

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



PCT



(43) Date de la publication internationale
27 avril 2006 (27.04.2006)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2006/042939 A1

(51) Classification internationale des brevets :
F16L 11/08 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2005/002526

(22) Date de dépôt international :
12 octobre 2005 (12.10.2005)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0411210 21 octobre 2004 (21.10.2004) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **TECH-
NIP FRANCE** [FR/FR]; 6-8, allée de l'Arche, Faubourg
de l'Arche, ZAC Danton, F-92400 Courbevoie (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :

COUTAREL, Alain [FR/FR]; 10, rue Lefort, Gon-
ssolin, F-76130 Mont Saint Aignan (FR). **BECTARTE,**
Fabrice [FR/FR]; 5, rue Guy de Maupassant, F-76000
Rouen (FR).

(74) Mandataire : **BERTRAND, Didier**; c/o SA Fedit-Lo-
riot et autres Conseils en Propriété Industrielle, 38, avenue
Hoche, F-75008 Paris, fr (FR).

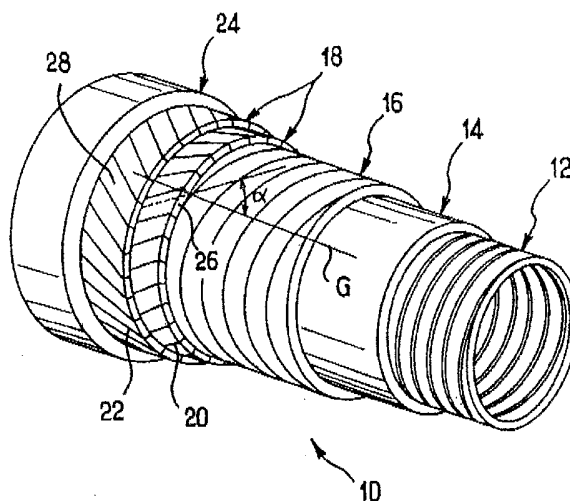
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KM, KP, KR, KZ, LC, LK,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

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: STABILIZED FLEXIBLE LINE FOR TRANSPORTING HYDROCARBONS

(54) Titre : CONDUITE FLEXIBLE STABILISEE POUR LE TRANSPORT DES HYDROCARBURES



(57) Abstract: The invention relates to a flexible line for transporting hydrocarbons, comprising the following, from the inside towards the outside: a cylindrical structural set (12, 14, 16) adapted in such a way that it can withstand radial stress and at least one first armure lap (20), said first armure lap comprising a plurality of armure threads (26) wherein the armure threads consist of formed and flattened metal threads, the width of said armure I being greater than the thickness e when they are wound in parallel in the form of a spiral with a longitudinal pitch around the structural set (12, 14, 16), said threads (26) forming an angle of less than 60° angle with the generators (G) of said structural set, and the width/thickness ratio of the armure threads (26) is greater than 4.

[Suite sur la page suivante]

WO 2006/042939 A1



GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : L'invention concerne une conduite flexible pour le transport des hydrocarbures comprenant de l'intérieur vers l'extérieur, un ensemble structurel cylindrique (12, 14, 16) adapté à résister aux efforts radiaux et au moins une première nappe d'armures (20), ladite première nappe d'armures comportant une pluralité de fils d'armure (26), lesdits fils d'armure étant constitués de fils métalliques formés et aplatis, lesdits fils d'armure qui présentent une largeur I supérieure à une épaisseur e étant enroulés parallèlement en hélice à pas long autour dudit ensemble structurel (12, 14, 16), lesdits fils (26) formant un angle inférieur à 60° avec les génératrices (G) dudit ensemble structurel ; et, lesdits fils d'armure (26) présentant un rapport, largeur sur épaisseur I/e, supérieur à quatre.

Conduite flexible stabilisée pour le transport des hydrocarbures

La présente invention se rapporte à une conduite flexible stabilisée pour le transport des hydrocarbures. Plus particulièrement, l'invention concerne les fils d'armure de la conduite flexible qui permettent notamment de limiter le flambage latéral des nappes d'armures de traction de la conduite flexible.

Les conduites flexibles telles que définies dans la recommandation API 17 J de l'American Petroleum Institute comprennent généralement une ou plusieurs couches polymériques et des couches de renfort métalliques telles que des nappes d'armures de traction, une carcasse et/ou une voûte de pression. La nature, le nombre, le dimensionnement et l'organisation de ces couches sont essentiellement liés aux conditions d'utilisation des conduites flexibles concernées ainsi qu'à leur mise en place, comme cela est défini dans la recommandation API 17 J.

Lorsque la conduite flexible, quelle que soit sa nature, est soumise à une pression externe P_e qui est plus élevée que la pression interne, il se produit une compression axiale qui est connue comme étant l'effet de fond inverse. L'effet de fond inverse a tendance à induire un effort longitudinal de compression dans les armures et à raccourcir la longueur de la conduite flexible. De plus, la conduite flexible est également soumise à des sollicitations dynamiques notamment lors de l'installation ou en service dans le cas des conduites montantes (riser en anglais). L'ensemble de ces contraintes peut provoquer un endommagement d'un ou de plusieurs fils d'armure et provoquer ainsi à terme la ruine de la conduite flexible. Une nappe d'armure est considérée endommagée lorsque certains fils sont rompus et/ou présentent une importante déformation permanente (plastification) et/ou sont chevauchés.

Une première cause d'endommagement des armures est un état de contraintes excessives résultant d'efforts et/ou de déformations imposés trop grands et conduisant à la rupture et/ou à la plastification des

fils. Ce mode de ruine peut se produire en cas d'effet de fond inverse mais aussi dans d'autres situations.

Une deuxième cause d'endommagement est le flambement, c'est-à-dire un phénomène d'instabilité pouvant conduire à de forts déplacements (et déformations) des armures. Ce mode de ruine ne peut exister que s'il y a un effort longitudinal de compression dans les fils d'armures, c'est-à-dire en particulier en situation d'effet de fond inverse. L'instabilité se produit dès que la compression axiale dépasse un niveau dit charge critique. Celle-ci dépend de la nature du fil d'armure (module du matériau, largeur, épaisseur) et de l'état d'ensemble des armures (déformation imposée telle que déviations transverses, frottement sur les autres couches, résistance des autres couches, etc.). De manière générale, au moment où la charge critique est atteinte, l'armure serait en fait considérée saine au vu d'autres critères tel que par exemple des contraintes inférieures à la limite élastique du matériau.

L'instabilité de flambement est certes une cause potentielle d'endommagement mais dans certains cas il peut y avoir flambement sans endommagement des armures. Ceci se produit lorsque (bien que le fil soit intrinsèquement instable) l'amplitude de ses déformations est suffisamment limitée par ailleurs pour que ne soit pas atteint un état de ruine, par exemple, par dépassement de limite élastique. Une telle limitation des déformations peut être envisagée, par exemple, par appui sur les fils voisins (instabilité latérale limitée grâce à des jeux latéraux très faibles) ou bien par appui sur une autre couche (comme dans le cas d'instabilité radiale). Dans le cas contraire, les déplacements n'étant pas suffisamment limités, le flambement latéral conduira au chevauchement et/ou à la plastification des fils d'armure mais ceci n'est en fait qu'une conséquence de l'instabilité de flambement.

Une troisième cause d'endommagement est la désorganisation des armures par chevauchement de fils. Suivant les types de conduite flexible et les contraintes dynamiques subies, il y a des situations où les jeux

latéraux entre fils sont résorbés au moins sur une partie de la longueur d'un pas d'armage. Il existe alors un seuil pour l'amplitude des forces de contact latéral au-delà duquel un chevauchement de fil peut se produire. Ce seuil dépend de plusieurs facteurs dont la géométrie des fils (épaisseur du fil, concavité des champs), l'importance des frottements, la plus ou moins grande liberté de mouvement radial.

En résumé, en effet de fond inverse et lorsque la conduite subit des sollicitations dynamiques telle que du cintrage, les nappes d'armures de la conduite peuvent être endommagées selon les modes d'endommagement suivants : contraintes excessives (dépassement de limite élastique), instabilité de flambement et/ou désorganisation par chevauchement. Une fois l'endommagement initié suivant l'un de ces modes pour au moins un fil, l'équilibre de la structure peut être perturbé au point que les autres fils périssent par effet de cascade suivant le même mode d'endommagement ou bien suivant d'autres modes.

Lors du cintrage d'une conduite flexible, les fils des nappes d'armures se déplacent vis-à-vis du noyau sous-jacent. L'amplitude de ces déplacements longitudinaux et transversaux dépend de nombreux paramètres tels que rayon de cintrage, caractéristiques des nappes d'armures (angle d'armage, jeux entre fils, nature des fils), état de la gaine externe (étanche ou non), efforts appliqués (traction, compression, pression interne, pression externe, frottements au sein de la structure). Les déplacements de fils conduisent généralement à des jeux entre fils d'une même nappe qui présentent une amplitude variable le long d'un pas d'armage. De plus, les déplacements d'armures s'accompagnent de déformations des fils dont l'amplitude dépend de l'importance des forces de frottement.

Dans certaines conditions, par exemple en gaine externe non étanche et que la conduite soit droite ou cintrée, les fils d'armures peuvent flamber selon un mode radial et prendre la forme d'une "cage d'oiseau".

Un autre mode d'endommagement des armures de traction dû à la sollicitation en compression qu'elles subissent avec l'effet de fond inverse est le flambage dit latéral ("lateral buckling" en anglais) qui peut survenir lors du cintrage de la conduite flexible et ce, quel que soit l'état de la gaine externe. On appellera flambage latéral l'ensemble des modes d'endommagements latéraux des fils d'armures décrits précédemment : contraintes excessives (dépassement de limite élastique), instabilité de flambement latéral et/ou désorganisation par chevauchement.

Lorsque la gaine externe est étanche, les effets de la pression externe sont susceptibles d'engendrer d'importantes forces de frottement entre les diverses nappes de la structure. Ces forces de frottement combinées aux sollicitations dynamiques sont susceptibles d'entraîner une migration des fils c'est-à-dire un accroissement localisé des déplacements, des déformations transverses et des jeux latéraux entre les fils d'une même nappe d'armure. Ces phénomènes sont ainsi susceptibles de conduire à un flambage latéral des fils d'armure notamment par une plastification progressive de leurs bords.

Lorsque la gaine externe polymérique de la conduite flexible est non étanche que cela soit volontaire ou bien qu'elle ait été endommagée pour une raison quelconque, la pression régnant dans l'annulaire où sont disposées les armures de traction, est égale à la pression hydrostatique. La migration des fils d'armure, sous l'effet des contraintes dynamiques et d'un frottement moins important peut provoquer un flambage latéral ou également un phénomène de flambement radial.

Une des solutions adoptée et décrite dans le brevet WO 03/083343 pour réduire les risques de flambement radial en "cage d'oiseau" et/ou de flambage latéral ainsi que pour réduire le gonflement des armures lié à l'effet de fond inverse notamment lorsque la gaine externe est non étanche, est d'enrouler des rubans ou couches renforcées par exemple de fibres aramides tels que du "KEVLAR" autour de la dernière nappe d'armures et des nappes sous jacentes. De cette manière, on contrôle d'une part le gonflement de chacune des nappes d'armures tout en

réduisant d'autre part le risque d'endommagement par chevauchement des nappes d'armures. Toutefois, si cette solution permet de résoudre les problèmes liés au flambement radial, elle permet seulement de limiter le risque de flambage latéral qui perdure.

Dans l'art antérieur, une des solutions utilisées contre l'endommagement latéral est l'utilisation d'armures plus épaisses. Cette solution augmente la résistance à l'instabilité de flambement des fils tout en ne les pénalisant pas pour l'endommagement latéral par contrainte excessive du à leur migration. On peut également réduire les risques en augmentant l'angle d'armage. Une autre solution envisagée consiste à augmenter le nombre de nappes d'armure. Toutefois l'ensemble de ces solutions sont généralement pénalisantes car lourdes, chères et peu efficaces.

Lorsqu'un fil d'armure se déplace latéralement par suite d'un flambage latéral, il peut dans certaines conditions entraîner les autres fils d'armures de la nappe. Le résultat est que la conduite flexible est sinon détruite du moins rendue inutilisable et il faut procéder à son changement car une réparation de la conduite flexible n'est pas envisageable économiquement parlant.

Un problème qui se pose et que vise à résoudre la présente invention est alors de fournir une conduite flexible dont les armures ne sont pas endommagées sous l'effet de fond inverse notamment, et également qui puisse être réalisée à un coût avantageux en particulier pour les conduites à fort diamètre.

Dans ce but, la présente invention propose une conduite flexible pour le transport des hydrocarbures comprenant de l'intérieur vers l'extérieur, un ensemble structural cylindrique adapté à résister aux efforts radiaux et au moins une première nappe d'armures, ladite première nappe d'armures comportant une pluralité de fils d'armure, lesdits fils d'armure étant constitués de fils métalliques formés et aplatis, lesdits fils d'armure qui présentent une largeur l supérieure à une épaisseur e , étant enroulés

parallèlement et en hélice à pas long autour dudit ensemble structurel, lesdits fils formant un angle inférieur à 60° avec les génératrices dudit ensemble structurel ; selon l'invention lesdits fils d'armure présentent un rapport, largeur sur épaisseur l/e , supérieur ou égal à quatre.

Ainsi, une caractéristique de l'invention réside dans l'utilisation de fils d'armure larges dont la largeur est supérieure ou égale à quatre fois l'épaisseur, pour réaliser les armures des conduites flexibles, ces fils d'armures larges sont obtenus par tréfilage et laminage et traitements thermiques de fils de forme ronds. De la sorte, on prévient le flambage latéral et, on diminue le nombre de fils à enrouler simultanément en hélice pour former la conduite, puisqu'ils couvrent une surface plus importante. Par exemple, grâce aux fils d'armure larges conformes à l'invention sur une grande partie des conduites flexibles fabriquées, les nappes d'armures comportent moins de 40 fils, lesquels sont enroulés simultanément afin de réaliser la conduite, alors que généralement une quantité bien plus importante est nécessaire, ce qui induit le montage d'un grand nombre de bobines de fils sur les machines ou armeuses.

En revanche, il existe des préjugés importants à l'encontre de l'utilisation des fils d'armures larges. Compte tenu des frottements entre les nappes d'armures, le déplacement des fils n'est pas totalement libre de sorte que les fils peuvent être soumis à des courbures transverses imposées. Il en résulte alors, pour des fils d'armure larges des contraintes sur les bords plus élevées qu'avec des fils étroits et ces contraintes peuvent sous certaines conditions, induire la plastification des bords des fils, ce qui compromet alors la tenue au flambage latéral des armures. De plus, l'utilisation de fils larges présente également d'autres inconvénients et notamment des problèmes de fabrication du fil large ainsi que des problèmes concernant sa mise en œuvre sur la conduite flexible (préformation des fils lors de l'armage).

Toutefois, contre toute attente, il s'avère que l'on bénéficie davantage de l'augmentation d'inertie des fils larges que l'on ne pâtit de l'augmentation des contraintes sur les bords pour lutter contre les

phénomènes de flambage latéral. Ainsi, malgré ces préjugés, les fils d'armure larges selon l'invention, dont la largeur est supérieure ou égale à quatre fois l'épaisseur, permettent non seulement de réaliser des conduites flexibles à un coût avantageux mais aussi de réaliser des conduites flexibles dont les fils d'armure résistent au flambage latéral. De cette façon, l'invention permet de proposer une conduite flexible ayant une résistance accrue à la combinaison de la pression externe et des sollicitations dynamique, mais elle permet également pour des conditions données de profondeur et de sollicitations de proposer un design de conduite flexible optimisé.

Selon une autre caractéristique, les fils d'armure ont une contrainte à la rupture en traction (ultimate tensile strength en anglais) supérieure à 900 MPa. Ce mode de réalisation est particulièrement avantageux pour les flexibles destinés aux grandes profondeurs qui doivent de ce fait pouvoir résister à de fortes compressions axiales lorsqu'ils sont installés sur le fond marin, mais aussi endurer de fortes sollicitations dynamiques en traction et en flexion, notamment lors de l'installation ou en service dans le cas des conduites montantes. Le choix de fils présentant une contrainte à la rupture élevée permet d'améliorer la résistance des nappes d'armures au flambage latéral et aux sollicitations dynamiques, notamment du fait que ces fils ont aussi a fortiori une contrainte à la limite élastique (yield strength en anglais) élevée, si bien que les contraintes statiques et dynamiques appliquées en service auxdits fils restent nettement inférieures à ladite contrainte à la limite élastique, ce qui permet en particulier d'éviter la plastification des bords des fils et d'assurer une bonne résistance à la fatigue dans le cas de sollicitations dynamiques. L'augmentation des caractéristiques mécaniques permet aussi, à chargement égal, de réduire la section des fils, et par conséquent le poids de la conduite flexible, ce qui a généralement une grande importance pour les applications en mer profonde, du fait des limites de capacité des moyens d'installation ou de production. Un préjugé à l'encontre de l'utilisation de fils larges à hautes caractéristiques

mécaniques est lié à la difficulté accrue de préformer et d'enrouler à froid des fils à la fois plus résistant et présentant une plus grande section. Toutefois, malgré ces préjugés, il est possible de mettre en œuvre ces fils pour fabriquer une conduite flexible.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la rugosité moyenne R_a des faces situées sur les bords desdits fils, mesurée selon la norme ISO 4287, est inférieure à 1,6. De la sorte, les bords des fils présentent un bon état de surface, ce qui a pour effet d'améliorer la tenue en fatigue des nappes d'armures. En effet, les bords des fils sont des zones particulièrement sollicitées en fatigue, du fait des courbures transverses imposées aux fils lorsque la conduite flexible subit des variations de courbure. De plus, un bon état de surface contribue à la réduction du risque d'initiation de fissures de fatigue.

Selon une autre caractéristique avantageuse, les fils d'armure, vus en section droite, présentent sur leurs deux bords des faces d'appui sensiblement planes et perpendiculaires à leurs grandes faces. Dans un mode de réalisation avantageux, la hauteur des faces d'appui est supérieure à 30% de l'épaisseur des fils.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les fils d'armure, vus en section droite, ont dans leurs quatre coins des congés de raccordement de forme sensiblement arrondie et de rayon moyen supérieur à 0,5mm. Tout d'abord, la présence de ces congés permet d'éviter les concentrations de contrainte au niveau des coins, les coins étant des zones particulièrement sollicitées en fatigue, ce qui améliore la tenue en fatigue des nappes d'armures. Ensuite, ces congés permettent d'éviter les bavures et arrêtes tranchantes qui pourraient endommager les couches adjacentes, particulièrement s'il s'agit de couches en matériau polymère.

Selon un mode de mise en œuvre de l'invention, la conduite flexible comprend une seconde nappe d'armure, les fils d'armure de ladite seconde nappe d'armure étant enroulés en hélice inverse à pas long autour de ladite première nappe d'armure, et le rapport de la largeur sur

l'épaisseur des fils d'armure de ladite seconde nappe est inférieur audit rapport largeur sur épaisseur des fils de ladite première nappe. De la sorte, la résistance aux contraintes qui s'exercent sur la conduite flexible est compensée de manière totalement symétrique par l'enroulement croisé des fils d'armure des deux nappes, et cela permet d'utiliser des fils plus étroits sur l'une des nappes occasionnant une réduction de coût potentielle.

D'autres particularités et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description faite ci-après d'un mode de réalisation particulier de l'invention, donné à titre indicatif mais non limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- La Figure 1 est une vue schématique partielle en perspective d'une conduite flexible conforme à l'invention ; et,
- La Figure 2 est une vue schématique partielle en perspective de détail d'un élément représenté sur la Figure 1.
- La Figure 3 est une vue schématique en section droite de détail d'un élément représenté sur la Figure 1.

La Figure 1 illustre une conduite 10 comprenant de l'intérieur vers l'extérieur une carcasse 12 en feillard formé et agrafé, une gaine d'étanchéité interne polymérique 14, une voûte métallique 16 constituée par l'enroulement en hélice a pas à court d'au moins un fil métallique de forme, ici en zeta auto-agraphé, un ensemble 18 constitué d'une paire de nappe d'armures croisées, une interne 20 et une externe 22, d'enroulement a pas long en sens inverse inférieur à 60°, et une gaine d'étanchéité externe polymérique 24.

Ainsi, alors que les nappes d'armure croisées 20, 22 que l'on détaillera ci-après, permettent à la conduite 10 de résister aux efforts de traction axiale dans le sens longitudinal de la conduite 10, l'ensemble structurel cylindrique, de la carcasse 12 à la voûte métallique 16, permet lui, à la conduite de résister aux efforts radiaux.

La nappe d'armure interne 20 est constituée d'une pluralité de fils d'armure 26, enroulés parallèlement en hélice à pas long autour de la voûte métallique 16. Les fils d'armures 26 ici au nombre de 32, forment un angle α inférieur à 60° avec les génératrices G de la voûte métallique 16. Une particularité de ces fils d'armure 26 dont on retrouve une illustration partielle en perspective sur la Figure 2 réside en ce que, d'une part ils sont obtenus par tréfilage et laminage de fils de forme ronds, et d'autre part en ce que leur largeur l est au moins de quatre fois leur épaisseur e , par exemple 4,25 fois.

Ainsi, à partir de fils de forme ronds tréfilés et laminés on obtient en une seule passe à un coût très avantageux des fils d'armure larges dont le rapport l/e est supérieur à quatre. En outre, grâce au tréfilage on obtient aussi des fils dont les propriétés mécaniques sont accrues notamment en termes de dureté et de résistance contrairement à un ruban métallique par exemple obtenu par refendage d'un feuillard. Ce procédé combinant les opérations de tréfilage, de traitement thermique et de laminage à froid permet l'obtention et l'utilisation de fils d'armure larges dont la contrainte à la rupture en traction est supérieure à 900 MPa, avantageusement 1100 MPa, ou de préférence 1400 MPa.

La Figure 3 présente une géométrie de fil particulièrement avantageuse. De part et d'autre des grandes faces 30, 31, les bords du fil présentent de façon symétrique des faces 32,33 sensiblement planes et perpendiculaires aux grandes faces 30,31. La présence de ces faces planes 32,33 permet d'améliorer le comportement de la nappe d'armures soumise à un effort de compression, en réduisant le risque de chevauchement des fils qui prennent appui les uns contre les autres. En effet, ces faces 32,33 servent d'appui lors des contacts entre fils adjacents. Leur orientation perpendiculaire aux forces et aux déplacements latéraux générés par la compression permet aux fils de prendre appui les uns sur les autres sans risque de chevauchement. De plus, préférentiellement, la hauteur h de ces faces 32,33 est supérieure à 30% de l'épaisseur des fils, avantageusement 40% de façon à améliorer

les appuis entre fils voisins pour éviter les risques de chevauchement. En outre, la hauteur h des faces 32, 33 est avantageusement inférieure à 70% de l'épaisseur des fils, et de préférence inférieure à 60%, le restant de l'épaisseur étant occupé par les congés de raccordement 34, 35, 36, 37 avec les grandes faces 30, 31.

Ces fils sont fabriqués, en une ou plusieurs étapes, entre au moins deux paires de cylindres de laminage sensiblement perpendiculaires entre elles et successives, une première paire pour façonner les grandes faces 30, 31, et une seconde paire perpendiculaire à la première pour façonner les faces 32, 33 desdits bords du fil.

Avantageusement, la rugosité moyenne R_a des faces situées sur les bords desdits fils 32, 33, 34, 35, 36, 37, mesurée selon la norme ISO 4287, est inférieure à 1,6. De la sorte, les bords des fils présentent un bon état de surface, ce qui a pour effet d'améliorer la tenue en fatigue des nappes d'armures.

Avantageusement, les grandes faces 30,31 présentent elles aussi une rugosité moyenne R_a inférieure à 1,6. De la sorte les efforts de frottement entre couches superposées sont réduits.

Selon un autre mode de réalisation, les fils sont préalablement contrôlés en totalité avec un appareil de contrôle non destructif du type courants de Foucault (Eddy Current Testing en anglais) permettant de détecter des défauts de surface du type fissure, repliure ou paille, ledit appareil étant étalonné pour détecter les défauts de taille inacceptable pour la tenue mécanique du fil.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les fils d'armure, vus en coupe transversale, ont dans leurs quatre coins des congés de raccordement 34, 35, 36, 37 de forme sensiblement arrondie et de rayon moyen supérieur à 0,5mm, avantageusement 1mm.

La nappe d'armures externe 22, représentée sur la Figure 1, comporte une pluralité de fils d'armures 28 enroulés également parallèlement en hélice et à pas long autour de la nappe d'armures interne 20 dans un sens contraire en formant un angle inférieur à 60° par

rapport aux génératrices. Les fils d'armure 28 de la nappe d'armures externe 22 sont, soit identiques aux fils d'armure 26 de la nappe d'armures interne 20 soit de dimensions différentes, par exemple d'un rapport l/e inférieur.

En outre, les fils d'armure 26, 28 des deux nappes d'armures 20, 22, présentent, par exemple, une épaisseur comprise entre deux et neuf millimètres et une largeur comprise entre huit et trente-six millimètre. À titre d'illustration, pour les conduites flexibles adaptées aux eaux dites profondes dont le diamètre intérieur est supérieur à neuf pouces, les fils présentent une section de 3 x 20, 5 x 20 ou de 5 x 22, en millimètres. De plus, sur ce type de conduite donné à titre d'exemple, l'utilisation d'armures présentant le rapport largeur sur épaisseur supérieur ou égale à 4 permet avantageusement de réaliser une conduite dont le nombre de fils par nappe d'armures est inférieur à 40.

Par ailleurs, il est disposé entre les nappes d'armures une couche du type aramide, par exemple sous forme de bandes de kevlar enroulées en hélice le long de la conduite.

REVENDICATIONS

1. Conduite flexible pour le transport des hydrocarbures comprenant de l'intérieur vers l'extérieur, un ensemble structurel cylindrique (12, 14, 16) adapté à résister aux efforts radiaux et au moins une première nappe d'armures (20) adaptée à résister aux efforts de traction axiale, ledit ensemble structurel cylindrique comprenant un enroulement métallique en hélice à pas court et une gaine d'étanchéité interne polymérique (14), ladite première nappe d'armures comportant une pluralité de fils d'armure (26), lesdits fils d'armure étant constitués de fils métalliques formés et aplatis, lesdits fils d'armure qui présentent une largeur l supérieure à une épaisseur e étant enroulés parallèlement en hélice à pas long autour dudit ensemble structurel (12, 14, 16), lesdits fils (26) formant un angle inférieur à 60° avec les génératrices (G) dudit ensemble structurel ;

caractérisée en ce que lesdits fils d'armure (26) présentent un rapport, largeur sur épaisseur l/e , supérieur ou égal à quatre.

2. Conduite flexible selon la revendication 1, caractérisée en ce que lesdits fils (26) présentent une contrainte à la rupture en traction supérieure à 900 MPa.

3. Conduite flexible selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisée en ce que la rugosité moyenne R_a des faces (32, 33, 34, 35, 36, 37) situées sur les bords desdits fils (26), présente une valeur inférieure à 1,6.

4. Conduite flexible selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que lesdits fils (26), vus en section droite, présentent sur leurs deux flancs des faces d'appui (32, 33) sensiblement planes et perpendiculaires à leurs grandes faces (30, 31).

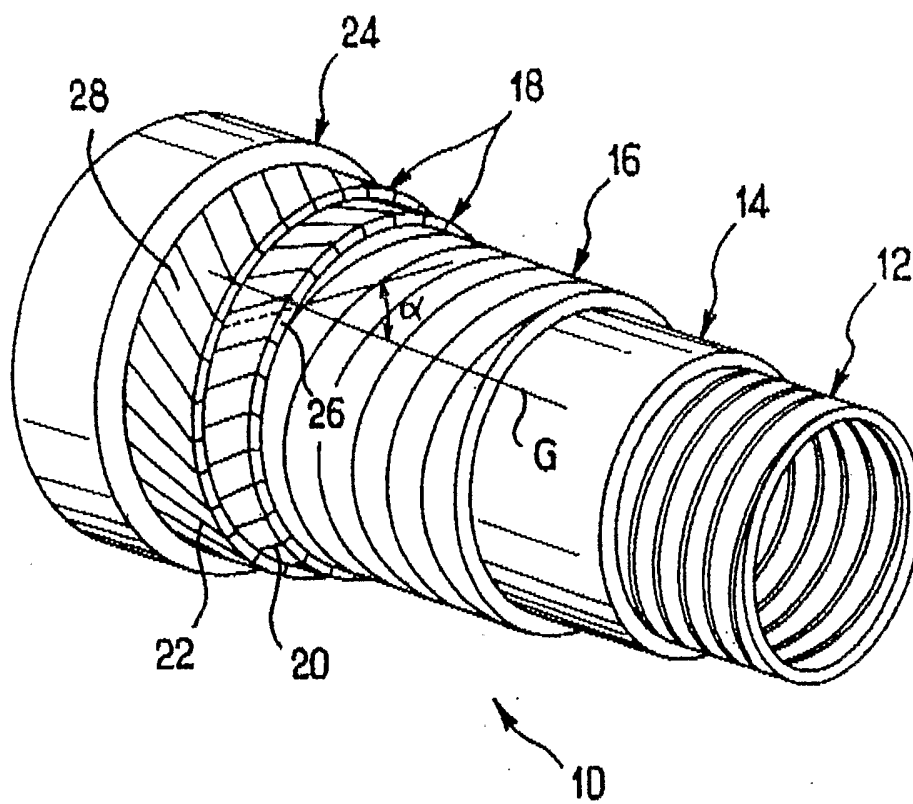
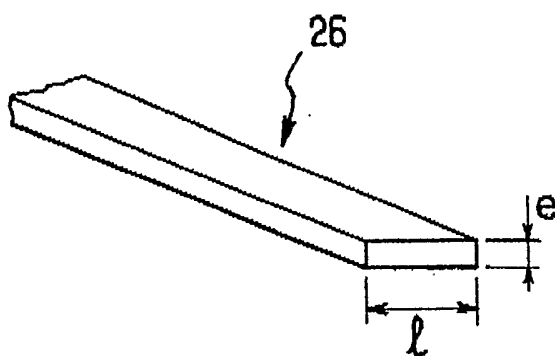
5. Conduite flexible selon la revendication 4, caractérisée en ce que la hauteur h des faces d'appui (32, 33) est inférieure à 60% de l'épaisseur desdits fils (26).

6. Conduite flexible selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que lesdits fils (26), vus en section droite, ont dans leurs quatre coins des congés de raccordement (34, 35, 36, 37) de forme sensiblement arrondie et de rayon moyen supérieur à 0,5mm.

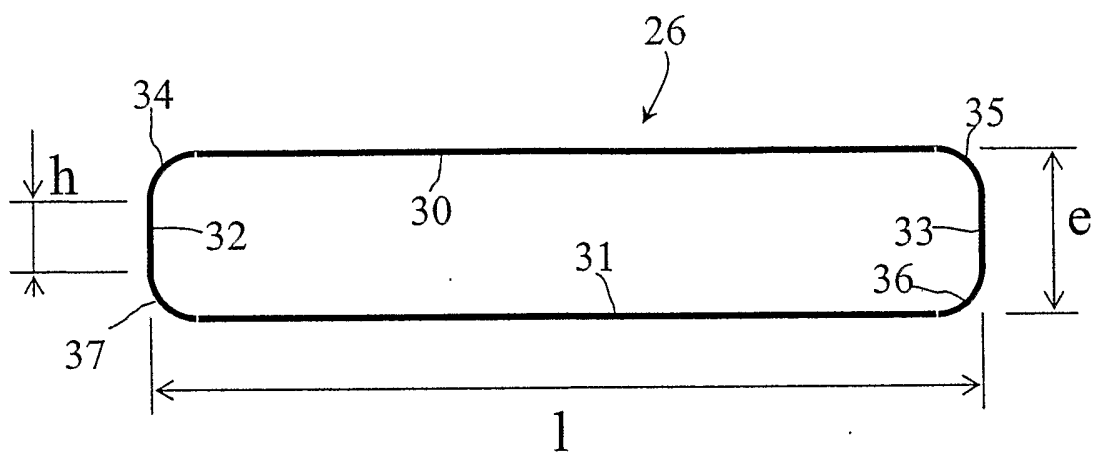
7. Conduite flexible selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que ladite nappe d'armures (20) comprend moins de quarante fils d'armure (26).

8. Conduite flexible selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce qu'elle comprend une seconde nappe d'armures (22), les fils d'armure (28) de ladite seconde nappe d'armures étant enroulés en hélice inverse à pas long autour de ladite première nappe d'armure (20), et en ce que le rapport de la largeur sur l'épaisseur des fils d'armure (28) de ladite seconde nappe (22) est inférieur audit rapport largeur sur épaisseur des fils (26) de ladite première nappe (20).

1/2

FIG.1FIG.2

2/2

FIG.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2005/002526

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16L11/08

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

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 practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/102044 A1 (COUTAREL ALAIN ET AL) 5 June 2003 (2003-06-05)	1,2,7,8
Y	paragraph '0019! - paragraph '0025! figures 1,5	4-6
Y	----- GB 1 239 884 A (RYOSUKE KIKUKAWA) 21 July 1971 (1971-07-21)	4,5
A	page 1, line 43 - page 2, line 29; figures 1b,2b	1,6,8
Y	----- US 5 213 637 A (MALLÉN HERRERO ET AL) 25 May 1993 (1993-05-25)	6
A	column 6, line 43 - line 51; figures 1,2 ----- -/--	1,2,4,8

☒ 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 document 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

3 March 2006

Date of mailing of the international search report

13/03/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mauriès, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2005/002526

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 03/083343 A (COFLEXIP; COUTAREL, ALAIN; BECTARTE, FABRICE) 9 October 2003 (2003-10-09) cited in the application page 4, line 18 - page 5, line 18; figures 1,2 -----	1,4,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2005/002526

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2003102044	A1	05-06-2003	AT 280920 T 15-11-2004
		AU 7418301 A 08-01-2002	
		BR 0112053 A 17-06-2003	
		DE 60106765 D1 02-12-2004	
		EP 1299669 A1 09-04-2003	
		FR 2811055 A1 04-01-2002	
		WO 0201104 A1 03-01-2002	
		NO 20026069 A 12-02-2003	
		US 2005097720 A1 12-05-2005	
GB 1239884	A	21-07-1971	NONE
US 5213637	A	25-05-1993	AT 140270 T 15-07-1996
		AU 645573 B2 20-01-1994	
		AU 7867091 A 11-11-1991	
		BR 9105724 A 08-09-1992	
		CA 2063559 A1 21-10-1991	
		DE 69120759 D1 14-08-1996	
		DK 478771 T3 04-11-1996	
		EP 0478771 A1 08-04-1992	
		FR 2661194 A1 25-10-1991	
		WO 9116461 A1 31-10-1991	
		JP 5502912 T 20-05-1993	
		NO 914802 A 17-02-1992	
		RU 2087554 C1 20-08-1997	
WO 03083343	A	09-10-2003	AU 2003232294 A1 13-10-2003
		BR 0308151 A 11-01-2005	
		FR 2837899 A1 03-10-2003	
		US 2005115623 A1 02-06-2005	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2005/002526

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
F16L11/08

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

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

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 2003/102044 A1 (COUTAREL ALAIN ET AL) 5 juin 2003 (2003-06-05)	1,2,7,8
Y	alinéa '0019! - alinéa '0025! figures 1,5	4-6
Y	GB 1 239 884 A (RYOSUKE KIKUKAWA) 21 juillet 1971 (1971-07-21)	4,5
A	page 1, ligne 43 - page 2, ligne 29; figures 1b,2b	1,6,8
Y	US 5 213 637 A (MALLEN HERRERO ET AL) 25 mai 1993 (1993-05-25)	6
A	colonne 6, ligne 43 - ligne 51; figures 1,2	1,2,4,8
	----- -/-	

☒ 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

3 mars 2006

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

13/03/2006

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, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Mauriès, L

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2005/002526

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 03/083343 A (COFLEXIP; COUTAREL, ALAIN; BECTARTE, FABRICE) 9 octobre 2003 (2003-10-09) cité dans la demande page 4, ligne 18 - page 5, ligne 18; figures 1,2 -----	1,4,8

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2005/002526

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 2003102044	A1	05-06-2003	AT	280920 T	15-11-2004
			AU	7418301 A	08-01-2002
			BR	0112053 A	17-06-2003
			DE	60106765 D1	02-12-2004
			EP	1299669 A1	09-04-2003
			FR	2811055 A1	04-01-2002
			WO	0201104 A1	03-01-2002
			NO	20026069 A	12-02-2003
			US	2005097720 A1	12-05-2005

GB 1239884	A	21-07-1971	AUCUN		

US 5213637	A	25-05-1993	AT	140270 T	15-07-1996
			AU	645573 B2	20-01-1994
			AU	7867091 A	11-11-1991
			BR	9105724 A	08-09-1992
			CA	2063559 A1	21-10-1991
			DE	69120759 D1	14-08-1996
			DK	478771 T3	04-11-1996
			EP	0478771 A1	08-04-1992
			FR	2661194 A1	25-10-1991
			WO	9116461 A1	31-10-1991
			JP	5502912 T	20-05-1993
			NO	914802 A	17-02-1992
			RU	2087554 C1	20-08-1997

WO 03083343	A	09-10-2003	AU	2003232294 A1	13-10-2003
			BR	0308151 A	11-01-2005
			FR	2837899 A1	03-10-2003
			US	2005115623 A1	02-06-2005