



(43) Date de la publication internationale
4 décembre 2014 (04.12.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/191393 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
F16L 11/08 (2006.01) *F16L 33/01* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2014/060918
- (22) Date de dépôt international :
27 mai 2014 (27.05.2014)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
13 54876 29 mai 2013 (29.05.2013) FR
- (71) Déposant : **TECHNIP FRANCE** [FR/FR]; 6-8 Allée de l'Arche Faubourg de l'Arche ZAC Danton, F-92400 Courbevoie (FR).
- (72) Inventeurs : **DAMIENS, Alexandre**; 851, Route d'Yvetot, F-76560 Berville (FR). **LECOINTE, Edouard**; 706, Av. Rainha Elizabeth da Belgica Apt 203, 2081-042 Rj Rio De Janeiro (BR).
- (74) Mandataires : **BLOT, Philippe** et al.; Cabinet Lavoix, 2, place d'Estienne d'Orves, F-75009 Paris (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : FLEXIBLE DUCT FOR CONVEYING A FLUID, AND RELATED USE AND METHOD

(54) Titre : CONDUITE FLEXIBLE DE TRANSPORT DE FLUIDE, UTILISATION ET PROCÉDÉ ASSOCIÉS

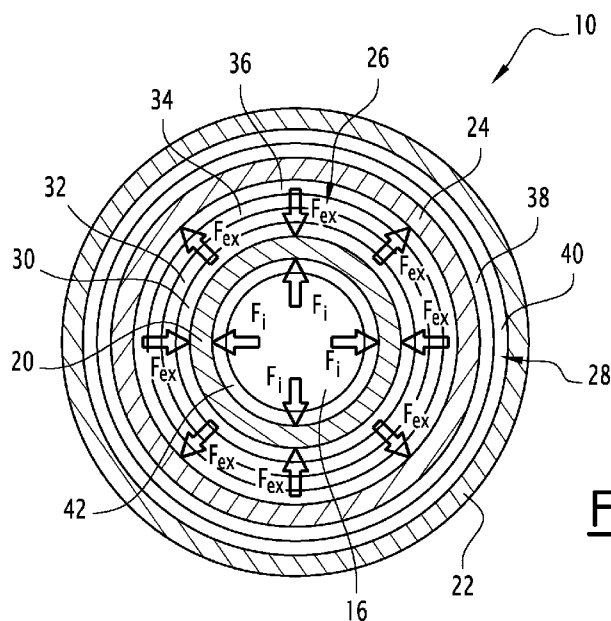


FIG. 2

(57) Abstract : The invention relates to a duct (10) for conveying a fluid, including an inner sheath (20), at least one layer (34, 36) of inner reinforcements arranged outside of the inner sheath (20), and an outer protection sheath (22) arranged outside of each layer (34, 36) of inner reinforcements. Said duct comprises an inner fluid received between the inner sheath (20) and the outer sheath (22). The duct comprises an intermediate polymer sheath (24) inserted between the inner sheath (20) and the outer sheath (22), the intermediate sheath (24) and the inner sheath (20) defining therebetween an annular gap (26) for receiving the inner fluid. The inner fluid is confined in the annular gap (26) at a pressure higher than 50 bars.

(57) Abrégé : Cette conduite (10) de transport de fluide, comprend une gaine interne (20), au moins une couche (34, 36) d'armures internes, disposée à l'extérieur de la gaine interne (20) et une gaine externe (22) de protection, disposée à l'extérieur de chaque couche (34, 36) d'armures internes. Elle comporte un fluide interne, reçu entre la gaine interne (20) et la gaine externe (22). La conduite comporte une gaine intermédiaire (24) en polymère, interposée entre la gaine interne (20) et la gaine

[Suite sur la page suivante]



Conduite flexible de transport de fluide, utilisation et procédé associés

La présente invention concerne une conduite flexible de transport de fluide, comprenant :

- une gaine interne en polymère définissant un passage interne de circulation d'un fluide transporté ;
- au moins une couche d'armures internes, disposée à l'extérieur de la gaine interne ;
- une gaine externe de protection en polymère, disposée à l'extérieur de chaque couche d'armures internes ;
- un fluide interne, reçu entre la gaine interne et la gaine externe.

La conduite est en particulier une conduite flexible de type non liée (« unbonded ») destinée au transport d'un fluide à travers une étendue d'eau, tel qu'un océan, une mer, un lac ou une rivière.

Une telle conduite flexible est par exemple réalisée suivant les documents normatifs API 17J (Specification for Unbonded Flexible Pipe) et API RP 17B (Recommended Practice for Flexible Pipe) établis par l'American Petroleum Institute.

La conduite est généralement formée d'un ensemble de couches concentriques et superposées. Elle est considérée comme « non liée » au sens de la présente invention dès lors qu'au moins une des couches de la conduite est apte à se déplacer longitudinalement par rapport aux couches adjacentes lors d'une flexion de la conduite.

En particulier, une conduite non liée est une conduite dépourvue de matériaux liants raccordant des couches formant la conduite.

D'une manière connue, une telle conduite comporte une structure interne tubulaire comprenant au moins une gaine de pression. La conduite comporte des nappes d'armures de traction disposées autour de la structure interne tubulaire.

La conduite comporte en outre, dans certains cas, une voûte de pression, formée d'au moins un fil agrafé présentant par exemple un profil en T ou un profil en Z. Une frette peut également être enroulée en spirale autour de la voûte de pression.

Un exemple de conduite du type précité est décrit dans WO 2011/026801. Cette conduite comporte en outre un fluide de protection reçu entre la gaine interne et la gaine externe. Le fluide de protection empêche la corrosion des nappes d'armures intermédiaires. Il est maintenu à une pression atmosphérique.

Les conduites du type précité sont généralement disposées à travers une étendue d'eau, entre un ensemble de fond, destiné à recueillir le fluide exploité dans le fond de l'étendue d'eau et un ensemble de surface flottant ou non-flottant destiné à collecter et à

distribuer le fluide. L'ensemble de surface peut être une plateforme semi-submersible, un FPSO, une plateforme fixe, une tour flexible, une plateforme à lignes tendues ou tout autre ensemble flottant ou non-flottant.

Dans certains cas, la conduite est utilisée pour réinjecter dans le fond de l'étendue d'eau, un fluide présent à la surface, par exemple un gaz sous pression. Ceci est le cas notamment pour les gisements comprenant des hydrocarbures riches en dioxyde de carbone. Le dioxyde de carbone est séparé des hydrocarbures en surface et est réinjecté sous pression dans le réservoir, afin d'éviter la dissémination du dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Dans certains cas, pour l'exploitation de fluides en eaux profondes, la conduite flexible présente une longueur supérieure à 200 m. Par ailleurs, la pression différentielle nécessaire pour la réinjection de fluide dans le réservoir peut être très élevée, par exemple supérieure à 400 bars, voire supérieure à 700 bars. En outre, la pression absolue régnant en partie basse (ou « bottom » en anglais) de la conduite flexible, combinaison d'une pression de fluide très élevée en tête de conduite et de la pression hydrostatique exercée, peut être très élevée, par exemple de l'ordre de 1300 bars.

Lors du transport des fluides à très haute pression, les conduites de construction classique du type précité peuvent être limitées, particulièrement pour une utilisation en application dynamique.

En effet, des phénomènes de fatigue et plus particulièrement de fatigue par usure de contact (ou « fatigue-fretting » en anglais) peuvent apparaître sur la voûte de pression et sur la frette en spirale.

Cette fatigue altère les propriétés mécaniques de la conduite et nuit à sa longévité. Un but de l'invention est donc de disposer d'une conduite flexible de transport de fluide, propre à convoyer un fluide à très haute pression et qui soit néanmoins très résistante dans le temps pour des applications dynamiques.

À cet effet, l'invention a pour objet une conduite du type précité, caractérisée en ce que la conduite comporte une gaine intermédiaire en polymère, interposée entre la gaine interne et la gaine externe, la gaine intermédiaire et la gaine interne délimitant entre elles un espace annulaire interne de réception du fluide interne, le fluide interne étant confiné dans l'espace annulaire interne à une pression supérieure à 50 bars.

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

- le fluide interne est confiné dans l'espace annulaire interne à une pression supérieure à 200 bars, et notamment comprise entre 200 bars et 400 bars ;

- elle comprend, dans l'espace annulaire interne, une voûte de pression comportant au moins un fil enroulé autour de la gaine interne, et optionnellement une frette, disposée autour de la voûte de pression ;

- le fil présente un profil en Z ;

- le fil présente un profil en T, en K, en U, en X ou en I ;

- elle comprend, dans l'espace annulaire interne, au moins une voûte comportant au moins une bande en aramide à résistance mécanique élevée et/ou au moins une bande en composite comprenant une matrice thermoplastique dans laquelle sont noyées des fibres de carbone ou de verre ;

- la ou chaque couche d'armures internes est disposée dans l'espace annulaire interne ;

- la ou chaque couche d'armures internes est enroulée avec un angle d'hélice inférieur à 45° en valeur absolue, notamment compris entre 20° et 45° en valeur absolue ;

- elle comporte au moins une couche d'armures externes, disposée entre la gaine intermédiaire et la gaine externe ;

- la ou chaque couche d'armures externes est enroulée avec un angle d'hélice supérieur à 45° en valeur absolue, notamment compris entre 50° et 60° en valeur absolue ;

- elle comporte une voûte externe disposée entre la gaine intermédiaire et la gaine externe, la voûte externe comprenant un fil de forme métallique ou/et une bande à résistance mécanique élevée ou/et une bande composite ;

- elle comporte une bande de maintien externe de la ou de chaque couche d'armures externes disposée entre la couche d'armures externes et la gaine externe ;

- elle comporte une carcasse interne, disposée dans la gaine interne, la carcasse interne étant avantageusement formée d'un feuillard métallique agrafé.

L'invention a également pour objet l'utilisation d'une conduite telle que définie plus haut pour le transport, dans le passage interne, d'un fluide à une pression supérieure à 400 bars, notamment supérieure à 700 bars.

L'invention a aussi pour objet un procédé de réalisation d'une conduite flexible, comportant les étapes suivantes :

- fourniture d'une gaine interne en polymère, la gaine interne définissant un passage interne de circulation d'un fluide transporté ;

- disposition d'au moins une couche d'armures internes de traction à l'extérieur de la gaine interne ;

- disposition d'une gaine externe de protection en polymère, à l'extérieur de la couche d'armures internes ;

5 - injection d'un fluide interne entre la gaine interne et la gaine externe ;

caractérisée en ce qu'il comporte l'interposition d'une gaine intermédiaire en polymère, entre la gaine interne et la gaine externe, la gaine intermédiaire et la gaine interne délimitant entre elles un espace annulaire interne de réception du fluide interne, le procédé comportant le confinement du fluide interne dans l'espace annulaire interne à une
10 pression supérieure à 50 bars.

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

15 - la figure 1 est une vue en perspective partiellement écorchée d'une conduite flexible selon l'invention ;

- la figure 2 est une vue schématique partielle, prise en coupe suivant un plan transversal de la conduite de la figure 1 ;

20 - la figure 3 est une vue schématique partielle, prise en coupe suivant un plan axial médian d'un détail de la conduite de la figure 1, illustrant l'espace annulaire interne pressurisé de la conduite ;

- la figure 4 est une vue schématique partielle, prise en coupe suivant un plan axial médian de la conduite de la figure 1, illustrant le sertissage de l'espace annulaire interne pressurisé de la conduite.

25 Dans tout ce qui suit, les termes « extérieur » ou « extérieurement » et « intérieur » ou « intérieurement » s'entendent généralement de manière radiale par rapport à un axe A-A' de la conduite, le terme « extérieur » s'entendant comme relativement plus éloigné radialement de l'axe A-A' et le terme « intérieur » s'entendant comme relativement plus proche radialement de l'axe A-A' de la conduite.

30 Par ailleurs, les termes « amont » et « aval » s'entendent généralement par rapport au sens normal de circulation d'un fluide pétrolier au sein de la conduite.

Les pressions mentionnées sont des pressions différentielles, sauf indication contraire. Les pressions mentionnées doivent s'interpréter en particulier par rapport à la description d'une conduite particulière de diamètre interne égal à 152 mm (6"), prise en considération pour illustrer la structure et les performances de la conduite de l'invention.

Une première conduite flexible 10 selon l'invention, est illustrée partiellement par les figures 1 à 3.

La conduite flexible 10 comporte un tronçon central 12 illustré en partie sur la figure 1. Elle comporte, à chacune des extrémités axiales du tronçon central 12, un embout d'extrémité (non représenté).

En référence à la figure 1, la conduite 10 délimite un passage central 16 de circulation d'un fluide, avantageusement d'un fluide pétrolier. Le passage central 16 s'étend suivant un axe A-A', entre l'extrémité amont et l'extrémité aval de la conduite 10. Il débouche à travers les embouts.

Le diamètre du passage central 16 est avantageusement compris entre 50 mm (2") et 500 mm (20").

Le fluide convoyé par la conduite est par exemple un gaz ou un liquide extrait du sous-sol, ou réinjecté dans celui-ci. Dans une application particulière, le fluide est un gaz riche en dioxyde de carbone (par exemple contenant plus de 1% molaire en dioxyde de carbone), destiné à être réinjecté dans le sous-sol, avantageusement au fond d'une étendue d'eau.

La pression du fluide circulant dans la conduite est par exemple supérieure à 400 bars, notamment supérieure à 700 bars et est avantageusement comprise entre 900 bars et 1100 bars.

La conduite flexible 10 est destinée à être disposée à travers une étendue d'eau (non représentée) dans une installation d'exploitation de fluide, notamment d'hydrocarbures.

L'étendue d'eau est par exemple, une mer, un lac ou un océan. La profondeur de l'étendue d'eau au droit de l'installation d'exploitation de fluide est par exemple comprise entre 50 m et 3000 m.

L'installation d'exploitation de fluide comporte un ensemble de surface, généralement flottant, et un ensemble de fond (non représenté) qui sont généralement raccordés entre eux par la conduite flexible 10.

La conduite flexible 10 est de préférence une conduite « non liée » (désignée par le terme anglais « unbonded »).

Au moins deux couches adjacentes de la conduite flexible 10 sont libres de se déplacer longitudinalement l'une par rapport à l'autre lors d'une flexion de la conduite.

Avantageusement, toutes les couches de la conduite flexible sont libres de se déplacer l'une par rapport à l'autre. Une telle conduite est par exemple décrite dans les

documents normatifs publiés par l'American Petroleum Institute (API), API 17J, et API RP17B.

Comme illustré par la figure 1, la conduite 10 délimite une pluralité de couches concentriques autour de l'axe A-A', qui s'étendent continûment le long du tronçon central
5 12 jusqu'aux embouts situés aux extrémités de la conduite.

Selon l'invention, la conduite 10 comporte au moins une première gaine 20 à base de matériau polymère constituant une gaine de pression. La conduite 10 comprend une deuxième gaine externe 22, destinée à la protection de la conduite 10 et, selon l'invention, une gaine intermédiaire 24 étanche interposée entre la gaine interne 20 et la gaine
10 externe 22.

La gaine intermédiaire 24 définit avec la gaine interne 20, un espace annulaire interne 26 destiné à être pressurisé par un fluide interne. Elle définit avec la gaine externe 22 un espace annulaire externe 28 de renfort de la gaine intermédiaire 24.

Dans l'espace annulaire interne 26, la conduite 10 comporte une voûte de pression
15 30, et optionnellement une frette interne 32 enroulée autour de la voûte de pression 30.

La conduite 10 comporte en outre, dans l'espace annulaire interne 26, une pluralité de couches d'armures de traction 34, 36 internes disposées extérieurement par rapport à la voûte de pression 30 et par rapport à la frette 32.

Dans l'espace annulaire externe 28, la conduite 10 comporte une pluralité de
20 couches d'armures de traction 38, 40 disposées extérieurement autour de la gaine intermédiaire 24. Selon une variante de réalisation de l'invention, les couches d'armures de traction 38, 40 sont remplacées par une voûte de pression formée à partir d'un fil profilé en métal présentant une géométrie en forme de T, de U, de K, de X ou de I, et/ou à partir d'au moins une bande en aramide à résistance mécanique élevée (Technora® ou
25 Kevlar®), et/ou à partir d'au moins une bande composite comprenant une matrice thermoplastique dans laquelle sont noyées des fibres de carbone ou des fibres de verre.

De préférence, la conduite 10 comporte en outre une carcasse interne 42 disposée à l'intérieur de la gaine interne 20.

La carcasse 42, lorsqu'elle est présente, est formée par exemple d'un feuillard
30 métallique profilé, enroulé en spirale. Comme illustré par la figure 3, les spires du feuillard sont avantageusement agrafées les unes aux autres, ce qui permet de reprendre les efforts radiaux d'écrasement.

L'enroulement hélicoïdal du feuillard métallique profilé formant la carcasse 42 est à pas court, c'est-à-dire qu'il présente un angle d'hélice de valeur absolue proche de 90°, typiquement compris entre 75° et 90°.

Dans cet exemple, la carcasse 42 est disposée à l'intérieur de la gaine interne 20.

5 La conduite est alors désignée par le terme anglais « rough bore » en raison de la géométrie de la carcasse 42

En variante (non représentée), la conduite flexible 10 est dépourvue de carcasse interne 42, elle est alors désignée par le terme anglais « smooth bore ».

10 De manière connue, la gaine interne 20 est destinée à confiner de manière étanche le fluide transporté dans le passage 16. Elle est formée en matériau polymère, par exemple à base d'un polyoléfine tel que du polyéthylène, à base d'un polyamide tel que du PA11 ou du PA12, ou à base d'un polymère fluoré tel que du polyfluorure de vinylidène (PVDF).

15 L'épaisseur de la gaine interne 20 est par exemple comprise entre 5 mm et 20 mm.

Dans cet exemple, la voûte de pression 30 est destinée à reprendre les efforts liés à la pression régnant à l'intérieur de la gaine interne 20. Elle est par exemple formée d'un fil profilé métallique entouré en hélice autour de la gaine 20. Le fil profilé présente de préférence une géométrie, notamment en forme de Z. La géométrie en Z permet
20 d'améliorer la résistance mécanique générale de la conduite 10 et permet aussi de réduire sa masse.

En variante, le fil profilé présente une géométrie en forme de T, de U, de K, de X ou de I.

25 La voûte de pression 30 est enroulée en hélice à pas court autour de la gaine interne 20, c'est-à-dire avec un angle d'hélice de valeur absolue proche de 90°, typiquement compris entre 75° et 90°.

La frette 32 est constituée par un enroulement en spirale d'au moins un fil avantageusement de section transversale rectangulaire autour de la voûte de pression 30.

30 La superposition de plusieurs fils enroulés autour de la voûte de pression 30 peut avantageusement remplacer une épaisseur totale de frette 32 donnée. Ceci permet d'augmenter la résistance à l'éclatement de la conduite 10, mais également de diminuer le risque de fatigue par frottement. L'enroulement du au moins un fil est à pas court, c'est-à-dire avec un angle d'hélice de valeur absolue proche de 90°, typiquement compris entre
35 75° et 90°.

Dans une variante de réalisation de l'invention, la voûte de pression 30 et la frette 32 sont remplacées par une voûte de pression d'épaisseur plus importante formée à partir d'un fil profilé en métal présentant une géométrie en forme de T, de U, de K, de X ou de I, et/ou à partir d'au moins une bande en aramide à résistance mécanique élevée (Technora® ou Kevlar®), et/ou à partir d'au moins une bande composite comprenant une matrice thermoplastique dans laquelle sont noyées des fibres de carbone ou des fibres de verre.

Dans l'exemple représenté sur la figure 1, la conduite flexible 10 comporte au moins une paire de couches d'armures internes 34, 36, dont une est représentée sur la figure 1.

En variante, la conduite flexible 10 comporte plusieurs paires de couches d'armures internes 34, 36 superposées les unes sur les autres, par exemple deux paires de couches d'armures internes 34, 36.

Chaque paire comporte une première couche d'armures internes 34 appliquée sur la frette 32 ou sur une autre paire de couches d'armures internes, et une deuxième couche d'armures internes 36, disposée autour de la première couche d'armures internes 34.

Chaque couche d'armures internes 34, 36 comporte au moins un élément d'armure 44 longitudinal enroulé à pas long autour de l'axe A-A' de la conduite 10.

Par « enroulé à pas long », on entend que la valeur absolue de l'angle d'hélice est inférieure à 60°, et est typiquement comprise entre 20° et 60°.

Dans l'exemple représenté sur la figure 1, la valeur absolue de l'angle d'hélice de chaque couche d'armures internes 34, 36 est inférieure à 45°, et est notamment comprise entre 20° et 30°, et est environ égale à 25°.

Les éléments d'armure 44 d'une première couche 34 sont enroulés généralement suivant un angle opposé par rapport aux éléments d'armure 44 d'une deuxième couche 36. Ainsi, si l'angle d'enroulement des éléments d'armure 44 de la première couche 34 est égal à $+\alpha$, α étant compris entre 20° et 60°, l'angle d'enroulement des éléments d'armure 44 de la deuxième couche 36 disposée au contact de la première couche 34 est par exemple de $-\alpha$, avec α compris entre 20° et 60°.

Les éléments d'armure 44 sont par exemple formés par des fils métalliques ou en matériau composite, ou par des rubans à résistance mécanique élevée.

Dans cet exemple, chaque couche d'armures 34, 36 repose sur au moins une bande anti-usure. La bande anti-usure est par exemple réalisée en plastique, notamment

à base d'un polyamide ou d'un polyfluorure de vinylidène (PVDF). Elle présente une épaisseur inférieure à l'épaisseur de chaque gaine 20, 22, 24.

La gaine intermédiaire 24 est destinée à confiner le fluide interne sous pression dans l'espace annulaire interne 26. Elle est avantageusement réalisée en matériau polymère, notamment à base d'un polyoléfine, tel que du polyéthylène, à base d'un polyamide, tel que du PA11 ou du PA12, ou à base d'un polymère fluoré tel que du polyfluorure de vinylidène (PVDF).

L'épaisseur de la gaine intermédiaire 24 est par exemple comprise entre 5 mm et 15 mm.

Le fluide interne est reçu de manière étanche dans l'espace annulaire interne 26. Il présente une pression supérieure à 50 bars, avantageusement supérieure à 200 bars, et notamment comprise entre 200 bars et 400 bars.

Il est introduit dans l'espace annulaire interne 26 avantageusement à travers un canal 200 ménagé dans un embout d'extrémité, plus précisément en partie haute (ou « top » en anglais) de la conduite 10. Un exemple de canal 200 est visible sur la figure 4.

Le fluide interne est avantageusement un liquide, donc la pression est plus facilement contrôlable, tel qu'une huile, un hydrocarbure, notamment l'hexane, un liquide de protection comprenant par exemple un glycol, notamment le mono éthylène glycol, le liquide de protection comprenant avantageusement un alcool. En variante, le fluide interne est un gaz neutre, tel que l'azote.

En outre, le fluide interne permet de protéger les couches de renforcement métalliques 30, 32, 34, 36 de l'annulaire 26.

Le liquide présente de préférence une densité proche de celle de l'eau de mer. Comme on le verra plus bas, la présence du fluide interne sous pression, confiné par la gaine intermédiaire 24 applique une contre-pression sur la gaine interne 20.

Ceci diminue considérablement les contraintes axiales subies par la voûte de pression 30 et la frette 32, ainsi que les contraintes radiales de pression de contact s'exerçant à l'interface entre les couches 30 et 32.

Ainsi, les phénomènes de fatigue et de fatigue par usure de contact s'en trouvent significativement réduits, de manière générale, au sein de l'espace annulaire interne 26, même lorsque la pression du fluide circulant dans le passage central 16 est élevée, par exemple lorsqu'elle est supérieure à 400 bars, notamment supérieure à 700 bars.

En outre, le fluide interne sous pression permet de repousser de façon significative les limites des capacités actuelles en terme de pression interne acceptable par les conduites flexibles sous-marines du type non liée.

Avantageusement, lorsque la voûte de pression 30 est formée avec des fils de profil en Z, ce phénomène est encore réduit.

Ainsi et de manière avantageuse, comme la contre-pression exercée par le fluide interne présent dans l'espace annulaire interne 26 compense la pression du fluide d'hydrocarbures exercée sur la gaine interne 20, la pression de service peut être
5 significativement augmentée, au sein du passage central 16.

En outre, si la pression du fluide d'hydrocarbure circulant au sein du passage central 16 est maintenue à une pression de service donnée, la contre-pression exercée sur la gaine de pression 30 compense de manière significative la pression de service.
10 Cela permet ainsi de réduire les dimensions des fils utilisés pour former la voûte de pression et donc de diminuer la masse de la conduite flexible 10.

Préférentiellement, l'utilisation d'une frette 32 comprenant plus de deux fils enroulés à pas court autour de la voûte de pression 30 réduit le phénomène de fatigue par usure de contact.

Dans l'exemple représenté sur la figure 1, la conduite flexible 10 comporte au moins une paire de couches d'armures externes 38, 40, dont une est représentée sur la figure 1.
15

En variante, la conduite flexible 10 comporte plusieurs paires de couches d'armures externes 38, 40 superposées les unes sur les autres, par exemple deux paires de couches d'armures externes 38, 40.
20

Chaque paire comporte une première couche d'armures externes 38, appliquée sur la gaine intermédiaire 24 ou sur une autre paire de couches d'armures externes, et une deuxième couche d'armures externes 38, disposée autour de la première couche d'armures externes 36.

Chaque couche d'armures externes 38, 40 comporte au moins un élément d'armure 44 longitudinal enroulé à pas long autour de l'axe A-A' de la conduite 10.
25

Par « enroulé à pas long », on entend que la valeur absolue de l'angle d'hélice est inférieure à 60° , et est typiquement comprise entre 20° et 60° .

De préférence, dans l'exemple représenté sur la figure 1, la valeur absolue de l'angle d'hélice de chaque couche d'armures externes 34, 36 est supérieure à 45° , et est notamment comprise entre 50° et 60° , et est environ égale à 55° .
30

Les éléments d'armure 44 d'une première couche 38 sont enroulés généralement suivant un angle opposé par rapport aux éléments d'armure 44 d'une deuxième couche

40. Ainsi, si l'angle d'enroulement des éléments d'armure 44 de la première couche 38 est égal à $+\alpha$, α étant compris entre 20° et 60° , l'angle d'enroulement des
35

éléments d'armure 44 de la deuxième couche 40 disposée au contact de la première couche 38 est par exemple de $-\alpha$, avec α compris entre 20° et 60° .

Les éléments d'armure 44 sont par exemple formés par des fils métalliques ou en matériau composite, ou par des rubans.

5 En variante, les couches d'armures externes 38, 40 sont remplacées par une voûte « externe » de pression formée à partir d'un fil profilé en métal présentant une géométrie en forme de T, de U, de K, de X ou de I, et/ou à partir d'au moins une bande en aramide à résistance mécanique élevée (Technora® ou Kevlar®), et/ou à partir d'au moins une bande composite comprenant une matrice thermoplastique dans laquelle sont
10 noyées des fibres de carbone ou des fibres de verre.

Dans cet exemple, chaque couche d'armures 38, 40 repose sur au moins une bande anti-usure. La bande anti-usure est par exemple réalisée en plastique, notamment à base d'un polyamide ou d'un polyfluorure de vinylidène (PVDF). Elle présente une épaisseur inférieure à l'épaisseur de chaque gaine 20, 22, 24.

15 Avantageusement, un ruban de maintien est enroulé autour de la deuxième couche d'armures externes 40 la plus à l'extérieur par rapport à l'axe A-A', pour assurer un maintien mécanique des couches d'armures externes 38, 40.

La gaine externe 22 est destinée à protéger l'annulaire 26 en empêchant la pénétration de fluide depuis l'extérieur de la conduite flexible 10 vers l'intérieur. Elle est
20 avantageusement réalisée en matériau polymère, notamment à base d'un polyoléfine, tel que du polyéthylène, à base d'un polyamide, tel que du PA11 ou du PA12, ou à base d'un polymère fluoré tel que du polyfluorure de vinylidène (PVDF).

L'épaisseur de la gaine externe 22 est par exemple comprise entre 5 mm et 15 mm.

25 La réalisation de la conduite 10 va maintenant être décrite.

Initialement, la carcasse 42 est assemblée. La première gaine 20 est formée autour de la carcasse 42, par exemple par extrusion du polymère la constituant.

Puis, la voûte 30 et la frette 32 sont enroulées autour de la première gaine 20. Les couches d'armures internes 34, 36 sont ensuite mises en place autour de la frette 32.

30 La gaine intermédiaire 24 est alors formée autour des couches d'armures internes 34, 36, avantageusement par extrusion du polymère la constituant.

Les couches d'armures externes 38, 40 sont ensuite mises en place autour de la gaine intermédiaire 24.

35 La gaine externe 22 est alors formée autour des couches d'armures externes 38, 40, avantageusement par extrusion du polymère la constituant.

Les embouts 190 de la conduite 10 sont alors installés aux extrémités du tronçon central 12. Cette installation obture l'espace annulaire interne 26.

5 Puis, en fin de fabrication de la conduite 10 et avant de la soumettre à un test d'usine (ou « Factory Acceptance Test » en anglais), le fluide interne est introduit dans l'espace annulaire interne 26 par l'intermédiaire des embouts précédemment installés et au sein desquels est ménagé un canal 200 d'introduction du fluide interne, tel que représenté sur la figure 4.

10 Une fois la conduite 10 installée dans l'étendue d'eau avantageusement soit par une méthode de remorquage (ou « tow-in laying » en anglais), notamment dans le cas où la conduite comprend une voûte de pression externe enroulée à pas court en remplacement des éléments d'armures 44, ou avantageusement par une méthode de pose à la verticale (ou « vertical laying » en anglais) notamment si la conduite comprend des éléments d'armures 44 enroulées à pas long, et lors de sa mise en service, le fluide
15 interne est confiné dans l'espace 26, à une pression supérieure à 50 bars, avantageusement supérieure à 200 bars, et notamment comprise entre 200 bars et 400 bars.

La mise en pression de l'annulaire interne 26 est maintenue pendant toute la durée de service de la conduite flexible 10, nonobstant des périodes d'arrêt de la
20 production pour effectuer des opérations de maintenance.

Dans l'éventualité où la pressurisation de l'espace annulaire 26 n'est plus assurée, la voûte de pression 30 et la frette 32, enroulées à pas court, sont dimensionnées pour reprendre l'effort radial exercé par la pression de service pendant un temps réduit.

Inversement, si la pression de service chute alors que la pression dans l'espace
25 annulaire 26 est maintenue, la carcasse est dimensionnée pour reprendre l'effort radial d'écrasement exercé.

Lors de l'utilisation de la conduite, du fluide sous pression circule dans le passage interne 16, par exemple à une pression supérieure à 400 bars, notamment comprise entre 700 bars et 1100 bars.

30 Tel que représenté sur les figures 2 et 4, la présence du fluide interne confiné sous pression de manière permanente dans l'espace annulaire interne 26 compense les efforts de pression radiaux exercés par le fluide circulant dans le passage interne 16.

La flèche intérieure F_i correspond à la pression radiale exercée par le fluide d'hydrocarbures circulant au sein du passage interne 16 de la conduite 10, au niveau de
35 la surface intérieure de la gaine de pression 20. La flèche extérieure F_{ex} correspond à la

pression radiale (ou contre-pression) exercée par le fluide interne présent au sein de l'espace annulaire interne 26, au niveau de la surface extérieure de la gaine de pression 20 et de la surface intérieure de la gaine intermédiaire 24.

5 Les pressions radiales appliquées sur la gaine de pression 20 représentées par les flèches F_i et F_{ex} sont dirigées radialement au centre de la conduite 10 mais de sens opposés.

Ainsi, cela permet de diminuer de manière significative les phénomènes de fatigue et de fatigue par usure de contact (ou « fatigue-fretting » en anglais) pouvant apparaître du fait de la pression très élevée s'appliquant au sein de l'espace annulaire interne 26.

10 Les couches d'armures externes 38, 40 permettent le maintien en pression de l'espace annulaire interne 26.

Dans une variante, la pression exercée par le fluide interne confiné dans l'espace annulaire interne 26 est ajustable. De la sorte, on peut gérer avec précision les phénomènes de fatigue au cours du temps et donc assurer à la conduite 10 une durée de
15 vie plus longue.

Par ailleurs, le second annulaire ou annulaire externe 28 assure une protection générale à la conduite, notamment en ce qui concerne la reprise des efforts circonférentiels ("hoop-stress") générés au niveau de l'espace annulaire interne 26. La conduite 10 peut notamment être utilisée pour réinjecter un fluide sous très haute
20 pression, tel qu'un gaz riche en dioxyde de carbone dans le sous-sol.

Dans tout ce qui précède, les valeurs de pression ont été mentionnées en référence à une conduite de diamètre environ égal à 152 mm.

REVENDICATIONS

1.- Conduite flexible (10) de transport de fluide, comprenant :

5 - une gaine interne (20) en polymère définissant un passage interne (16) de circulation d'un fluide transporté ;

- au moins une couche (34, 36) d'armures internes, disposée à l'extérieur de la gaine interne (20) ;

- une gaine externe (22) de protection en polymère, disposée à l'extérieur de chaque couche (34, 36) d'armures internes ;

10 - un fluide interne, reçu entre la gaine interne (20) et la gaine externe (22) ;
caractérisée en ce que la conduite comporte une gaine intermédiaire (24) en polymère, interposée entre la gaine interne (20) et la gaine externe (22), la gaine intermédiaire (24) et la gaine interne (20) délimitant entre elles un espace annulaire interne (26) de réception du fluide interne,

15 le fluide interne étant confiné dans l'espace annulaire interne (26) à une pression supérieure à 50 bars.

2.- Conduite (10) selon la revendication 1, caractérisée en ce que le fluide interne est confiné dans l'espace annulaire interne (26) à une pression supérieure à 200 bars, et notamment comprise entre 200 bars et 400 bars.

20 3.- Conduite (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend, dans l'espace annulaire interne (26), une voûte de pression (30) comportant au moins un fil enroulé autour de la gaine interne, et optionnellement une frette (32), disposée autour de la voûte de pression (30).

25 4.- Conduite (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le fil présente un profil en Z.

5.- Conduite (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le fil présente un profil en T, en K, en U, en X ou en I.

30 6.- Conduite (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, caractérisée en ce qu'elle comprend, dans l'espace annulaire interne (26), au moins une voûte comportant au moins une bande en aramide à résistance mécanique élevée et/ou au moins une bande en composite comprenant une matrice thermoplastique dans laquelle sont noyées des fibres de carbone ou de verre.

35 7.- Conduite (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la ou chaque couche d'armures internes (34, 36) est disposée dans l'espace annulaire interne (26).

8.- Conduite (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la ou chaque couche d'armures internes (34, 36) est enroulée avec un angle d'hélice inférieur à 45° en valeur absolue, notamment compris entre 20° et 45° en valeur absolue.

5 9.- Conduite (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins une couche d'armures externes (38, 40), disposée entre la gaine intermédiaire (24) et la gaine externe (22).

10 10.- Conduite (10) selon la revendication 9, caractérisée en ce que la ou chaque couche d'armures externes (38, 40) est enroulée avec un angle d'hélice supérieur à 45° en valeur absolue, notamment compris entre 50° et 60° en valeur absolue.

11. - Conduite (10) selon la revendication 9 ou 10, caractérisée en ce qu'elle comporte une voûte externe disposée entre la gaine intermédiaire (24) et la gaine externe (22), la voûte externe comprenant un fil de forme métallique ou/et une bande à résistance mécanique élevée ou/et une bande composite

15 12.- Conduite (10) selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisée en ce qu'elle comporte une bande de maintien externe de la ou de chaque couche d'armures externes (38, 40) disposée entre la couche d'armures externes (38, 40) et la gaine externe (22).

20 13.- Conduite (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comporte une carcasse interne (42), disposée dans la gaine interne (20), la carcasse interne (42) étant avantageusement formée d'un feuillard métallique agrafé.

25 14.- Utilisation d'une conduite (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes pour le transport, dans le passage interne (16), d'un fluide à une pression supérieure à 400 bars, notamment supérieure à 700 bars.

15.- Procédé de réalisation d'une conduite flexible (10), comportant les étapes suivantes :

- fourniture d'une gaine interne (20) en polymère, la gaine interne (20) définissant un passage interne (16) de circulation d'un fluide transporté ;

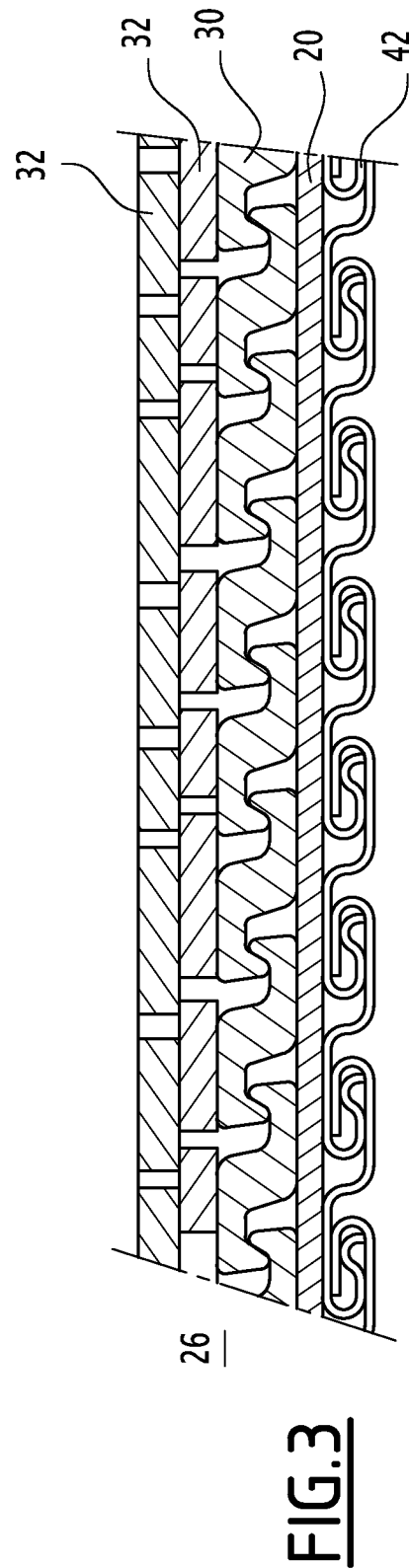
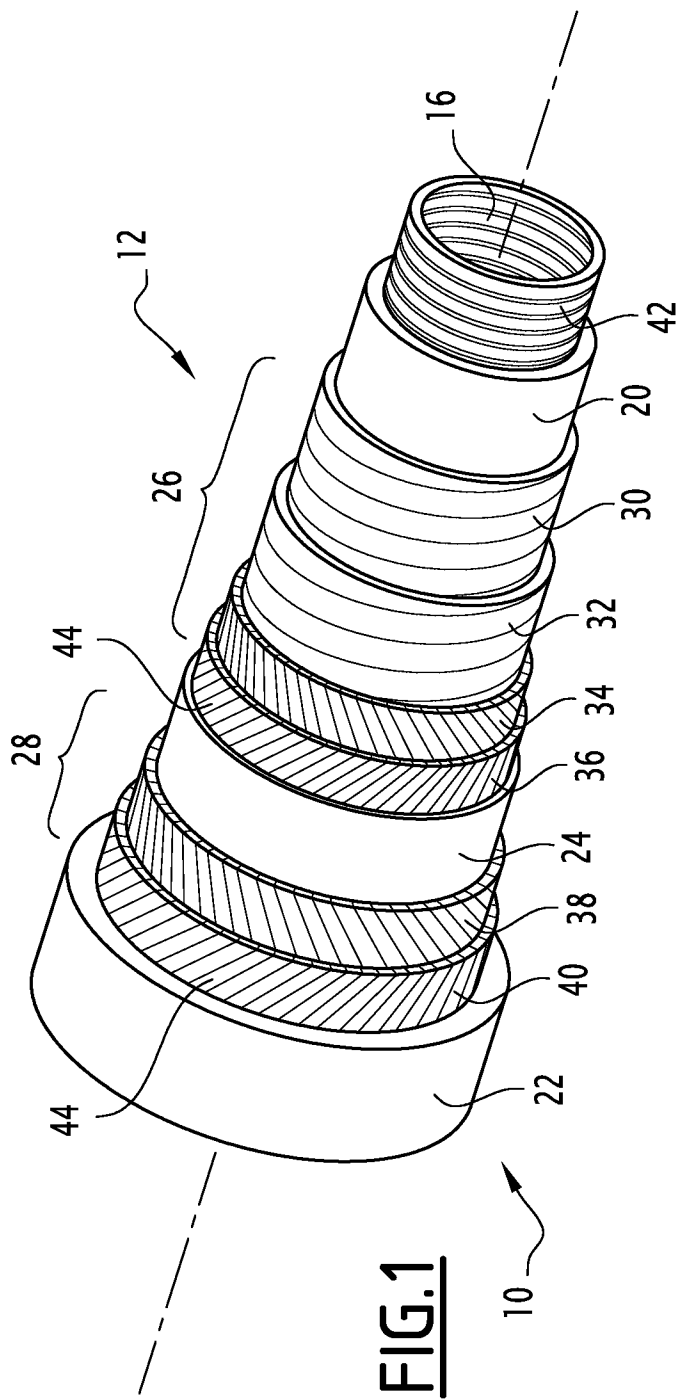
30 - disposition d'au moins une couche d'armures internes (34, 36) de traction à l'extérieur de la gaine interne (20) ;

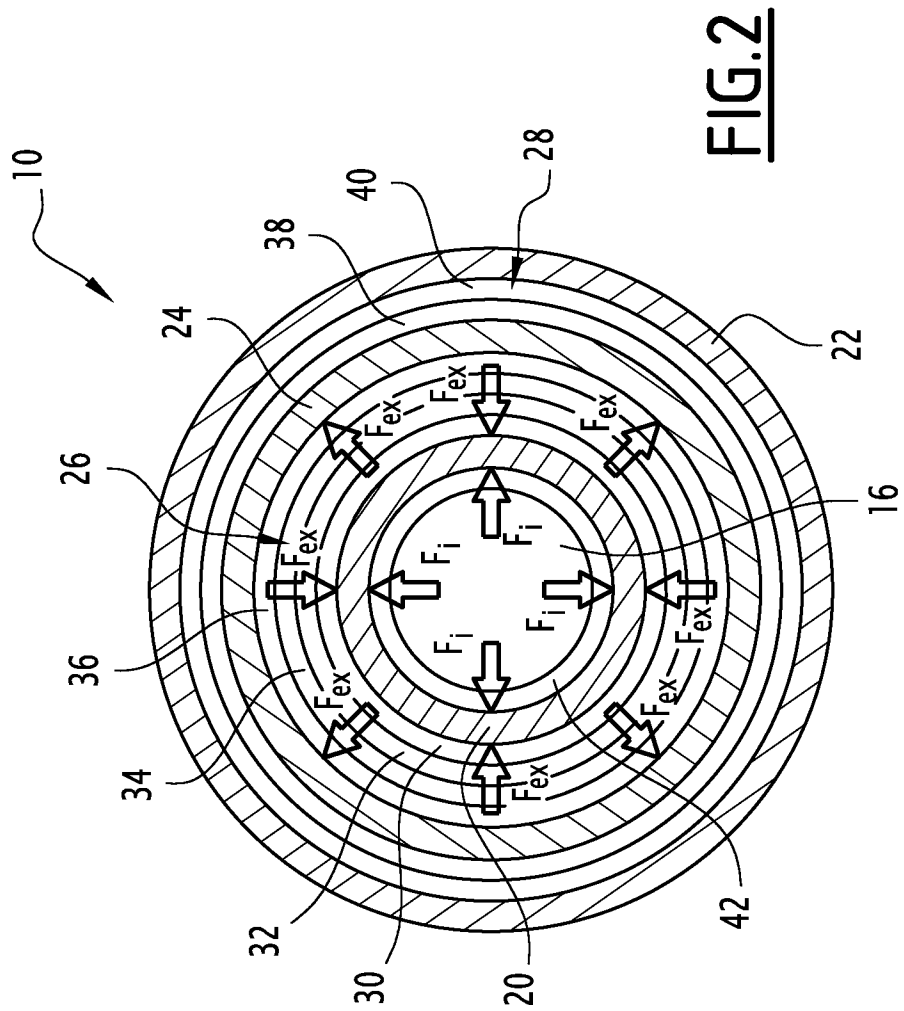
- disposition d'une gaine externe (22) de protection en polymère, à l'extérieur de la couche d'armures internes (34, 36) ;

- injection d'un fluide interne entre la gaine interne (20) et la gaine externe (22) ;

caractérisée en ce qu'il comporte l'interposition d'une gaine intermédiaire (24) en polymère, entre la gaine interne (20) et la gaine externe (22), la gaine intermédiaire (24) et la gaine interne (20) délimitant entre elles un espace annulaire interne (26) de réception du fluide interne,

- 5 le procédé comportant le confinement du fluide interne dans l'espace annulaire interne (26) à une pression supérieure à 50 bars.





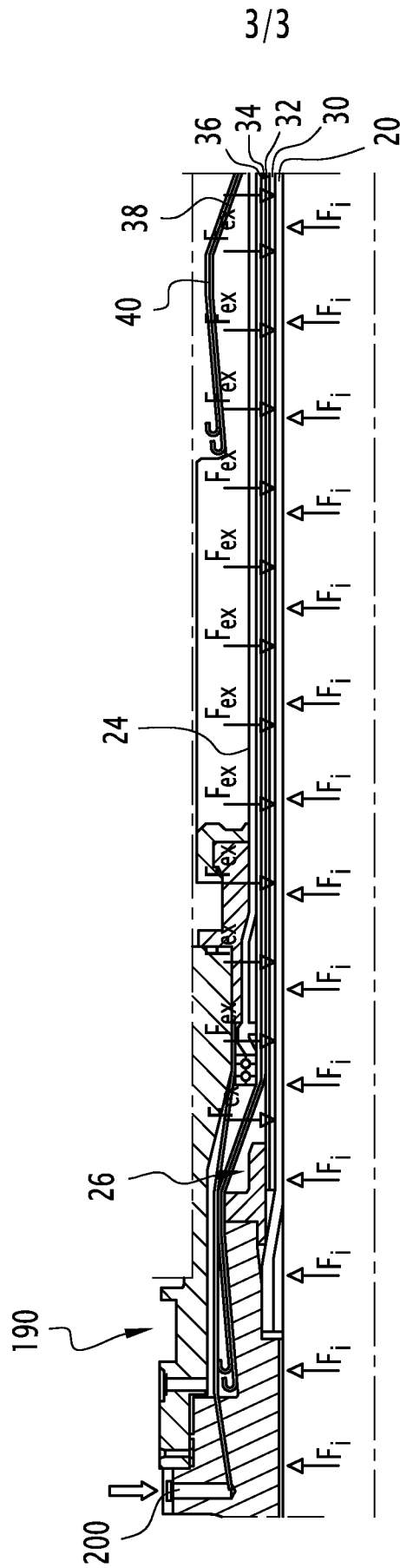


FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/060918

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F16L11/08 F16L33/01
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F16L E21B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 915 552 A1 (TECHNIP FRANCE [FR]) 31 October 2008 (2008-10-31) abstract; figure 1	1-15
A	----- WO 2011/026801 A1 (SHELL INT RESEARCH [NL]; OUT JOHANNES MARTINUS MARIA [NL]) 10 March 2011 (2011-03-10) cited in the application the whole document	1-15
A	----- FR 2 852 658 A1 (COFLEXIP [FR]) 24 September 2004 (2004-09-24) the whole document	1-15
A	----- EP 0 937 933 A1 (COFLEXIP [FR]) 25 August 1999 (1999-08-25) the whole document	1-15
	----- -/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 June 2014

Date of mailing of the international search report

25/06/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fromentel, Henri

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/060918

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2010/067092 A1 (WELLSTREAM INT LTD [GB]; CLEMENTS RICHARD ALASDAIR [GB]) 17 June 2010 (2010-06-17) the whole document -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/060918

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2915552	A1	31-10-2008	AU 2008257278 A1 04-12-2008
		CA 2684770 A1 04-12-2008	
		EA 200901454 A1 30-04-2010	
		FR 2915552 A1 31-10-2008	
		GB 2460601 A 09-12-2009	
		MY 145360 A 31-01-2012	
		US 2010084035 A1 08-04-2010	
		WO 2008145861 A2 04-12-2008	

WO 2011026801	A1	10-03-2011	NONE

FR 2852658	A1	24-09-2004	AT 343752 T 15-11-2006
		BR PI0408567 A 21-03-2006	
		CA 2519181 A1 07-10-2004	
		DK 1608904 T3 05-02-2007	
		EP 1608904 A1 28-12-2005	
		FR 2852658 A1 24-09-2004	
		OA 13043 A 10-11-2006	
		US 2006090808 A1 04-05-2006	
		WO 2004085900 A1 07-10-2004	

EP 0937933	A1	25-08-1999	AU 748029 B2 30-05-2002
		AU 9713398 A 02-09-1999	
		BR 9805612 A 09-11-1999	
		DK 0937933 T3 28-04-2003	
		EP 0937933 A1 25-08-1999	
		FR 2775051 A1 20-08-1999	
		OA 10947 A 27-02-2003	
		US 6053213 A 25-04-2000	

WO 2010067092	A1	17-06-2010	CN 102239355 A 09-11-2011
		EP 2356361 A1 17-08-2011	
		US 2011229271 A1 22-09-2011	
		WO 2010067092 A1 17-06-2010	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2014/060918

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F16L11/08 F16L33/01 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F16L E21B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 915 552 A1 (TECHNIP FRANCE [FR]) 31 octobre 2008 (2008-10-31) abrégé; figure 1	1-15
A	----- WO 2011/026801 A1 (SHELL INT RESEARCH [NL]; OUT JOHANNES MARTINUS MARIA [NL]) 10 mars 2011 (2011-03-10) cité dans la demande le document en entier	1-15
A	----- FR 2 852 658 A1 (COFLEXIP [FR]) 24 septembre 2004 (2004-09-24) le document en entier	1-15
A	----- EP 0 937 933 A1 (COFLEXIP [FR]) 25 août 1999 (1999-08-25) le document en entier ----- -/-	1-15
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 18 juin 2014		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 25/06/2014
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Fromentel, Henri

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 2010/067092 A1 (WELLSTREAM INT LTD [GB]; CLEMENTS RICHARD ALASDAIR [GB]) 17 juin 2010 (2010-06-17) le document en entier -----	1-15

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2014/060918

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2915552	A1	31-10-2008	AU 2008257278 A1	04-12-2008
			CA 2684770 A1	04-12-2008
			EA 200901454 A1	30-04-2010
			FR 2915552 A1	31-10-2008
			GB 2460601 A	09-12-2009
			MY 145360 A	31-01-2012
			US 2010084035 A1	08-04-2010
			WO 2008145861 A2	04-12-2008

WO 2011026801	A1	10-03-2011	AUCUN	

FR 2852658	A1	24-09-2004	AT 343752 T	15-11-2006
			BR PI0408567 A	21-03-2006
			CA 2519181 A1	07-10-2004
			DK 1608904 T3	05-02-2007
			EP 1608904 A1	28-12-2005
			FR 2852658 A1	24-09-2004
			OA 13043 A	10-11-2006
			US 2006090808 A1	04-05-2006
			WO 2004085900 A1	07-10-2004

EP 0937933	A1	25-08-1999	AU 748029 B2	30-05-2002
			AU 9713398 A	02-09-1999
			BR 9805612 A	09-11-1999
			DK 0937933 T3	28-04-2003
			EP 0937933 A1	25-08-1999
			FR 2775051 A1	20-08-1999
			OA 10947 A	27-02-2003
			US 6053213 A	25-04-2000

WO 2010067092	A1	17-06-2010	CN 102239355 A	09-11-2011
			EP 2356361 A1	17-08-2011
			US 2011229271 A1	22-09-2011
			WO 2010067092 A1	17-06-2010
