

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 24.12.13.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 26.06.15 Bulletin 15/26.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : TECHNIP FRANCE — FR.

⑦2 Inventeur(s) : BERNARD GARY.

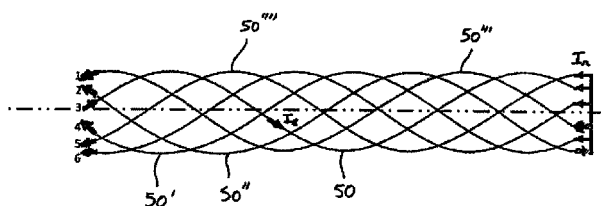
⑦3 Titulaire(s) : TECHNIP FRANCE.

⑦4 Mandataire(s) : FLEXI FRANCE.

⑤4 METHODE DE SUIVI DE L'INTEGRITE D'UNE CONDUITE TUBULAIRE FLEXIBLE.

⑤7 La présente invention concerne une méthode de suivi
de l'intégrité d'une conduite tubulaire flexible pour le trans-
port de fluides pétroliers comprenant entre autre des rubans
plats (50, 50', 50'', 50''', 50''') composite en carbone.

Cette méthode comprend la fourniture d'un dispositif de
détection d'endommagement des rubans plats (50, 50', 50'',
50''', 50''') comportant un moyen de mesure, un élément de
connexion pour connecter électriquement au moins une des
extrémités des rubans plats (50, 50', 50'', 50''', 50''') au
moyen de mesure, et un moyen de liaison électrique pour
relier électriquement l'élément de connexion au moyen de
mesure. En outre, le moyen de mesure est apte à émettre
au moins un signal (I_e) au travers et le long d'un ruban plat
(50, 50', 50'', 50''', 50''') mais aussi apte à recevoir au moins
un signal réfléchi (I_r) en retour.



METHODE DE SUIVI DE L'INTEGRITE D'UNE CONDUITE TUBULAIRE FLEXIBLE

La présente invention concerne une conduite tubulaire flexible pour le transport de fluides d'hydrocarbures comportant au moins une couche de renfort réalisée par l'enroulement de rubans plats composites électriquement conducteurs.

5 Plus précisément, l'invention se rapporte à une méthode de suivi de l'intégrité de la conduite tubulaire flexible par une technique de contrôle non destructive (CND), à l'aide d'un dispositif de détection par mesure électronique.

10 Il est connu de l'état de la technique de procéder à l'inspection de câbles électriques et/ou optiques afin d'en vérifier leur intégrité physique en utilisant un réflectomètre temporel (en anglais « Time-Domain Reflectometry ») et/ou un réflectomètre temporel optique (en anglais « Optical Time-Domain Reflectometry »).

15 Aussi, leur utilisation s'est répandue dans le milieu de l'extraction et du transport de fluides d'hydrocarbures sous-marin pour inspecter les conduites flexibles sous-marine afin d'évaluer leur degré de dégradation et détecter la possible présence de défauts, ces conduites étant sollicitées mécaniquement pendant toute la durée où elles sont en service, soit une période d'environ vingt ans. Les couches de renforcement et plus particulièrement les armures de résistance aux efforts de traction sont très fréquemment sollicitées en flexion-compression ainsi qu'en tension et leur performance dans le temps nécessite une vigilance particulière.

20 Comme divulgué dans le document "The Integrity Of Flexible Pipe – Search For An Inspection Strategy" publié en Novembre 1992 à Londres lors de la 1st European Conference on Flexible Pipes, Umbilicals, Marine Cables (Marinflex 92), l'inspection et la détection de casse des fils d'armures métalliques des couches de renforcement de la conduite flexible sous-marine est réalisée à l'aide d'un réflectomètre temporel. 25 Cependant, ce dispositif de mesure et de détection a ses limites, celles-ci étant imposées par les propriétés physiques du métal utilisé pour la fabrication des fils d'armures. En effet, si les fils d'armures sont fabriqués à partir d'un matériau ferromagnétique, l'impulsion électrique émise par le dispositif est assez vite atténuée ce qui limite la portée de la détection. En outre, il semble plus difficile de détecter aisément des casses de fils 30 d'armures lorsqu'elles sont situées au niveau de la nappe d'armure externe. Et, la possibilité d'utiliser le réflectomètre temporel pour inspecter les fils d'armures métalliques un à un de chacune des couches est restreinte, ceux-ci n'étant pas électriquement isolés entre eux.

35 La demande internationale WO2011/027154 divulgue également l'utilisation d'un réflectomètre temporel pour contrôler l'homogénéité de la gaine de pression d'une

conduite flexible. En mesurant la ou les variation(s) d'impédance d'onde entre une impulsion électromagnétique émise et une impulsion électromagnétique réfléchie le long et à travers la gaine de pression, il est possible d'évaluer le vieillissement et/ou les dégradations physiques qu'elle a pu subir au cours du temps.

Par ailleurs, il est connu d'utiliser des matériaux en fibres de carbone pour remplacer les couches d'armures métalliques de résistance aux efforts de traction, tel que divulgué dans la demande internationale WO99/49259. Les armures classiques en acier sont remplacées par des profilés composites ultradenses tels que des rubans plats. Les rubans plats composites consistent en une matrice polymérique au sein de laquelle sont noyées des mèches filamenteuses parallèles ou fibres longitudinales en carbone. Les profilés composites ultradenses comme couches de résistance aux efforts de traction ont été choisis afin de conférer à la conduite tubulaire flexible une meilleure résistance mécanique mais également afin de diminuer son poids total, caractéristique importante pour l'étape d'installation en mer. En effet, les matériaux composites à base de fibres de carbone possèdent une ténacité élevée, une bonne inertie chimique et ils sont aussi plus léger que l'acier.

- 5 La présente invention vise à remédier en tout ou partie aux inconvénients préalablement précités et concerne une méthode de suivi de l'intégrité d'une conduite tubulaire flexible pour le transport de fluides pétroliers comportant une carcasse métallique, une gaine interne d'étanchéité, au moins une paire de nappes d'armures de traction et éventuellement une gaine externe d'étanchéité, agencées autour et le long d'un
- 10 axe longitudinal, la au moins une paire de nappes d'armures de traction est réalisée par l'enroulement d'une pluralité de rubans plats composite comprenant des fibres longitudinales de carbone noyées dans une matrice polymérique, caractérisée en ce qu'elle comprend les étapes :
- 15 a) de fourniture d'un dispositif de détection d'endommagement des rubans plats composite ;
 - b) de liaison d'un moyen de mesure à un élément de connexion individuel connecté sur au moins une des extrémités aval d'au moins un ruban plat composite ;
 - c) de liaison d'une des extrémités amont d'un premier ruban plat composite avec une extrémité amont d'au moins un autre ruban plat à l'aide d'un élément de
 - 20 connexion collectif.
 - d) d'émission d'au moins un signal émis au travers et le long d'un ruban plat composite ;
 - e) de réception d'un signal réfléchi au niveau du moyen de mesure ; et

- f) optionnellement, de calcul du temps de propagation entre l'émission du signal émis et la réception du signal réfléchi.

Ainsi, une telle caractéristique selon l'invention permet de détecter la présence d'endommagements tels qu'une rupture ou une casse le long des rubans plats de la
5 nappe d'armures de traction et partant, de s'assurer de l'intégrité de la conduite tubulaire flexible. En effet, le fait d'avoir des rubans composites en carbone au lieu de fils d'acier comme armures de traction permet de contrôler, fil par fil ou plusieurs fils en même temps, chacune des nappes d'armure de traction étant donné que les fibres de carbone sont électriquement conductrices et la matrice polymérique électriquement isolante.

10 La méthode selon l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toute combinaison techniquement possible :

- le signal émis et le signal réfléchi circule au travers et le long d'un même ruban plat.

- 15 - le signal émis circule au travers et le long d'un premier ruban plat et en ce que le signal réfléchi circule au travers et le long d'un deuxième ruban plat différent du premier.

- le signal émis circule au travers et le long d'un premier ruban plat et en ce que le signal réfléchi circule au travers et le long d'au moins deux rubans plats,
20 préférentiellement au travers et le long de trois rubans plats et avantageusement au travers et le long de quatre rubans plats voisins du premier ruban plat, jusqu'au moyen de mesure.

- les rubans plats appartiennent à la nappe d'armure interne et/ou à la nappe d'armure externe de résistance à la traction.

- 25 - selon l'invention, le dispositif de détection d'endommagement des rubans plats composite comporte un moyen de mesure muni d'au moins une borne électrique de connexion, un élément de connexion individuel et/ou collectif apte à connecter électriquement au moins une des extrémités d'au moins un ruban plat au moyen de mesure et un moyen de liaison électrique destiné à relier électriquement l'élément de
30 connexion individuel et/ou collectif à la au moins une borne électrique du moyen de mesure.

- dans un premier mode de réalisation de l'invention, le moyen de mesure est un réflectomètre temporel.

- dans un deuxième mode de réalisation de l'invention, le moyen de mesure est
35 un transmissomètre temporel.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lueur de la description détaillée ci-après d'une ou plusieurs variantes de réalisation selon l'invention, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique partielle en écorché d'une conduite tubulaire flexible selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue schématique partielle en coupe d'un ruban plat composite d'une nappe d'armure de résistance à la traction, conformément à l'invention ;
- la figure 3 est un schéma de principe simplifié illustrant une première méthode de détection, conformément à l'invention ;
- la figure 4 est un schéma de principe simplifié illustrant une deuxième méthode de détection, conformément à l'invention.

Dans la description qui suit, le terme « interne » désigne tout élément le plus proche d'un axe longitudinal (Δ) et, inversement, le terme « externe » désigne tout élément le plus éloigné de l'axe longitudinal (Δ).

De plus, les expressions « aval » ou « en aval » et « amont » ou « en amont » doivent s'interpréter par rapport au sens de circulation du fluide pétrolier.

Une conduite tubulaire flexible 1 selon l'invention est représentée schématiquement en Figure 1. La conduite 1 est destinée au transport d'un fluide pétrolier depuis le fond marin jusqu'en surface ou elle est reliée à une installation offshore, telle que des conduites sous-marines montantes (« risers » en langue anglaise). La distance séparant le fond marin de la surface peut être comprise entre 200 mètres et 4000 mètres.

La conduite 1 peut aussi se destiner au transfert de fluides pétrolier entre deux unités flottantes, par exemple entre deux unités de production, stockage et déchargement du type FPSO (Floating Production, Storage & Offloading) ou, entre une plateforme pétrolière ou un FPSO et une bouée de déchargement. On appelle ce type de conduite, une ligne d'export (« export line » en langue anglaise).

La structure de la conduite 1 est formée par une supersposition de plusieurs couches disposées les unes au-dessus des autres.

La couche la plus interne de la conduite 1 est une carcasse 2 métallique qui définit une zone d'écoulement pour le transport du fluide d'hydrocarbure extrait du gisement pétrolier. La carcasse 2 est réalisée par l'enroulement à pas court d'un feuillard profilé, c'est-à-dire que l'angle d'hélice que fait le feuillard profilé avec l'axe (Δ) est compris entre 70° et 90°.

Autour de cette carcasse 2 est extrudée une première gaine en polymère également appelée gaine de pression 3 ou gaine interne d'étanchéité. Cette gaine est destinée à confiner le transport du fluide d'hydrocarbures dans la zone d'écoulement. Le

matériau polymère permettant de réaliser la gaine de pression 3 est choisi parmi les familles de polymères telles que les polyoléfines, les polyamides ou bien les polymères fluorés tels que le PVDF (polyfluorure de vinylidène).

Au-dessus de cette première gaine en polymère 3 est enroulée à pas court, typiquement selon un angle d'armage compris entre 70° et 90° par rapport à l'axe (Δ), une nappe d'armure de résistance à la pression également appelée voûte de pression 4, formée de fils métalliques profilés en Z, en T, en U, en K, etc. Cette première nappe d'armure 4 est destinée à reprendre les efforts radiaux générés par la circulation du fluide d'hydrocarbure sous pression au sein de la zone d'écoulement.

Au-dessus de la voûte de pression 4 est enroulée à pas long, généralement selon un angle d'armage compris entre 20° et 60° par rapport à (Δ), au moins une paire de nappes d'armure 5 de résistance à la traction croisées. Cette au moins une paire de nappes d'armure 5 est destinée à reprendre les contraintes de tension longitudinale.

Enfin, et de manière préférentielle, on vient extruder une seconde gaine en polymère également appelée gaine externe d'étanchéité 6 autour des nappes d'armure 5. Le matériau polymère utilisé pour la réalisation de la gaine externe d'étanchéité 6 est choisi parmi les mêmes familles que celles données ci-avant pour la gaine de pression 3.

Bien entendu, d'autres couches intermédiaires réalisées à partir d'un matériau polymérique ou bien à partir d'un matériau métallique peuvent être intercalées entre les couches précédemment décrites.

Par exemple, suivant le type d'application pour laquelle la conduite 1 est envisagée, une couche additionnelle de renfort présentant un enroulement de fils métalliques ou frettes peut être intercalée entre la voûte de pression 4 et la au moins paire de nappes d'armure 5 de résistance à la traction.

Dans certains cas, l'utilisation d'une voûte de pression n'est pas nécessaire et on dit que la conduite tubulaire flexible possède une structure « équilibrée » (non représentée). La conduite tubulaire flexible comporte au moins une paire de nappes d'armure croisées de résistance à la traction disposée au-dessus de la gaine de pression. Alors, les armures comportent chacune des fils métalliques enroulés à pas long, en sens opposée, autour de la voûte de pression selon un angle d'armage compris entre 50° et 60°, préférentiellement 55° par rapport à l'axe longitudinal de la conduite. Cela signifie que les fils de la première armure sont enroulés à pas long, selon un angle d'armage compris entre +50° et +60° et les fils de la seconde armure sont aussi enroulés à pas long, selon un angle d'armage compris entre -50° et -60°.

Pour des applications haute pression (HP) ou pour des applications grandes profondeurs, la structure de la conduite tubulaire flexible présente au moins deux paires de nappes d'armure de résistance à la traction (non représentée), et tel que décrit dans le

brevet EP 0 937 932, la conduite peut comprendre une première paire de nappes d'armure de résistance à la traction comprenant des fils métalliques croisés et enroulés à pas long selon un angle d'armage supérieur à 35° et inférieur à 55° ainsi qu'une deuxième paire de nappes d'armure de résistance à la traction, identiques à la première paire de nappes d'armure, comportant aussi des fils métalliques croisés et enroulés également à pas long selon un angle d'armage par rapport à l'axe longitudinal de la conduite, inférieur à 30°. Cette autre paire de nappes d'armure de résistance à la traction est enroulée au-dessus de ladite deuxième paire de nappes d'armure de résistance à la traction.

En outre, l'utilisation de gaines ou bandes polymériques entre les couches précédemment décrites, en tant que gaine à perméabilité réduite piégeant les gaz corrosifs telle qu'une gaine anti-H₂O, anti-H₂S ou anti CO₂, en tant que couche d'isolation thermique, ou en tant que bandes anti-usure est tout à fait envisageable et non limitatif.

Selon une variante de réalisation de l'invention, la conduite tubulaire flexible comprend des gaines (respectivement des bandes) polymériques d'isolation thermique extrudées (respectivement enroulées) entre la voûte de pression 4 et la première nappe d'armure de résistance à la traction 5, entre la première et la deuxième nappe d'armure 5 de résistance à la traction puis entre la deuxième nappe d'armure 5 de résistance à la traction et la gaine externe d'étanchéité 6.

La conduite telle que décrite précédemment en Figure 1 est dite du type « rough-bore » ou possédant une zone d'écoulement à passage non lisse, c'est-à-dire que la couche interne de sa structure est la carcasse 2. En revanche, lorsque la couche interne n'est pas la carcasse 2 mais la gaine de pression 3, la conduite est dite du type « smooth-bore » ou possédant une zone d'écoulement à passage lisse.

De plus, la conduite 1 selon l'invention est du type non liée (« unbonded » en anglais), c'est-à-dire qu'au moins deux couches constitutives de sa structure peuvent se mouvoir axialement l'une par rapport à l'autre, le long de l'axe (Δ), lorsque la conduite tubulaire flexible 1 est soumise à des efforts extérieurs.

Ces types de conduites sont bien connues de l'homme du métier et sont également décrites dans les documents normatifs API 17J ou API RP 17B de l'American Petroleum Institute (API).

Conformément à l'invention, la au moins une paire de nappes d'armure de traction 5 comprend un agencement d'une pluralité de rubans plats 50 composites agencés de manière à former au moins une nappe uniforme que l'on vient enrouler avec un angle d'armage prédéfini autour de la structure composée des couches internes (2 ; 3 ; 4 ; 7) de la conduite 1.

Une extrémité d'un ruban plat 50 composite appartenant à la au moins une paire de nappes d'armure de traction 5 est représentée en Figure 2. Le ruban plat 50 comprend

une matrice polymérique 52 isolante électriquement au sein de laquelle sont noyées des fibres longitudinales 51 en carbone électriquement conductrices.

La longueur des fibres longitudinales 51 est comprise entre 1km et 5km, avantageusement leur longueur est au moins égale à 3km.

5 Le matériau polymère utilisé pour la mise en œuvre de la matrice 52 du ruban plat 50 peut être choisi parmi les polymères thermoplastiques tels que les polyoléfines, les polyamides ou les polyfluorures de vinylidène (PVDF) ou bien parmi les polymères thermodurcissables tels que les époxydes (EP), les phénoplastes (PF), les polyuréthanes (PUR), les polyesters insaturés (UP) ou les vynilesters (VE).

10

Dans la suite de la description, les termes « individuel(le) » et « collectif(ve) » ou « individuellement » ou « collectivement » doivent s'interpréter comme ayant la même signification et ils peuvent indifféremment s'utiliser l'un l'autre.

15 Indépendamment du fait que la conduite tubulaire flexible soit en service ou en période de maintenance, on peut à tout moment contrôler son intégrité. Plus précisément, on peut contrôler l'intégrité des armures de résistance à la traction en effectuant des mesures électriques aussi bien en continu, que par intermittences. Les mesures électriques sont réalisées à partir de deux méthodes décrites ci-dessous et qui comprennent l'utilisation d'un dispositif de détection par mesure électronique. Le dispositif
20 de détection comporte un moyen de mesure muni d'au moins une borne électrique de connexion, d'un élément de connexion et d'un moyen de liaison électrique.

Un premier mode et un deuxième mode de réalisation de l'invention (non représentés) comprennent le dispositif de détection. Plus précisément le moyen de mesure est connecté à l'extrémité d'au moins un ruban plat composite d'une des nappes
25 d'armures de résistance à la traction, lesdites nappes étant localisées dans une chambre annulaire, définie par le volume entre un capot et une voûte d'un embout d'extrémité. Un élément de connexion (non décrit dans la présente demande), par exemple un collier métallique, est monté fixement à l'extrémité aval/amont d'au moins un ruban plat composite afin qu'il puisse être relié à au moins une borne du moyen de mesure par
30 l'intermédiaire d'un moyen de liaison électrique (non présenté dans la demande), par exemple un câble électrique.

L'élément de connexion peut connecter les extrémités d'au moins un des rubans plats de deux façons :

- de façon « individuelle » où chacune des extrémités aval/amont des rubans plats
35 composant les nappes d'armure de traction sont électriquement reliées au moyen de mesure de manière indépendante grâce à au moins un élément de connexion.

- de façon « collective » où l'ensemble des extrémités amont/aval des rubans plats composant les nappes d'armure de traction sont reliées ensemble électriquement grâce à un unique élément de connexion.

Bien entendu, on ne sort pas du cadre de l'invention dans la mesure où les
5 extrémités aval (respectivement amont) des rubans plats composites sont connectées individuellement et les extrémités amont (respectivement aval) des rubans plats composites sont connectées collectivement.

La nécessité d'avoir recours à l'une ou l'autre configuration de montage des
10 éléments de connexion vis-à-vis des extrémités des rubans plats composites sera détaillée ci-après.

Dans le premier mode de réalisation de l'invention, le moyen de mesure utilisé est un réflectomètre temporel. Le réflectomètre temporel est connecté à l'extrémité aval ou amont d'un seul ruban plat 50 composite, par exemple le n°1, comme illustré sur le Figure
15 3. Par souci de clarté, seulement six rubans plats 50 composites numérotés de 1 à 6, appartenant à la nappe d'armure interne ou externe de résistance à la traction 5 sont représentés. Les six rubans plats 50 sont tous isolés électriquement les uns des autres de par la présence de la matrice polymérique 52.

Ainsi, un signal I_e de préférence de courte durée tel qu'un signal Gaussien,
20 rectangulaire ou en échelon est émis au travers du ruban plat 50 numéroté 1 et il se propage le long de celui-ci. Si le signal émis I_e ne rencontre aucune discontinuité électrique ou « défaut » à l'origine d'une modification d'impédance dans le ruban plat n°1, une fois l'extrémité du ruban plat atteint c'est-à-dire au niveau d'un élément de connexion individuel en amont, il est alors absorbé par le milieu environnant. On peut alors en
25 déduire sans ambiguïté que le ruban plat est intègre et ne présente pas de défaut puisque aucun signal n'a été réfléchi vers le réflecteur.

En électricité, l'impédance est un nombre complexe qui se définit comme le quotient de la tension efficace par l'intensité efficace du courant, exprimé en ohms.

En revanche, si le ruban plat 50 numéroté 1 auquel est connecté le réflectomètre
30 comporte une discontinuité électrique, c'est-à-dire s'il y a rupture partielle ou totale des fibres longitudinales ou bien s'il y a un délaminage de la matrice polymérique, cela va modifier la conductivité électrique du milieu et créer une situation de circuit ouvert. Partant, le signal émis I_e sera renvoyé en partie, ou dans son intégralité, sous la forme d'un signal réfléchi I_r vers le réflectomètre. La polarité du signal I_r est la même que celle
35 du signal émis I_e mais son amplitude peut varier suivant les phénomènes d'atténuation et de dispersion qu'aurait pu subir le signal.

En calculant le temps de propagation qui s'est écoulé entre l'émission du signal I_e et la réception du signal I_r , il est possible de déterminer précisément la distance à laquelle se situe la zone endommagée du ruban plat 50 composite.

Dans une variante d'exécution de l'invention du premier mode de réalisation, on connecte un premier ruban plat, par exemple le ruban plat n°1 avec un deuxième ruban plat, c'est-à-dire l'un quelconque des autres rubans plats de la même nappe d'armure de résistance à la traction numérotés de 2 à 5. Plus précisément on les connecte collectivement ensemble à leur extrémité amont, créant ainsi un circuit fermé. Les rubans plats n°2 à n°5 sont, comme le ruban plat n°3, reliés individuellement au moyen de mesure à leur extrémité aval par l'intermédiaire d'un élément de connexion.

Les rubans plats n°2, n°3, n°4 ou n°5 appartiennent à la même nappe d'armure mais ils peuvent aussi s'interpréter comme étant les rubans plats 50 composites formant l'autre nappe d'armure de résistance à la traction de la conduite flexible, selon une seconde variante d'exécution.

Lorsque l'on émet un signal I_e de préférence de courte durée tel qu'un signal Gaussien, rectangulaire ou en échelon, au travers du ruban plat n°1, qu'il se propage le long de celui-ci et qu'il ne rencontre aucune discontinuité électrique, une fois l'extrémité du ruban plat atteint, il est réfléchi en partie, ou dans son intégralité vers le réflectomètre par l'intermédiaire d'un des rubans plats n°2 à n°5. Sa polarité reste la même, seule son amplitude peut varier du fait de son atténuation et de sa dispersion qui sont fonction de la distance qu'il aura parcouru.

En revanche, si un des rubans plats 50 auquel est connecté le réflectomètre comporte une discontinuité électrique, c'est-à-dire s'il y a rupture partielle ou totale des fibres longitudinales ou bien s'il y a un délaminage de la matrice polymérique, cela va modifier la conductivité électrique du milieu et créer une situation de circuit ouvert ou de court-circuit. Partant, le signal émis I_e sera renvoyé sous la forme d'un signal réfléchi I_r vers le réflectomètre par le ruban plat n°1 si le défaut lui est intrinsèque. Ou bien par l'un des rubans plats numérotés de 2 à 5, si le défaut est intrinsèque à l'un de ces rubans plats 50.

Le signal I_r ainsi réfléchi sera renvoyé en partie, ou intégralement vers le réflectomètre avec une polarité identique au signal émis I_e mais avec une amplitude variable selon la gravité du défaut et/ou la distance parcourue par le signal, dans le cas où la discontinuité électrique est assimilable à un circuit ouvert.

En revanche, si la discontinuité électrique est assimilable à un court-circuit, le signal réfléchi I_r sera en partie, ou intégralement renvoyé vers le réflectomètre avec une polarité négative comparée à celle du signal émis I_e mais avec une amplitude variable selon la gravité du défaut et/ou la distance parcourue par le signal.

Ainsi, en calculant le temps de propagation qui s'est écoulé entre l'émission du signal I_e et la réception du signal I_r , il est possible de déterminer avec précision, à quelle distance se situe la zone endommagée du ruban plat 50 composite.

5 Dans le deuxième mode de réalisation de l'invention présenté sur la Figure 4, le moyen de mesure mis en œuvre est un transmissomètre temporel. Dans ce cas, plusieurs rubans plats 50 composites sont reliés ensemble à leurs extrémités amont par un même et unique élément de connexion tandis qu'à leurs extrémités aval les extrémités des rubans plats 50 sont reliés individuellement à au moins un autre élément de connexion.
10 De la sorte, on s'affranchit des propriétés d'isolation électrique de la matrice 52 du côté amont de la conduite.

Pour procéder à la détection de l'endommagement des rubans plats, on connecte l'extrémité aval d'au moins un ruban plat 50, par exemple le ruban n°3, au moyen de mesure. Et, l'extrémité amont du ruban 3 est connectée à au moins deux extrémités
15 amont de rubans plats 50', 50'', par exemple les rubans n°4 et n°2, de préférence à trois extrémités amont de rubans plats 50', 50'', 50''', par exemple les rubans n°4, n°2 et n°1 et avantageusement, à quatre extrémités amont de rubans plats 50', 50'', 50''', 50''''', par exemple les rubans n°4, n°2, n°1 et n°5, voisins du ruban plat 50 composite numéroté 3. Les rubans plats numérotés de 1 à 6 sont tous connectés individuellement au moyen de
20 mesure, du côté aval de la conduite.

Le transmissomètre temporel permet de contrôler l'intégrité de plusieurs rubans plats 50, 50', 50'', 50''', 50'''' simultanément, à partir de l'émission d'un unique signal I_e . On émet un signal I_e au travers et le long du ruban n°3. Le signal I_e se propage sur une partie ou sur l'ensemble de la longueur courante dudit ruban plat jusqu'à ce qu'il rencontre
25 l'élément de connexion amont. Le signal émis est alors réfléchi vers le transmissomètre sous la forme d'une pluralité de signaux I_r conduits au travers et le long des rubans plats n°4, n°2, n°1, n°5.

Si le signal émis I_e au sein du ruban plat n°3 n'est pas réfléchi vers le transmissomètre c'est-à-dire que le signal I_e n'est transmis vers aucun des rubans plats
30 n°2, n°4, n°1, n°5 voisins, cela signifie que le ruban plat n°3 présente une discontinuité électrique, c'est-à-dire qu'il y a présence d'une rupture partielle ou totale des fibres longitudinales ou bien qu'il y a un délaminage de la matrice polymérique en au moins une zone du ruban plat affectant la conductivité électrique du milieu.

En revanche, si le signal émis I_e circulant au sein et le long du ruban plat n°3 est
35 transmis vers un au moins des rubans plats n°2, n°4, n°1, n°5 et réémis sous la forme d'une pluralité de signaux réfléchis I_r au sein et le long de ces au moins un rubans plats

n°2, n°4, n°1, n°5 voisins du ruban plat n°3, cela indique que les rubans plats n°3, n°2, n°4, n°1, n°5 ne sont pas endommagés.

5 Au contraire, si au moins un des signaux I_r n'est pas réfléchi vers le transmissomètre, cela signifie qu'au moins un des rubans n°2, n°4, n°1, n°5 présente une discontinuité et est endommagé. Aussi, pour connaître avec exactitude lequel(s) du(es) au moins un ruban plat n°2, n°4, n°1, n°5 est endommagé, il est conseillé de procéder à des mesures complémentaires par techniques de réflectométrie temporelle ou transmissométrie temporelle.

10 Bien entendu, les modes de réalisation ainsi que leurs variantes, décrits précédemment ne sont donnés qu'à titre d'exemples non limitatifs. D'autres variantes d'exécution peuvent être réalisées sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Méthode de suivi de l'intégrité d'une conduite tubulaire flexible (1) pour le transport de fluides pétroliers comportant une carcasse métallique (2), une gaine interne d'étanchéité (3), au moins une paire de nappes d'armures de traction (5) et éventuellement une gaine externe d'étanchéité (6), agencées autour et le long d'un axe longitudinal (Δ), la au moins une paire de nappes d'armures de traction (5) est réalisée par l'enroulement d'une pluralité de rubans plats (50) composite comprenant des fibres longitudinales (51) de carbone noyées dans une matrice polymérique (52), caractérisée en ce qu'elle comprend les étapes :
 - de fourniture d'un dispositif de détection d'endommagement des rubans plats (50) composite ;
 - de liaison d'un moyen de mesure à un élément de connexion individuel connecté sur au moins une des extrémités aval d'au moins un ruban plat (50, 50', 50'', 50''', 50''') composite ;
 - de liaison d'une des extrémités amont d'un premier ruban plat (50, 50', 50'', 50''', 50''') composite avec une extrémité amont d'au moins un autre ruban plat (50, 50', 50'', 50''', 50''') à l'aide d'un élément de connexion collectif.
 - d'émission d'au moins un signal émis (I_e) au travers et le long d'un ruban plat (50, 50', 50'', 50''', 50''') composite ;
 - de réception d'un signal réfléchi (I_r) au niveau du moyen de mesure ; et
 - optionnellement, de calcul du temps de propagation entre l'émission du signal émis (I_e) et la réception du signal réfléchi (I_r).
2. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que le signal émis (I_e) et le signal réfléchi (I_r) circule au travers et le long d'un même ruban plat (50, 50', 50'', 50''', 50''').
3. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que le signal émis (I_e) circule au travers et le long d'un premier ruban plat (50, 50', 50'', 50''', 50''') et en ce que le signal réfléchi (I_r) circule au travers et le long d'un deuxième ruban plat (50', 50'', 50''', 50''') différent du premier.
4. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que le signal émis (I_e) circule au travers et le long d'un premier ruban plat (50, 50', 50'', 50''', 50''') et en ce que le signal réfléchi (I_r) circule au travers et le long d'au moins deux rubans plats (50, 50', 50'', 50''', 50'''), préférentiellement au travers et le long de trois rubans plats (50, 50', 50'', 50''', 50''').

50''' , 50''''') et avantageusement au travers et le long de quatre rubans plats (50', 50'', 50''', 50''''') voisins du premier ruban plat (50), jusqu'au moyen de mesure.

5 5. Méthode selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les rubans plats (50, 50', 50'', 50''', 50''''') appartiennent à la nappe d'armure interne et/ou à la nappe d'armure externe de résistance à la traction (5).

6. Dispositif de détection d'endommagement des rubans plats (50) composite, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un moyen de mesure muni d'au moins une borne électrique de connexion ;
- 10 - au moins un élément de connexion individuel et/ou collectif apte à connecter électriquement au moins une des extrémités d'au moins un ruban plat (50) au moyen de mesure ; et
- un moyen de liaison électrique destiné à relier électriquement l'élément de connexion individuel et/ou collectif à la au moins une borne électrique du moyen de mesure.

15 7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que le moyen de mesure est un réflectomètre temporel.

8. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que le moyen de mesure est un transmissomètre temporel.

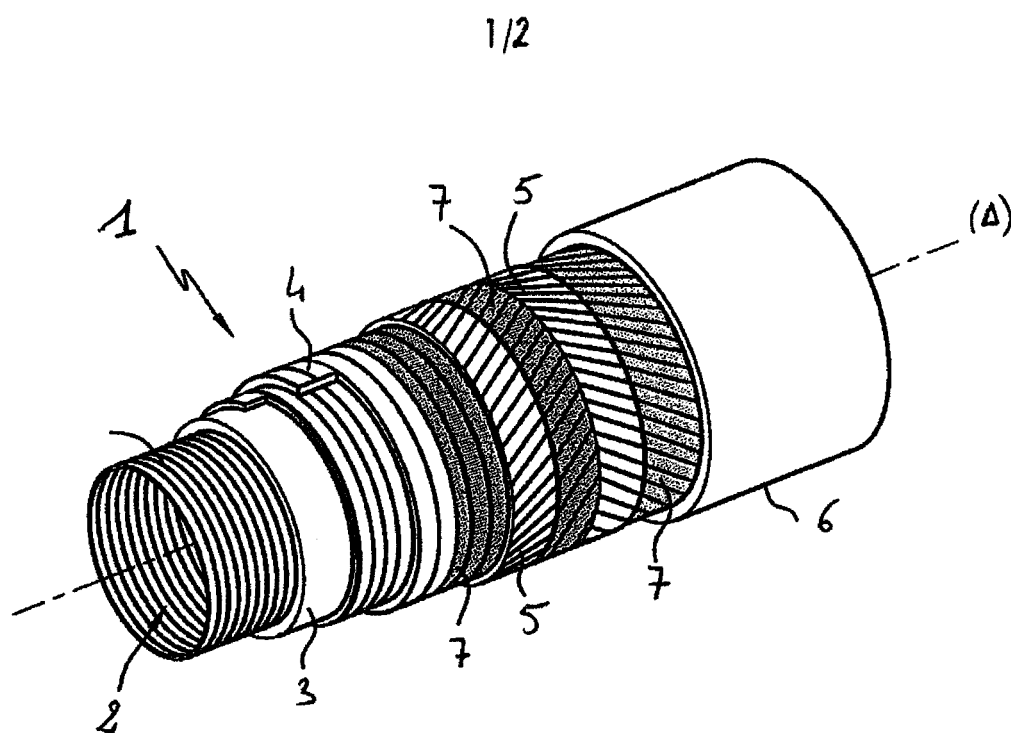


FIG. 1

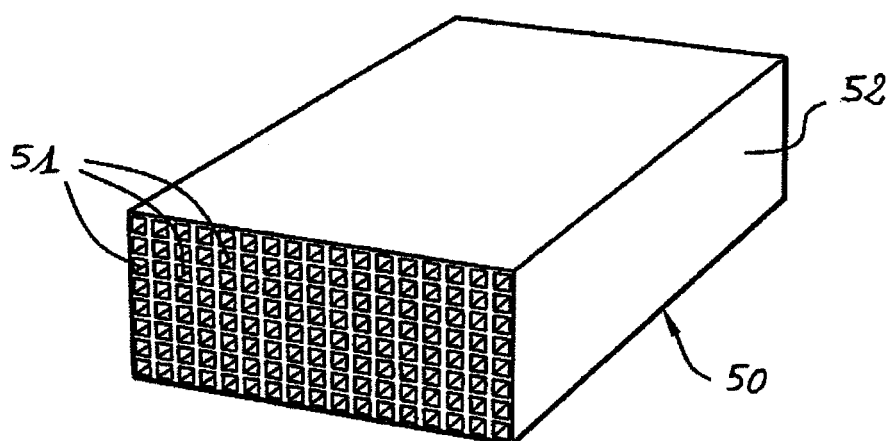
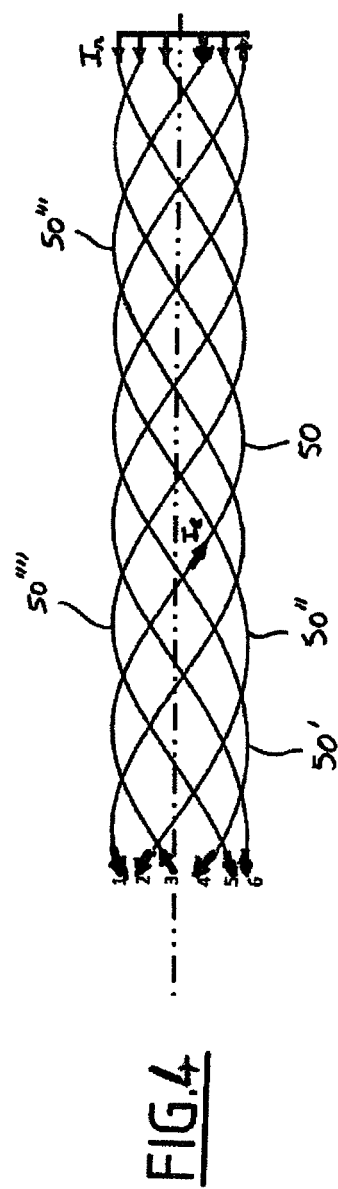
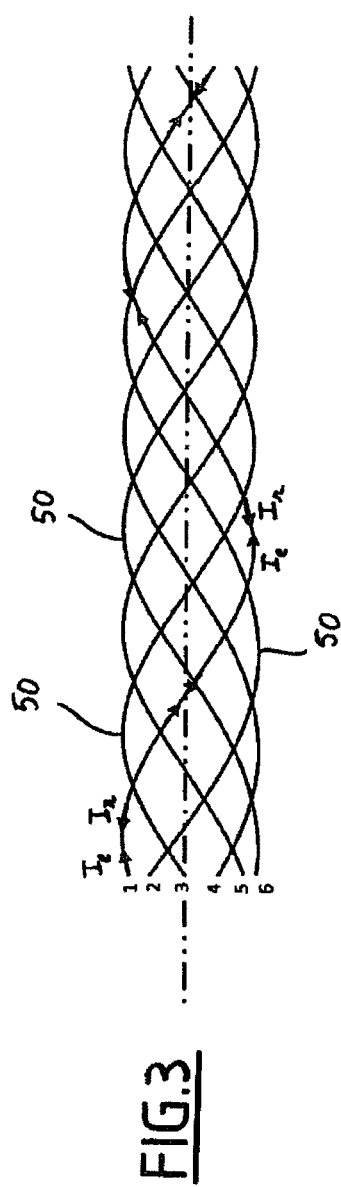


FIG. 2

2/2





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 789698
FR 1303091

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	WO 2013/093068 A1 (TECHNIP FRANCE [FR]) 27 juin 2013 (2013-06-27) * Abrégé * * page 1, ligne 1-9 * * page 2, ligne 1 - page 3, ligne 11 * * page 4, ligne 12 - page 5, ligne 3 * -----	1-8	G01N27/00 G01R31/08
Y	WO 99/49259 A1 (COFLEXIP [FR]; DO ANH TUAN [FR]) 30 septembre 1999 (1999-09-30) * Abrégé * * page 1, ligne 1-11 * * page 2, ligne 11 - page 4, ligne 35 * * page 5, ligne 25 - page 6, ligne 3 * * page 6, ligne 30 - page 7, ligne 31 * * page 8, ligne 14 - page 9, ligne 24 * * page 10, ligne 11 - page 11, ligne 34 * * page 12, ligne 33 - page 14, ligne 11 * -----	1-8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G01M F16L G01R
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
11 septembre 2014		Schambach, Philip	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1303091 FA 789698

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **11-09-2014**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
WO 2013093068	A1	27-06-2013	AU	2012356795	A1	17-07-2014
			FR	2985020	A1	28-06-2013
			WO	2013093068	A1	27-06-2013

WO 9949259	A1	30-09-1999	AU	745945	B2	11-04-2002
			AU	2171599	A	18-10-1999
			BR	9908976	A	05-12-2000
			DK	1066485	T3	17-06-2002
			EP	1066485	A1	10-01-2001
			FR	2776358	A1	24-09-1999
			US	6620471	B1	16-09-2003
			WO	9949259	A1	30-09-1999
