 2**, le dispositif de maintenance peut comporter un câble de sécurité 10.

[0067] Avantageusement, le câble 10 de sécurité possède une résistance à la traction de plus de 1 kN (kilonewton), de préférence de plus de 2 kN et de manière encore plus préférée supérieure à 20 kN. Par exemple, le câble 10 de sécurité peut résister à minima à une force qui est égale à l'ensemble des forces du système moyennant un coefficient de sécurité prédéterminé. Le câble 10 de sécurité permet de résister à l'ensemble du poids du dispositif tout en prenant en compte un coefficient de sécurité pour prendre en compte les aléas de manœuvre (traction si blocage du dispositif dans le forage, choc si le dispositif est lâché brutalement). Ceci permet de sécuriser le dispositif 1 de maintenance autant durant sa descente dans le forage que lors de sa remontée. Ainsi, il est possible d'exercer une force importante de traction sur le câble 10 de sécurité si le dispositif 1 de maintenance se retrouve bloqué lors de son utilisation dans le forage, et cela sans entraîner la rupture du câble 10 de sécurité.

[0068] La résistance à la traction définit la limite à la rupture. Ainsi, le dispositif 1 de maintenance possède une limite à la rupture supérieure à 1 kN, de préférence à 2 kN et de façon encore plus préférée supérieure à 20 kN. De préférence la limite à la rupture est mesurée selon la norme ISO6892.

[0069] Pour cela, le câble 10 de sécurité peut être en acier inoxydable, fibres de carbone ou en matériaux composites, en matériaux textiles ou en acier standard (non inoxydable).

[0070] En outre, la surface du câble 10 de sécurité peut être lisse ou rugueuse. De préférence la surface du câble 10 de sécurité est rugueuse. Ceci permet d'améliorer la fixation des butées 30, détaillée ci-après.

[0071] De préférence, le câble 10 de sécurité est léger ; c'est-à-dire que son poids n'excède pas plus de 65 kg/km (kilogramme par kilomètre), de préférence 30 kg/km. Ceci permet de faciliter son utilisation et sa mise en œuvre.

[0072] La longueur du câble 10 de sécurité peut être

définie en fonction du forage à réaliser. Par exemple, plus le forage sera profond plus le câble 10 de sécurité sera long. Par exemple, le câble 10 de sécurité peut présenter une longueur supérieure à 2500 mètres, de préférence supérieure à 5000 mètres. De manière préférée, le câble 10 de sécurité possède une longueur comprise entre 10 mètres et 2500 mètres, et manière encore plus préférée entre 10 mètres et 5000 mètres.

[0073] Comme cela est illustré à la figure 2, le dispositif de maintenance peut comporter une pluralité de butées 30. **Chaque butée 30** est avantageusement couplée, de préférence fixée, au câble 10 de sécurité. En outre, elles peuvent être couplées à un des guides 20 de maintien via un organe 31 de sécurité de façon à limiter le mouvement dudit guide 20 de maintien par rapport au câble 10 de sécurité.

[0074] Alternativement, comme illustré à la **figure 3**, le dispositif 1 de maintenance peut comporter **une pluralité de paires de butées 30**. Chaque butée 30 d'une pluralité de paires de butées est alors couplée, de préférence fixée, au câble 10 de sécurité, respectivement de part et d'autre d'un guide 20 de maintien de façon à limiter le mouvement dudit guide de maintien.

[0075] En outre, il peut être prévu que chaque butée 30 comprenne un passage, tel qu'un perçage, par exemple en son centre, permettant au câble de sécurité de traverser chaque butée.

[0076] Les butées 30 sont de préférence de forme double conique symétrique, dont la base du cône est en regard de chaque guide 20 de maintien. En outre, les butées peuvent être en inox, plastique, polymères, matériau non corrosif, métal. De préférence, elles sont essentiellement en aluminium pour éviter la corrosion. Cela dépend également du milieu dans lequel le dispositif est introduit.

[0077] Chaque butée 30 peut posséder de préférence un diamètre extérieur inférieur au diamètre extérieur des guides 20 de maintien. De préférence, chaque butée 30 possède un diamètre extérieur supérieur au diamètre extérieur des extrémités 20A, 20B des guides 20 de maintien. Alternativement, si chaque butée 30 possède un diamètre extérieur inférieur au diamètre extérieur des extrémités 20A, 20B des guides 20 de maintien, elles possèdent un diamètre extérieur supérieur au diamètre extérieur de la saillie 25, de préférence de la conduite, du guide 20 de maintien. Ceci permet d'éviter que les butées ne traversent les guides 20 de maintien et inversement.

[0078] Chaque butée 30 couplée au câble 10 de sécurité et à un des guides 20 de maintien, peut être couplée au guide de maintien par l'intermédiaire d'une de ses extrémités, de préférence à l'extrémité aval du guide 20 de maintien, à savoir l'extrémité 20B.

[0079] Alternativement, chaque butée 30 de la pluralité de paires de butées peut être disposée de part et d'autre d'un guide 20 de maintien. Une des butées 30 de la paire de butées est disposée en amont du guide 20 de maintien et l'autre butée 30 de la paire de butées est disposée en aval dudit guide 20 de maintien.

[0080] Chaque butée 30 peut être à quelques centimètres (cm) en amont et/ou en aval de chaque guide 20 de maintien, de préférence à 10 cm, de manière plus préférée de 1 cm à 20 cm ou de 5 cm à 15 cm, de manière encore plus préférée à une distance favorisant une elongation maximum de l'ordre de 1 % du câble à fibre optique. Ainsi, le nombre de paire de butées 30, ou le nombre de butées 30, est de préférence compris entre 10 et 500. De préférence le nombre de paire de butées est égal au nombre de guides.

[0081] En outre, chaque butée 30 peut être fixée au câble 10 de sécurité. La fixation est de préférence une fixation par écrasement uniquement sur le câble 10 de sécurité. Le couplage de chaque butée au guide 20 de maintien est de préférence direct, amovible et extensible.

[0082] Chaque butée 30 permet de contrôler l'elongation maximale du câble 40 à fibre optique qui préférentiellement ne dépasse pas 1 % à 1,5 % afin d'éviter une rupture du câble à fibre optique. En effet, le câble 40 à fibre optique est généralement fixé de manière amovible aux guides 20 de maintien, une elongation trop importante de la distance entre deux guides 20 de maintien pourrait entraîner une rupture du câble 40 à fibre optique. Chaque butée 30 permet de limiter l'écartement entre deux guides 20 de maintien. De préférence cet écartement est calculé pour ne pas être supérieur à 1,5 % d'elongation maximale subi par le câble 40 à fibre optique.

[0083] Selon un mode de réalisation optionnel et comme illustré à la **figure 4**, le dispositif de maintenance comporte deux parties. Une première partie 1A ne comporte pas de guide de maintien tandis qu'une seconde partie 1B, aussi appelée section de mesure, comporte les guides 20 de maintien. La première partie 1A, par exemple longue de plusieurs kilomètres (e.g. au moins deux km), est de préférence constituée d'un ou deux câbles comportant la fibre optique et de l'acier ou des matériaux composites. La première partie 1A peut donc comporter le câble 40 à fibre optique et le câble 10 de sécurité. Alternativement elle peut être formée à partir d'un seul câble à fibre optique renforcé. Néanmoins, elle ne comporte pas de guide de maintien. La seconde partie comporte les guides 20 de maintien. En outre, dans ce cas, le dispositif de maintenance peut comprendre un système de jonction 60 de câbles. Un tel système de jonction 60 de câbles permet au câble 40 à fibre optique de rejoindre le câble de sécurité pour ne former qu'un seul câble à fibre optique renforcé. De préférence, le câble à fibre optique rejoint le câble de sécurité après la section de mesure par l'intermédiaire du système de jonction spécifique. En particulier, la seconde partie 1B peut présenter une sur-longueur par rapport au câble de sécurité, après le système de jonction 60.

[0084] Comme illustré à la **figure 5**, les guides 20 de maintien présentent avantageusement une forme longitudinale comportant deux extrémités 20A, 20B et une portion centrale 20C. Les guides 20 de maintien présentent à leurs extrémités 20A, 20B un diamètre, de préfé-

rence un diamètre extérieur, de section transversale inférieure au diamètre, de préférence au diamètre extérieur, de section transversale de la portion centrale 20C. Ceci permet de faciliter le passage des guides 20 de maintien dans l'élément tubulaire et particulièrement des différentes sections de l'élément tubulaire, lors de réduction de diamètre intérieur de l'élément tubulaire.

[0085] Alternativement, les guides 20 de maintien peuvent être de forme cylindrique, oblongue, allongée, effilée, tubulaire, sphérique ou sphéroïde. De préférence, les guides 20 de maintien sont de forme cylindrique.

[0086] Avantagusement, les guides 20 de maintien peuvent être essentiellement constitués en matériaux non corrosifs, inoxydables ou en composites ou en métal et de préférence en aluminium. Ceci permet d'éviter la corrosion. Cela dépend également du milieu dans lequel le dispositif est introduit.

[0087] En outre, chaque guide 20 de maintien peut être agencé de façon à accueillir le câble 10 de sécurité. Ainsi, chaque guide de maintien peut comprendre une conduite, une cavité, un interstice ou un logement pour accueillir le câble 10 de sécurité. De préférence, chaque guide 20 de maintien comprend une conduite 25 formée dans le guide 20 de maintien pour accueillir le câble 10 de sécurité. Cette conduite 25 peut faire saillie dans le guide 20 de maintien sur toute sa longueur et de préférence en son centre. Autrement dit chaque guide 20 de maintien peut être traversé par le câble 10 de sécurité, de préférence dans le sens longitudinal et en son centre. En outre, chaque guide 20 de maintien peut être agencé de façon à permettre un mouvement de translation des guides 20 de maintien par rapport au câble 10 de sécurité. Ceci permet un degré de liberté entre le câble 10 de sécurité et le guide 20 de maintien, se traduisant par un coulisement du câble 10 de sécurité à l'intérieur du guide 20 de maintien.

[0088] Chaque guide 20 de maintien peut être agencé de façon à accueillir le câble 40 à fibre optique. Ainsi, chaque guide de maintien peut comprendre une conduite, une cavité, un orifice, un interstice ou un logement pour accueillir le câble 40 à fibre optique. De préférence, chaque guide 20 de maintien peut comprendre une conduite 26. Cette conduite 26 peut faire saillie dans le guide 20 de maintien en périphérie de la portion 20C centrale du guide 20 de maintien. De préférence, cette conduite 26 est diamétralement opposée au moyen 21 d'accroche. En outre, cette conduite 26 est, de préférence, de forme longitudinale dans le sens de la longueur du guide 20 de maintien. Le câble 40 à fibre optique peut pénétrer le guide 20 de maintien par l'intermédiaire de cette conduite 26. En outre, cette conduite 26 présente un moyen de fixation 27.

[0089] Le moyen de fixation 27 d'un guide 20 de maintien peut correspondre à une fixation par écrasement, par collage, frottement ou sertissage. De préférence, les guides 20 de maintien comprennent un moyen de fixation 27 par écrasement. Ce moyen de fixation 27 peut être agencé sur le guide 20 de maintien et de préférence sur

la surface opposée à celle du moyen 21 d'accroche. De préférence, le moyen 27 de fixation peut être à proximité du logement 26 qui accueille le câble 40 à fibre optique. Alternativement, ce moyen 27 de fixation peut être disposé à chaque extrémité du logement 26 destiné à accueillir le câble 40 à fibre optique. Ceci permet d'augmenter la qualité et la fiabilité de la fixation. Chaque guide 20 de maintien peut être fixé à un câble 40 à fibre optique. Le moyen de fixation 27 permet de fixer le câble 40 à fibre optique au guide 20 de maintien. Cette fixation n'autorise aucun degré de liberté entre le guide 20 de maintien et le câble à fibre optique.

[0090] Ainsi, le nombre de guide 20 de maintien fixé au câble 40 à fibre optique peut être compris entre 2 et 500. Le nombre de guide 20 de maintien traversé par le câble 10 de sécurité peut être compris entre 2 et 500. Par exemple, pour un câble à fibre optique de 5 km de long, le nombre de guide de maintien est au minimum de deux, un au niveau du fond du forage et un second en tête de forage.

[0091] En outre, un dispositif 1 de maintenance selon l'invention peut comprendre **un ou plusieurs lest(s) 50**. Un lest 50 au sens de l'invention peut correspondre à un poids, une gueuse, une barre de charge. De préférence, il s'agit d'une gueuse comprenant des ressorts arqués (bow-springs en terminologie anglosaxonne). Ceci permet le centrage du lest 50 dans l'élément tubulaire. En effet, le lest 50 est fixé à une des extrémités du câble 10 de sécurité et/ou du câble 40 à fibre optique. Ce lest 50 peut également être assimilé à une tige, de préférence en métal, de plusieurs mètres de long et centrée à l'intérieur de l'élément tubulaire par les bow-springs.

[0092] Le poids du lest 50 doit être suffisant pour entraîner la descente totale du dispositif 1 de maintenance dans l'élément tubulaire. Typiquement, la somme du lest, des guides et des butées doit être supérieure à la force de friction créée par les moyens d'accroche, par exemple les aimants.

[0093] Le dispositif 1 de maintenance peut comprendre en outre **un équipement de mesure de pression, et/ou de température et/ou acoustique**. Le couplage du câble 40 à fibre optique aux parois internes de l'élément tubulaire grâce aux guides 20 de maintien permet de réaliser des mesures sismiques VSP (« Vertical Seismic Profil » en terminologie anglo-saxonne) grâce à l'utilisation de la fibre optique. Un équipement de mesure spécifique nommée DAS (« Distributed Acoustic Sensing » en terminologie anglo-saxonne) peut également être ajouté au dispositif 1 de maintenance. Des mesures de pression et également de température peuvent être réalisées en utilisant la fibre optique installée dans le forage. Cependant, pour ces dernières mesures, il n'y a aucun avantage à ce que la fibre soit couplée à l'élément tubulaire par les guides 20 de maintien. Le dispositif 1 de maintenance peut comprendre un équipement de mesure de rétrodiffusion Rayleigh pour des mesures acoustique. Le dispositif 1 de maintenance peut comprendre un équipement de mesure de rétrodiffusion

Brillouin pour des mesures de température et/ou de déformation. Le dispositif 1 de maintenance peut comprendre un équipement de mesure de rétrodiffusion Brillouin et/ou Rayleigh pour des mesures de pression.

[0094] Ainsi, un tel dispositif 1 de maintenance en plus de permettre la détermination de la position d'un point 2 de blocage d'un élément tubulaire peut également grâce à un équipement de mesure de pression, et/ou de température et/ou acoustique, permettre de compléter l'analyse d'un point 2 de blocage, sa nature, sa composition. Ceci peut également permettre de confirmer le point 2 de blocage de l'élément tubulaire. En outre, cette caractéristique permet également de réaliser des mesures indépendamment d'un blocage.

[0095] Selon un autre aspect, l'invention se rapporte à un **système 100 pour déterminer la position d'un point 2 de blocage** d'un élément tubulaire.

[0096] La survenue d'un point 2 de blocage empêchant la progression d'un forage est imprévisible et souvent la conséquence de conditions extérieures par exemple un éboulement ou un glissement de terrain. Néanmoins, il est aussi possible que l'équipement se coince, se détériore ou se désolidarise entraînant l'arrêt de la progression du forage. En outre, la position du point 2 de blocage peut être aléatoire sur toute la hauteur du forage mais peut également être aléatoire selon la longueur de l'équipement (e.g. élément tubulaire) inséré dans le forage. Un tel système 100 selon l'invention permet de déterminer la position un point 2 de blocage de façon simple et rapide. En effet, ce système 100 permet de ne réaliser qu'un seul ensemble de mesures de type réflectométrie. En outre, les mesures sont précises, justes et fiables.

[0097] La **figure 6** représente un mode de réalisation d'un tel système 100 selon l'invention. Ce système comporte en particulier un dispositif 1 de maintenance selon l'invention et un dispositif 110 de mesure répartie par réflectométrie. Le dispositif 110 de mesure répartie par réflectométrie est de préférence relié au dispositif 1 de maintenance et est configuré pour réaliser une mesure de déformation de l'élément 3 tubulaire. Avantageusement, le dispositif 110 de mesure répartie par réflectométrie est en surface. Cela permet de récupérer les résultats de mesure directement en surface.

[0098] Le dispositif 110 de mesure répartie par réflectométrie permet de mesurer les déformations du câble 40 à fibre optique sur toute sa longueur de manière à déterminer l'endroit où est coincé l'élément 3 tubulaire. La mesure réalisée est de préférence une mesure de type B-OTDR (Brillouin Optical Time Domain Reflectometry en terminologie anglo-saxonne ou Réflectométrie optique temporelle). Ainsi, le dispositif 110 de mesure répartie par réflectométrie est de préférence de type B-OTDR. Ce type de dispositif 110 est encore dénommé capteur à fibre optique réparti par rétrodiffusion Brillouin.

[0099] Alternativement, d'autres dispositifs de mesure sont envisageables tels que capteur à réseau de Bragg, capteur de diffusion Rayleigh (phase-OTDR), OFDR (pour Optical Frequency Domain Reflectometry en ter-

minologie anglo-saxonne ou Réflectométrie optique du domaine fréquentiel en français).

[0100] De tels dispositifs de mesure sont utilisés pour le contrôle permanent de l'intégrité et de la sécurité des systèmes et structures dans l'industrie pétrolière. Briellement, un signal lumineux est injecté dans une fibre optique et le signal lumineux rétrodiffusé par la fibre optique permet ensuite de déduire l'état structural de l'élément tubulaire. Avantageusement ces dispositifs optoélectroniques de mesure répartie par rétrodiffusion Brillouin mesurent en temps réel en tout point de la fibre optique du câble 40 à fibre optique.

[0101] **Le dispositif 110 de mesure répartie** par réflectométrie peut en particulier comporter une source lumineuse émettant un signal lumineux continu. Cette source de lumière est avantagement matérialisée par un laser, de préférence un laser DFB (de l'acronyme anglais « Distributed Feedback »), utilisant un réseau de Bragg. La longueur d'onde d'émission λ_0 est de préférence égale à 1550 nm, à la fréquence correspondante ν_0 . La raie de l'onde lumineuse émise est centrée sur la longueur d'onde d'émission λ_0 et sa largeur est au plus de 1 MHz (Mégahertz).

[0102] Ce dispositif 110 de mesure répartie par réflectométrie comporte au moins un modulateur acousto-optique. Il peut comporter également un ou plusieurs amplificateurs si nécessaire pour donner du gain. Le modulateur acousto-optique transforme le signal continu de fréquence ν_0 en un signal impulsionnel de fréquence $\nu_p = \nu_0 + \nu_A$, où ν_A est la fréquence propre au modulateur, et est généralement supérieure ou égale à 100 et inférieure ou égale à 500 MHz, de préférence de l'ordre de 200 MHz.

[0103] L'oscillateur local, comprend avantagement un circulateur qui dirige le signal lumineux continu incident, à la fréquence ν_0 , provenant du laser, dans une fibre optique de référence. Cette fibre optique de référence est avantagement identique à la fibre optique sous test. La fibre de référence n'est soumise à aucune déformation. Elle est placée à une température de référence, en général comprise entre 18 et 25°C (Celsius), de préférence à une température de l'ordre de 20°C. Cette fibre de référence permet elle aussi d'émettre un signal par rétrodiffusion Brillouin en réponse au signal continu émanant de la source lumineuse, de sorte que l'oscillateur local permet de transformer la fréquence incidente ν_0 en une fréquence $\nu_{OL} = \nu_0 + \nu_{Bref}$, où ν_{Bref} représente la fréquence Brillouin de la fibre optique de référence, et qui se situe dans la même gamme de fréquence que la fréquence ν_{Bz} issue du signal rétrodiffusé par la fibre optique en test. La fréquence Brillouin de la fibre optique de référence se situe donc dans une gamme de fréquence autour de 11 GHz, en général entre 10,5 GHz et 11,5 GHz. Le circulateur de l'oscillateur local envoie alors le signal rétrodiffusé vers le coupleur pour le mélanger avec le signal rétrodiffusé en provenance de la fibre optique sous test.

[0104] Alternativement, un équipement de mesure de

rétrodiffusion Brillouin et/ou Rayleigh comprend une source lumineuse émettant un signal lumineux continu. Cette source de lumière est avantageusement matérialisée par un laser, de préférence un laser DFB (de l'acronyme anglais « Distributed Feedback »), utilisant un réseau de Bragg. La longueur d'onde d'émission λ_0 est de préférence égale ou sensiblement égale à 1550 nm, à la fréquence correspondante ν_0 . La raie de l'onde lumineuse émise est centrée sur la longueur d'onde d'émission λ_0 et sa largeur est au plus de 1 MHz.

[0105] Avantageusement, la source de lumière est accordable en fréquence et il est possible de faire varier sa fréquence de manière continue à une vitesse d'au moins 1 GHz/s (Gigahertz par seconde) sur un intervalle d'au moins 125 GHz. De façon plus préférée, la source de lumière est apte à émettre un rayonnement laser continu à une fréquence optique ν_0 pouvant être variée, sur la durée de l'ensemble des acquisitions, suivant une rampe continue de 250 GHz au moins. Cette modulation de fréquence doit être continue et non par pas de fréquence et permet ainsi de diminuer les effets d'interférences intra-impulsion et donc le bruit. Cette caractéristique est particulièrement importante lorsqu'un suivi de la rétrodiffusion Rayleigh est souhaité.

[0106] La source de lumière, par exemple un laser, émet un signal lumineux continu moyennement puissant, typiquement de l'ordre de 20 mW, dans une fibre optique le reliant à un premier coupleur ou à un troisième coupleur.

[0107] Le **premier coupleur**, recevant le signal lumineux via source de lumière ou via le premier bras du troisième coupleur, est apte à diviser ledit signal lumineux continu en deux signaux de fréquence identique répartis dans deux bras.

[0108] Le premier bras relie le premier coupleur à un bloc fibre de référence comportant une fibre de référence, ledit bloc fibre de référence étant apte à émettre un autre signal lumineux de fréquence $\nu_0 - \nu_{\text{bref}}$, où ν_{bref} est la fréquence Brillouin de la fibre de référence, destiné à être transmise au modulateur ou à être mélangé audit signal initial par un quatrième coupleur. Ainsi, le bloc de référence permet de renvoyer l'information dans une bande de fréquence plus basse améliorant ainsi les performances du dispositif. La fibre optique de référence est conservée sans déformation et à une température de référence. Le second bras relie le premier coupleur à un deuxième coupleur situé en aval du modulateur et est apte à transmettre au deuxième coupleur un signal lumineux continu à une fréquence ν_0 , constituant ainsi un oscillateur local. De façon plus particulière, le second bras relie le premier coupleur à un deuxième coupleur situé en amont du module de photo-détection et de préférence il est positionné juste avant ledit module de photo-détection.

[0109] Le premier coupleur est apte à diriger suffisamment d'énergie du signal lumineux vers le premier bras de façon à dépasser le seuil de Diffusion Brillouin Stimulée (Stimulated Brillouin Scattering) et ainsi que, dans la

fibre de référence, l'onde rétrodiffusée soit décalée en fréquence de $-\nu_{\text{bref}}$ par rapport à l'onde optique. De façon avantageuse, le premier coupleur est apte à diriger la majorité de l'énergie du signal lumineux vers le premier bras. De préférence, le premier coupleur est apte à diriger plus de 70%, de façon plus préférée plus de 80 %, de façon encore plus préférée sensiblement 90 % de l'énergie du signal lumineux vers le premier bras.

[0110] Le bloc de référence comprend avantageusement un circulateur qui dirige le signal lumineux continu incident, à la fréquence ν_0 , provenant du premier coupleur, dans une fibre optique de référence. Cette fibre optique de référence peut être identique à la fibre optique à tester. Avantageusement, la fibre de référence n'est soumise à aucune déformation. Elle est placée à une température de référence, en général comprise entre 18 et 25°C, de préférence à une température de l'ordre de 20°C. Cette fibre de référence permet elle aussi d'émettre un signal par rétrodiffusion Brillouin en réponse au signal continu émanant de la source lumineuse, de sorte que le bloc de référence permet de transformer la fréquence incidente ν_0 en une fréquence $\nu_{\text{br}} = \nu_0 - \nu_{\text{Bref}}$, où ν_{Bref} représente la fréquence Brillouin de la fibre optique de référence, et qui se situe par exemple dans la même gamme de fréquence que la fréquence ν_{bAS} issue du signal rétrodiffusé par la fibre optique à tester. En outre, de façon avantageuse, la fibre optique de référence du bloc fibre de référence présente une fréquence Brillouin différente de celle de la fibre optique à tester. Par exemple, la fibre optique de référence présente une fréquence Brillouin décalée d'au moins 200 MHz, de préférence d'au moins 300 MHz par rapport à la réponse Brillouin de la fibre à mesurer. De préférence, la fréquence Brillouin de la fibre optique de référence présente un écart de fréquence avec la fréquence Brillouin de la fibre optique à tester, compris entre 300 MHz et 1 GHz. Ainsi, cela permet d'éviter tout recouvrement spectral des spectres Rayleigh et Brillouin tout en limitant les exigences pour le traitement de signal ultérieur. En effet, le module de photo-détection situé en fin du montage optoélectronique reçoit un signal issu de la rétrodiffusion de Rayleigh qui se trouve modulé à la fréquence du modulateur acousto-optique ν_A (par exemple 200 MHz) et de la rétrodiffusion de Brillouin modulé à la fréquence ($\nu_{\text{bAS}} - \nu_{\text{bref}} + \nu_A$) sans qu'il n'y ait de recouvrement entre les deux spectres.

[0111] Une telle architecture permet de positionner la fibre de référence sur le même bras optique que la fibre optique à tester. Cela a pour avantage d'améliorer la qualité de mesure en ayant un signal dans l'oscillateur local issu directement de la source et donc sans parasites à basses fréquences. Il n'est donc ensuite pas nécessaire d'utiliser de filtre électrique basse fréquence en sortie du module de photo-détection. Cette configuration permet également de mesurer la raie anti-Stokes de la rétrodiffusion Brillouin et, contrairement aux dispositifs de l'art antérieur, d'accéder à des mesures proches du DC (par exemple autour de 100 MHz) dans le domaine électrique

où il n'était jusqu'alors pas possible de faire des mesures fiables.

[0112] Le **troisième coupleur** permet de diviser le signal lumineux incident émis par la source lumineuse, en deux signaux de fréquence identique répartis dans deux bras du dispositif.

[0113] Le premier bras relie le troisième coupleur au premier coupleur et le premier bras est apte à transmettre au premier coupleur un signal lumineux continu à une fréquence ν_0 . Le second bras relie le troisième coupleur à un quatrième coupleur situé en amont du modulateur et ce second bras est apte à transmettre au quatrième coupleur un signal initial à une fréquence ν_0 .

[0114] De façon avantageuse, le troisième coupleur est apte à diriger la majorité de l'énergie du signal lumineux vers le premier bras. De préférence, le troisième coupleur est apte à diriger plus de 70%, de façon plus préférée plus de 80 %, de façon encore plus préférée sensiblement 90 % de l'énergie du signal lumineux vers le premier bras.

[0115] Comme cela a été spécifié, le **quatrième coupleur** est apte à mélanger le signal initial ν_0 provenant du second bras du troisième coupleur au signal lumineux de fréquence $\nu_0 - \nu_{\text{bref}}$ provenant de la fibre de référence et à les injecter dans le modulateur. Les signaux issus de la fibre optique de référence sont donc recombinaison au signal initial ν_0 dans le quatrième coupleur. A la sortie du quatrième coupleur, on obtient un signal qui contient un signal à la fréquence $\nu_0 - \nu_{\text{bref}}$ provenant de la fibre optique de référence et un signal à la même fréquence que le signal initial ν_0 .

[0116] Le **modulateur** est apte à imposer un décalage de fréquence d'au moins 100 Mhz au signal continu et à le transformer en un signal impulsionnel destiné à être injecté dans une fibre optique à tester. De façon préférée, le modulateur est un modulateur acousto-optique. Le modulateur peut être associé à un ou plusieurs amplificateurs si nécessaire pour donner du gain. Le signal provenant du modulateur comporte au moins deux composantes,

- une composante continue de fréquence $\nu_0 - \nu_{\text{bref}}$, transformée en une composante impulsionnelle de fréquence $\nu_{p1} = \nu_0 - \nu_{\text{bref}} + \nu_A$, et
- une composante continue de fréquence ν_0 , transformée en une composante impulsionnelle de fréquence $\nu_{p2} = \nu_0 + \nu_A$.

[0117] Le modulateur est apte à générer un signal impulsionnel présentant une fréquence décalée par rapport à la fréquence du signal lumineux continu. Le décalage de fréquence ν_A appliqué à ladite fréquence décalée peut être supérieur ou égal à 100 MHz. La fréquence ν_A est la fréquence propre au modulateur et est généralement supérieure ou égale à 100 MHz et inférieure ou égale à 1 GHz, de préférence sensiblement égale à 200 MHz. La largeur temporelle de l'impulsion ainsi générée peut

par exemple être comprise entre 10 ns et 500 ns, de préférence elle est sensiblement égale à 20 ns. Le signal impulsionnel est alors dirigé vers un circulateur qui l'injecte ensuite dans la fibre optique à tester, sur laquelle doit être effectuée la mesure répartie. Au passage du signal impulsionnel, la fibre optique émet en sens inverse un signal par rétrodiffusion Brillouin spontanée à la fréquence $\nu_{F1} = \nu_0 - \nu_{\text{bref}} + \nu_A + \nu_{\text{BAS}(z)}$; et $\nu_0 - \nu_{\text{bref}} + \nu_A - \nu_{\text{BS}(z)}$ dans lequel ν_{BAS} est la fréquence Brillouin anti-Stokes à mesurer en tout point de coordonnée z le long de la fibre optique. $\nu_{\text{BS}(z)}$ est la fréquence Brillouin Stokes. La fibre optique émet également en sens inverse un signal par rétrodiffusion de Rayleigh à la fréquence $\nu_{F2} = \nu_0 + \nu_A$.

[0118] Ces signaux rétrodiffusés sont dirigés, par le circulateur, vers le deuxième coupleur où ils sont recombinaison avec un signal ν_0 provenant de l'oscillateur local. En outre, avantageusement, le second bras peut comporter un brouilleur de polarisation disposé alors en amont des entrées d'un deuxième coupleur. Cela permet de diminuer les effets d'interférences dus à la polarisation entre le bras de l'oscillateur local et le bras de mesure, aussi appelé bras « pompe », et situé entre le circulateur et un deuxième coupleur.

[0119] Le **deuxième coupleur** est apte à coupler le signal de l'oscillateur local au signal de rétrodiffusion provenant de la fibre optique à tester avant de le transmettre au module de photo-détection. Le deuxième coupleur peut être associé à des modules optionnels tels qu'à un module de séparation (polarization beam splitter) ou d'hybridation de polarisation. Le signal de rétrodiffusion peut être modulé au moins à une fréquence Brillouin ν_{RB} égale à $\nu_0 - \nu_{\text{bref}} + \nu_A + \nu_{\text{BAS}}$, où ν_{BAS} est la fréquence de rétrodiffusion Brillouin anti-Stokes pouvant être mesurée en tout point z de la fibre optique à tester. Cela donne la possibilité à l'utilisateur de mesurer la raie anti-Stokes de rétrodiffusion Brillouin tout en profitant d'un oscillateur local sans parasite à basses fréquences et ainsi permet d'améliorer la qualité de la mesure.

[0120] Le signal de rétrodiffusion provenant de la fibre optique à tester peut également être modulé à une fréquence Rayleigh ν_{rR} égale à $\nu_0 + \nu_A$. Cela est possible lorsque le dispositif selon l'invention comporte le troisième coupleur et quatrième coupleur. Ce deuxième coupleur permet alors à la rétrodiffusion Rayleigh créée dans la fibre optique à tester de se coupler avec la fréquence de l'oscillateur local. Ainsi, le dispositif selon l'invention permet également de mesurer le spectre de rétrodiffusion Rayleigh. De façon préférée, le signal de rétrodiffusion est modulé à une fréquence ν_{rR} égale à $\nu_0 + \nu_A$ et à une fréquence ν_{RB} égale à $\nu_0 - \nu_{\text{bref}} + \nu_A + \nu_{\text{BAS}}$.

[0121] Ce ou ces battements sont détectables électriquement grâce à l'utilisation d'un **module de photo-détection** positionné en aval du deuxième coupleur et il est apte à transmettre le signal de rétrodiffusion reçu à un module de traitement. Le module de photo-détection comporte au moins un photo-détecteur. De façon avantageuse, le module de photo-détection présente une ban-

de passante d'au moins 800 MHz, de préférence d'au moins 1 GHz. Le module de photo-détection situé en fin du montage optoélectronique est apte à recevoir un signal issu de la rétrodiffusion de Rayleigh modulé à la fréquence du modulateur acousto-optique ν_A et de la rétrodiffusion de Brillouin modulé à la fréquence $(\nu_{BAS} - \nu_{Bref} + \nu_A)$. Dans ces conditions, en sortie du module de photo-détection le signal électrique obtenu correspondant aux battements détectés à la fréquence de $\nu_{Batt1} = \nu_A + (\nu_{BAS} - \nu_{Bref})$ correspondant à la rétrodiffusion Brillouin et à la fréquence de $\nu_{Batt2} = \nu_A$ correspondant à la rétrodiffusion de Rayleigh. Grâce à l'architecture du dispositif selon l'invention, ces battements ont été obtenus à partir d'une seule mesure et une seule fibre optique à tester. En outre, ces battements présentent une fréquence plus faible que les signaux incidents du fait que la fréquence ν_0 issue de la source lumineuse est éliminée. Typiquement, un premier battement correspondant à $\nu_{Batt1} = \nu_A + (\nu_{BAS} - \nu_{Bref})$ présente une fréquence supérieure à 200 MHz, et de préférence autour de 500 MHz, et un second battement correspondant à $\nu_{Batt2} = \nu_A$ présente une fréquence par exemple sensiblement égale à 200 MHz, correspondant à l'ordre de grandeur de la fréquence propre au modulateur. En effet, $\nu_A - (\nu_{BS} + \nu_{Bref})$ est à environ 20 GHz et donc hors bande. La configuration optique permet donc d'augmenter le rendement du module de photo-détection en limitant la bande passante à moins de 2 GHz au lieu de 11 GHz, de préférence à moins de 1 GHz, par exemple entre 400 MHz et 1 GHz.

[0122] Avantageusement, le dispositif selon l'invention peut ne pas comprendre de filtre électrique basse fréquence en sortie du module de photo-détection. En effet, comme spécifié précédemment, le positionnement de la fibre de référence sur le même bras optique que la fibre optique à tester permet d'améliorer la qualité de mesure en ayant un signal dans l'oscillateur local sans parasites à basses fréquences. En supprimant ces parasites à basses fréquences, cette configuration donne en outre accès à des informations non exploitables avec les configurations de l'art antérieur (e.g. < 100 MHz).

[0123] Le ou les signaux de battement obtenus peuvent être alors numérisés, au moyen d'un **module convertisseur analogique - numérique**. Puis ils sont traités par un module de traitement numérique. De façon avantageuse, le module convertisseur analogique - numérique présente une bande passante d'au moins 800 MHz, de préférence d'au moins 1 GHz et une vitesse d'échantillonnage d'au moins 1,6 Gec/s, de préférence d'au moins 2 Gec/s.

[0124] Le **module de traitement** est avantageusement configuré pour relier ladite fréquence Brillouin anti-Stokes ν_{BAS} à une valeur de température et/ou à une valeur de déformation en tout point « z » de ladite fibre optique à tester. Ainsi, il est apte à séparer la mesure de température et la mesure de déformation afin d'obtenir, à partir d'une seule mesure, des valeurs distinctes de température et de déformation. Ce dernier peut comporter une carte d'acquisition qui permet d'acquérir le signal

général par le module de photo-détection et donc avoir une bande passante et une fréquence d'échantillonnage en mesure d'analyser un signal correspondant à : $\nu_A + \nu_{BAS} - \nu_{Bref}$. Ainsi, avantageusement, le module de traitement est apte à mesurer un signal ayant une bande passante d'au moins 800 MHz, de préférence d'au moins 1 GHz et une vitesse d'échantillonnage d'au moins 1,6 Gec/s, de préférence d'au moins 2 Gec/s dans le but de détecter les deux spectres simultanément (spectre Brillouin et spectre Rayleigh). En outre, de façon avantageuse, il convient d'utiliser une carte d'acquisition avec une résolution élevée comme par exemple une résolution supérieure ou égale à 10 bits. Cela permet, considérant les faibles variations d'intensité du spectre rétrodiffusé Brillouin en fonction de la température, d'atteindre une précision de l'ordre de 1°C. Les modules convertisseur analogique - numérique et de traitement peuvent être distincts mais peuvent être intégrés dans un seul et même ensemble positionné directement après le module de photo-détection.

[0125] Le module de traitement est apte à découper le signal numérisé en une pluralité de tronçons (T1...Ti...TN) par application d'une fenêtre temporelle glissante de type fenêtre rectangulaire ou de Hamming, ou de Hann ou de Blackman-Harris, chaque tronçon présentant une largeur égale à la largeur temporelle d'une impulsion du signal impulsif injecté dans la fibre optique à tester, la largeur de chaque tronçon étant en outre centrée autour d'une date t correspondant à un point de coordonnée z de ladite fibre optique à tester.

[0126] De plus, le module de traitement numérique utilise avantageusement un algorithme de transformée de fourrier discrète (de préférence rapide), au moyen par exemple d'un circuit intégré logique connu sous l'acronyme anglais FPGA (pour « Field Programmable Gate Array »). Il permet ainsi de calculer directement la fréquence Brillouin, l'intensité totale de la rétrodiffusion Brillouin et/ou l'intensité totale de la rétrodiffusion Rayleigh en tout point de coordonnée « z » de la fibre optique sous test. Le module de traitement numérique permet en outre de moyenner les spectres obtenus dans le domaine fréquentiel, pour chaque point z de ladite fibre, à l'issue de l'application de l'algorithme de transformée de fourrier discrète (de préférence rapide), afin de déterminer la mesure répartie de la variation fréquentielle tout le long de ladite fibre optique sous test.

[0127] Selon un autre aspect, l'invention se rapporte à un **procédé 200 pour déterminer la position d'un point 2 de blocage** d'un élément 3 tubulaire par l'intermédiaire d'un dispositif 1 de maintenance comprenant un câble 40 à fibre optique et une pluralité de guides 20 de maintien. Chaque guide 20 de maintien peut être fixé au câble 40 à fibre optique et comporter un moyen 21 d'accroche à l'élément 3 tubulaire. En outre, le dispositif de maintenance 1 est de préférence inséré dans l'élément tubulaire 3 et les guides 20 de maintien sont fixés à l'élément tubulaire 3 par l'intermédiaire des moyens 21 d'accroche.

[0128] De préférence, le procédé 200 pour déterminer la position d'un point 2 de blocage d'un élément 3 tubulaire par l'intermédiaire d'un dispositif 1 de maintenance comprend l'utilisation d'un câble 10 de sécurité, une pluralité de guides 20 de maintien, une pluralité de paires de butées 30 ou une pluralité de butées 30 et un câble 40 à fibre optique.

[0129] Un tel procédé, **illustré à la figure 7**, selon l'invention permet de contrôler en un seul ensemble de mesures une centaine de mètres de l'élément 3 tubulaire. Cela permet un gain de temps considérable. En outre, les mesures sont justes, fiables et précises. Le procédé 200 selon l'invention permet également un gain de temps considérable et une réduction d'utilisation de matériel coûteux et spécifique. En outre le procédé est sécurisé car celui-ci ne nécessite pas l'utilisation de capteur actif.

[0130] Un procédé 200 pour déterminer la position d'un point 2 de blocage comprend

- une étape 240 de première mesure répartie par réflectométrie,
- une étape 250 d'application d'une contrainte sur l'élément 3 tubulaire ou de suppression d'une contrainte appliquée sur l'élément 3 tubulaire antérieurement à l'étape 240 de mesure répartie par réflectométrie,
- une étape 260 de seconde mesure répartie par réflectométrie, et
- une étape 290 de détermination de la position du point 2 de blocage de l'élément 3 tubulaire par comparaison des première et seconde mesures réparties par réflectométrie.

[0131] En outre, un procédé 200 selon l'invention peut comprendre une étape 210 de réalisation d'une contrainte, une étape d'insertion 220 du dispositif de maintenance dans l'élément tubulaire et/ou une étape 230 de fixation des guides de maintien à l'élément 3 tubulaire. Par ailleurs, un procédé 200 selon l'invention ne nécessite pas la répétition d'une pluralité de mesures mais permet en une seule mesure d'identifier la position d'un point de blocage sur plusieurs dizaines de mètres.

[0132] **L'étape 210 de réalisation d'une contrainte** sur l'élément tubulaire peut être réalisée jusqu'à la profondeur où l'élément 3 tubulaire est coincé. La contrainte peut être réalisée par traction ou par tout moyen permettant de réaliser une déformation uniforme sur toute la longueur de l'élément 3 tubulaire. Cette contrainte sur l'élément tubulaire est par exemple maintenue durant toute l'étape 220 d'insertion du dispositif de maintenance dans l'élément tubulaire. Ainsi, la réalisation d'une contrainte peut être mise en œuvre avant l'étape 220 d'insertion du dispositif 1 de maintenance dans l'élément tubulaire tel qu'illustré sur la figure 7 ou après insertion du câble à fibre optique et avant la fixation des guides de maintien (non illustré).

[0133] **L'étape 220 d'insertion** du dispositif 1 de maintenance dans l'élément 3 tubulaire peut comprendre l'in-

sertion du câble 10 de sécurité et du câble 40 à fibre optique dans l'élément 3 tubulaire en parallèle. En outre, cela permet de couvrir plusieurs centaines de mètres lors d'une même étape 220 d'insertion.

[0134] Dans le cadre d'un dispositif 1 de maintenance comportant deux parties 1A et 1B, tel qu'illustré à la figure 4, un seul câble peut être déroulé en surface.

[0135] Un tel procédé peut comprendre en outre, **une étape 225 de mesure de la longueur du câble 40 à fibre optique déroulé**. De préférence, cette étape est réalisée en parallèle de l'étape 220 d'insertion du dispositif 1 de maintenance dans l'élément 3 tubulaire. En outre, la longueur de câble 40 à fibre optique déroulé peut être mesurée en continu et en permanence. Alternativement, la longueur du câble 10 de sécurité déroulé peut également être mesurée en parallèle de la longueur du câble 40 à fibre optique déroulé. Cela permet d'éviter toute sur longueur d'un câble par rapport à l'autre. Ainsi cela permet de supprimer un risque de rupture d'un des câbles.

[0136] Dans le cas où un seul câble est déroulé en surface, de préférence dans le cas d'un câble illustré à la figure 4, il n'y a qu'une seule mesure de la longueur du câble déroulé. En effet, les câbles à fibre optique et de sécurité se rejoignent, un seul câble est donc présent en surface.

[0137] **L'étape 230 de fixation** des guides 20 de maintien à l'élément 3 tubulaire permet de fixer le câble 40 à fibre optique à la paroi interne de l'élément 3 tubulaire. Cela permet d'améliorer la précision, la fiabilité et la justesse des mesures. En outre, lors de cette étape, le poids, notamment du ou des lest(s) 50, peut être neutralisé. Pour cela, une force de traction peut être exercée sur le câble 10 de sécurité de façon à remonter le ou les lest(s) 50 lorsque tous les guides 20 de maintien sont fixés. Ceci permet d'éviter qu'une des butées 30 ne soit en contact avec le guide 20 de maintien correspondant. En outre, cela permet aux forces de tension du câble 40 à fibre optique et aux forces de frictions créées par les guides 20 de maintien de s'annuler.

[0138] **L'étape 240 de première mesure répartie par réflectométrie** de la fibre optique est de préférence une mesure de type B-OTDR. Alternativement, la mesure peut être de type FDR (Réflectométrie Fréquentielle). Plus particulièrement, la mesure réalisée peut être de type étalonnage qui est réalisée une fois le dispositif 1 de maintenance descendu et avant la relaxation ou la création de la contrainte sur l'élément 3 tubulaire. L'étape de mesure peut comporter le calcul de la rétrodiffusion de Brillouin dans la fibre optique au moyen d'un dispositif 110 de mesure répartie par réflectométrie. L'étape 240 de première mesure répartie de la déformation de la fibre optique est de préférence réalisée pendant la contrainte.

[0139] Lors des mesures réparties par réflectométrie, le laser 1 du dispositif 110 de mesure répartie par réflectométrie émet un signal impulsif de fréquence $\nu_p = \nu_0 + \nu_A$. La largeur temporelle de l'impulsion ainsi générée est par exemple comprise entre 10 ns et 200 ns, de

préférence elle est de 20 ns. Le signal impulsionnel est alors dirigé vers un circulateur qui l'injecte ensuite dans la fibre optique, sur laquelle doit être effectuée la mesure répartie.

[0140] Au passage du signal impulsionnel, la fibre optique émet en sens inverse un signal par rétrodiffusion Brillouin spontanée à la fréquence $\nu_F = \nu_0 + \nu_A + \nu_{Bz}$; ν_{Bz} étant la fréquence Brillouin à mesurer en tout point de coordonnée z le long de la fibre optique. Ce signal rétrodiffusé est dirigé par le circulateur vers le coupleur où il est recombinaison avec un signal provenant de l'oscillateur local formant le deuxième bras du dispositif.

[0141] Les signaux issus de la fibre optique sous test et de la fibre optique de référence sont donc recombinaison dans le coupleur. A la sortie du coupleur, on obtient un signal qui contient un battement entre le signal provenant de la fibre optique sous test et de la fibre optique de référence de l'oscillateur local. Ce battement, de plus basse fréquence, est détectable électroniquement grâce à l'utilisation d'un photo-détecteur, de bande passante inférieure à 1 GHz, de préférence 500 MHz. En sortie du photo-détecteur on obtient donc un signal électrique correspondant au battement détecté à la fréquence de $\nu_{Batt} = \nu_A + (\nu_{Bz} - \nu_{Bref})$. Le battement présente une fréquence plus faible que les signaux incidents du fait que la fréquence ν_0 issue de la source lumineuse est éliminée. Typiquement, le battement présente une fréquence inférieure à 500 MHz, et de préférence autour de 200 MHz, correspondant à l'ordre de grandeur de la fréquence propre au modulateur acousto-optique.

[0142] Le signal de battement obtenu est alors numérisé, au moyen d'un module convertisseur analogique - numérique. Puis il est traité par un module de traitement numérique.

[0143] La configuration avantageuse du dispositif 110 selon l'invention permet de s'affranchir de tous les contrôles préalables nécessaires lorsque l'on utilise un laser en anneau Brillouin afin d'éviter des perturbations sur le signal (par instabilité de cavité laser). Il permet en outre de réduire la fréquence à détecter par le photo-détecteur à moins de 500 MHz, et plus particulièrement dans une bande de fréquences centrée autour de 200 MHz. La configuration optique permet donc d'augmenter le rendement du photo-détecteur en limitant la bande passante à moins de 1 GHz au lieu de 11 GHz, de préférence à 500 MHz.

[0144] Le module de traitement numérique, quant à lui, utilise avantageusement un algorithme de transformé de fourrier rapide FFT, au moyen par exemple d'un circuit intégré logique connu sous l'acronyme anglais FPGA (pour « Field Programmable gate array »). Il permet ainsi de calculer directement la fréquence Brillouin en tout point de coordonnée z de la fibre optique. Le module de traitement numérique permet en outre de moyenner les spectres obtenus dans le domaine fréquentiel, pour chaque point z de ladite fibre, à l'issue de l'application de l'algorithme de transformée de fourrier rapide FFT, afin de déterminer la mesure répartie de la variation fréquen-

tielle tout le long de ladite fibre optique sous test.

[0145] Lorsque la mesure de la déformation de la fibre optique pendant la contrainte est terminée, le procédé peut comprendre **une étape 250 d'application d'une contrainte ou de suppression** de la contrainte appliquée sur l'élément 3 tubulaire. Par exemple, la déformation qui était appliquée est levée, l'élément 3 tubulaire est alors dans un état relâché.

[0146] Le procédé peut comprendre **une étape 260 de seconde mesure répartie par réflectométrie**. De préférence, cette seconde mesure est réalisée après suppression de la contrainte. L'étape 260 de mesure de la déformation peut comporter le calcul de la rétrodiffusion de Brillouin dans la fibre optique au moyen d'un dispositif 110 de mesure répartie de déformation. De préférence il s'agit d'une mesure de type B-OTDR. Ceci permet de mesurer une compression ou déformation du câble 40 à fibre optique.

[0147] Le procédé peut comprendre **une étape 290 de détermination** de la position du point 2 de blocage de l'élément 3 tubulaire par comparaison des première et seconde mesures réparties par réflectométrie. Ceci permet de déterminer la déformation de la fibre optique pendant la contrainte et après suppression de la contrainte. La comparaison de ces deux mesures donne la position du changement d'état de l'élément tubulaire. Typiquement sur une mesure relative Brillouin de déformation, lorsque la différence entre la mesure avant relaxation de l'élément tubulaire et après relaxation est nulle alors l'élément tubulaire se trouve coincé. Lorsque la mesure relative de déformations mesurée est proportionnelle à la force exercée en surface sur l'élément 3 tubulaire, alors celui-ci n'est pas coincé. Ainsi le procédé ne comporte qu'un seul ensemble de mesures. En outre, le procédé permet un gain de temps tout en étant passif et plus sécurisé.

[0148] Deux exemples de résultats de détermination de la position du point 2 de blocage sont présentés aux figures 8A et 8B.

La **figure 8A** représente les mesures réparties par fibre optique de déformation. Une mesure typique de déformation absolue est réalisée par un dispositif 110 de mesure par fibre optique sur le câble 40 à fibre optique présent dans l'invention. Le câble à fibre optique est placé, à une profondeur d'environ 400 mètres dans l'élément 3 tubulaire. Un seul ensemble de mesures est réalisé, une mesure lorsque la contrainte sur l'élément tubulaire est présente et une mesure lorsque la contrainte sur l'élément tubulaire est supprimée. Sur la figure 8A les résultats ont des valeurs différentes jusqu'à une distance de 450 mètres. Après cette distance, les deux mesures sont identiques. La mesure réalisée permet de conclure que l'élément tubulaire est coincé dans le forage à partir de la profondeur 450 mètres. La mesure est précise au mètre près, fiable et juste. En outre, elle est rapide et simple.

[0149] La **figure 8B** représente les mesures réparties de déformation par fibre optique. Une mesure de déformation relative est réalisée par un dispositif 110 de me-

sure par fibre optique sur le câble 40 à fibre optique selon l'invention. Le câble à fibre optique est placé, à une profondeur d'environ 400 mètres dans l'élément 3 tubulaire. Une mesure est réalisée lorsque la contrainte sur l'élément tubulaire est présente et une mesure est réalisée lorsque la contrainte sur l'élément tubulaire est supprimée. Sur la figure 8B, la variation brute de palier indique la profondeur à partir de laquelle l'élément tubulaire est coincé. La mesure est également précise, juste et fiable. Elle est également simple et rapide.

[0150] Le procédé peut comprendre en outre **une étape 270a de mesure acoustique**. Cela permet de compléter le procédé pour déterminer le point 2 de blocage d'un élément 3 tubulaire. En effet, cela peut permettre l'apport d'informations supplémentaires, comme par exemple la nature du blocage, par exemple un blocage en torsion ou un blocage en traction. Pour cela, le procédé peut comprendre un équipement de rétrodiffusion Rayleigh pour des mesures acoustiques, un équipement VSP (Vertical Seismic Profiling en terminologie anglosaxonne ou profil sismique vertical en français), un dispositif de génération de vibration acoustique à la profondeur souhaitée.

[0151] Le procédé peut comprendre en outre **une étape 270b de mesure de pression**. Le procédé peut comprendre en outre **une étape 270c de mesure de température**. Cela peut permettre l'apport d'informations supplémentaires, mais également une surveillance du point 2 de blocage ou de l'élément 3 tubulaire. Pour cela, le procédé peut comprendre un équipement de mesure de rétrodiffusion Brillouin pour des mesures de température et/ou de déformation. Le procédé peut également comprendre un équipement de mesure de rétrodiffusion Brillouin et/ou Rayleigh pour des mesures de pression.

[0152] Selon un autre aspect, l'invention concerne **un système 300 d'assemblage** d'un dispositif 1 de maintenance pour la détermination de la position d'un point 2 de blocage d'un élément 3 tubulaire.

[0153] Le système, illustré à la **figure 9** peut comprendre une grue 305 de levage. Cette grue de levage permet d'élever le câble 10 de sécurité et le câble 40 à fibre optique du dispositif 1 de maintenance par l'intermédiaire de poulies.

[0154] Le système peut comprendre **au moins une poulie 311,312 pour le câble 10 de sécurité**, destinée à transmettre un mouvement au câble 10 de sécurité. Une première poulie 311 couplée à la grue 305 de levage, permet de transmettre le mouvement d'élévation de la grue 305 de levage au câble 10 de sécurité. De préférence, la première poulie 311 est couplée à la grue 305 de levage au moyen d'une élingue 310. Une seconde poulie 312, de préférence en surface au niveau du sol, permet de dérouler le câble 10 de sécurité au fur et à mesure des mouvements d'élévation ou de descente de la grue 305 de levage. Cette seconde poulie 312 est, de préférence, fixée à la tête du forage par une élingue 313. Ainsi, la première 311 et la seconde 312 poulie permettent de transmettre les mouvements de la grue 305 de

levage au câble 10 de sécurité. Les mouvements de la grue 305 de levage actionnent la mise en rotation des poulies 311,312 qui permettent alors pour la première poulie 311 la transmission du mouvement d'élévation, et pour la seconde poulie 312 la transmission du mouvement d'élévation entraînant le déroulement du câble 10 de sécurité.

[0155] Le câble 10 de sécurité peut être déroulé à partir d'un touret 330, couplé à un appareil de levage 320. L'appareil de levage 320 est de préférence un treuil. Le treuil peut être motorisé ou non. Il permet de commander l'enroulement et le déroulement du câble 10 de sécurité.

[0156] Le système peut comprendre également **une poulie 340 pour le câble 40 à fibre optique**, destinée à transmettre un mouvement au câble 40 à fibre optique. Cette poulie 340 peut être également couplée à la grue 305 de levage. Cette poulie 340 permet de transmettre le mouvement d'élévation de la grue 305 de levage au câble 40 à fibre optique. Ainsi, lors de la mise en mouvement de la grue 305 de levage, la rotation de la poulie 340 est actionnée, ce qui permet la transmission du mouvement d'élévation de la grue 305 de levage au câble 40 à fibre optique.

[0157] Par ailleurs, le câble 40 à fibre optique peut être déroulé à partir d'un touret 350 relié à un appareil de levage 360. Cet appareil 360, est également de préférence, un treuil. Ce treuil peut être ancré au sol au moyen d'un moyen d'ancrage 370. Le treuil peut également être motorisé ou non. Il permet de commander l'enroulement et le déroulement du câble 40 à fibre optique. En outre, le treuil peut comprendre un dispositif de comptage de tour pour le déroulement du câble à fibre optique. Ceci permet de mesurer la longueur du câble à fibre optique déroulé.

[0158] Le système peut comprendre **une fourchette 380**, destinée à maintenir les guides 20 de maintien et les butées 30 lors de l'assemblage. La fourchette 380 peut présenter au moins deux bras. Elle peut être posée sur la tête du puits. Cette fourchette 380 permet de retenir les guides 20 de maintien et les butées 30 afin que les guides 20 de maintien et les butées 30 ne tombent dans le forage par gravité lors de l'assemblage.

[0159] Ce système 300 d'assemblage permet un gain de temps pour l'assemblage d'un dispositif 1 de maintenance pour la détermination de la position d'un point 2 de blocage d'un élément 3 tubulaire. En effet, ce système 300 est rapide et facile à mettre en œuvre. En outre, il est simple d'utilisation et ne nécessite pas un matériel spécifique et coûteux. Par ailleurs, les poulies permettent de dérouler les câbles. De plus, la fourchette permet de maintenir à la surface les guides de maintien et butées qui reposent sur elle afin d'éviter que ces dernières ne tombent par gravité lorsqu'elles ne sont pas fixées sur les deux câbles.

[0160] Selon un autre aspect, l'invention se rapporte à **un procédé 400 de mise en place** d'un dispositif 1 de maintenance pour la détermination de la position d'un point 2 de blocage d'un élément 3 tubulaire, représenté

en figure 10.

[0161] De préférence, le dispositif 1 de maintenance est assemblé dans un premier temps à l'horizontal par rapport au sol, et à proximité de la tête du forage.

[0162] Le procédé peut comprendre **une étape 410 de fixation des guides de maintien** au câble 40 à fibre optique. Cette fixation est de préférence fixe et amovible entre le moyen 27 de fixation d'un guide 20 de maintien et le câble 40 à fibre optique.

[0163] En outre, lors de cette étape de fixation, la distance entre chaque guide 20 de maintien peut ne pas être déterminée. En effet, la fixation n'étant pas encore amovible à cette étape entre les guides 20 de maintien et le câble 40 à fibre optique, la distance entre chaque guide 20 de maintien n'est pas fixée. Par ailleurs, le moyen 27 de fixation, de préférence par écrasement, des guides 20 de maintien n'est pas activé. Ainsi, les guides 20 de maintien sont proches les uns des autres.

[0164] Le procédé, illustré à la figure 10, peut comprendre **une étape 415 pour étanchéifier** une extrémité du câble 40 à fibre optique. De préférence, l'extrémité est l'extrémité du câble à fibre optique qui pénétrera en premier dans le forage. Ceci permet d'une part de limiter le mouvement du câble à fibre optique en évitant que le câble à fibre optique ne se libère des moyens d'accroche et d'autre part de permettre la résistance du câble à fibre optique aux conditions environnementales de pression, température et chimique du forage.

[0165] Un procédé conforme à l'invention peut comprendre **une étape 420 de couplage** des guides 20 de maintien avec le câble 10 de sécurité.

[0166] Cette étape peut comprendre également l'assemblage du câble 10 de sécurité avec les butées 30. En effet, chaque guide 20 de maintien peut être positionné entre au moins une butée 30. Alternativement chaque guide 20 de maintien peut être positionné entre une butée 30 amont et une butée 30 aval. La butée 30 amont et la butée aval constituant une paire de butées de la pluralité de paires de butées. En outre le système de fixation par écrasement de chaque butée peut ne pas être activé. Ceci permet au câble de sécurité de coulisser librement entre chaque butée et chaque guide de maintien.

[0167] Un tel procédé peut comprendre **une étape 425 de fixation d'un ou plusieurs lests** à une des extrémités du câble 10 de sécurité. De préférence l'extrémité est l'extrémité qui pénétrera en premier dans l'élément 3 tubulaire. En outre, le ou les lests fixés sur le câble 10 de sécurité peut être à proximité d'une butée 30.

[0168] Un procédé selon l'invention peut comprendre **une étape 430 de fixation d'une des butées** sur le câble 10 de sécurité. La butée à proximité immédiate du lest 50 peut être fixée sur le câble 10 de sécurité par fixation par écrasement. De préférence, la butée 30 fixée sur le câble 10 de sécurité est la butée à proximité immédiate du (des) lest 50. Ceci permet de maintenir l'ensemble des butées 30 et la pluralité de guides 20 de maintien sur le câble 10 de sécurité lorsque celui-ci sera soulevé pour pénétrer dans l'élément 3 tubulaire.

[0169] Un procédé conforme à l'invention peut comprendre **une étape 440 de d'élévation par soulèvement vertical** de l'ensemble du dispositif 1 de maintenance. Ainsi, l'ensemble câble 40 à fibre optique, câble 10 de sécurité, pluralité de guides 20 de maintien, pluralité de butées 30 et lests 50, peut être soulevé à la verticale par la grue 305 de levage. L'ensemble peut être placé en tête de forage.

[0170] Grâce au simple couplage des guides 20 de maintien sur le câble 10 de sécurité et de la pluralité de butées 30, sous l'effet de la gravité, les guides 20 de maintien et les butées 30 peuvent coulisser le long du câble 10 de sécurité. L'ensemble des butées et des guides de maintien peuvent alors reposer sur la seule butée fixée au câble de sécurité, à savoir, la butée à proximité immédiate du ou des lests 50. Ceci permet de faciliter le maintien et l'acheminement du dispositif 1 de maintenance en tête de puits de forage.

[0171] Toujours afin de faciliter le maintien et l'acheminement du dispositif 1 de maintenance en tête de forage, le câble 40 à fibre optique peut être placé sur la poulie 340 pour câble à fibre optique et le câble 10 de sécurité sur au moins une poulie 311, 312 pour le câble de sécurité. Le dispositif 1 de maintenance peut être soulevé à la verticale à une hauteur permettant de placer le ou les lests 50 à l'intérieur du forage. La hauteur dépend de la longueur du dispositif 1 de maintenance.

[0172] Par ailleurs, afin de maintenir la pluralité de guides 20 de maintien et la pluralité de butées 30 qui reposent sur la seule butée fixée au câble de sécurité, la fourchette 380 peut être placée sur la tête de puits. Ceci permet de maintenir à la surface les guides de maintien et les butées qui reposent donc sur la fourchette. De préférence, la fourchette 380 est placée sous la butée 30 la plus proche du ou des lests 50 qui est fixée au câble 10 de sécurité.

[0173] Un procédé selon l'invention peut comprendre **une étape 450 de fixation des guides de maintien** sur un dispositif 1 de maintenance. Pour cela, le procédé peut comprendre **une étape 455 de descente** du dispositif 1 de maintenance dans le forage. La descente du dispositif 1 de maintenance peut être réalisée au moyen d'une unité de logging. En outre, le dispositif 1 de maintenance peut être descendu de 10 mètres de profondeur dans le puits. La ou les butées 30 du guide 20 de maintien le plus proche du ou des lests 50 peuvent alors être fixées au câble 10 de sécurité. Par ailleurs, le câble 40 à fibre optique peut être fixé au guide 20 de maintien par fixation, de préférence par fixation par écrasement.

[0174] Une fois la ou les butées 30 fixées sur le câble 10 de sécurité et le guide 20 de maintien fixé sur le câble 40 à fibre optique, **une étape 455 de descente** peut être à nouveau réalisée par l'unité de logging. Le dispositif 1 de maintenance est de préférence à nouveau descendu par exemple de 10 mètres en profondeur dans le forage. La descente du dispositif est fonction de la résolution spatiale souhaitée, ainsi le dispositif peut être descendu de plus ou moins 10 mètres.

[0175] L'étape de fixation 450 des guides de maintien sur le dispositif de maintenance peut être réitérée jusqu'à ce que la totalité de la pluralité des guides de maintien soit fixée sur le câble à fibre optique.

[0176] Un procédé 400 de mise en place est rapide et simple à mettre en œuvre avec un nombre réduit d'étape, et permettant de maîtriser les coûts notamment, grâce au matériel utilisé mais également grâce à la réduction du temps d'assemblage à proximité du forage.

[0177] Selon un autre aspect, l'invention concerne un élément 3 tubulaire comprenant un dispositif 1 de maintenance, de préférence agencé à l'intérieur de l'élément 3 tubulaire, pour la détermination de la position d'un point 2 de blocage dudit élément tubulaire.

[0178] Un élément 3 tubulaire équipé d'un dispositif 1 de maintenance peut comprendre un câble 10 de sécurité, une pluralité de guides 20 de maintien, une pluralité de butées ou une pluralité de paires de butées 30 et un câble 40 à fibre optique. Cet élément 3 tubulaire permet de déterminer avec précision, fiabilité et justesse un point 2 de blocage. En outre, un tel élément 3 tubulaire est sécurisé pour une exploitation des sous-sols.

[0179] Comme cela a été présenté, l'invention permet de déterminer la position du point 2 de blocage d'un élément 3 tubulaire de façon sécurisée, rapide et simple. En effet, il est possible de contrôler en une seule mesure une centaine de mètres d'élément 3 tubulaire. Cela permet un gain de temps lors de la mise en œuvre de l'invention. En outre, les mesures sont fiables, simples et précises. Par ailleurs, l'invention permet un gain de temps du fait de la réalisation d'un seul ensemble de mesures, de par son équipement et ses installations. En outre, l'appareil de forage n'est pas immobilisé durant de longue période. L'invention est également moins coûteuse du fait de son équipement et de la réduction du temps d'immobilisation du forage. De plus, l'invention est particulièrement sécurisée par l'ensemble de son équipement et avantageusement sécurisante par l'absence de capteur actif et donc sans aucun système ou dispositif électrique.

Revendications

1. Dispositif (1) de maintenance pour la détermination de la position d'un point (2) de blocage d'un élément (3) tubulaire **caractérisé en ce qu'il** comporte un câble (40) à fibre optique et une pluralité de guides (20) de maintien, chaque guide (20) de maintien étant fixé au câble (40) à fibre optique et comportant un moyen (21) d'accroche à une paroi interne de l'élément (3) tubulaire.
2. Dispositif (1) de maintenance selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** comporte un câble (10) de sécurité et **en ce que** chaque guide (20) de maintien est agencé de façon à permettre un mouvement de translation des guides (20) de maintien par rap-

port au câble (10) de sécurité.

3. Dispositif (1) de maintenance selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'il** comporte une pluralité de butées (30), chaque butée (30) étant couplée au câble (10) de sécurité et à un des guides (20) de maintien de façon à limiter le mouvement dudit guide (20) de maintien par rapport au câble (10) de sécurité.
4. Dispositif (1) de maintenance selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'il** comporte une pluralité de paires de butées (30), chaque butée (30) d'une paire de butées étant couplée au câble (10) de sécurité et étant positionnée respectivement de part et d'autre d'un des guides (20) de maintien de façon à limiter le mouvement dudit guide (20) de maintien par rapport au câble (10) de sécurité.
5. Dispositif (1) de maintenance selon l'une des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce que** chaque guide (20) de maintien comprend une conduite (25) formée dans le guide (20) de maintien pour accueillir le câble (10) de sécurité.
6. Dispositif (1) de maintenance selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la conduite (25) fait saillie dans le guide (20) de maintien sur toute sa longueur et de préférence en son centre.
7. Dispositif (1) de maintenance selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le moyen (21) d'accroche est sélectionné parmi : un moyen d'accroche mécanique, un moyen d'accroche magnétique, un moyen d'accroche électromagnétique, un moyen d'accroche chimique.
8. Dispositif (1) de maintenance selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** les moyens (21) d'accroche des guides (20) de maintien permettent une fixation fixe et amovible à la paroi interne de l'élément (3) tubulaire.
9. Dispositif (1) de maintenance selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** les moyens (21) d'accroche correspondent à un aimant, une pluralité d'aimants, aimants permanents, électroaimants, plastoaimants, des organes mobiles ou à leurs combinaisons, configuré pour se fixer à l'élément (3) tubulaire.
10. Dispositif (1) de maintenance selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chaque guide (20) de maintien comprend une conduite (26) adaptée au câble à fibre optique, pour accueillir le câble (40) à fibre optique.
11. Dispositif (1) de maintenance selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé**

en ce que les guides (20) de maintien de la pluralité de guides de maintien peuvent être espacés les uns des autres d'une distance de l'ordre de la taille d'une section de l'élément tubulaire, par exemple, chaque guide (20) de maintien est espacé d'au plus 20 mètres. 5

12. Système (100) pour déterminer la position d'un point (2) de blocage d'un élément (3) tubulaire **caractérisé en ce qu'il** comporte un dispositif (110) de mesure répartie par réflectométrie et un dispositif (1) de maintenance selon l'une des revendication 1 à 11, ledit dispositif (110) de mesure répartie par réflectométrie étant relié au dispositif (1) de maintenance et configuré pour réaliser une mesure de déformation de l'élément (3) tubulaire. 10 15

13. Procédé (200) pour déterminer la position d'un point (2) de blocage d'un élément (3) tubulaire par l'intermédiaire d'un dispositif (1) de maintenance comprenant un câble (40) à fibre optique et une pluralité de guides (20) de maintien, chaque guide (20) de maintien étant fixé au câble (40) à fibre optique et comportant un moyen (21) d'accroche à une paroi interne de l'élément (3) tubulaire, le dispositif de maintenance (1) étant inséré dans l'élément tubulaire (3) et les guides (20) de maintien étant fixés à l'élément tubulaire (3) par l'intermédiaire des moyens (21) d'accroche, ledit procédé (200) comprenant : 20 25 30
 - une étape (240) de première mesure répartie par réflectométrie ,
 - une étape (250) d'application d'une contrainte sur l'élément (3) tubulaire ou de suppression d'une contrainte appliquée sur l'élément (3) tubulaire antérieurement à l'étape (240) de première mesure répartie par réflectométrie, 35
 - une étape (260) de seconde mesure répartie par réflectométrie, et
 - une étape (290) de détermination de la position du point (2) de blocage de l'élément (3) tubulaire par comparaison des première et seconde mesures par réflectométrie. 40

14. Procédé (200) pour déterminer la position d'un point (2) de blocage selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** les étapes (240,260) de mesure de la déformation comportent le calcul de la rétrodiffusion de Brillouin dans la fibre optique au moyen d'un dispositif (110) de mesure répartie de déformation. 45 50

15. Élément (3) tubulaire comprenant un dispositif (1) de maintenance selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 pour la détermination de la position d'un point (2) de blocage dudit élément (3) tubulaire. 55

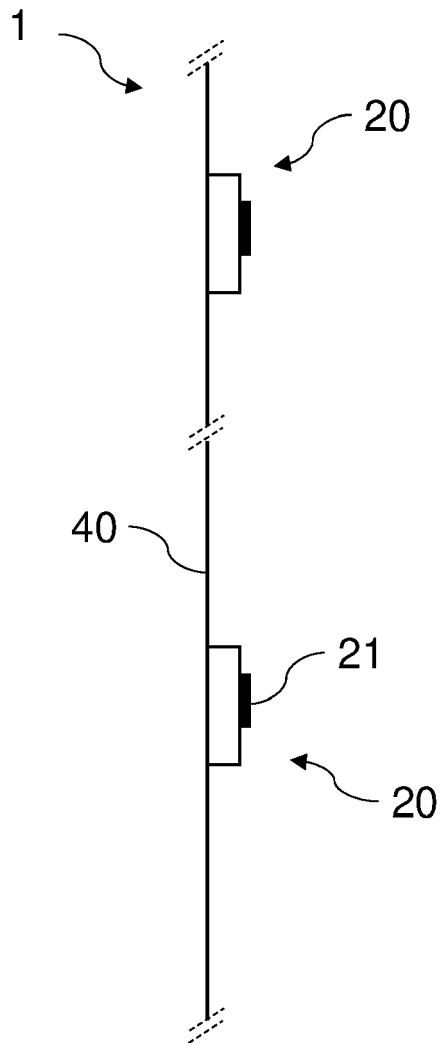


FIG. 1

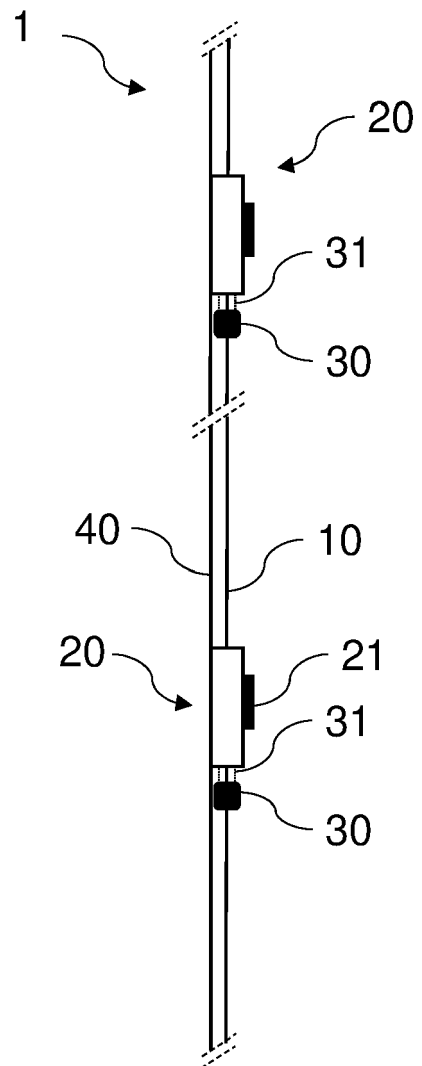


FIG. 2

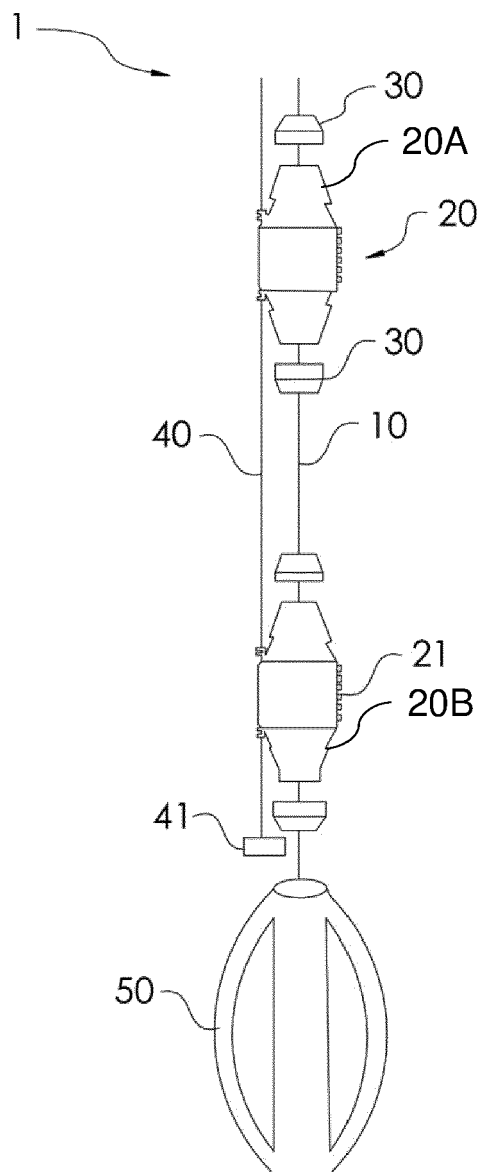


FIG. 3

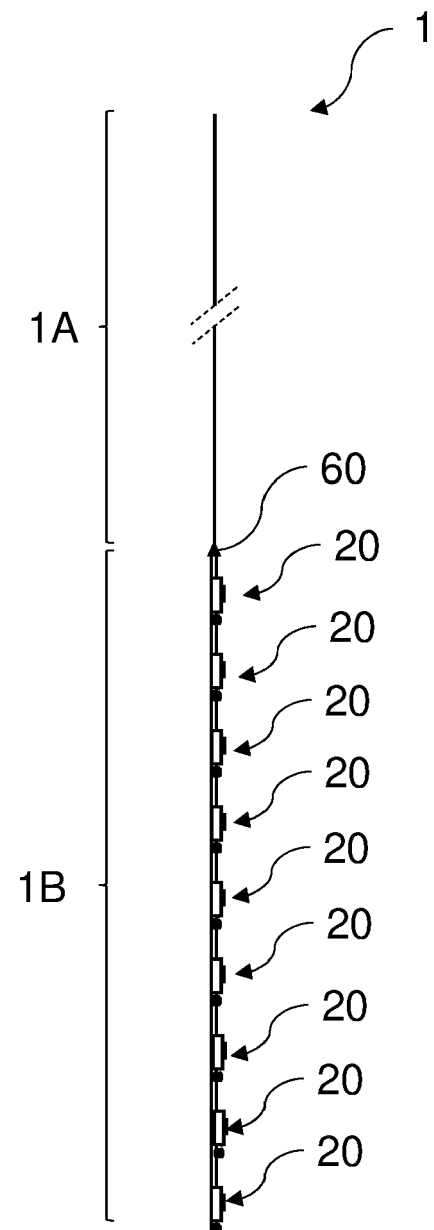


FIG. 4

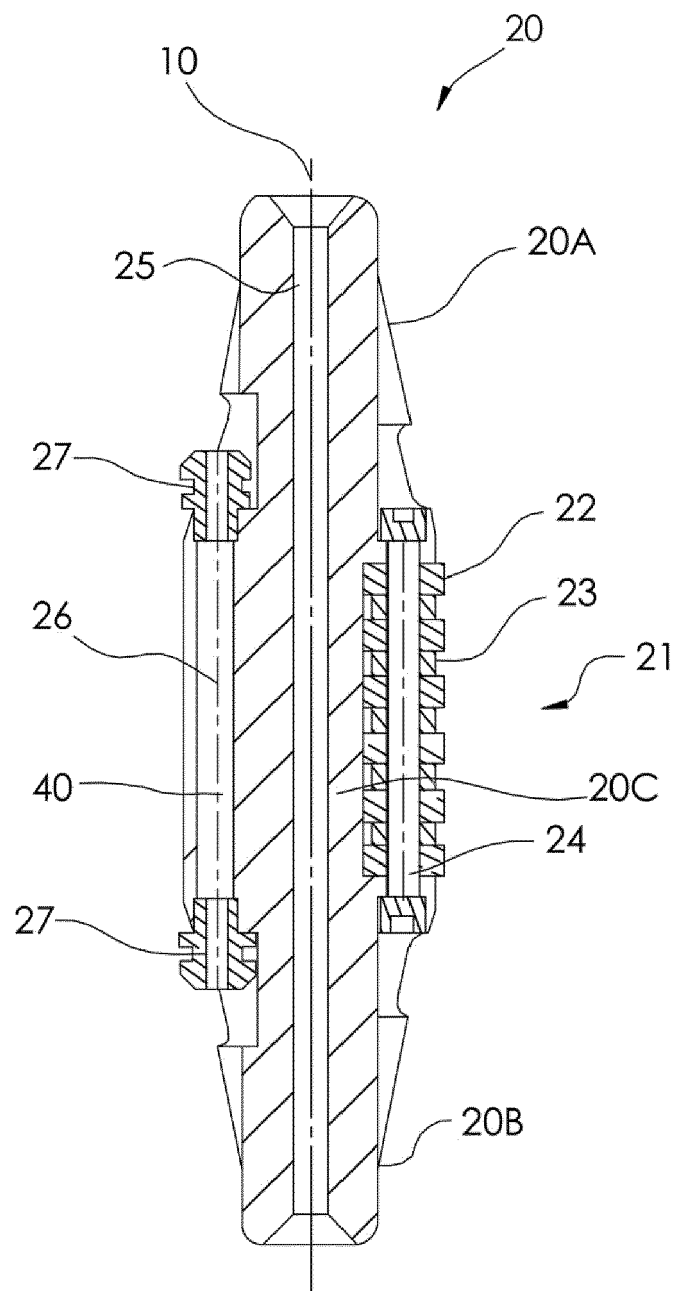


FIG. 5

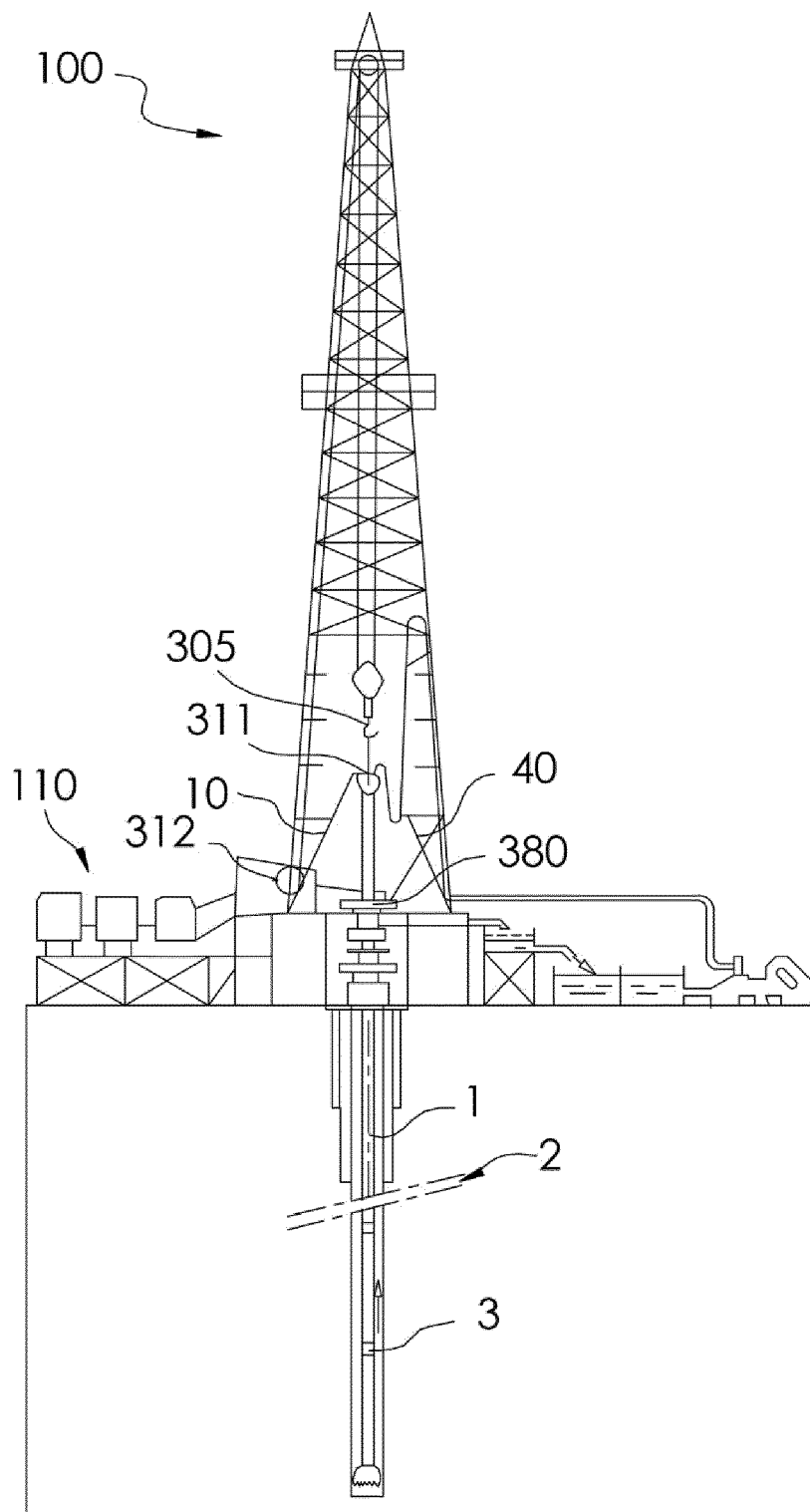


FIG. 6

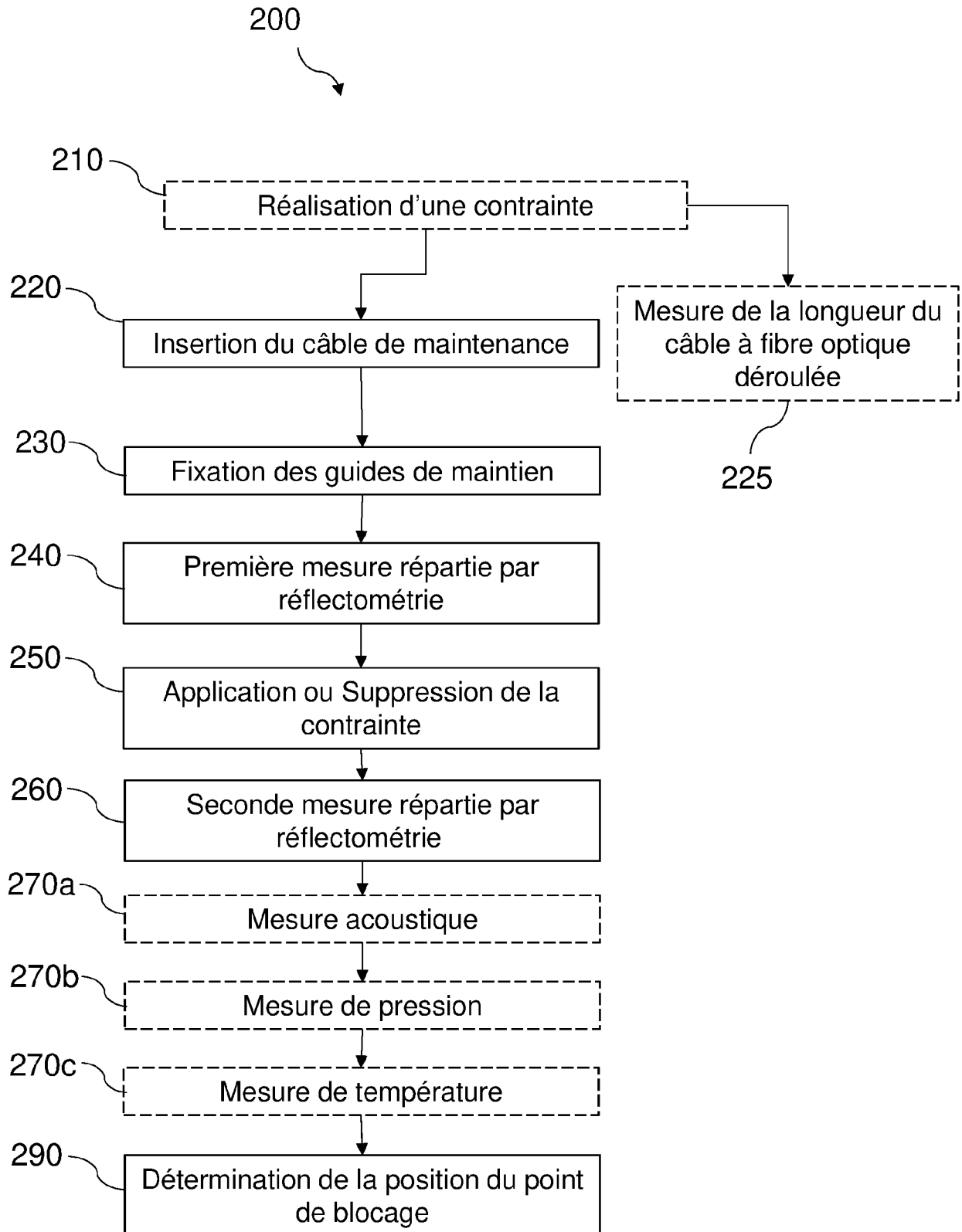


FIG. 7

Mesure de contrainte absolue avec un câble à fibre optique

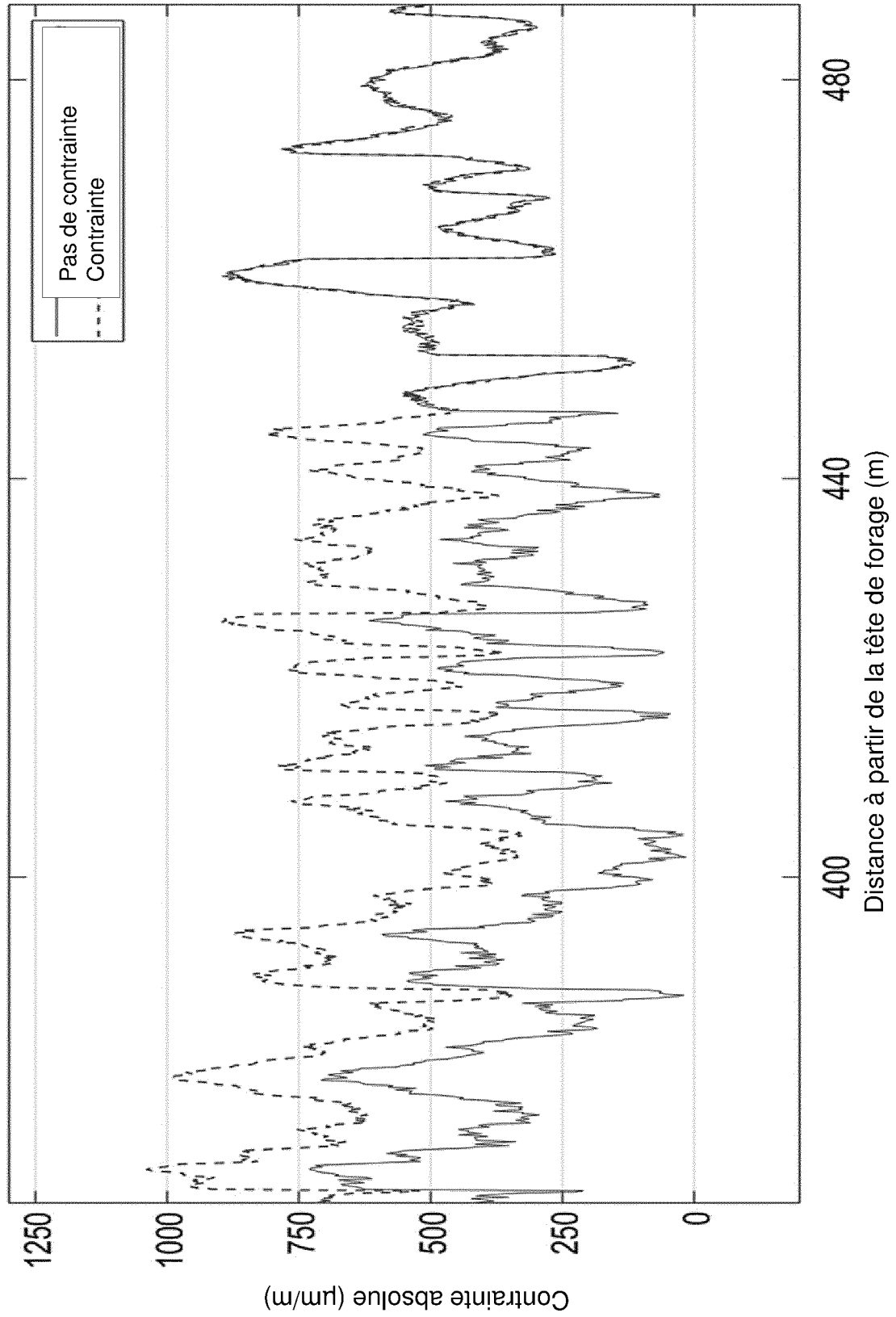


FIG. 8A

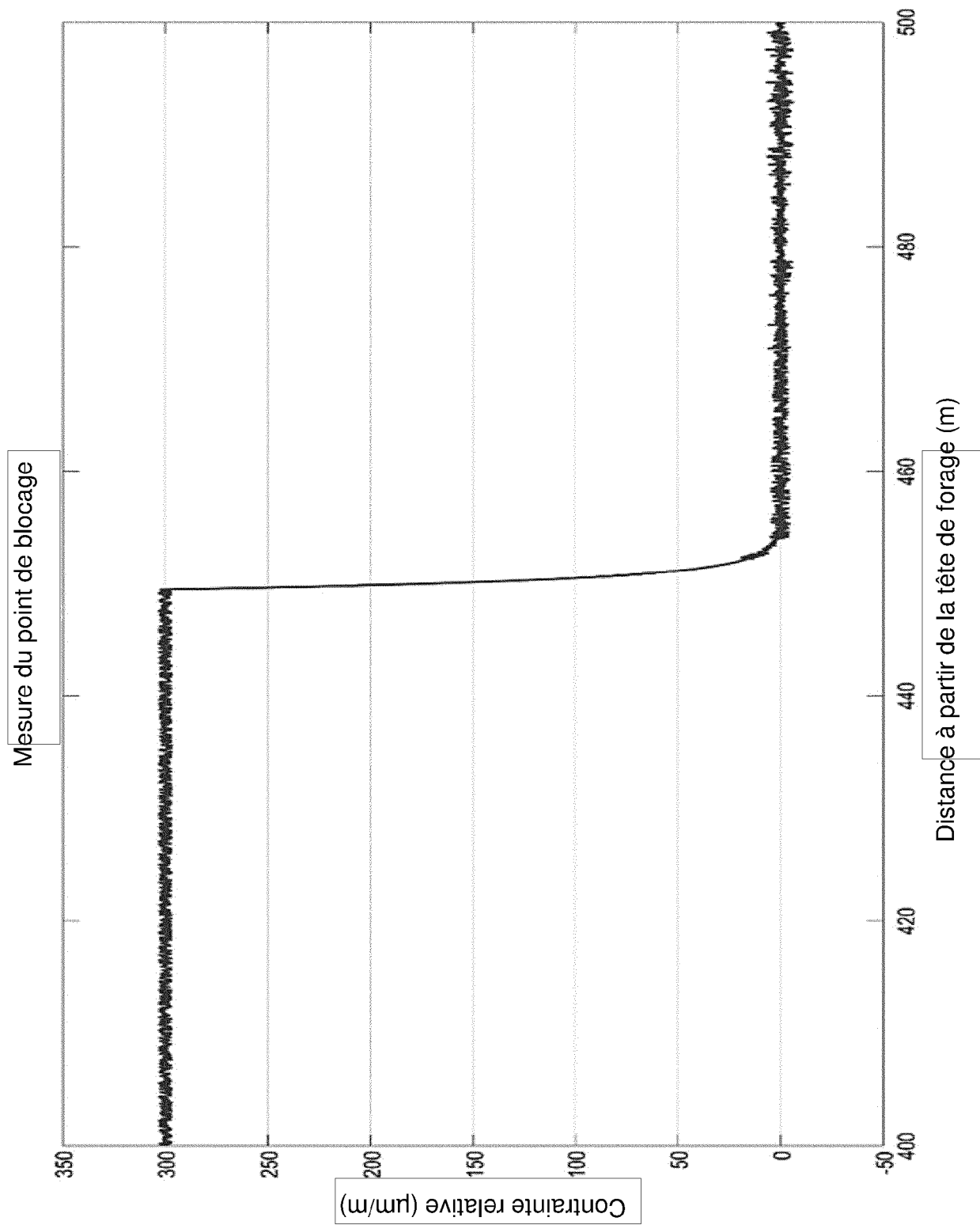


FIG. 8B

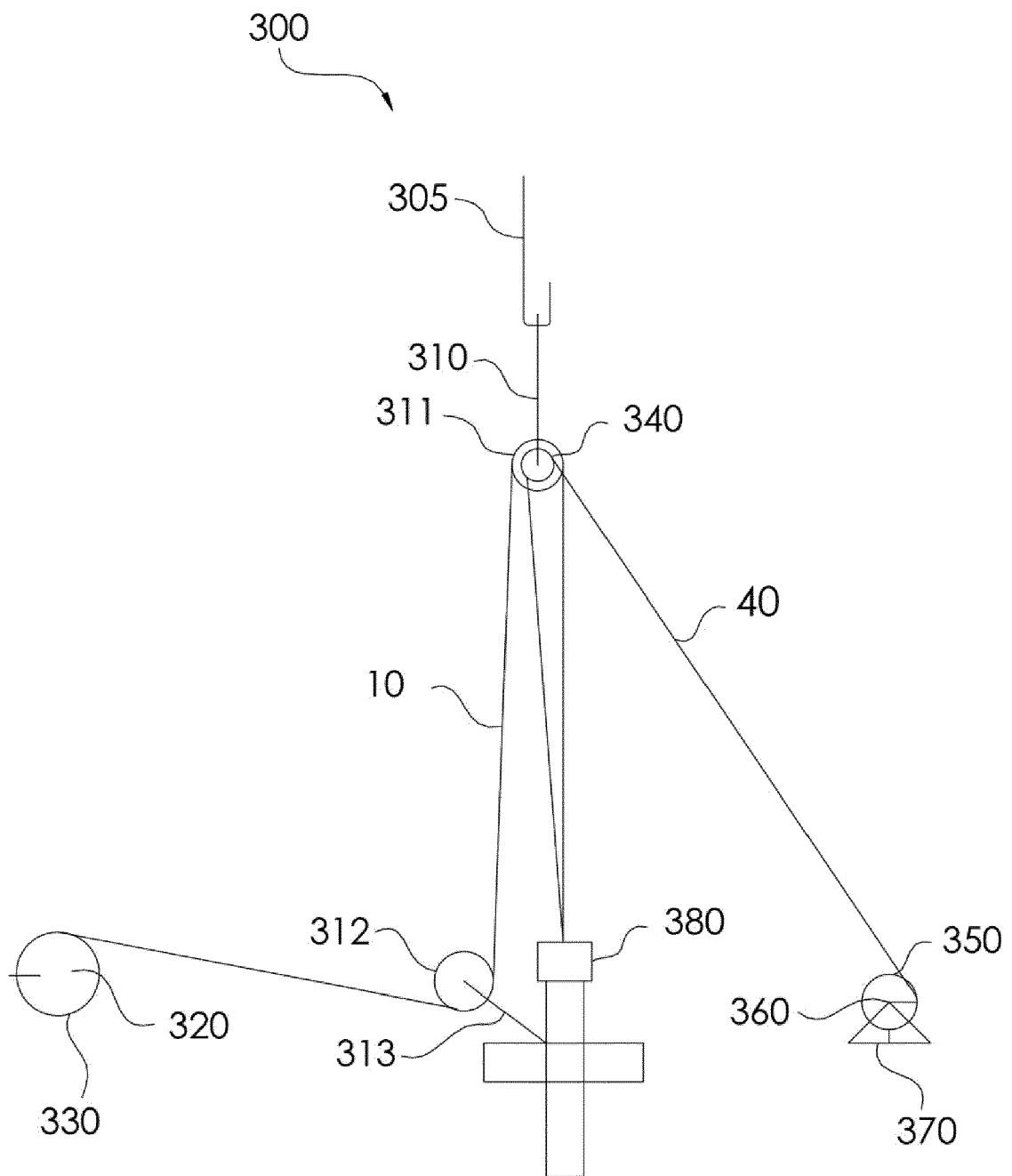


FIG. 9

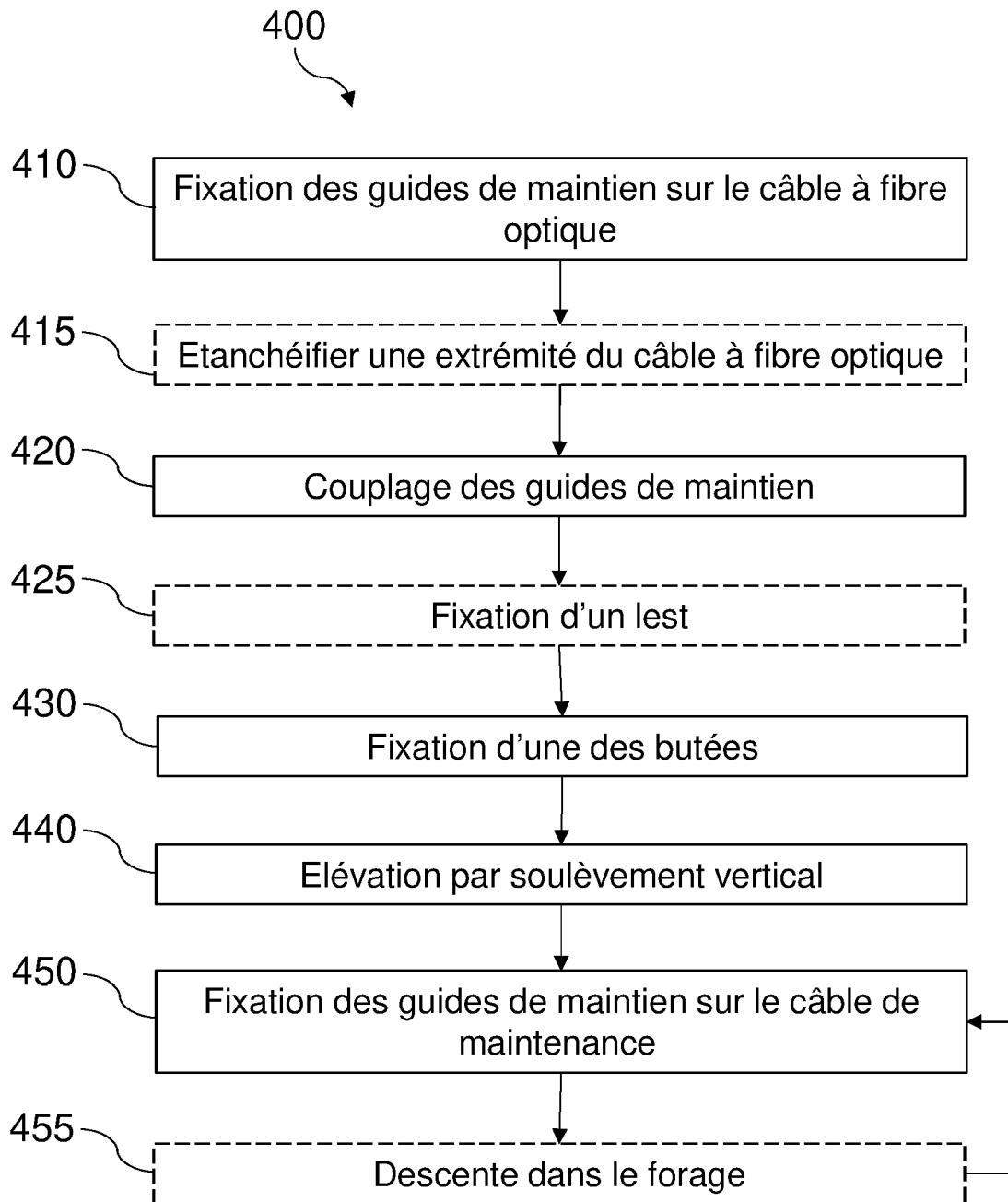


FIG. 10



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 20 18 1360

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A,D	CN 106 351 646 A (UNIV BEIJING INF SCI & TECH) 25 janvier 2017 (2017-01-25) * abrégé; figures *	1,13	INV. E21B47/09 E21B47/01 E21B47/12
A,D	US 2005/240351 A1 (GRAY KEVIN L [US]) 27 octobre 2005 (2005-10-27) * alinéas [0009], [0014], [0044], [0049], [0050], [0057]; figure 3 *	1,13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			E21B G01B G01M G05D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 16 novembre 2020	Examineur Maukonen, Kalle
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 20 18 1360

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

16-11-2020

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CN 106351646 A	25-01-2017	AUCUN	
US 2005240351 A1	27-10-2005	CA 2522505 A1	18-04-2006
		EP 1647669 A1	19-04-2006
		EP 2194228 A1	09-06-2010
		NO 338630 B1	19-09-2016
		US 2005240351 A1	27-10-2005

EPO FORM P0460

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 2008060808 A [0007]
- US 7660197 B [0008]
- US 7389183 B [0008]
- CN 106351646 [0009]