

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 137 966**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **22 07318**

⑤① Int Cl⁸ : **G 01 M 3/00 (2022.01)**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Dispositif et Procédé de détermination de l'état d'assemblage d'une extrémité fileté.

②② Date de dépôt : 18.07.22.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 19.01.24 Bulletin 24/03.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 18.10.24 Bulletin 24/42.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : VALLOUREC OIL AND GAS
FRANCE SAS — FR.

⑦② Inventeur(s) : PETIT SEBASTIEN, VERGER ERIC,
DESDOIT EMMANUEL, MENCAGLIA XAVIER,
SCHES CELINE, DESPESE GHISLAIN, GARRAUD
NICOLAS et CAROFF TRISTAN.

⑦③ Titulaire(s) : VALLOUREC OIL AND GAS FRANCE
SAS.

⑦④ Mandataire(s) : VALLOUREC TUBES.

FR 3 137 966 - B1



Description

Titre de l'invention : Dispositif et Procédé de détermination de l'état d'assemblage d'une extrémité fileté

Domaine technique

[0001] L'invention se rapporte de manière générale, au domaine des composants tubulaires filetés et, plus précisément, à un procédé de raccordement d'une extrémité fileté d'un premier composant tubulaire avec une extrémité fileté d'un deuxième composant tubulaire pour former un joint fileté.

[0002] Plus particulièrement, l'invention concerne un procédé d'évaluation de l'état d'assemblage d'une extrémité fileté avec une extrémité fileté correspondante, et l'évaluation de la conformité du raccordement d'une portion fileté d'un premier composant tubulaire avec une portion fileté d'un deuxième composant tubulaire.

Arrière-plan technologique

[0003] Des tubes métalliques sont largement utilisés dans différents domaines de l'industrie de l'énergie tels que la production électrique, le pétrole et le gaz, ainsi que dans la construction mécanique, les puits de géothermie, de stockage de gaz tels que l'hydrogène ou le dioxyde de carbone.

[0004] Dans le domaine de l'exploitation pétrolière et gazière, que ce soit dans le cadre d'une implantation offshore ou onshore qui fait intervenir des opérations de forages et d'exploitation de puits, les opérations réalisées comprennent le raccordement de composants tubulaires entre eux et leur descente dans les puits afin de constituer des colonnes de forage ou des colonnes de puits.

[0005] Une portion fileté mâle ou femelle disposée à une extrémité d'un premier composant tubulaire peut être directement raccordée à une portion fileté complémentaire d'un deuxième composant tubulaire.

[0006] Selon un autre cas, les premier et deuxième composants tubulaires peuvent être indirectement raccordés au moyen d'un composant tubulaire intermédiaire, tel qu'un manchon.

[0007] Les composants tubulaires sont assemblés sous des contraintes définies afin de répondre aux exigences de serrage et d'étanchéité imposées par des conditions d'utilisation, afin de garantir l'intégrité de l'assemblage lors de son utilisation sur toute sa durée de vie.

[0008] Cependant, il peut arriver que le raccordement ne soit pas correctement réalisé ce qui peut provoquer des défauts d'étanchéité dans la conduite, voire endommager les composants tubulaires ou conduire à leur séparation prématurée.

[0009] Ainsi, la qualité du vissage ou assemblage influe directement sur l'étanchéité des

joints formés et la longévité de l'assemblage de composants tubulaires. Il est donc nécessaire d'évaluer la qualité du raccordement effectué en validant ou invalidant la conformité du vissage réalisé.

- [0010] Classiquement, les outils destinés au raccordement de composants tubulaires comprennent des capteurs configurés pour déterminer le couple appliqué lors du vissage ainsi que le nombre de tours du premier composant tubulaire relativement au deuxième composant tubulaire. Ces outils permettent de tracer une courbe représentant l'évolution de la valeur du couple en fonction du nombre de tours effectués pendant l'assemblage, que l'on appelle généralement une « courbe de vissage ».
- [0011] Des solutions d'évaluation de la qualité de raccordement de deux composants tubulaires consistent en l'étude de la courbe de vissage par une personne compétente.
- [0012] On connaît par EP3529574 des solutions basées sur l'évolution de la température dans l'extrémité pendant l'assemblage, qui permettent de détecter en cas d'élévation anormale de température l'éventuelle apparition d'un grippage ou arrachement de matière.
- [0013] On connaît par EP2059800 des solutions d'investigations ultrasonores permettant d'évaluer la mise en contact de surfaces fonctionnelles, telles que les filetages, des surfaces de butée. Cependant, ces techniques nécessitent la mise en place d'appareillages sur l'extérieur des extrémités de tubes pour mesurer des évolutions dans la propagation des ondes acoustiques dans les connexions, ces appareillages impliquent des précautions de mise en place et peuvent présenter des inconvénients pratiques ou demander trop de temps de mise en place sur le terrain.
- [0014] Il existe un besoin pour un dispositif ou une méthode d'évaluation de l'assemblage de connexions filetées qui ne nécessite pas de manipulation conséquente sur le terrain et qui permet de réaliser une évaluation du contact entre surfaces fonctionnelles.
- [0015] Par ailleurs, il est connu d'utiliser des dispositifs de transmission de signal par radio-fréquence, mais cette technologie ne fonctionne pas lorsqu'un capteur et un système d'interrogation du capteur sont séparés par un support conducteur, comme peut l'être l'acier d'une connexion fileté.

Résumé

- [0016] Une idée à la base de l'invention est de pouvoir accéder à l'état d'assemblage de la connexion en obtenant une information liée à une mesure ou à la détection d'un état d'une propriété mécanique de la connexion en un endroit de la connexion difficile d'accès par les moyens conventionnels. En particulier, une idée à la base de l'invention est d'accéder à cette information en limitant fortement l'impact de l'appareillage sur la connexion.
- [0017] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit un dispositif d'évaluation de la qualité d'assemblage de composants tubulaires filetés, le dispositif comprenant un

premier élément tubulaire en acier ayant une première extrémité apte à être assemblée avec une deuxième extrémité correspondante, la première extrémité comprenant une paroi, un filetage, une surface de butée, le premier élément tubulaire comprenant :

- une première électronique comprenant un capteur monté sur une surface intérieure, un circuit capteur étant relié d'une part au capteur et d'autre part étant relié à un premier transducteur électromécanique couplé à la paroi,

le premier élément tubulaire comprenant en outre une deuxième électronique comprenant un circuit de commande relié à un deuxième transducteur électromécanique couplé à la paroi sur une surface extérieure, le deuxième transducteur électromécanique étant séparé du premier transducteur électromécanique par une portion de paroi, le premier transducteur électromécanique et le deuxième transducteur électromécanique étant en interaction électromécanique telle qu'une réponse à un signal électrique appliqué au deuxième transducteur est fonction de l'impédance de la première électronique, et le circuit de commande de la deuxième électronique étant configuré pour :

- appliquer un premier signal électrique au deuxième transducteur électromécanique avec une première caractéristique d'entrée, déterminer une première réponse avec une première caractéristique électrique de réponse, et appliquer un deuxième signal électrique au deuxième transducteur électromécanique avec une deuxième caractéristique d'entrée, déterminer une deuxième réponse avec une deuxième caractéristique électrique de réponse, et déterminer un état du capteur en fonction de l'écart entre la première caractéristique électrique de réponse et la deuxième caractéristique de réponse, puis déterminer un état d'assemblage du premier élément tubulaire fileté à partir de l'état du capteur.

[0018] Grâce à ces caractéristiques, il est possible d'obtenir une information sur l'état d'assemblage de la connexion. En effet, grâce à ces caractéristiques il est possible d'obtenir l'information par un capteur situé au plus près d'une zone d'intérêt pour l'évaluation, sans atteinte significative à la structure mécanique de la connexion.

[0019] Selon des modes de réalisation, un tel dispositif peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

[0020] Selon un mode de réalisation, le capteur présente un premier état lorsque la première extrémité est à l'état libre et le capteur présente un deuxième état lorsque la première extrémité est assemblée, de manière à ce que la première électronique comprenant ledit capteur forme un circuit ayant une première impédance lorsque la première extrémité est libre et ayant une deuxième impédance lorsque la première extrémité est à l'état assemblé avec la deuxième extrémité correspondante, ainsi le capteur présente au moins deux états qui peuvent être utilisés pour déterminer l'état d'assemblage de la connexion.

- [0021] Selon un aspect, le dispositif d'évaluation de la qualité d'assemblage de composants tubulaires filetés est caractérisé en ce que le premier transducteur est un premier élément piézo-électrique et le deuxième transducteur est un deuxième élément piézo-électrique.
- [0022] Selon un aspect, le capteur est un capteur sensible à la déformation. Le capteur permet une mesure ou une détection liée à la déformation de la matière près d'une zone d'intérêt.
- [0023] Selon un aspect, ledit capteur sensible à la déformation est un capteur MEMS passif à deux états et la première électronique comprenant ledit capteur forme un circuit électrique non-linéaire. Ceci permet de mettre en place une détection d'état de la matière.
- [0024] Selon un aspect, le premier élément tubulaire est un manchon.
- [0025] Selon un aspect, la deuxième électronique comprend un outil de lecture arrangé pour recevoir du circuit de commande, un signal représentatif de l'état du capteur.
- [0026] Dans le dispositif d'évaluation de la qualité d'assemblage de composants tubulaires filetés, le capteur est situé à une distance d'au plus 20 mm de la surface de butée. Ce positionnement permet d'avoir un niveau de détection de déformation efficace d'une zone d'intérêt constituée par la butée qui est déformée en fin de vissage, une déformation marquant alors l'assemblage de la connexion avec une autre connexion.
- [0027] L'invention porte aussi sur un procédé de détermination de la qualité d'assemblage d'un premier élément tubulaire avec un deuxième élément tubulaire comprenant les étapes de :
- Fournir un premier élément tubulaire comprenant un capteur sur une surface intérieure du premier élément tubulaire, une première électronique reliée au dit capteur et comprenant un premier transducteur électromécanique,
 - le premier élément tubulaire comprenant en outre une deuxième électronique sur une surface extérieure séparée de la première électronique par une portion de paroi et la deuxième électronique comprenant un deuxième transducteur électromécanique, la deuxième électronique étant reliée électro-mécaniquement à la première électronique , et un deuxième élément tubulaire
 - Appliquer un premier signal électrique au deuxième transducteur électromécanique dans la deuxième électronique et déterminer une première caractéristique de réponse de la première électronique,
 - Visser le premier élément tubulaire sur le deuxième élément tubulaire,
 - Appliquer un second signal électrique au deuxième transducteur électromécanique dans la deuxième électronique et déterminer une deuxième caractéristique de réponse de la première électronique,
 - Déterminer un état du capteur et un état d'assemblage du premier élément fileté sur

le deuxième élément fileté en fonction de l'écart entre la première caractéristique de réponse et la deuxième caractéristique de réponse.

[0028] Selon un aspect, de cette méthode, la première caractéristique de réponse est une première impédance et la deuxième caractéristique de réponse est une deuxième impédance.

Breve description des figures

[0029] L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante de plusieurs modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés.

1. La [Fig.1] est une vue en coupe du dispositif de l'invention selon un premier mode de réalisation de l'invention.
2. La [Fig.2] est un schéma fonctionnel illustrant un mode de réalisation de l'invention selon le premier mode de réalisation
3. La [Fig.3] est une vue en coupe du dispositif de l'invention selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.
4. La [Fig.4] représente une vue schématique d'une partie du dispositif selon un mode de réalisation de l'invention.

Description des modes de réalisation

[0030] L'exploitation pétrolière, de gaz ou autre nécessite un nombre important de tubes. Du fait des nombreuses contraintes que subissent ces tubes aussi bien lors de leur installation que durant leur exploitation, ces tubes répondent à des normes afin d'éviter toute dégradation et toute fuite dans l'environnement.

[0031] Les puits comprennent une grande quantité de composants tubulaires assemblés les uns aux autres. Ces composants tubulaires sont assemblés par leurs extrémités. Ces extrémités comprennent généralement des filetages, et peuvent comprendre des portées d'étanchéité qui permettent d'établir des étanchéités fortes aux liquides et aux gaz, et des surfaces de butées qui permettent d'imposer des couples de vissage importants de façon à empêcher des désassemblages des extrémités. Il est important de s'assurer que les extrémités sont donc bien assemblées entre elles, de façon à s'assurer que les joints formés à partir d'extrémités assemblées entre elles ne présentent pas de risque lié à leur intégrité et à leur étanchéité.

[0032] Les forces d'assemblage étant mises en jeu étant importantes, de plusieurs dizaines de milliers de N.m, des contraintes fortes sont créées dans les surfaces fonctionnelles des extrémités telles que certaines parties du filetage, les portées d'étanchéité, les surfaces de butée. Ces surfaces fonctionnelles se déforment entre leur état dit « libre » lorsque l'extrémité est libre, et l'état « assemblé » lorsque l'extrémité est assemblée à

une extrémité correspondante. Ces surfaces sont enfermées dans un espace défini par les parois des extrémités assemblées ou en cours d'assemblage. De sorte qu'il est difficile ou quasi impossible de les observer directement ou de les équiper de capteurs pour des mesures directes ou à proximité des surfaces sans aménager, par exemple des conduits d'accès qui sont incompatibles avec les exigences d'intégrité mécanique ou d'étanchéité qui sont requises pendant l'utilisation des composants tubulaires.

- [0033] L'invention permet d'accéder à une mesure directe ou quasi directe des propriétés de ces surfaces fonctionnelles, c'est-à-dire par exemple les propriétés mécaniques, par exemple les contraintes ou déformations de ces surfaces, et donc de pouvoir connaître la qualité d'assemblage de l'extrémité comprenant lesdites surfaces fonctionnelles, ce qui n'était pas possible avec les solutions de l'état de l'art. L'invention permet donc de s'assurer du bon assemblage d'une extrémité selon un critère extrêmement fiable tel que le bon accostage des surfaces fonctionnelles, et la génération conforme de contraintes dans la matière ou les déformations correspondantes. Ces critères sont non limitatifs pour l'invention.
- [0034] Le dispositif 3 de la [Fig.1] comprend un premier composant tubulaire 1 d'axe X et un deuxième composant tubulaire 2. Comme illustré, le premier composant tubulaire 1 est un manchon, c'est-à-dire un composant tubulaire de longueur d'au plus 2 mètres, muni de part et d'autre d'extrémités filetées. Les extrémités filetées sont représentées toutes deux femelles sur la [Fig.1], mais elles peuvent être toutes deux des extrémités mâles, ou le manchon 1 peut avoir une extrémité mâle et une extrémité femelle. Alternativement, le premier composant tubulaire 1 peut être un tube de longueur supérieure à 2 mètres, par exemple de longueur comprise entre 6 mètres et 18 mètres. Le composant tubulaire 2 est un tube de longueur comprise entre 6 mètres et 18 mètres.
- [0035] Le composant tubulaire 1 comprend sur une extrémité une paroi 8, un filetage 11 et une surface de butée 12. La surface de butée 12 est une surface avec une orientation d'au plus 15° par rapport à une perpendiculaire à l'axe X. Le composant tubulaire 1 est représenté à l'état assemblé avec le composant tubulaire 2. Ainsi le filetage 11 est vissé sur un filetage correspondant d'une extrémité du composant tubulaire 2, la surface de butée 12 est en contact avec une surface de butée correspondante sur l'extrémité du composant tubulaire 3. Le composant tubulaire 1 comprend une surface d'étanchéité 13. A l'état assemblé, la surface d'étanchéité 13 est en contact avec une surface d'étanchéité correspondante sur l'extrémité du composant tubulaire 3 et coopère avec la surface d'étanchéité correspondante pour former une étanchéité aux liquides ou une étanchéité aux liquides et aux gaz. Un composant tubulaire de l'invention peut ne pas comprendre de surface d'étanchéité.
- [0036] Un composant tubulaire selon l'invention comprend au moins une surface fonctionnelle choisie parmi une surface d'étanchéité ou une surface de butée. Plus géné-

ralement, un dispositif selon l'invention comprend un premier composant tubulaire ayant une surface fonctionnelle agencée pour être en contact interférent avec une surface fonctionnelle correspondante d'un deuxième composant tubulaire correspondant lorsque le premier composant tubulaire et le deuxième composant tubulaire sont à l'état assemblés.

- [0037] Les contacts entre surfaces fonctionnelles sont interférents à l'état assemblé, c'est-à-dire que les surfaces fonctionnelles exercent des pressions de contact entre elles qui peuvent résulter en des déformations locales de la matière, lesdites pressions de contact résultant de l'assemblage des composants tubulaires entre eux.
- [0038] L'extrémité 2 comprend un capteur 14. Le capteur 14 est situé à proximité d'une surface fonctionnelle. Sur l'extrémité 2 de la [Fig.1], le capteur 14 est situé sur une surface intérieure 7 de l'extrémité du premier composant fileté 1, à proximité de la surface de butée 12. De préférence, le capteur est à une distance axiale de moins de 5 mm de la surface de butée. On entend par distance axiale une distance mesurée selon l'axe X du premier composant tubulaire 1.
- [0039] Le capteur pourrait être aussi situé sur une surface proche d'une autre surface fonctionnelle de l'extrémité. Le capteur pourrait être situé à proximité de la première surface d'étanchéité 13.
- [0040] Les surface de butée 12 et surface d'étanchéité 13 sont représentées en extrémité du premier composant tubulaire 1 axialement situées sur un premier côté du filetage 11, mais ces surfaces fonctionnelles pourraient être situées du côté opposé à ce premier côté du filetage, ou encore, ces surfaces pourraient être situées entre deux segments de filetage, que ces segments de filetage soient sur la même trajectoire hélicoïdale ou non.
- [0041] Le capteur 14 présente une impédance électrique. Cette impédance électrique peut être modifiée sous l'effet d'un phénomène physique capté.
- [0042] Le capteur 14 est arrangé sur une surface de manière à capter une modification physique liée à la surface fonctionnelle. Dans le mode de réalisation de la [Fig.1], le capteur 14 est un capteur de déformation. Le capteur 14 est situé à moins de 5 mm de la surface de butée 12. Le capteur 14 est sensible à une déformation de la matière sous la surface de butée 12. Le capteur 14 a donc une impédance dépendant de la déformation de la matière au niveau de la surface fonctionnelle qui est ici la surface de butée 12.
- [0043] Le capteur 14 est relié à un circuit capteur 15. Le circuit capteur 15 est relié à un premier transducteur électromécanique 51. Le premier transducteur électromécanique 51 est couplé à la paroi 9. L'extrémité 2 comprend sur une surface extérieure 8 un deuxième transducteur électromécanique 61. Le deuxième transducteur électromécanique 61 est séparé du premier transducteur électromécanique 51 par une portion de paroi 9. Le deuxième transducteur électromécanique 61 et le premier transducteur

électromécanique sont arrangés pour être en interaction électromécanique, c'est-à-dire que l'application d'un signal alternatif dans le deuxième transducteur électromécanique 61 permet de générer une onde vibratoire se propageant dans la paroi 9 et pouvant atteindre le premier transducteur électromécanique 51. De préférence, le premier transducteur électromécanique 51 fait face au deuxième transducteur électromécanique à travers la paroi 9, donc le premier transducteur électromécanique 51 et le deuxième transducteur électromécanique sont sensiblement à la même position axiale.

- [0044] Le circuit capteur 15 est arrangé pour transmettre un signal électrique en provenance du premier transducteur 51 vers le capteur 14. Le capteur 14, le circuit capteur 15 et le premier transducteur 51 forment un circuit ayant une impédance vue par le deuxième transducteur 61.
- [0045] Un circuit de commande 62 est relié au deuxième transducteur électromécanique 61. Il en résulte qu'un signal alternatif appliqué par le circuit de commande 62 sur le deuxième transducteur électromécanique 61 génère un signal acoustique reçu par le premier transducteur électromécanique 51, ledit premier transducteur électromécanique 51 générant un signal électrique dans le circuit capteur 52. Le circuit capteur 52 est agencé pour alimenter électriquement le capteur 14.
- [0046] Le circuit capteur 52 comprend un module réserve d'énergie alimentée par le deuxième transducteur électromécanique 51 pour stocker de l'électricité, le module réserve d'énergie comprenant un condensateur ou une batterie, un contrôleur alimenté par le module réserve d'énergie et interrogeant le capteur 14, le contrôleur est agencé pour stocker dans une mémoire la donnée mesurée et générer un signal électrique vers le premier transducteur électromécanique 51, ledit premier transducteur électromécanique 51 générant un signal acoustique de retour au second transducteur électromécanique 61. Un signal représentatif du signal retour est enregistré par le circuit de commande 61 de la deuxième électronique 16.
- [0047] La deuxième électronique 16 comprend un module d'évaluation 18 agencée pour évaluer l'état d'assemblage du premier composant tubulaire 1 avec le deuxième composant tubulaire 2. De préférence, l'évaluation de l'état d'assemblage du premier composant tubulaire 1 avec le deuxième composant tubulaire 2 se fait par comparaison entre le niveau de contrainte mesuré par le capteur 14 et un ensemble de valeurs de références stockées dans une mémoire de la deuxième électronique 16.
- [0048] La deuxième électronique 16 comprend une interface 17 agencée pour générer un message représentatif de l'état d'assemblage des deux composants tubulaires, par exemple par un voyant lumineux ou un message sur un afficheur électronique, un écran de type LCD.
- [0049] De préférence, la deuxième électronique 16 comprend un premier bloc physique comprenant l'interface 17, le module d'évaluation, le circuit de commande 61 et un

premier contacteur électrique. La deuxième électronique 16 comprend un deuxième bloc physique monté sur la surface extérieure de l'extrémité fileté 1 et comprenant un deuxième contacteur électrique agencé pour établir un contact électrique avec le premier contacteur électrique, ledit deuxième contacteur électrique étant électriquement relié au deuxième transducteur électromécanique 61. Ainsi, l'équipement électronique monté sur la surface extérieure du composant tubulaire 1 est minimisé.

[0050] L'interface 17 est agencée pour fournir une indication à l'utilisateur que le premier contacteur électrique est en contact ou non avec le deuxième contacteur électrique. L'interface 17 est agencée pour fournir une information à l'utilisateur relative à l'état assemblé ou non des deux extrémités filetées.

[0051] En pratique, l'utilisateur peut amener au contact un boîtier comprenant le premier bloc physique, s'assurer que le premier contacteur électrique est en contact avec le deuxième contacteur électrique via l'interface 17, déclencher une mesure de l'état d'assemblage des extrémités filetées, puis le résultat de ladite mesure s'affiche sur l'interface 17.

[0052] Le mode de réalisation représenté en [Fig.3] montre un dispositif comprenant un premier composant tubulaire 1 d'axe X et un deuxième composant tubulaire 33. Comme illustré, le premier composant tubulaire 31 est un manchon. Le premier composant tubulaire 31 peut être un tube de longueur supérieure à 2 mètres, un tube OCTG, un tube de tubage ou de cuvelage, ces exemples étant donnés de manière non limitative.

[0053] De manière analogue au premier mode de réalisation, le composant tubulaire 31 comprend sur une extrémité 32 une paroi 9, un filetage 11, une surface d'étanchéité 13 et une surface de butée 12. La surface de butée 13 est une surface avec une orientation d'au plus 15° par rapport à une perpendiculaire à l'axe X. Le composant tubulaire 31 est représenté à l'état assemblé avec le composant tubulaire 33. Ainsi le filetage 11 est vissé sur un filetage correspondant d'une extrémité du composant tubulaire 33, la surface d'étanchéité 13 est en contact avec une surface d'étanchéité correspondante sur le composant tubulaire 33, la surface de butée 12 est en contact avec une surface de butée correspondante sur le composant tubulaire 33.

[0054] L'extrémité 32 comprend un capteur 34. Le capteur 34 est situé à proximité d'une surface fonctionnelle. Sur l'extrémité 32 de la [Fig.3], le capteur 34 est situé sur une surface intérieure 7, à proximité de la surface de butée 12.

[0055] Le capteur pourrait être aussi situé sur une surface proche d'une autre surface fonctionnelle de l'extrémité. Le capteur 34 présente une impédance électrique. Cette impédance électrique peut être modifiée sous l'effet d'un phénomène physique capté.

[0056] Le capteur 34 est arrangé sur une surface de manière à capter une modification physique liée à la surface fonctionnelle. Dans le mode de réalisation de la [Fig.3], le

capteur 34 est un capteur de déformation. De préférence, le capteur 34 est situé à moins de 20 mm de la surface de butée 12. Ainsi, le capteur 34 est sensible à une déformation de la matière sous la surface de butée 12. Le capteur 34 a donc une impédance dépendant de la déformation de matière au niveau de la surface fonctionnelle qui est ici la surface de butée 12.

[0057] De préférence, le capteur est situé à une distance entre 1 mm et 15 mm de la surface fonctionnelle, la distance dépendant de la taille nominale de la connexion et de l'acier utilisé, le capteur devant être à une distance minimale pour ne pas être dans la zone de plastification, et le capteur devant être à une distance maximale qui permet de relever une déformation de la matière en cohérence avec les forces de contact exercées sur la surface fonctionnelle correspondante.

[0058] La surface de butée est une surface fonctionnelle préférentielle par rapport à la surface d'étanchéité, car les pressions de contact entre surfaces de butées sont plus grandes que les pressions de contact entre surfaces d'étanchéité ; ainsi, les déformations de matières sont plus importantes et sont plus détectables par un capteur de déformation ou jauge de contrainte monté à proximité.

[0059] Le capteur 34 est relié à un circuit capteur 35. Le circuit capteur 35 est relié à un premier transducteur électromécanique 36. Le premier transducteur électromécanique 36 est couplé à la paroi 9. L'extrémité 32 comprend sur une surface extérieure 8 un deuxième transducteur électromécanique 43. Le deuxième transducteur électromécanique 43 est séparé du premier transducteur électromécanique 36 par une portion de paroi 9. Le deuxième transducteur électromécanique 43 et le premier transducteur électromécanique sont arrangés pour être en interaction électromécanique, c'est-à-dire que l'application d'un signal alternatif dans le deuxième transducteur électromécanique 43 permet de générer une onde vibratoire se propageant dans la paroi 9 et pouvant atteindre le premier transducteur électromécanique 36. De préférence, le premier transducteur électromécanique fait face au deuxième transducteur électromécanique à travers la paroi 9.

[0060] Le deuxième transducteur 43 et le circuit de commande 45 sont arrangés pour isoler une réponse représentative de l'impédance vue par le deuxième transducteur électromécanique 43. En conséquence, l'état du capteur 34 modifie l'impédance vue par le deuxième transmetteur électromécanique 43.

[0061] La deuxième électronique comprend un contacteur 42 relié électriquement au deuxième transducteur électromécanique 43, un circuit de commande 45 arrangé pour déterminer l'état d'assemblage de l'extrémité fileté en fonction de l'impédance du circuit capteur 35 et du capteur 34 et une interface de commande 44. Le circuit de commande 45 est physiquement situé dans un boîtier de l'interface de commande 44 et le circuit de commande 45 est apte à être relié au deuxième transducteur électro-

mécanique 43 par le contacteur 42. Ainsi, l'équipement électronique monté sur la surface extérieure du composant tubulaire 1 est encore plus minimisé pour le deuxième mode de réalisation.

- [0062] Dans le détail illustré dans la [Fig.4], le circuit capteur 35 est un circuit capteur non-linéaire 35, et comprend une première diode 6 et une deuxième diode 7 connectées en parallèle, et polarisées en inverse l'une par rapport à l'autre. Les diodes sont connectées en parallèle avec le capteur 34.
- [0063] Pour un capteur 34 de type « tout-ou-rien », tel qu'un capteur de butée ou de fin de course, le système permet de déterminer si le contact du capteur est ouvert (circuit ouvert) ou fermé (court-circuit).
- [0064] Un prototype a été fabriqué en utilisant un capteur 34 de type MEMS fabriqué par la société SILMACH, plus précisément dans la gamme de capteurs ChronoMEMS de la société Silmach, qui est avantageusement un capteur passif. Ce capteur est en court - circuit jusqu'à une certaine déformation du substrat sur lequel il est monté pour passer en circuit ouvert à partir de ladite certaine déformation. Pour le prototype, le capteur choisi passe de l'état de court-circuit à l'état de circuit ouvert pour une déformation de 10µm. le capteur est positionné à un endroit de la connexion où, lorsque la connexion est assemblée à une connexion correspondante, la déformation de la matière est de 10µm lorsque le couple final minimal d'assemblage de la connexion est atteint. Ce positionnement du capteur peut être déterminé par l'homme du métier à l'aide de simulations à éléments finis ou FEA.
- [0065] Par exemple, dans un dispositif expérimental défini pour des essais, le capteur passe en court-circuit pour une déformation de 10 µm correspondant à la déformation sous butée de la connexion choisie lorsque celle-ci est vissée au couple minimal d'assemblage. Ainsi, lors du vissage, lorsque le couple de vissage atteint ou dépasse le couple minimal d'assemblage, le capteur 34 passe en court-circuit et modifie de façon non linéaire l'impédance du circuit capteur 35. Le circuit capteur 35 étant relié au premier transducteur électromécanique 35, la réponse du premier transducteur électromécanique 35 à un signal généré par le deuxième transmetteur électromécanique 43 est différente de la réponse du premier transducteur électromécanique 35 à un signal généré par le deuxième transmetteur électromécanique 43 lorsque le capteur 34 n'est pas en court-circuit.
- [0066] L'information relative à l'état ouvert ou fermé peut être déterminée en appliquant le signal électrique à deux amplitudes différentes, comme décrit précédemment.
- [0067] Si le capteur 35 est en court-circuit, l'impédance vue par le deuxième transducteur électromécanique 43 est identique, ou sensiblement identique, indépendamment de l'amplitude du signal électrique. Ainsi, s'il est déterminé que l'écart entre le premier ensemble de valeurs et le deuxième ensemble de valeurs est nul, il peut être conclu que

le capteur 1 est en court-circuit.

- [0068] L'avantage de cette variante est de permettre des mesures peu sensibles à l'amplitude du signal électrique, donc peu sensibles à la qualité de la transmission des signaux acoustiques à travers la paroi de l'extrémité fileté. En effet, la qualité de transmission des signaux acoustiques peut sensiblement varier en fonction des éléments extérieurs qui peuvent être en contact avec les composants tubulaires, et en fonction de la température par exemple.
- [0069] La prise d'information sur l'état du capteur 34 est faite par le circuit de commande 45. Le circuit de commande 45 est arrangé pour déterminer un signal représentatif de l'impédance de la première électronique vue par le deuxième transducteur électromécanique 43.
- [0070] Avantagement, dans ce deuxième mode de réalisation, le circuit capteur 35 ne comprend pas de réserve d'énergie de type batterie ni d'électronique, le circuit capteur 35 est passif. C'est le comportement du premier transducteur électromécanique 36 mis en mouvement par la paroi 9, qui en retour de cette mise en mouvement, présente une contre-réaction mécanique non linéaire avec l'amplitude.
- [0071] L'avantage de ce mode de réalisation est de décorrélérer une variation d'impédance due à une variation d'état du capteur 34, variation d'état due à l'état d'assemblage de l'extrémité, d'une variation due à l'influence d'éléments extérieurs par exemple sur la paroi 9, en particulier la température ou un élément extérieur. En effet, si la paroi 9 est en contact avec un élément extérieur, tel qu'une mâchoire d'un outil de vissage, ou bien en contact avec un objet extérieur comme une formation rocheuse, ou alors avec un fluide, la transmission d'un signal électromécanique peut être impactée. Cependant, cet impact est essentiellement linéaire. Le circuit de commande 45 est arrangé pour séparer une variation linéaire de l'impédance et une variation non linéaire de l'impédance vue par le deuxième transducteur électromécanique 43. Ce mode de réalisation est donc moins sensible aux perturbations extérieures pouvant s'exercer sur l'extrémité 32.
- [0072] La deuxième électronique comprend un circuit de commande 45 physiquement situé dans une interface de commande 44 arrangée pour déterminer l'impédance du circuit capteur 35 et du capteur 34 en fonction d'un signal d'entrée appliqué à un contacteur 42 situé sur la surface externe 8 du composant tubulaire 2, le contacteur 42 étant relié électriquement au deuxième transducteur électromécanique 43. Le circuit de commande 45 comprend un circuit de calcul arrangé pour déterminer l'état d'assemblage de l'extrémité fileté en fonction de l'impédance du circuit capteur 35 et du capteur 34.
- [0073] L'interface de commande 44 comprend une interface utilisateur pour afficher une information relative à l'état d'assemblage de l'extrémité fileté à l'utilisateur.

Revendications

[Revendication 1]

Dispositif d'évaluation de la qualité d'assemblage de composants tubulaires filetés, le dispositif comprenant un premier élément tubulaire (1) en acier ayant une première extrémité (2) apte à être assemblée avec une deuxième extrémité correspondante, la première extrémité (2) comprenant une paroi (9), un filetage (11), une surface de butée (12), le premier élément tubulaire (1) comprenant

- une première électronique (15) comprenant un capteur (14) monté sur une surface intérieure (7), un circuit capteur (52) étant relié d'une part au capteur (14) et d'autre part étant relié à un premier transducteur électromécanique (51) couplé à la paroi (9), le premier transducteur électromécanique (51) étant configuré pour générer un signal électrique dans le circuit capteur (52) en réponse à un signal acoustique reçu par ledit premier transducteur électromécanique (51),

le premier élément tubulaire (1) comprenant en outre une deuxième électronique (16) comprenant un circuit de commande (62) relié à un deuxième transducteur électromécanique (61) couplé à la paroi (9) sur une surface extérieure (8), le deuxième transducteur électromécanique (61) étant séparé du premier transducteur électromécanique (51) par une portion de paroi (9), le premier transducteur électromécanique (51) et le deuxième transducteur électromécanique (61) étant en interaction électromécanique telle qu'un signal électrique appliqué au deuxième transducteur électromécanique (61) génère une réponse sous la forme d'un signal acoustique de retour par le premier transducteur électromécanique (51), ledit signal acoustique de retour étant fonction de l'impédance de la première électronique (15), et le circuit de commande (61) de la deuxième électronique (16) étant configuré pour :

- appliquer un premier signal électrique au deuxième transducteur électromécanique (61) avec une première caractéristique d'entrée, déterminer une première réponse avec une première caractéristique d'impédance électrique de réponse, et
- appliquer un deuxième signal électrique au deuxième transducteur électromécanique (61) avec une deuxième caractéristique d'entrée, déterminer une deuxième réponse avec une deuxième caractéristique d'impédance électrique de réponse, et
- déterminer un état du capteur (14) en fonction de l'écart entre la première caractéristique d'impédance électrique de réponse et la

deuxième caractéristique d'impédance électrique de réponse, puis - déterminer un état d'assemblage du premier élément tubulaire fileté à partir de l'état du capteur (14).

- [Revendication 2] Dispositif d'évaluation de la qualité d'assemblage de composants tubulaires filetés selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le capteur (14) présente un premier état lorsque la première extrémité (2) est à l'état libre et le capteur (14) présente un deuxième état lorsque la première extrémité (2) est assemblée, de manière à ce que la première électronique (15) comprenant ledit capteur (14) forme un circuit ayant une première impédance lorsque la première extrémité (2) est libre et ayant une deuxième impédance lorsque la première extrémité (2) est à l'état assemblé avec la deuxième extrémité correspondante.
- [Revendication 3] Dispositif d'évaluation de la qualité d'assemblage de composants tubulaires filetés selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le premier transducteur (51) est un premier élément piézo-électrique et le deuxième transducteur (61) est un deuxième élément piézo-électrique.
- [Revendication 4] Dispositif d'évaluation de la qualité d'assemblage de composants tubulaires filetés selon l'une des revendications précédentes dans lequel le capteur (14) est un capteur sensible à la déformation.
- [Revendication 5] Dispositif d'évaluation de la qualité d'assemblage de composants tubulaires filetés selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le capteur sensible à la déformation est un capteur MEMS passif à deux états et la première électronique (15) comprenant ledit capteur (14) forme un circuit électrique non-linéaire.
- [Revendication 6] Dispositif d'évaluation de la qualité d'assemblage de composants tubulaires filetés selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le premier élément tubulaire (1) est un manchon.
- [Revendication 7] Dispositif d'évaluation de la qualité d'assemblage de composants tubulaires filetés selon l'une des revendications précédentes, et dans lequel la deuxième électronique (16) comprend un outil de lecture (22) arrangé pour recevoir du circuit de commande (62), un signal représentatif de l'état du capteur (14).
- [Revendication 8] Dispositif d'évaluation de la qualité d'assemblage de composants tubulaires filetés selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le capteur (14) est situé à une distance d'au plus 20 mm de la surface de butée (12).
- [Revendication 9] Procédé de détermination de la qualité d'assemblage d'un premier

élément tubulaire (1) avec un deuxième élément tubulaire (2)
comprenant les étapes de :

- Fournir un premier élément tubulaire (1) comprenant un capteur (14) sur une surface intérieure (7) du premier élément tubulaire (1), une première électronique (15) reliée au dit capteur (14) et comprenant un premier transducteur électromécanique (51),
le premier élément tubulaire (1) comprenant en outre une deuxième électronique (16) sur une surface extérieure (8) séparée de la première électronique (15) par une portion de paroi (9) et la deuxième électronique (16) comprenant un deuxième transducteur électromécanique (61), la deuxième électronique (16) étant reliée électro-mécaniquement à la première électronique (15), et
- un deuxième élément tubulaire (2)

Appliquer un premier signal électrique au deuxième transducteur électromécanique (61) dans la deuxième électronique (16) et générer un signal acoustique par le deuxième transducteur électromécanique (61),
Générer un signal électrique dans le circuit capteur (52) par le premier transducteur électromécanique (51) en réponse à réception dudit signal acoustique par ledit premier transducteur électromécanique (51),
Générer une réponse sous la forme d'un signal acoustique de retour par le premier transducteur électromécanique (51), ledit signal acoustique de retour étant fonction de l'impédance de la première électronique (15),
déterminer une première caractéristique d'impédance électrique de réponse de la première électronique (15),
Visser le premier élément tubulaire (1) sur le deuxième élément tubulaire (2),

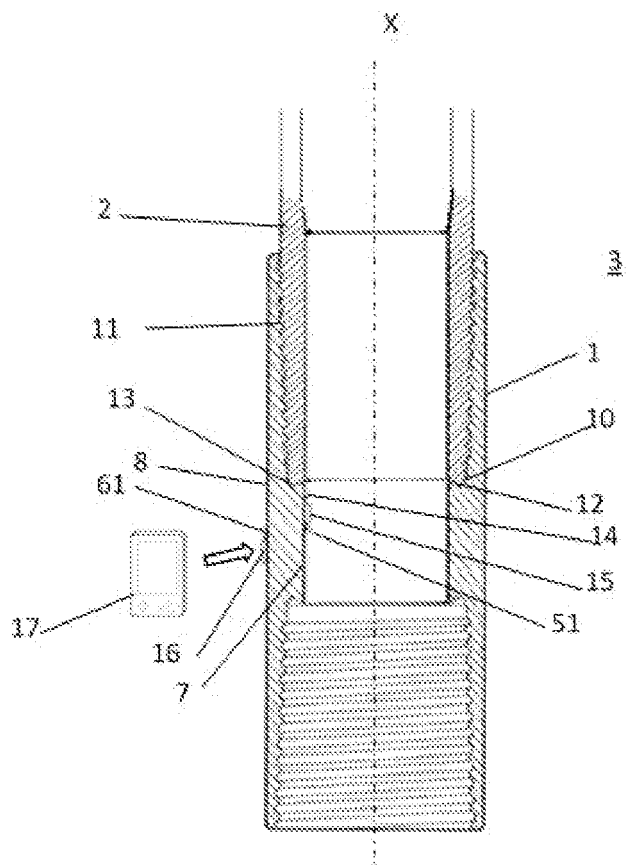
Appliquer un second signal électrique au deuxième transducteur électromécanique (61) dans la deuxième électronique (16) et déterminer une deuxième caractéristique d'impédance électrique de réponse de la première électronique (15),

Déterminer un état du capteur (14) et un état d'assemblage du premier élément fileté sur le deuxième élément fileté en fonction de l'écart entre la première caractéristique d'impédance électrique de réponse et la deuxième caractéristique d'impédance électrique de réponse.

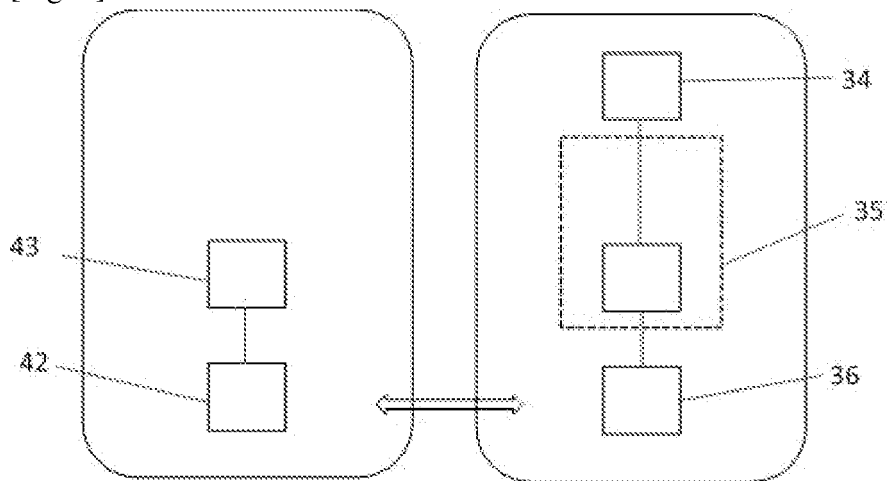
[Revendication 10]

Méthode selon la revendication précédente dans laquelle la première caractéristique de réponse est une première impédance et la deuxième caractéristique de réponse est une deuxième impédance.

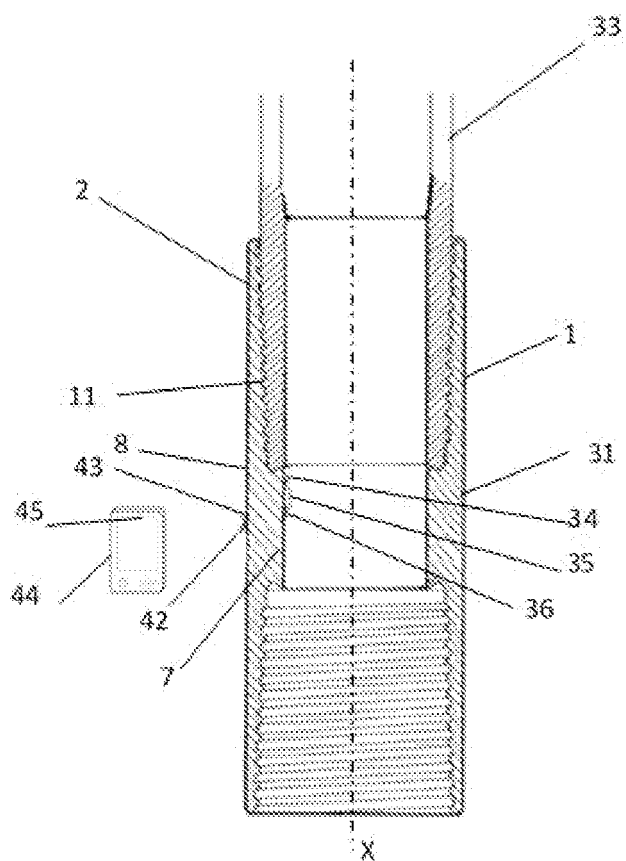
[Fig. 1]



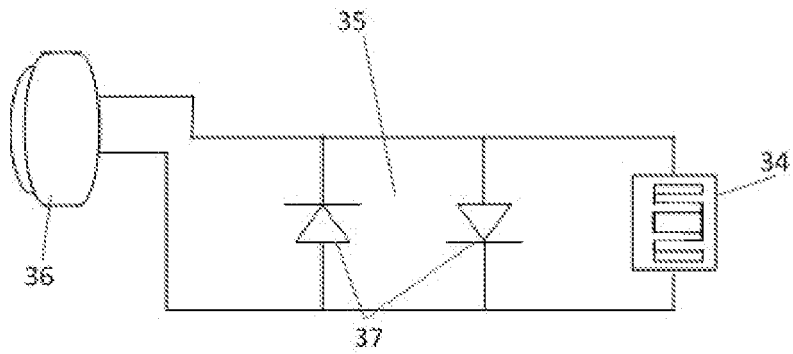
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

US 2015/308201 A1 (BREZIAT NICOLAS [FR] ET
AL) 29 octobre 2015 (2015-10-29)

JP H06 129571 A (NIPPON STEEL CORP)
10 mai 1994 (1994-05-10)

EP 2 059 800 A1 (SUMITOMO METAL IND [JP];
VALLOUREC MANNESMANN OIL & GAS [FR])
20 mai 2009 (2009-05-20)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT