

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
24 mai 2018 (24.05.2018)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2018/091693 A1

(51) Classification internationale des brevets :
F16L 11/08 (2006.01) *E21B 17/01* (2006.01)
B32B 1/08 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2017/079681

(22) Date de dépôt international :
17 novembre 2017 (17.11.2017)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
16 61239 18 novembre 2016 (18.11.2016) FR

(71) Déposant : **TECHNIP FRANCE** [FR/FR] ; 6-8 Allée de l'Arche Faubourg de l'Arche ZAC Danton, 92400 COUR-BEVOIE (FR).

(72) Inventeurs : **DO, Anh-Tuan** ; 26 rue de Chatou, 95240 CORMEILLES EN PARISIS (FR). **ESTRIER, Pascal** ; 26 rue Durecu, 76600 LE HAVRE (FR). **PERREAU-SAUSSINE, Dominique** ; 137 rue de Paris, 92100 BOULOGNE (FR).

(74) Mandataire : **BLOT, Philippe** et al. ; Lavoix, 2, place d'Estienne d'Orves, 75441 PARIS CEDEX 09 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,

(54) Title: FLEXIBLE FLUID TRANSPORT PIPE, AND ASSOCIATED FACILITY AND METHOD

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

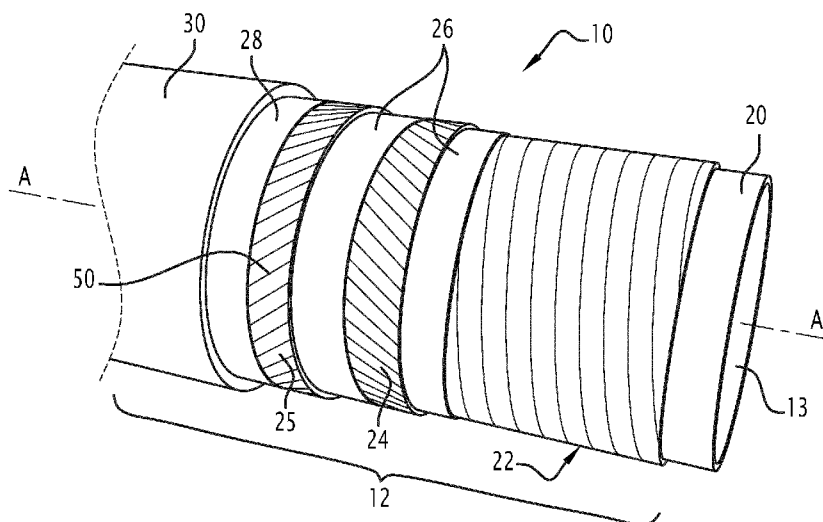


FIG.1

(57) **Abstract:** The pipe (10) comprises: - a tubular sheath (20) with a central axis (A-A') defining an internal fluid flow passage (13); - a tubular composite structure (22), applied to the tubular sheath (20) and linked to the tubular sheath (20), the tubular composite structure (22) comprising at least two laminated reinforcement layers, each reinforcement layer comprising a polymer matrix and reinforcement fibres; - at least one tensile armour ply (24, 25), not linked to the tubular composite structure (22), the tensile armour ply (24, 25) comprising at least one armour element (50) wound around the tubular composite structure (22); the tubular composite structure (22) comprises at least one anti-delamination layer interposed between two laminated reinforcement layers.

(57) **Abrégé :** Conduite flexible de transport de fluide, installation et procédé associés La conduite (10) comporte : - une gaine tubulaire

HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (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))

(20) d'axe central (A-A') définissant un passage (13) interne de circulation de fluide; - une structure composite tubulaire (22), appliquée sur la gaine tubulaire (20) et liée à la gaine tubulaire (20), la structure composite tubulaire (22) comportant au moins deux couches de renfort laminées, chaque couche de renfort comprenant une matrice en polymère et des fibres de renfort; - au moins une nappe d'armures de traction (24, 25), non liée à la structure composite tubulaire (22), la nappe d'armures de traction (24, 25) comprenant au moins un élément d'armure (50) enroulé autour de la structure composite tubulaire (22); La structure composite tubulaire (22) comporte au moins une couche anti- délamination interposée entre deux couches de renfort laminées.

Conduite flexible de transport de fluide, installation et procédé associés

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

- une gaine tubulaire d'axe central définissant un passage interne de circulation de fluide ;

- une structure composite tubulaire, appliquée sur la gaine tubulaire et liée à la gaine tubulaire, la structure composite tubulaire comportant au moins deux couches de renfort laminées, chaque couche de renfort comprenant une matrice en polymère et des fibres de renfort ;

- au moins une nappe d'armures de traction, non liée à la structure composite tubulaire, la nappe d'armures de traction comprenant au moins un élément d'armure enroulé autour de la structure composite tubulaire.

La conduite flexible est par exemple réalisée suivant les documents normatifs publiés par l'American Petroleum Institute (API), API 17J, 4^e édition Mai 2014 et API RP 17B, 5e édition – Mai 2014).

La conduite est généralement formée d'un ensemble de couches concentriques et superposées. Au sens de la présente invention, une couche est considérée comme « non liée » à une autre couche, dès lors qu'elle est apte à se déplacer longitudinalement par rapport aux couches adjacentes lors d'une flexion de la conduite. En particulier, une couche non liée est une couche dépourvue de matériau liant la raccordant aux couches adjacentes.

Les conduites flexibles du type précité sont utilisées notamment en mer profonde dans l'industrie pétrolière et gazière, et s'étendent généralement à travers une étendue d'eau entre un ensemble de surface et un ensemble de fond. Ces conduites peuvent également s'étendre entre deux ensembles de surface.

L'ensemble de fond est destiné à recueillir le fluide exploité dans le fond de l'étendue d'eau. L'ensemble de surface est généralement flottant. Il est destiné à collecter et à distribuer le fluide. L'ensemble de surface peut être une plateforme semi-submersible, un FPSO ou un autre ensemble flottant.

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

Dans certains cas, pour l'exploitation de fluides en eaux profondes, la conduite flexible présente une longueur supérieure à 800 m, voire supérieure à 1000 m ou à 2000 m pour des applications en eaux ultra-profondes.

Pour les grandes profondeurs, la pression hydrostatique s'appliquant à l'extérieur de la conduite devient critique lorsque la pression interne de la conduite diminue brusquement, par exemple lors d'un arrêt de production.

Dans ce cas, pour éviter l'écrasement (« collapse » en anglais) de la conduite sous l'effet de la différence de pression entre l'extérieur de la conduite et l'intérieur de la conduite, il est connu de placer dans la gaine tubulaire une carcasse interne. La carcasse interne est formée par exemple d'un feuillard métallique profilé, enroulé en spirale. Les spires du feuillard sont avantageusement agrafées les unes aux autres, ce qui permet de reprendre les efforts radiaux d'écrasement.

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

Une telle solution résout le problème de l'écrasement de la conduite, mais ne donne pas entière satisfaction, notamment aux grandes profondeurs.

En premier lieu, la présence d'une carcasse agrafée dans le passage de circulation de fluide crée des perturbations dans l'écoulement du fluide circulant dans le passage, qui peuvent conduire à des phénomènes indésirables. En outre, aux grandes profondeurs, les phénomènes de corrosion par fatigue deviennent très significatifs. La gaine tubulaire a par ailleurs tendance à fluer vers l'intérieur dans les dé joints de la carcasse.

Pour pallier ces problèmes, GB2504065 décrit une conduite flexible du type précité, comportant une structure composite de renfort appliquée autour de la gaine interne tubulaire et liée à celle-ci.

Cette structure composite de renfort remplace à la fois la voûte de pression disposée à l'extérieur de la gaine interne tubulaire et la carcasse disposée à l'intérieur de la gaine interne tubulaire.

Ceci allège la conduite, et résout partiellement les problèmes précités. Néanmoins, l'utilisation d'une telle structure pose d'autres problèmes. En particulier, la structure composite étant réalisée à partir d'un enroulement d'une bande présentant un angle d'enroulement élevé par rapport à l'axe de la conduite (de l'ordre de 90°), une délamination de la structure composite de renfort peut se produire, notamment lorsque la conduite évolue en statique et en dynamique et subit des déformations significatives, en particulier en flexion. Ceci augmente le rayon de courbure minimal de la conduite.

Ceci est le cas notamment lors de la pose, ou sous l'effet des mouvements de la conduite dans l'étendue d'eau.

Un but de l'invention est donc d'obtenir une conduite flexible de transport de fluide très adaptée aux grandes profondeurs, tout en présentant des performances mécaniques élevées, notamment en flexion.

A cet effet, l'invention a pour objet une conduite du type précité, caractérisée en ce que la structure composite tubulaire comporte au moins une couche anti-délamination interposée entre deux couches de renfort laminées.

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

- la ou chaque élément d'armure est enroulé en hélice autour de l'axe central avec un angle d'enroulement compris entre 25° et 45° ;

- la couche anti-délamination est formée à partir d'un film polymère, d'un film polymère imprégné de fibres et/ou de nanofibres, ou/et d'un mat de fibres pré-imprégnées avec un matériau polymère ;

- le matériau polymère de la couche anti-délamination est de même nature que le matériau polymère formant la matrice d'au moins une couche de renfort ;

- l'épaisseur de la ou de chaque couche anti-délamination est inférieure à 200 microns, et est notamment comprise entre 50 microns et 200 microns ;

- au moins une couche de renfort est formée à partir d'un enroulement hélicoïdal d'une bande composite suivant un premier angle d'enroulement autour de l'axe central, le premier angle d'enroulement étant compris entre 55° et 85°, notamment entre 60° et 80° ;

- une première couche de renfort est formée à partir d'un enroulement hélicoïdal d'une bande composite suivant un premier angle d'enroulement autour de l'axe central, la deuxième couche de renfort située à l'opposé de la première couche de renfort par rapport à la couche anti-délamination étant formée à partir d'un enroulement hélicoïdal d'une bande composite suivant un deuxième angle d'enroulement autour de l'axe central, opposé au premier angle d'enroulement autour de l'axe central ;

- la structure composite tubulaire comporte au moins trois couches de renfort laminées, et entre chaque paire de couches de renfort adjacentes, une couche anti-délamination ;

- la structure composite tubulaire comprend au moins trois couches de renfort laminées, une première couche de renfort et une deuxième couche de renfort étant au contact l'une de l'autre, la structure composite tubulaire comportant une couche anti-délamination interposée entre la deuxième couche de renfort et la troisième couche de renfort ;

- l'épaisseur de chaque couche de renfort est inférieure à 1 mm et est comprise notamment entre 0,1 mm et 1 mm ;

- une frette enroulée en spirale autour de la ou de chaque nappe d'armures de traction.

5 L'invention a également pour objet une installation d'exploitation de fluide à travers une étendue d'eau, comportant :

- un ensemble de fond ;

- un ensemble de surface ;

10 - une ligne de transport de fluide, raccordant l'ensemble de fond à l'ensemble de surface, la ligne comprenant un tronçon de fond de transport de fluide, s'appuyant sur le fond de l'étendue d'eau, un tronçon sensiblement vertical de colonne montante, et un tronçon intermédiaire courbé raccordant le tronçon de fond au tronçon sensiblement vertical, au moins un du tronçon de fond, du tronçon sensiblement vertical, et du tronçon intermédiaire étant formé d'une conduite flexible telle que définie plus haut.

15 L'installation selon l'invention peut comprendre la caractéristique suivante :

la ligne comprend un tronçon de tête formé d'une conduite flexible non liée.

L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une conduite flexible, comprenant les étapes suivantes :

20 - fourniture d'une gaine tubulaire d'axe central définissant un passage interne de circulation de fluide ;

- formation d'une structure composite tubulaire, appliquée sur la gaine tubulaire et liée à la gaine tubulaire, la structure composite tubulaire comportant au moins deux couches de renfort laminées, chaque couche de renfort comprenant une matrice en polymère et des fibres de renfort ;

25 - disposition, autour de la structure composite tubulaire, d'au moins une nappe d'armures de traction, non liée à la structure composite tubulaire, la ou chaque nappe d'armures de traction comprenant au moins un élément d'armure enroulé autour de la structure composite tubulaire ;

30 caractérisé en ce que la structure composite tubulaire comporte au moins une couche anti-délamination interposée entre deux couches de renfort laminées.

Le procédé selon l'invention peut comprendre la caractéristique suivante :

la formation de la structure composite tubulaire comprend les étapes suivantes :

35 - enroulement autour de la gaine tubulaire d'une bande composite comportant une matrice en polymère et des fibres de renfort, et chauffage de la bande composite enroulée pour former une première couche de renfort ;

- enroulement autour de la première couche de renfort, d'une bande d'un film polymère, d'un film polymère imprégné de fibres, ou/et d'un mat de fibres pré-imprégnées avec un matériau polymère, et chauffage de la bande de film polymère, de film polymère imprégné de fibres, ou/et de mat de fibres pré-imprégnées avec un matériau polymère pour former la couche anti-délamination, et pour l'assembler sur la première couche de renfort ;

- enroulement autour de la couche anti-délamination d'une bande composite comportant une matrice en polymère et des fibres de renfort, chauffage de la bande composite enroulée pour former une deuxième couche de renfort.

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

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

- la figure 2 est une vue schématique partielle, prise en coupe, d'une structure composite de renfort de la conduite de la figure 1 ;

- les figures 3 et 4 sont des vues partielles, partiellement en section, d'exemples de bandes composites destinées à former une couche de renfort de la structure composite de renfort de la figure 2 ;

- la figure 5 est une vue schématique, en perspective partielle, d'un poste de fabrication de la structure composite de renfort de la figure 2 ;

- la figure 6 est une vue d'un détail du poste de fabrication de la figure 5 ;

- la figure 7 est une vue analogue à la figure 2, pour une deuxième conduite flexible selon l'invention ;

- la figure 8 est une vue analogue à la figure 2, pour une troisième conduite flexible selon l'invention ;

- la figure 9 est une vue schématique d'une installation d'exploitation de fluide comportant une ligne de production formée au moins partiellement d'une conduite flexible selon l'invention.

Dans tout ce qui suit, les termes « extérieur » et « intérieur » s'entendent respectivement comme plus éloigné radialement de l'axe de la conduite flexible et comme plus proche radialement de l'axe de la conduite flexible.

Une première conduite flexible 10 selon l'invention est illustrée schématiquement par les figures 1 et 2.

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 visible)

En référence à la figure 1, la conduite 10 délimite un passage central 13 de circulation d'un fluide, avantageusement d'un fluide pétrolier. Le passage central 13 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.

La conduite flexible 10 est destinée à être disposée à travers une étendue d'eau 14 (visible sur la figure 9) dans une installation 15 d'exploitation de fluide, notamment d'hydrocarbures.

L'étendue d'eau 14 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 500 m et 4000 m.

L'installation d'exploitation de fluide 15 comporte un ensemble de surface 16, notamment flottant, et un ensemble de fond 17 qui sont généralement raccordés entre eux par une ligne 18 comprenant la conduite flexible 10.

En référence à la figure 1, la conduite flexible 10 est du type décrit 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 12 jusqu'aux embouts situés aux extrémités de la conduite.

La conduite 10 comporte au moins une gaine interne tubulaire 20 à base de matériau polymère constituant avantageusement une gaine de pression, et selon l'invention, une structure composite de renfort 22 appliquée autour de la gaine tubulaire 20 en étant liée à celle-ci.

La conduite 10 comporte en outre une pluralité de nappes d'armures de traction 24, 25 disposées extérieurement par rapport à la structure composite de renfort 22.

Avantageusement, et selon l'utilisation souhaitée, la conduite 10 comporte en outre des couches anti-usure 26, interposées entre la structure composite de renfort 22 et les nappes d'armures de traction 24, 25, ainsi qu'au sein des nappes d'armures de traction 24, 25. Elle comporte en outre avantageusement un ruban de renfort 28, enroulé autour des nappes d'armures de traction 24, 25 et une gaine externe 30, destinée à la protection de la conduite 10.

De manière connue, la gaine tubulaire 20 est destinée à confiner de manière étanche le fluide transporté dans le passage 13. Elle est formée en matériau polymère, de

préférence thermoplastique. Par exemple, le polymère formant la gaine tubulaire 20 est à base d'une polyoléfine telle 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).

En variante, la gaine tubulaire 20 est formée à base d'un polymère haute performance tel que le PEK (polyéthercétone), le PEEK (polyétheréthercétone), le PEEKK (polyétheréthercétonecétone), le PEKK (polyéthercétonecétone), le PEKEKK (polyéthercétoneéthercétonecétone), le PAI (polyamide-imide), le PEI (polyéther-imide), le PSU (polysulfone), le PPSU (polyphénylsulfone), le PES (polyéthersulfone), le PAS (polyarylsulfone), le PPE (polyphénylèneéther), le PPS (polysulfure de phénylène) les LCP (polymères à cristaux liquides), le PPA (polyphthalamide) et/ou leurs mélanges ou encore en mélange avec le PTFE (polytétrafluoroéthylène) ou le PFPE (perfluoropolyéther).

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

La gaine tubulaire 20 est formée d'un tube en matériau polymère, d'une bande en matériau polymère assemblé, ou d'un mat de polymère imprégné.

La conduite flexible 10 est dépourvue de carcasse interne, elle est désignée par le terme anglais « smooth bore ». La surface interne de la gaine tubulaire 20 délimite directement le passage central 13.

La structure composite de renfort 22 est appliquée directement sur la gaine tubulaire 20. Elle est assemblée sur la gaine tubulaire 20 pour former un ensemble lié avec la gaine tubulaire 20.

Selon l'invention, et comme illustré par la figure 2, la structure composite de renfort 22 comporte une pluralité de couches composites de renfort 32 à 36 laminées, et une couche anti-délamination 38 interposée entre au moins deux couches de renfort 32 à 36.

En référence à la figure 3, chaque couche composite de renfort 32 comporte une matrice en polymère 40 et des fibres de renfort 42 noyées dans la matrice 40.

De préférence, la matrice 40 est formée d'un polymère, notamment d'un polymère thermoplastique. Le polymère de la gaine est avantageusement de même nature que celui de la matrice 40. Par « de même nature », on entend au sens de la présente invention que le polymère de la gaine tubulaire 20 et le polymère de la matrice 40 sont propres à fondre et à former un mélange intime, sans séparation de phase, après refroidissement.

Par exemple, le polymère formant la matrice 40 est à base d'une polyoléfine telle 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)

En variante, la matrice 40 est formée à base d'un polymère haute performance tel que le PEK (polyéthercétone), le PEEK (polyétheréthercétone), le PEEKK (polyétheréthercétonecétone), le PEKK (polyéthercétonecétone), le PEKEKK (polyéthercétoneéthercétonecétone), le PAI (polyamide-imide), le PEI (polyéther-imide), le PSU (polysulfone), le PPSU (polyphénylsulfone), le PES (polyéthersulfone), le PAS (polyarylsulfone), le PPE (polyphénylèneéther), le PPS (polysulfure de phénylène) les LCP (polymères à cristaux liquides), le PPA (polyphthalamide) et/ou leurs mélanges ou encore en mélange avec le PTFE (polytétrafluoroéthylène) ou le PFPE (perfluoropolyéther).

Les fibres de renfort 42 sont par exemple des fibres de carbone, des fibres de verre, des fibres d'aramide, ou/et des fibres de basalte.

Les fibres de renfort 42 présentent généralement une résistance à la traction maximale supérieure à 2 GPa, avantageusement supérieure à 3 GPa et comprise par exemple entre 3 GPa et 6 GPa, telle que mesurée par la Norme ASTM D885M - 10A(2014)e1.

Elles présentent un module de traction supérieure à 50 GPa, compris par exemple entre 70 GPa et 500 GPa, notamment entre 50 GPa et 100 GPa pour les fibres de verre, entre 100 GPa et 500 GPa pour les fibres de carbone et entre 50 GPa et 200 GPa pour les fibres d'aramide, tel que mesurée par la Norme ASTM D885M - 10A(2014)e1.

La densité des fibres de renfort 42 est généralement comprise entre 1,4 g/cm³ et 3,0 g/cm³.

Les fibres de renfort 42 sont par exemple agencées de manière unidirectionnelle dans la matrice 40, comme visible sur la figure 3. Elles sont alors parallèles les unes aux autres. En variante, les fibres de renfort 42 sont croisées suivant deux directions orthogonales, comme visible sur la figure 4, ou encore sont disposées de manière aléatoire dans la matrice (non représenté).

La longueur des fibres de renfort 42 dans chaque couche composite 32 à 36 est supérieure à 300 m, et est notamment comprise entre 300 m et 4500 m.

Le diamètre des fibres composites est par exemple inférieur à 100 microns, et est notamment compris entre 4 microns et 10 microns.

De préférence, chaque couche composite 32 à 36 de renfort est formée d'un enroulement d'au moins une bande composite 44 présentant plusieurs couches de fibres 42 noyées dans une matrice 40 allongée, de longueur supérieure à au moins 10 fois sa largeur et à au moins 10 fois son épaisseur.

Par exemple, la longueur de chaque bande composite 34 est supérieure à 100 m et est comprise entre 100 m et 4500 m. La largeur de chaque bande composite 44 est

comprise entre 6 mm et 50 mm. L'épaisseur de chaque bande composite 44 est comprise entre 0,1 mm et 1 mm.

Chaque bande composite 44 présente ainsi un module de traction supérieur à 10 MPa, notamment compris entre 30 MPa et 200 MPa, tel que mesuré par la Norme NF EN 2561, Janvier 1996, une elongation à la rupture supérieure à 1 %, notamment comprise entre 1 % et 5%, telle que mesurée par la Norme NF EN 2561, Janvier 1996, et une résistance à la traction maximale supérieure à 100 MPa, et notamment comprise entre 350 MPa et 3500 MPa telle que mesurée par la Norme NF EN 2561, Janvier 1996.

Lors de la réalisation de chaque couche de renfort 32 à 36, la ou chaque bande composite 44 est enroulée autour de l'axe A-A' de la gaine tubulaire 20, et est chauffée pour provoquer la fusion partielle de la matrice 40, et la liaison avec les spires successives de la bande composite 44, et/ou avec les couches adjacentes qui peuvent être d'autres couches de renfort 32 à 36, des couches anti-délamination 38 ou la gaine tubulaire 20.

La valeur absolue de l'angle d'enroulement β de chaque bande composite 44 par rapport à l'axe A-A' de la conduite 10 est par exemple comprise entre 60° et 90°. Ceci assure une elongation du composite sous l'effet de la pression interne, et une coopération adéquate avec les nappes d'armures 24, 25.

L'épaisseur de chaque couche composite 32 à 36 est généralement comprise entre 0,10 mm et 0,30 mm, par exemple entre 0,12 mm et 0,17 mm, ou entre 0,22 mm et 0,27 mm.

Selon l'invention, la couche anti-délamination 38 est formée à partir d'un film polymère, d'un film polymère imprégné de fibres, de nanofibres, ou/et d'un mat de fibres pré-imprégnées avec un matériau polymère.

Le matériau polymère de la couche anti-délamination 38 est de même nature que le matériau polymère formant la matrice d'au moins une couche de renfort 32 à 36.

Par « de même nature », on entend au sens de la présente invention que le polymère de la couche anti-délamination 38 et le polymère de la matrice 40 sont propres à fondre et à former un mélange intime, sans séparation de phase, après refroidissement. Avantageusement, le polymère de la couche anti-délamination 38 et le polymère de la matrice 40 sont identiques.

Par exemple, le polymère de la couche anti-délamination 38 est à base d'une polyoléfine telle 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).

En variante, le polymère de la couche anti-délamination 38 est formée à base d'un polymère haute performance tel que le PEK (polyéthercétone), le PEEK

(polyétheréthercétone), le PEEKK (polyétheréthercétonecétone), le PEKK (polyéthercétonecétone), le PEKEKK (polyéthercétoneéthercétonecétone), le PAI (polyamide-imide), le PEI (polyéther-imide), le PSU (polysulfone), le PPSU (polyphénylsulfone), le PES (polyéthersulfone), le PAS (polyarylsulfone), le PPE (polyphénylèneéther), le PPS (polysulfure de phénylène) les LCP (polymères à cristaux liquides), le PPA (polyphthalamide) et/ou leurs mélanges ou encore en mélange avec le PTFE (polytétrafluoroéthylène) ou le PFPE (perfluoropolyéther).

L'épaisseur de la ou de chaque couche anti-délamination est inférieure à 200 microns, et est notamment comprise entre 50 microns et 200 microns.

Les fibres de la couche anti-délamination 38 sont de préférence des fibres coupées ou des fibres courtes. La longueur maximale des fibres coupées et des fibres courtes est inférieure à 10 mm et est comprise entre 0,25 mm et 6 mm. Leur diamètre est avantageusement compris entre 12 microns et 190 microns.

Les fibres de la couche anti-délamination, lorsqu'elles sont présentes, sont par exemple des fibres de carbone, des fibres de verre, des fibres d'aramide, ou/et des fibres de basalte.

Les nanofibres de la couche anti-délamination 38 sont par exemple des nanofibres de carbone. Elles sont formées à base de nanotubes, notamment de nanotubes multifeuillets (MWNT). Elles possèdent un diamètre compris entre 8 nm et 50 nm et une longueur comprise entre 1 μ m et 50 μ m.

Chaque couche anti-délamination 38 présente avantageusement un module de traction supérieur à 3GPa à la fois dans le sens longitudinal et dans le sens transverse, et compris entre 3 GPa et 4 GPa, tel que mesuré par la Norme précitée.

Elle présente une résistance en traction maximale supérieure à 80 MPa est comprise notamment entre 90 MPa et 120 MPa dans le sens longitudinal, et entre 110 MPa et 130 MPa dans le sens transverse, telle que mesurée par la Norme précitée.

Chaque couche anti-délamination 38 présente avantageusement un module de compression supérieur à 3GPa à la fois dans le sens longitudinal et dans le sens transverse, et compris entre 3 GPa et 4 GPa, tel que mesurée par la Norme ASTM D638-14.

Chaque couche anti-délamination 38 présente un module de cisaillement supérieur à 1 GPa, est compris notamment entre 1,2 GPa et 1,6 GPa, tel que mesuré par la Norme ASTM D732-10.

Elle présente une résistance en cisaillement maximal supérieur à 60 MPa est comprise notamment entre 70 MPa et 90 MPa, telle que mesurée par la Norme ASTM D732-10.

Un exemple de film susceptible de former la couche anti-délamination 38 est le film Keta Spire® KT-820 commercialisé par la société Solvay.

Dans l'exemple représenté sur la figure 2, au moins une couche anti-délamination 38 est interposée entre chaque paire de couches de renfort adjacentes 32, 34 ; 34, 36.

5 Les bandes composites 44 d'une première couche de renfort 32 sont enroulées suivant un angle opposé par rapport aux bandes composites 44 d'une deuxième couche de renfort 34 située à l'opposé de la première couche de renfort 32 par rapport à une couche anti-délamination 38.

10 Ainsi, si l'angle d'enroulement β des bandes composites 44 d'une première couche de renfort 32 par rapport à l'axe A-A' de la conduite 10 est égal à $+\beta$, β étant compris entre 60° et 80° , l'angle d'enroulement des bandes composites 44 d'une deuxième couche de renfort 34 par rapport à l'axe A-A', la deuxième couche de renfort 34 étant située à l'opposé de la première couche de renfort 32 par rapport à une couche anti-délamination 38 est par exemple de $-\beta$, avec β compris entre 60° et 80° .

15 Le nombre de couches de renfort 34 à 36 est par exemple compris entre 6 et 50, le nombre de couches anti-délamination 38 est compris entre 5 et 49, chaque couche anti-délamination 38 étant disposée entre deux couches de renfort 34 à 36 adjacentes.

20 Dans l'exemple représenté sur la figure 1, la conduite flexible 10 comporte une nappe d'armures interne 24, et une nappe d'armures externe 25 autour de laquelle est disposée la gaine extérieure 30.

Chaque nappe d'armures 24, 25 comporte des éléments d'armure 50 longitudinaux enroulés à pas long autour de l'axe A-A' de la conduite.

Par « enroulé à pas long », on entend que la valeur absolue par rapport à l'axe A-A' de l'angle d'hélice est inférieure à 50° , et est typiquement comprise entre 25° et 45° .

25 Les éléments d'armure 50 d'une première nappe 24 sont enroulés généralement suivant un angle opposé par rapport aux éléments d'armure 50 d'une deuxième nappe 25. Ainsi, si l'angle d'enroulement par rapport à l'axe A-A' des éléments d'armure 50 de la première nappe 24 est égal à $+\alpha$, α étant compris entre 25° et 45° , l'angle d'enroulement par rapport à l'axe A-A' des éléments d'armure 50 de la deuxième nappe 25 disposée au contact de la première nappe 24 est par exemple de $-\alpha$, avec α compris entre 25° et 45° .

30 Les éléments d'armure 50 sont par exemple formés par des fils métalliques. En variante, les éléments d'armure 50 sont formés par des fils ou rubans plats en composite renforcés avec des fibres de carbone.

35 La combinaison d'un angle β d'enroulement des bandes composites 44 compris entre 55° et 85° , de préférence entre 60 et 80° , avec un angle α d'enroulement des

éléments d'armure 50 compris entre 25° et 45°, empêche l'élongation de la structure composite 22 par effet de compensation produit par les nappes d'armures 24, 25.

La combinaison optimale entre les angles α , β d'enroulement réduit drastiquement les contraintes dans l'ensemble tubulaire formé par la gaine interne 20 et la structure composite de renfort 22, et donc l'épaisseur nécessaire pour résister aux efforts de flexion, de pression interne ou/et d'écrasement (« collapse »).

En outre, grâce à la raideur axiale de la structure composite de renfort 22, les nappes d'armures de traction 24, 25 résistent mieux à la compression axiale sous les conditions de pression externe du grand fond.

En outre, l'angle α d'enroulement des éléments d'armure 50 compris entre 25° et 45°, pris en combinaison avec l'angle β d'enroulement des bandes composites 44 compris entre 60° et 80 ° autorise une compression de la structure composite de renfort 22, réduisant le rayon de courbure minimal (« minimal bending radius » ou « MBR » en anglais).

La déformation admissible en traction à l'extrados de l'ensemble tubulaire formé par la gaine interne 20 et la structure composite de renfort 22 est supérieure à 1%. Cette déformation induit le rayon d'enroulement compatible avec la plupart des équipements de fabrication et de pose.

La gaine externe 30 est destinée à empêcher la perméation de fluide depuis l'extérieur de la conduite flexible 10 vers l'intérieur. Elle est avantageusement réalisée en matériau polymère, notamment à base d'une polyoléfine, telle 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 30 est par exemple comprise entre 5 mm et 15 mm.

Chaque couche anti-usure 26 est formée par exemple de PA (polyamide), PE (polyéthylène), PVDF (polyfluorure de vinylidène), PEEK (polyétheréthercétone), PEKK (polyéthercétonecétone). Une couche anti-usure 26 est disposée entre la structure composite 22 et la première nappe d'armures de traction 24. Une autre couche anti-usure 26 est placée entre chaque paire de nappe d'armures 24, 25, avantageusement comme indiqué dans la Norme API 17J précitée.

Le ruban de renfort 28 est formé par exemple d'une couche anti-flambement de résistance élevée. Cette couche est par exemple en aramide. Le ruban est enroulé autour de la nappe d'armures 25 située la plus à l'extérieur, entre la nappe d'armures 25 et la gaine externe 30, avantageusement comme indiqué dans la Norme API 17J précitée.

La structure composite 22 de la conduite flexible 10 est fabriquée de préférence dans un poste de fabrication 60, après formation de la gaine tubulaire 20, comme représenté sur les figures 5 et 6.

5 Le poste de fabrication 60 comprend un plateau tournant 62 définissant un orifice central 64 de passage de la gaine tubulaire 20 et une pluralité de dérouleurs 66, 68, portés par le plateau tournant 62.

Chaque dérouleur 66, 68 est propre à dérouler respectivement des bandes composites 44 destinées à former chaque couche de renfort 32 à 36 et des bandes intermédiaires, destinées à former la couche anti-délamination 38.

10 Chaque dérouleur 66, 68 comporte une bobine 70 sur laquelle est enroulée une bande, un organe 72 de guidage et d'application de la bande sur la gaine tubulaire 20 ou sur une couche formée autour de la gaine tubulaire 20, et un appareil de chauffage 74.

L'organe 72 de guidage et d'application comprend ici un galet d'application 73. L'appareil de chauffage comprend ici un laser de soudure.

15 Un procédé de fabrication de la conduite flexible 10 selon l'invention va maintenant être décrit.

Initialement, la gaine tubulaire 20 est formée, par exemple par extrusion. La gaine 20 est amenée dans le poste de fabrication 60 et est déplacée en translation à travers l'ouverture centrale 64.

20 Le plateau 62 est entraîné en rotation autour de l'axe de translation de la gaine 20. Chaque bande composite 44 et chaque bande intermédiaire sont déroulées successivement des bobines 70 et sont amenées au contact de la gaine 20 ou d'une couche formée autour de la gaine 20 à l'aide de l'organe de guidage et d'application 72.

25 Une fois en contact, chaque bande composite 44 et chaque bande intermédiaire est enroulée suivant un angle d'enroulement choisi autour de la gaine 20 ou de la couche formée autour de la gaine 20 et est liée à cette couche par fusion engendrée par l'appareil de chauffage 74.

30 Ainsi, la couche de renfort 32 la plus à l'intérieur est appliquée sur la gaine tubulaire 20 et est liée à la gaine tubulaire 20. Les couches de renfort successives 32 à 36 sont formées et sont liées entre elles, en alternance avec les couches anti-délamination 38.

Chaque couche anti-délamination 38 est interposée entre deux couches de renfort 32 à 36 et est liée à chacune de ces deux couches de renfort 32 à 36.

35 Les bandes composites 44 d'une même couche de renfort 32 à 36 sont liées les unes aux autres par leurs bords latéraux, formant une couche continue.

De même, les bandes intermédiaires d'une même couche anti-délamination 38 sont liées les unes aux autres par leurs bords latéraux, formant une couche continue.

La structure composite 22 est ainsi formée.

Puis, les éléments d'armure 50 des nappes d'armures de traction 24, 25 sont enroulés autour de la structure composite de renfort 22, de manière non liée avec la structure composite de renfort 22. Avantageusement une couche anti-usure 26 est interposée entre la structure composite 22 et la première nappe d'armures de traction 24, et entre chaque paire de nappes d'armures de traction 24, 25.

Puis, un ruban de renfort 28 est enroulé autour de la nappe d'armures de traction 25 la plus à l'extérieur.

La gaine externe 30 est ensuite formée autour des nappes d'armures de traction 24, 25, de manière non liée avec les nappes d'armures 24, 25.

Avantageusement, toutes les couches situées à l'extérieur de la structure composite de renfort 22 sont non liées.

Ainsi, une conduite flexible 10 présentant un passage central 13 dégagé et lisse est fabriquée par le procédé selon l'invention. Cette conduite flexible est de type « smooth bore », ce qui évite les perturbations sur l'écoulement du fluide traversant le passage central 13. La conduite flexible 10 est particulièrement légère, puisqu'elle est dépourvue de carcasse interne métallique et de voûte de pression, grâce à la présence de la structure composite de renfort 22 liée à la gaine tubulaire 20.

Ceci fournit une bonne résistance à l'écrasement de la conduite 10, notamment aux très grandes profondeurs. En outre, la conduite 10 ne présente pas de problèmes de corrosion sous contrainte notamment en présence de sulfure d'hydrogène. Elle présente une bonne résistance en température, et un diamètre externe plus faible pour des résistances comparables. Le diamètre de pose des nappes d'armures 24, 25 est également plus faible, ce qui limite les effets de flambement latéral.

La présence de couches anti-délamination 38 placées régulièrement entre des couches de renfort 32 à 36 garantit une excellente tenue mécanique de la conduite 10 et de très bonnes propriétés de résistance mécanique de la structure composite 22. En particulier, une réduction significative du rayon de courbure minimal est obtenue.

La couche anti-délamination 38 est solidarisée avec des couches de renfort 32 à 36 en composite par fusion grâce à sa compatibilité moléculaire assurant ainsi la transmission des charges (ou des contraintes) d'une couche de renfort 32 à 36 à l'autre grâce à ses propriétés mécaniques en contrainte et grâce à ses déformations en traction et cisaillement. Ainsi, les couches de renfort 32 à 36 en composite encaissent des charges jusqu'à leur rupture complète.

Par ailleurs, grâce aux couches anti-délamination 38, l'ensemble tubulaire formé par la gaine interne 20 et la structure composite de renfort 22 reste parfaitement étanche même si la gaine interne est endommagée ou/et même si la résine matricielle des couches de renfort 32 à 36 est microfissurée

5 La structure composite 22 d'une deuxième conduite flexible 10 selon l'invention est illustrée par la figure 7. A la différence de la conduite 10 illustrée par la figure 2, la structure de renfort 22 comporte une première couche de renfort 32 formée d'un enroulement de bandes composites 44 orientées suivant un angle $+\beta$, une couche anti-délamination 38, une deuxième couche de renfort 34 formée d'un enroulement de bandes
10 composites 44 orientées suivant un angle $-\beta$, une couche anti-délamination 38, et une troisième couche de renfort 36 formée d'un enroulement de bandes composites 44 orientées suivant le même angle $-\beta$ que la deuxième couche de renfort 32.

La structure composite 22 d'une troisième conduite flexible 10 selon l'invention est illustrée par la figure 8. A la différence de la conduite 10 illustrée par la figure 2, la
15 structure de renfort 22 comporte une succession de paires de couches de renfort 32, 34, avec des angles opposés d'enroulement de bandes composite d'angles $+\beta$; $-\beta$ appliquées directement l'une sur l'autre. Une couche anti-délamination 38 est appliquée entre deux paires successives de couches de renfort 32, 34 appliquées l'une sur l'autre.

L'orientation angulaire des paires de couches de renfort 32, 34 est par exemple
20 identique d'une paire de couches de renfort 32, 34 à l'autre (par exemple $+\beta$; $-\beta$), ou varie d'une paire de couches de renfort à l'autre (par exemple alternance $+\beta$; $-\beta$ et $-\beta$; $+\beta$).

Dans une variante (non représentée), une frette formée d'un fil métallique enroulé à pas court, c'est-à-dire avec un angle d'enroulement compris entre 80° et 90° , remplace le ruban de renfort 28.

25 Dans une variante (non représentée), au moins une fibre optique est disposée dans une couche de renfort 32 à 34 pour transporter des informations, et/ou pour effectuer de la détection de température et/ou de contraintes.

Dans une autre variante, illustrée par la figure 9, l'installation 15 comporte, depuis l'ensemble de surface 16 vers l'ensemble de fond 17 une ligne flexible 18 comportant un
30 tronçon de tête 80, un tronçon de colonne montante verticale 82, un tronçon intermédiaire courbé 84, et un tronçon de fond 86 disposé sur le fond de l'étendue d'eau 14.

Dans cet exemple, le tronçon de colonne montante verticale 82, le tronçon intermédiaire courbé 84 et le tronçon de fond 86 sont formés de conduites 10 selon l'invention.

35 Au contraire, le tronçon de tête 80 est formé d'une conduite flexible non liée dépourvue de structure composite de renfort 22. Dans le tronçon de tête 80, la structure

16

composite 22 est remplacée par une carcasse disposée dans la gaine interne tubulaire 20, et par une voûte de pression enroulée autour de la gaine tubulaire 20.

Le tronçon de colonne montante verticale 82 est formé d'une conduite flexible 10 tel qu'illustrée sur la figure 1.

5 Le tronçon intermédiaire courbé 84 diffère du tronçon de colonne montante verticale 82 en ce que la conduite 10 selon l'invention comporte quatre nappes d'armures successives séparées par des couches anti-usure 26.

Le tronçon de fond 86 diffère du tronçon de colonne montante 82 en ce qu'il est dépourvu de couches anti-usure 26.

10

15

REVENDICATIONS

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

5 - une gaine tubulaire (20) d'axe central (A-A') définissant un passage (13) interne de circulation de fluide ;

 - une structure composite tubulaire (22), appliquée sur la gaine tubulaire (20) et liée à la gaine tubulaire (20), la structure composite tubulaire (22) comportant au moins deux couches de renfort (32 à 36) laminées, chaque couche de renfort (32 à 36) comprenant une matrice (40) en polymère et des fibres de renfort (42) ;

10 - au moins une nappe d'armures de traction (24, 25), non liée à la structure composite tubulaire (22), la nappe d'armures de traction (24, 25) comprenant au moins un élément d'armure (50) enroulé autour de la structure composite tubulaire (22) ;

 caractérisée en ce que la structure composite tubulaire (22) comporte au moins une couche anti-délamination (38) interposée entre deux couches de renfort (32 à 36) laminées.

2. - Conduite (10) selon la revendication 1, dans laquelle la ou chaque élément d'armure (50) est enroulé en hélice autour de l'axe central (A-A') avec un angle d'enroulement (α) compris entre 25° et 45°.

3. - Conduite (10) selon l'une des revendications 1 ou 2, dans laquelle la couche anti-délamination (38) est formée à partir d'un film polymère, d'un film polymère imprégné de fibres et/ou de nanofibres, ou/et d'un mat de fibres pré-imprégnées avec un matériau polymère.

4. - Conduite (10) selon la revendication 3, dans laquelle le matériau polymère de la couche anti-délamination (38) est de même nature que le matériau polymère formant la matrice (40) d'au moins une couche de renfort (32 à 36).

5.- Conduite (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle l'épaisseur de la ou de chaque couche anti-délamination (38) est inférieure à 200 microns, et est notamment comprise entre 50 microns et 200 microns.

6. - Conduite (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle au moins une couche de renfort (32 à 36) est formée à partir d'un enroulement hélicoïdal d'une bande composite (44) suivant un premier angle d'enroulement (β) autour de l'axe central (A-A'), le premier angle d'enroulement (β) étant compris entre 55° et 85°, notamment entre 60° et 80°.

7. - Conduite (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle une première couche de renfort (32 à 36) est formée à partir d'un enroulement hélicoïdal d'une bande composite (44) suivant un premier angle d'enroulement ($+\beta$)

autour de l'axe central (A-A'), la deuxième couche de renfort (32 à 36) située à l'opposé de la première couche de renfort (32 à 36) par rapport à la couche anti-délamination (38) étant formée à partir d'un enroulement hélicoïdal d'une bande composite (44) suivant un deuxième angle d'enroulement ($-\beta$) autour de l'axe central (A-A'), opposé au premier angle d'enroulement ($+\beta$) autour de l'axe central (A-A').

8. - Conduite (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la structure composite tubulaire (22) comporte au moins trois couches de renfort (32 à 36) laminées, et entre chaque paire de couches de renfort (32 à 36) adjacentes, une couche anti-délamination (38).

9. - Conduite (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la structure composite tubulaire (22) comprend au moins trois couches de renfort (32 à 36) laminées, une première couche de renfort (32 à 36) et une deuxième couche de renfort (32 à 36) étant au contact l'une de l'autre, la structure composite tubulaire (22) comportant une couche anti-délamination (38) interposée entre la deuxième couche de renfort (32 à 36) et la troisième couche de renfort (32 à 36).

10. - Conduite (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle l'épaisseur de chaque couche de renfort (32 à 36) est inférieure à 1 mm et est comprise notamment entre 0,1 mm et 1 mm.

11. - Conduite (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant une frette enroulée en spirale autour de la ou de chaque nappe d'armures de traction (24, 25).

12. - Installation (15) d'exploitation de fluide à travers une étendue d'eau (14), comportant :

- un ensemble de fond (17) ;

- un ensemble de surface (16) ;

- une ligne (18) de transport de fluide, raccordant l'ensemble de fond (17) à l'ensemble de surface (16), la ligne (18) comprenant un tronçon de fond (86) de transport de fluide, s'appuyant sur le fond de l'étendue d'eau (14), un tronçon sensiblement vertical (82) de colonne montante, et un tronçon intermédiaire (84) courbé raccordant le tronçon de fond (86) au tronçon sensiblement vertical (82), au moins un du tronçon de fond (86), du tronçon sensiblement vertical (82), et du tronçon intermédiaire (84) étant formé d'une conduite flexible (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

13.- Installation (15) selon la revendication 12, dans laquelle la ligne (18) comprend un tronçon de tête (80) formé d'une conduite flexible non liée.

14. - Procédé de fabrication d'une conduite flexible (10), comprenant les étapes suivantes :

- fourniture d'une gaine tubulaire (20) d'axe central (A-A') définissant un passage (13) interne de circulation de fluide ;

- formation d'une structure composite tubulaire (22), appliquée sur la gaine tubulaire (20) et liée à la gaine tubulaire (20), la structure composite tubulaire (22) comportant au moins deux couches de renfort (32 à 36) laminées, chaque couche de renfort (32 à 36) comprenant une matrice (40) en polymère et des fibres de renfort (42) ;

- disposition, autour de la structure composite tubulaire (22), d'au moins une nappe d'armures de traction (24, 25), non liée à la structure composite tubulaire (22), la ou chaque nappe d'armures de traction (24, 25) comprenant au moins un élément d'armure (50) enroulé autour de la structure composite tubulaire (22) ;

caractérisé en ce que la structure composite tubulaire (22) comporte au moins une couche anti-délamination (38) interposée entre deux couches de renfort (32 à 36) laminées.

15. - Procédé selon la revendication 14, dans lequel la formation de la structure composite tubulaire (22) comprend les étapes suivantes :

- enroulement autour de la gaine tubulaire (20) d'une bande composite (44) comportant une matrice (40) en polymère et des fibres de renfort (42), et chauffage de la bande composite (44) enroulée pour former une première couche de renfort (32 à 36) ;

- enroulement autour de la première couche de renfort (32 à 36), d'une bande d'un film polymère, d'un film polymère imprégné de fibres, ou/et d'un mat de fibres pré-imprégnées avec un matériau polymère, et chauffage de la bande de film polymère, de film polymère imprégné de fibres, ou/et de mat de fibres pré-imprégnées avec un matériau polymère pour former la couche anti-délamination (38), et pour l'assembler sur la première couche de renfort (32 à 36) ;

- enroulement autour de la couche anti-délamination (38) d'une bande composite (44) comportant une matrice (40) en polymère et des fibres de renfort (42), chauffage de la bande composite (44) enroulée pour former une deuxième couche de renfort (32 à 36).

1/3

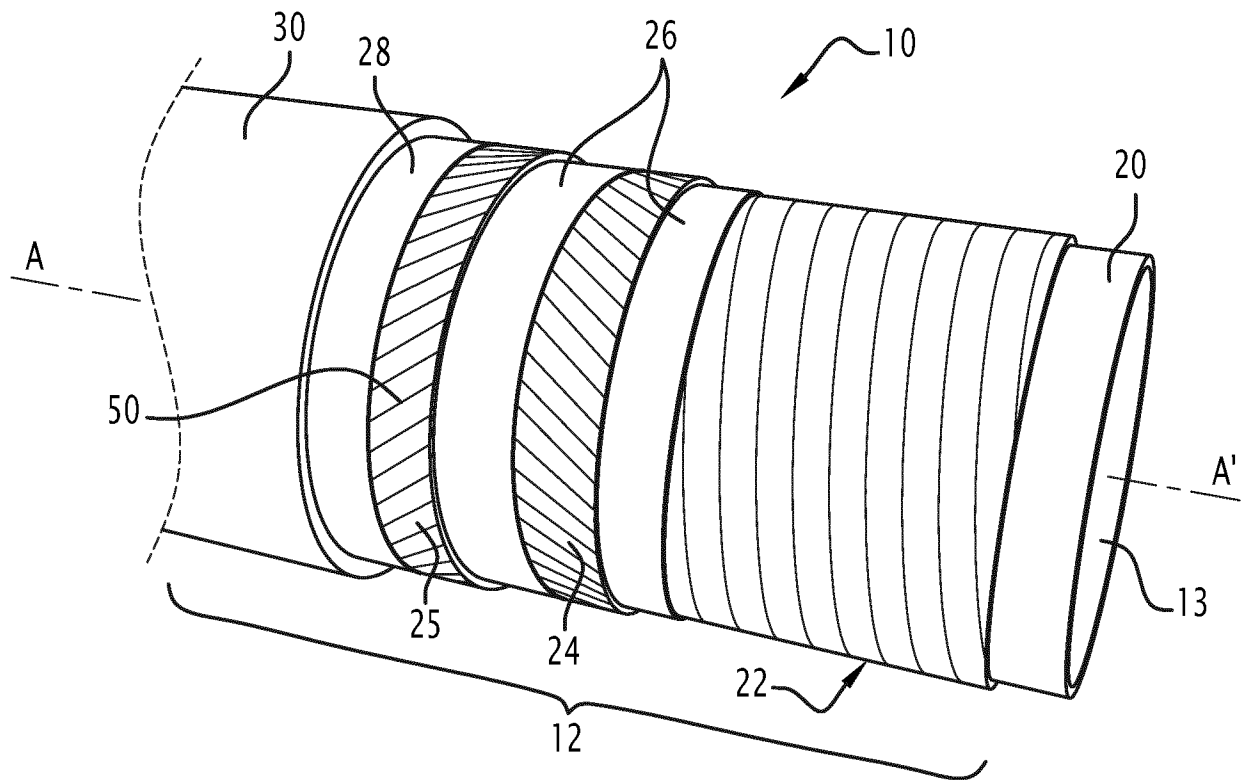


FIG.1

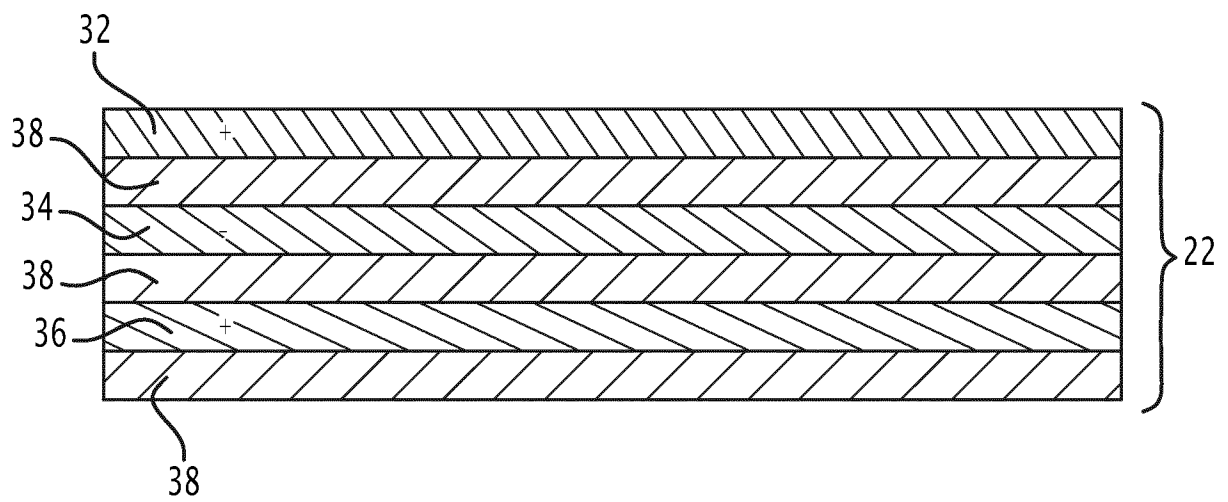


FIG.2

2/3

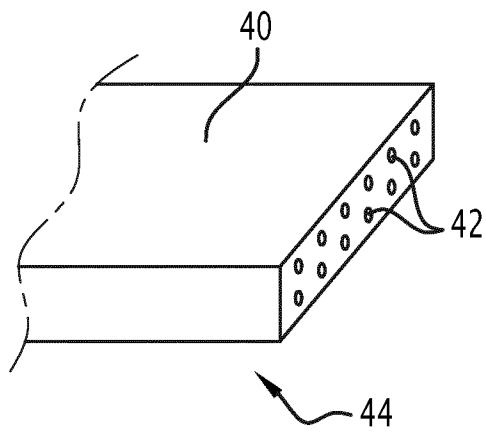


FIG. 3

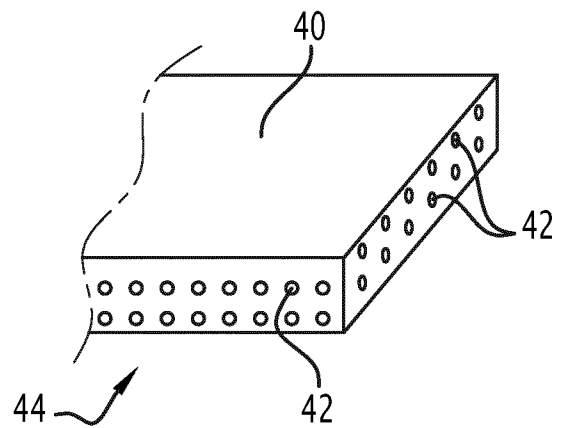


FIG. 4

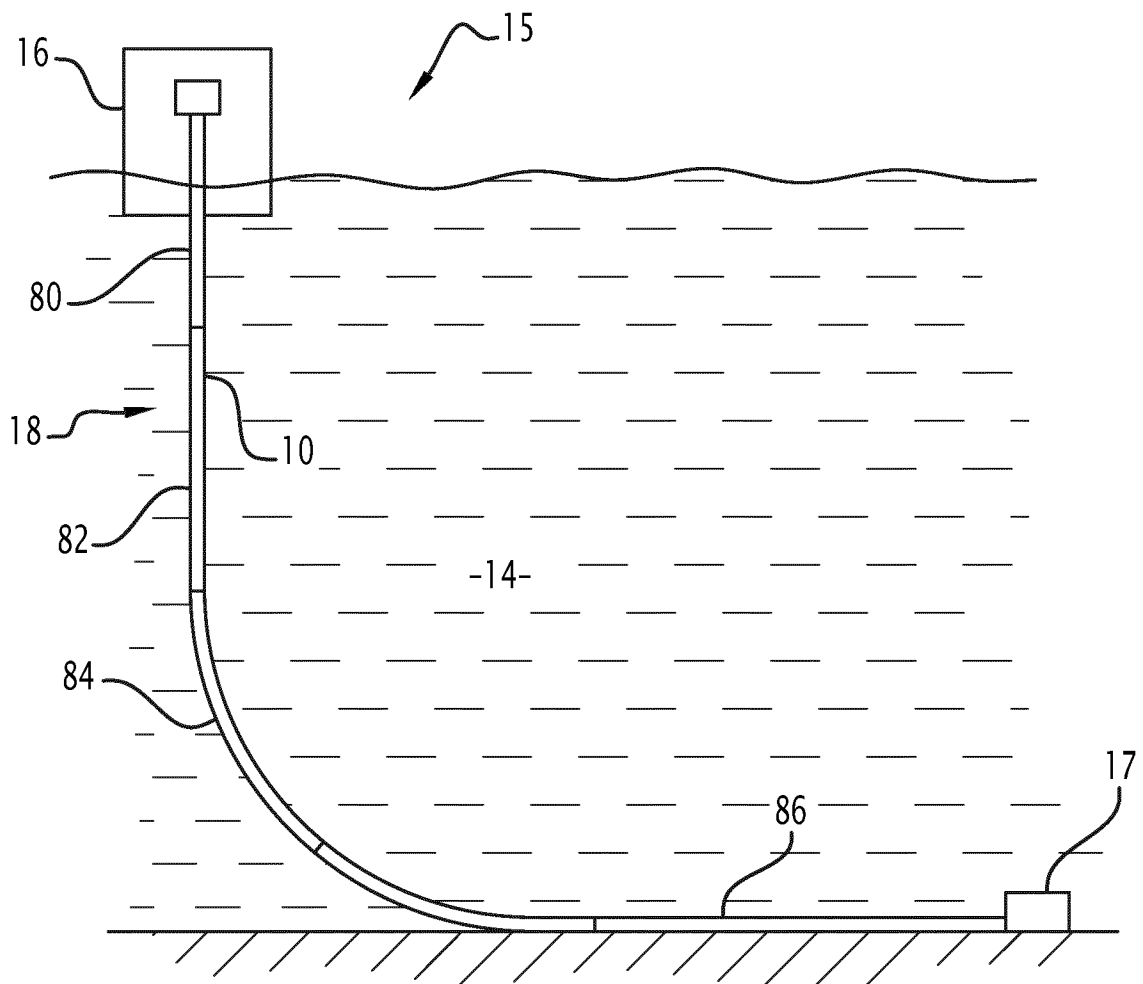


FIG. 9

3/3

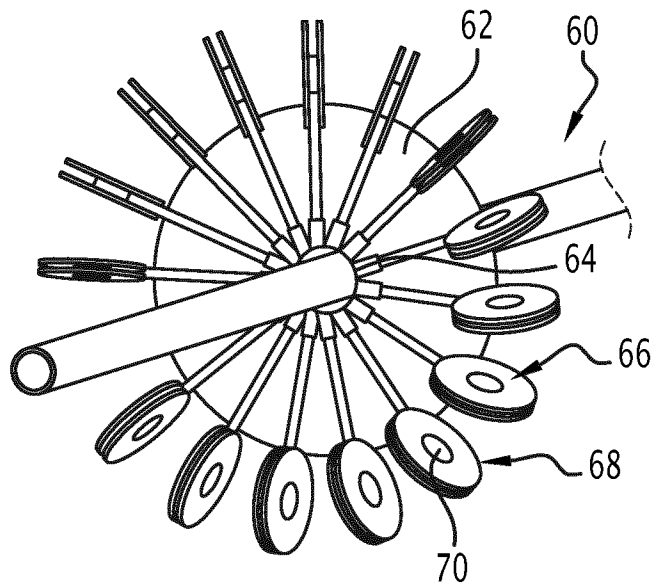


FIG. 5

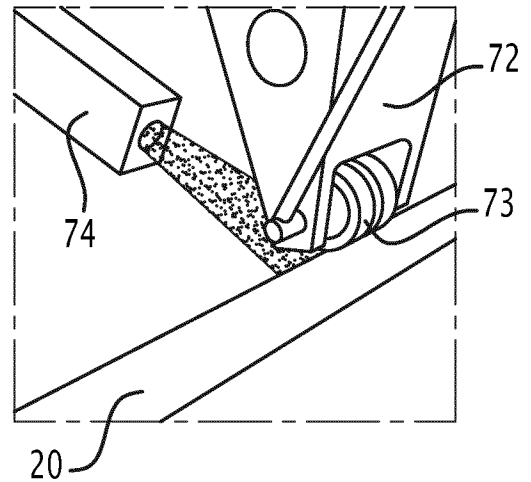


FIG. 6

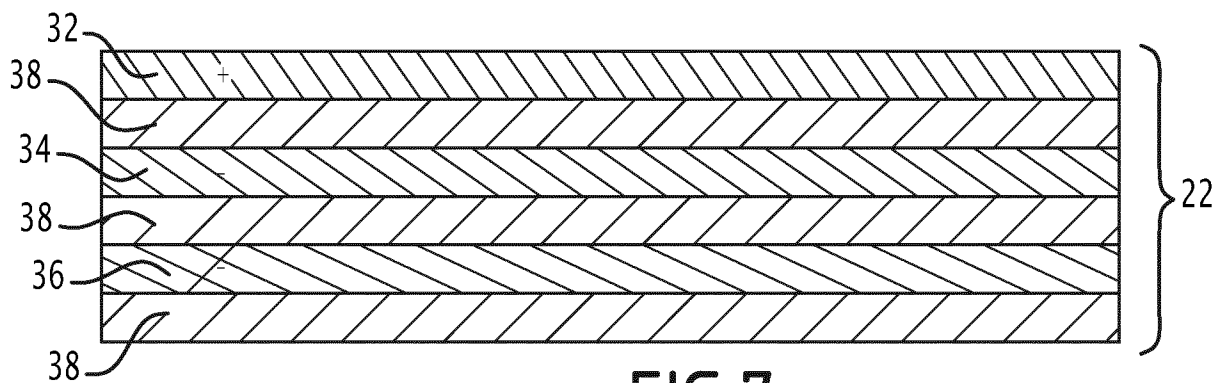


FIG. 7

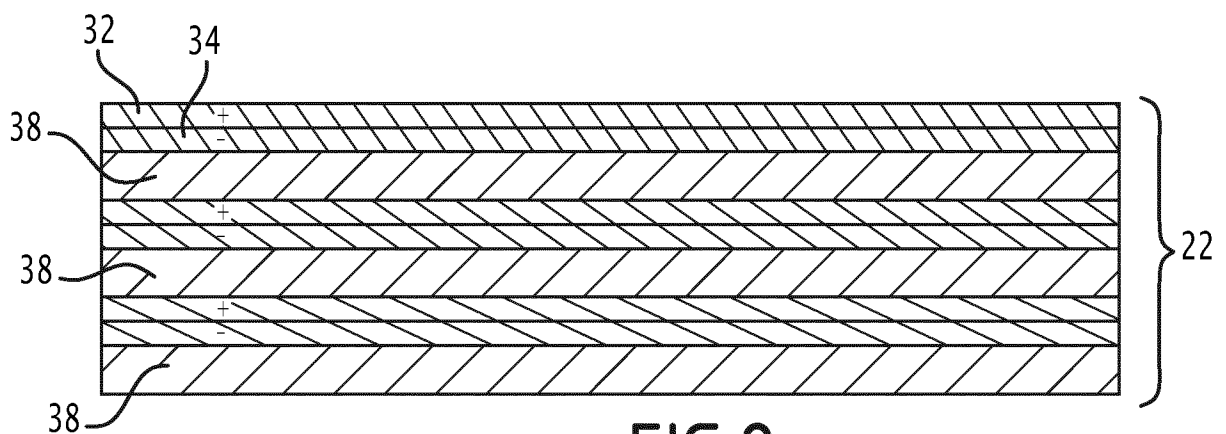


FIG. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/079681

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F16L11/08 B32B1/08 E21B17/01
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 B32B 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.
X	US 2013/263963 A1 (KALMAN MARK DOUGLAS [US] ET AL) 10 October 2013 (2013-10-10)	1-6, 8-11,14, 15
Y	paragraphs [0015] - [0020], [0029] - [0031], [0033] - [0055]; figures 1,2a,2c -----	2,7,12, 13
Y	FR 2 973 469 A1 (TECHNIP FRANCE [FR]; FELIX-HENRY ANTOINE [FR]; ESTRIER PASCAL [FR]) 5 October 2012 (2012-10-05) page 8, line 17 - page 21; figures 1,2 -----	2,11
Y	FR 3 016 019 A1 (TECHNIP FRANCE [FR]) 3 July 2015 (2015-07-03) page 7, line 8 - page 11 -----	2,7,11
Y	US 2011/168288 A1 (AXELRAD SHARI W [US] ET AL) 14 July 2011 (2011-07-14) paragraphs [0182] - [0189]; figures 1,2 ----- -/-	11



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

1 February 2018

Date of mailing of the international search report

07/02/2018

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/EP2017/079681

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4 850 395 A (BRIGGS KERRY D [US]) 25 July 1989 (1989-07-25) column 3, line 63 - column 7, line 19; figure 4 -----	11
Y	FR 2 987 883 A1 (TECHNIP FRANCE [FR]) 13 September 2013 (2013-09-13) page 4, line 34 - page 17; figures 1,2 -----	7,12,13
A	GB 2 504 065 A (STATOIL PETROLEUM AS [NO]) 22 January 2014 (2014-01-22) cited in the application the whole document -----	1,12,15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/079681

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013263963	A1	10-10-2013	CN 103228972 A 31-07-2013
			EP 2622250 A1 07-08-2013
			US 2013263963 A1 10-10-2013
			WO 2012044294 A1 05-04-2012
FR 2973469	A1	05-10-2012	AU 2012236036 A1 26-09-2013
			BR 112013023466 A2 13-12-2016
			EP 2691679 A1 05-02-2014
			FR 2973469 A1 05-10-2012
			US 2014076451 A1 20-03-2014
			WO 2012131260 A1 04-10-2012
FR 3016019	A1	03-07-2015	CN 106030178 A 12-10-2016
			DK 201670453 A1 18-07-2016
			FR 3016019 A1 03-07-2015
			GB 2535944 A 31-08-2016
			WO 2015097422 A1 02-07-2015
US 2011168288	A1	14-07-2011	BR PI0918079 A2 01-12-2015
			CN 102159619 A 17-08-2011
			EP 2328951 A1 08-06-2011
			HK 1160480 A1 16-10-2015
			US 2011168288 A1 14-07-2011
			WO 2010031844 A1 25-03-2010
US 4850395	A	25-07-1989	NONE
FR 2987883	A1	13-09-2013	DK 2823206 T3 12-09-2016
			EP 2823206 A1 14-01-2015
			FR 2987883 A1 13-09-2013
			US 2015030295 A1 29-01-2015
			WO 2013131972 A1 12-09-2013
GB 2504065	A	22-01-2014	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2017/079681

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F16L11/08 B32B1/08 E21B17/01 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 B32B 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
X	US 2013/263963 A1 (KALMAN MARK DOUGLAS [US] ET AL) 10 octobre 2013 (2013-10-10)	1-6, 8-11,14, 15
Y	alinéas [0015] - [0020], [0029] - [0031], [0033] - [0055]; figures 1,2a,2c -----	2,7,12, 13
Y	FR 2 973 469 A1 (TECHNIP FRANCE [FR]; FELIX-HENRY ANTOINE [FR]; ESTRIER PASCAL [FR]) 5 octobre 2012 (2012-10-05) page 8, ligne 17 - page 21; figures 1,2 -----	2,11
Y	FR 3 016 019 A1 (TECHNIP FRANCE [FR]) 3 juillet 2015 (2015-07-03) page 7, ligne 8 - page 11 -----	2,7,11
Y	US 2011/168288 A1 (AXELRAD SHARI W [US] ET AL) 14 juillet 2011 (2011-07-14) alinéas [0182] - [0189]; figures 1,2 ----- -/-	11
☒ 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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
1 février 2018	07/02/2018	
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
Y	US 4 850 395 A (BRIGGS KERRY D [US]) 25 juillet 1989 (1989-07-25) colonne 3, ligne 63 - colonne 7, ligne 19; figure 4 -----	11
Y	FR 2 987 883 A1 (TECHNIP FRANCE [FR]) 13 septembre 2013 (2013-09-13) page 4, ligne 34 - page 17; figures 1,2 -----	7,12,13
A	GB 2 504 065 A (STATOIL PETROLEUM AS [NO]) 22 janvier 2014 (2014-01-22) cité dans la demande le document en entier -----	1,12,15

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2017/079681

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2013263963	A1	10-10-2013	CN 103228972 A	31-07-2013
			EP 2622250 A1	07-08-2013
			US 2013263963 A1	10-10-2013
			WO 2012044294 A1	05-04-2012

FR 2973469	A1	05-10-2012	AU 2012236036 A1	26-09-2013
			BR 112013023466 A2	13-12-2016
			EP 2691679 A1	05-02-2014
			FR 2973469 A1	05-10-2012
			US 2014076451 A1	20-03-2014
			WO 2012131260 A1	04-10-2012

FR 3016019	A1	03-07-2015	CN 106030178 A	12-10-2016
			DK 201670453 A1	18-07-2016
			FR 3016019 A1	03-07-2015
			GB 2535944 A	31-08-2016
			WO 2015097422 A1	02-07-2015

US 2011168288	A1	14-07-2011	BR PI0918079 A2	01-12-2015
			CN 102159619 A	17-08-2011
			EP 2328951 A1	08-06-2011
			HK 1160480 A1	16-10-2015
			US 2011168288 A1	14-07-2011
			WO 2010031844 A1	25-03-2010

US 4850395	A	25-07-1989	AUCUN	

FR 2987883	A1	13-09-2013	DK 2823206 T3	12-09-2016
			EP 2823206 A1	14-01-2015
			FR 2987883 A1	13-09-2013
			US 2015030295 A1	29-01-2015
			WO 2013131972 A1	12-09-2013

GB 2504065	A	22-01-2014	AUCUN	
