(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
20 janvier 2011 (20.01.2011)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/007075 A1

(51) Classification internationale des brevets :
F16L 13/02 (2006.01) *F16L 39/00* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2010/051380

(22) Date de dépôt international :
1 juillet 2010 (01.07.2010)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0954966 17 juillet 2009 (17.07.2009) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **SAIPEM S.A.** [FR/FR]; 1/7 avenue San Fernando, F-78180 Montigny le Bretonneux (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant *(pour US seulement)* : **PIONETTI, François-Régis** [FR/FR]; Le Haut Bosc, F-50450 La Baleine (FR).

(74) Mandataires : **DOMANGE, Maxime** et al.; CABINET BEAU DE LOMENIE, 232 Avenue du Prado, F-13295 Marseille Cedex 08 (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

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

(54) **Title** : ASSEMBLY OF COAXIAL PIPES INCLUDING JUNCTION PARTS WITH SEALED INNER CAVITIES, AND METHOD FOR MAKING SAME

(54) **Titre** : ENSEMBLE DE CONDUITES COAXIALES COMPRENANT DES PIECES DE JONCTION A CAVITES INTERNES ETANCHES ET PROCEDE DE REALISATION

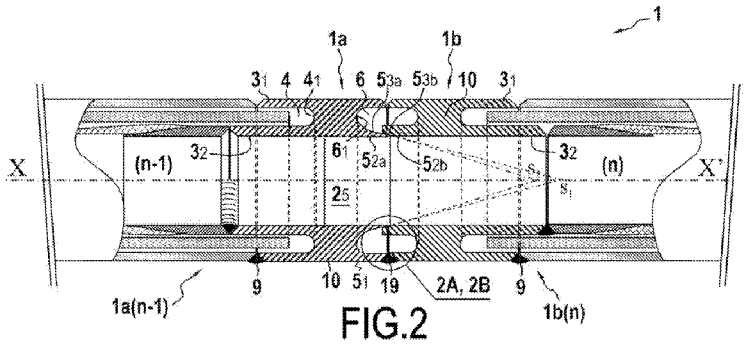


FIG.2

(57) **Abstract** : The present invention relates to an assembly of at least two coaxial pipes (1) including at least two unit elements (n-1, n) of the coaxial pipe assembly, one of which includes, at a first end thereof, a first junction part (1a) assembled to a second junction part (1b) at the end of another of said unit elements of the coaxial pipe assembly, each of said two first and second junction parts (1a, 1b) being a rotationally symmetrical junction part, characterized in that the ends of two non-welded second inner arms (5_2a, 5_2b) of said first and second junction parts (1a, 1b) are in metal-to-metal contact with each other under an elastic deformation stress at the contact surface thereof, due to the shrinking of the weld (19) of the ends of the two second outer arms (5_1) of said two junction parts (1a, 1b), such that said second inner cavities (6) are sealed relative to the inside (2_5) of the inner pipe (2_2).

(57) **Abrégé** :

[Suite sur la page suivante]

WO 2011/007075 A1

La présente invention concerne un ensemble d'au moins deux conduites coaxiales (1) comprenant au moins deux éléments unitaires (n-1,n) d'ensemble de conduites coaxiales, dont l'un comprend à une extrémité une première pièce de jonction (1a) assemblée à une deuxième pièce de jonction (1b) à l'extrémité d'un autre dit élément unitaire d'ensemble de conduites coaxiales, chacune des deux dites première et deuxième pièces de jonction (1a, 1b) étant une pièce de jonction de révolution, caractérisé en ce que les extrémités de deux deuxièmes branches internes (5_2a,5_2b) non soudées des dites première et deuxième pièces de jonction (1a, 1b) sont en contact métal/métal l'une avec l'autre sous contrainte de déformation élastique au niveau de leur surface de contact résultant du retrait de la soudure (19) des extrémités des deux deuxièmes branches externes (5_1) des dites deux pièces de jonction (1a, 1b), de sorte que lesdites deuxièmes cavités internes (6) sont étanches vis-à-vis de l'intérieur (2_5) la conduite interne (2_2).

Ensemble de conduites coaxiales comprenant des pièces de jonction à cavités internes étanches et procédé de réalisation

La présente invention concerne le domaine des conduites à double paroi intégrant un complexe d'isolation, notamment des conduites sous-marines véhiculant des fluides chauds ou froids.

La présente invention concerne en particulier les conduites sous-marines à isolation renforcée, installées sur les champs pétroliers par grandes profondeurs, ainsi qu'aux conduites en suspension entre le fond de la mer et un navire de surface ancré sur ledit champ pétrolier.

Plus précisément, la présente invention concerne une pièce cylindrique de jonction destinée à la jonction de deux éléments d'un ensemble de deux conduites coaxiales, comprenant une conduite externe contenant une conduite interne délimitant un espace annulaire contenant de préférence un matériau d'isolation.

La présente invention concerne également un procédé d'assemblage de deux éléments constitué chacun d'un ensemble de deux conduites coaxiales comprenant à leurs extrémités une pièce de jonction selon l'invention.

Dans la majorité des domaines industriels on recherche des systèmes d'isolation performants pour maintenir les fluides véhiculés dans les tuyauteries à température constante, de manière à ce que les transferts entre équipements puissent être rendus possibles sur des distances importantes, atteignant par exemple plusieurs centaines de mètres, voire plusieurs kilomètres. De telles distances sont courantes dans les industries telles que les raffineries de pétrole, les installations de gaz naturel liquéfié (-165°C), les champs pétroliers sous-marins lesquels s'étendent sur plusieurs dizaines de kilomètres. De tels champs

pétroliers sont développés par des profondeurs d'eau de plus en plus importantes laquelle peut largement dépasser 3000 m.

De nombreux systèmes ont été développés pour atteindre un haut niveau de performance thermique et des versions spécifiques ont été développées pour répondre de manière plus adaptée aux grands fonds, c'est à dire pour résister à la pression du fond de la mer. Les technologies les plus performantes qui ont été développées pour atteindre cet objectif sont les technologies dites "Pipe In Pipe" ou PIP, c'est à dire "conduite dans une conduite", dans laquelle une conduite interne véhicule le fluide et une conduite externe coaxiale à la précédente est en contact avec le milieu ambiant, c'est à dire l'eau. L'espace annulaire entre les deux conduites peut être rempli d'un matériau isolant ou encore être vidé de tout gaz.

Dans ce type de conduite, l'espace annulaire rempli ou non d'un matériau isolant, est en général à une pression absolue inférieure à la pression atmosphérique, voire vidé de tout gaz, et l'on peut, en première approximation, considérer que radialement, la conduite interne résiste à la pression d'éclatement due au fluide interne, alors que l'enveloppe externe résiste à l'implosion créée par la pression hydrostatique au niveau du fond (ρ.g.h) qui est d'environ 1MPa par tranche de 100 m d'eau, c'est-à-dire 30MPa pour une profondeur de 3000m. L'effet axial dû à la pression, appelé effet de fond, s'exerce sur la section circulaire des conduites et parallèlement à l'axe desdites conduites et se répartit, en première approximation sur les deux conduites (car liées aux extrémités), au prorata des sections respectives de matériaux, en général de l'acier.

Dans le cadre des installations par grande profondeur, les conduites sous-marines ainsi que les ensembles de conduites coaxiales sous-marines sont assemblés à terre en éléments de longueur unitaire, de l'ordre de 20 à 100 m selon la capacité de tenu du système de pose. Puis ils sont transportés ainsi en mer sur un navire de pose. Lors de la

pose, les longueurs unitaires des divers éléments d'ensembles de conduites coaxiales sont raccordés les uns aux autres à bord du navire et au fur et à mesure de leur pose en mer. Il est donc important que ce raccordement puisse être intégré dans le procédé de montage et d'assemblage de la conduite et de pose de celle-ci au fond de la mer en le retardant le moins possible, et puisse donc être réalisé rapidement et aisément.

Lors de la pose par grand fond d'un PiP conventionnel, comparé ou tel que décrit dans ce brevet, ledit PiP est soumis à flexion, principalement dans la partie basse proche du fond de la mer. La flexion est maximale au point de contact avec le sol car le rayon de courbure décroît depuis la surface jusqu'au point de contact avec le sol, où il est alors minimal, puis le PiP reposant sensiblement à l'horizontale sur le fond de la mer, présente alors un rayon de courbure infini. La flexion engendrée au cours de la pose crée des contraintes importantes dans chacun des tubes du PiP et dans la zone de raccordement de deux longueurs successives de PiP.

Pour ce faire, on utilise des pièces de jonction ou pièces de raccordement forgées en acier, assemblées aux extrémités desdits éléments d'ensembles de conduites coaxiales à assembler. La pièce de jonction à l'extrémité aval d'un premier élément d'ensemble de conduites coaxiales non encore assemblées, étant raccordée à la pièce de jonction à l'extrémité libre amont d'un deuxième élément d'ensemble de conduites coaxiales déjà assemblées en aval.

On connaît les brevets GB-2,161,565 et GB-2,191,842 qui décrivent un PiP et son mode d'assemblage, ainsi que deux modes de réalisation de pièces de jonction ou de raccordement forgées.

Une des lacunes des pièces forgées de jonction proposées dans la technique antérieure tient en ce que dans la zone de raccordement desdites pièces, le diamètre des pièces est réduit et correspond

sensiblement à celui de la conduite interne. Il en résulte une variation très importante de l'inertie de la section transversale du PiP entre la zone courante dudit PiP, et ladite zone de raccordement entre deux dites longueurs unitaires de PiP, ceci conduit à créer un point de faiblesse à chacun de ces raccordements par soudage entre deux pièces forgées, la zone dudit soudage étant alors particulièrement sensible aux phénomènes de fatigue, tant durant la pose que pendant la durée de vie de la conduite.

Pour éviter cette zone de faiblesse et conserver une inertie de section transversale sensiblement constante, on peut augmenter l'épaisseur de la paroi de la pièce forgée dans toute la zone située entre la partie massive de ladite pièce forgée et la zone du chanfrein où sera effectuée la soudure. Mais, il faut alors en général quasiment doubler ladite épaisseur. Et, dans le cas des conduites de fort diamètre et devant être posées par grandes profondeurs, le soudage devient alors problématique en raison de la très forte épaisseur d'acier, ladite épaisseur pouvant atteindre 40 à 50mm, ce qui nécessite des procédés de soudage très délicats, voire dans certains cas quasiment irréalisables sans défauts compte tenu des effets dynamiques en mer sur la masse d'acier en fusion. De plus, lesdites soudures étant réalisées à bord des navires de pose, ces derniers ayant un coût horaire extrêmement élevé, le coût d'installation devient prohibitif et les risques de défaillance sont considérables en raison de la complexité desdites opérations de soudage sur site.

Dans EP-1 771 679 au nom de la demanderesse, on a proposé de réaliser un raccordement de longueur unitaire d'ensemble de conduites coaxiales de type PiP amélioré de manière à faciliter la mise en œuvre des moyens de raccordement et opérations de raccordement, notamment en optimisant les engins de pose, et dont les zones de raccordement entre deux longueurs unitaires sont renforcées, de manière à ce que les contraintes engendrées lors de la pose soient minimisées et que le

comportement en fatigue, dans le cas des liaisons fond-surface soit radicalement amélioré.

Pour ce faire, dans EP-1 771 679, on fournit une pièce de jonction de révolution destinée à la jonction de deux éléments d'un ensemble d'au moins deux conduites coaxiales, comprenant une conduite externe contenant une conduite interne délimitant un espace annulaire contenant de préférence un matériau d'isolation caractérisée en ce que ladite pièce de jonction est délimitée comme suit :

- dans une direction radiale par rapport à un axe longitudinal XX' de révolution de ladite pièce, elle est délimitée par une paroi interne cylindrique sensiblement de même diamètre que celui de la partie courante de ladite conduite interne, et par une paroi externe cylindrique de diamètre sensiblement égal au diamètre externe de la partie courante de ladite conduite externe, et

- dans la direction axiale longitudinale XX',

• du côté de ladite pièce de jonction destiné à être assemblé par soudage à l'extrémité desdites conduites externe et interne d'un dit élément d'un ensemble d'au moins deux conduites coaxiales, lesdites parois externe et interne de ladite pièce de jonction forment en section longitudinale des premières branches respectivement externe et interne sensiblement de même épaisseur que lesdites conduites externe et interne auxquelles elles sont destinées à être assemblées, lesdites premières branches externe et interne délimitant une première cavité annulaire, et

• du côté opposé de ladite pièce de jonction destiné à être assemblé à une autre dite pièce de jonction, elle-même assemblée par soudage à l'extrémité d'un autre élément d'ensemble de deux conduites coaxiales, lesdites parois externe et interne forment en section

longitudinale des deuxièmes branches respectivement externe et interne, délimitant une deuxième cavité annulaire,

• les fonds desdites première et deuxième cavités étant espacés dans ladite direction longitudinale XX', de manière à délimiter une zone pleine de ladite pièce de jonction dans laquelle lesdites parois externe et interne forment les faces externe et interne d'une même paroi cylindrique.

Une pièce de jonction de ce type est constituée d'une unique pièce métallique forgée, c'est-à-dire constituée d'un seul tenant, de préférence en acier, ou bien encore de préférence en acier allié.

Dans EP-1 771 679, on fournit également un ensemble d'au moins deux conduites coaxiales constitué en partie courante d'une conduite externe et d'une conduite interne, délimitant un espace annulaire, comprenant de préférence un matériau d'isolation, comportant :

- à au moins une de ses extrémités, une pièce de jonction tel que défini ci-dessus, assemblée par soudage au niveau des extrémités desdites premières branches externe et interne et, respectivement des extrémités de même épaisseur desdites conduite externe et respectivement conduite interne,

- la longueur de dépassement de l'extrémité desdites premières branches interne et externe l'une par rapport à l'autre de chaque dite pièce de jonction, étant apte à s'adapter à la longueur de dépassement de l'extrémité desdites conduites externe et interne l'une par rapport à l'autre à l'extrémité desdits éléments de dits ensembles de conduites coaxiales, et

- la dite première cavité annulaire étant de préférence remplie de dit matériau d'isolation.

Un procédé d'assemblage de deux éléments constitué chacun d'un ensemble d'au moins deux conduites coaxiales tel que défini ci-dessus comprend les étapes dans lesquelles :

1) on assemble un dit premier élément d'ensemble de conduites coaxiales tel que défini ci-dessus, comportant une première pièce de jonction, tel que défini ci-dessus, à l'extrémité aval, et un deuxième élément de dit ensemble de conduites coaxiale tel que défini ci-dessus comportant une deuxième dite pièce de jonction selon l'invention, à l'extrémité amont, les deux dites deuxièmes branches externes des deux dites première et deuxième pièces de jonction étant de préférence de même épaisseur, et

2) on rapproche les unes des autres et on soude entre elles les extrémités libres des seules dites deuxièmes branches externe desdites première et deuxième pièces de jonction des deux dits éléments d'un ensemble d'au moins deux conduites coaxiales selon l'invention à assembler.

La formation desdites première et deuxième cavités annulaires permet d'une part d'établir une continuité au niveau du diamètre interne de la conduite interne et d'autre part de fournir une relative continuité et identité d'inertie de la section transversale, de la zone courante du PiP et de la zone de raccordement, l'épaisseur de la branche externe de la pièce de jonction forgée étant sensiblement égale ou légèrement supérieure à l'épaisseur courante de la conduite externe.

L'éloignement des extrémités desdites premières branches externe et interne par rapport au fond de la première cavité et de l'extrémité de ladite deuxième branche externe par rapport au fond de ladite deuxième cavité, permet de réaliser les soudages dans les meilleures conditions, car la masse d'acier de part et d'autre de la zone de soudage est sensiblement égale et la zone de fusion ne se trouve alors pas perturbée par une « effet radiateur » provoqué par la zone pleine et massive

située entre les fonds desdites première et deuxième cavités, ladite perturbation consistant en un refroidissement déséquilibré entre la gauche et la droite de ladite zone de soudure.

Enfin, la continuité du diamètre de la paroi externe au niveau de la dite pièce de jonction par rapport à celui des parties courantes des conduites externes permet de créer une augmentation importante de l'inertie de la section transversale au niveau de la zone de raccordement de deux pièces de jonction adjacentes, et donc de renforcer le raccordement là ou précisément les contraintes sont maximales. En effet, l'inertie de la section transversale d'une conduite par rapport à son centre varie comme la puissance 4 du rayon, ce qui conduit à une épaisseur nécessaire considérable dans le cas de l'art antérieur tel que décrit dans GB-2,161,565 et GB-2,191,942. En revanche, si la section transversale considérée correspond à celle de la conduite externe du PiP, l'épaisseur nécessaire est fortement réduite, voire même dans certains cas divisée par deux, ce qui simplifie considérablement les opérations d'assemblage par soudage effectuées à bord des navires d'installation, dans des conditions difficiles.

D'autre part le fait que deux pièces de jonction adjacentes soient soudées, uniquement au niveau de l'extrémité desdites deuxième branches externes, permet que la totalité des phénomènes de transferts de charge et de contraintes soit localisée au niveau externe et n'implique pas lesdites parois internes, ce qui permet de mieux contrôler les risques de fissuration ou phénomènes de fatigue et d'éviter que le dispositif ne se ruine complètement au niveau de la paroi interne.

En outre, le fait que les deux extrémités desdites deuxièmes branches internes de deux pièces de jonction adjacentes assemblées, ne soient pas soudées entre elles, autorise des mouvements infimes desdites parois internes face à face dus à des éventuelles flexions ou variations de pression ou de température et autorise que lesdites parois internes puissent se déforment plastiquement et permettre un matage

desdites deuxièmes branches internes sans risquer de transférer des charges de compression de contact, ce qui permet d'éviter de perturber la répartition des contraintes dans la zone d'assemblage et que l'essentiel des contraintes soit repris au niveau des parois externes desdites pièces.

La formation de ladite paroi interne cylindrique qui assure une continuité presque complète avec la conduite interne, permet d'éviter des phénomènes de turbulence du type vortex dans la circulation du fluide à l'intérieur du dispositif après assemblage, au niveau du raccordement de deux dites pièces de jonction de deux portions de PIP adjacentes

Toutes ces caractéristiques contribuent à améliorer radicalement le comportement en flexion, ainsi qu'en fatigue, d'un dispositif impliquant deux éléments d'ensemble coaxial équipé de dites pièces de jonction et raccordées l'une à l'autre, à bord des navires d'installation.

Par ailleurs, la fabrication et l'assemblage desdites pièces de jonction sont relativement aisés et fiables en ce qui concerne le raccordement de deux pièces de jonction adjacentes et le raccordement d'une pièce de jonction avec l'extrémité d'un ensemble de d'au moins deux conduites coaxiales.

Dans un mode de réalisation avantageux de EP-1 771 679, ladite deuxième branche interne comporte sur sa face frontale à son extrémité libre dans la direction longitudinale, un élément de centrage mâle ou femelle, apte à coopérer avec un élément, respectivement femelle ou mâle de l'extrémité libre d'une dite autre deuxième branche interne d'une autre dite pièce de jonction à laquelle elle est destinée à être assemblée, de manière à :

-assurer un effet de centrage des deux dites pièces de jonction lors de leur approche en vue de leur assemblage, et

- ajuster l'écartement e, e égal de 1 à 5 mm, de préférence 2 à 4 mm, des faces frontales d'extrémité des dites deuxièmes branches externes de dites pièces de jonction à assembler lors de leur approche en vue de leur assemblage pour que, de préférence, l'assemblage puisse se faire par soudure et que ladite soudure puisse être réalisée sur toute l'épaisseur desdites faces frontales des extrémités desdites deuxièmes branches externes destinées à être assemblées.

Dans un autre mode de réalisation avantageux, dans EP-1 771 679, l'épaisseur de ladite deuxième branche interne d'une des deux pièces de jonction assemblées bout à bout va en diminuant entre le fond de ladite deuxième cavité annulaire et ladite face frontale de ladite deuxième branche interne, la surface externe de ladite deuxième branche interne s'inscrivant ainsi dans une enveloppe tronconique et ladite deuxième branche interne présente une rigidité réduite par rapport à la deuxième branche interne de l'autre pièce de jonction à laquelle elle est assemblée.

Cette paroi interne amincie au niveau d'une des dites deuxièmes branches internes lui permet de jouer le rôle de butée éventuelle tout en autorisant plus facilement sa déformation plastique et son matage éventuel lors des mouvements de flexion ou des variations de pression ou de température, l'essentiel des contraintes étant quasi intégralement transmise au niveau de ladite deuxième branche externe.

Il en résulte que dans EP-1 771 679, ladite deuxième cavité n'est pas étanche après raccordement des deux pièces de jonction, vis-à-vis de l'intérieur de ladite paroi interne et de ladite conduite interne car lors du démarrage de la circulation d'un fluide à l'intérieur, celui-ci migre vers cette deuxième cavité, l'étanchéité de la conduite PiP étant assurée par la soudure externe au niveau de l'extrémité desdites deuxièmes branches externes, le fluide se trouvant piégé durant toute le durée de vie de l'installation au niveau de cette deuxième cavité.

Pour obtenir un effet de centrage optimal, dans EP-1 771 679, on décrit un mode de réalisation à la figure 2E, dans lequel les surfaces des deux dites deuxièmes branches internes coopérant entre elles en contact lors de l'assemblage des deux pièces de jonction, s'inscrivent dans une même enveloppe tronconique, les deux dites branches internes coopérant en contact ayant une même inertie et donc une même rigidité et leur surface de contact lors de l'assemble et après soudure des deux deuxièmes branches externes coïncident avec leur surface de chevauchement selon l'axe longitudinal XX', qui est au moins supérieur à la moitié de la longueur des dites deuxièmes branches internes.

Du fait de cette relativement grande surface de contact des deux dites deuxièmes branches internes, coïncidant avec leur zone de chevauchement, la contrainte de déformation élastique initiale au niveau de ladite surface de contact métal/métal est insuffisante et/ou inhomogène sur toute la surface créant ainsi des cheminements de fuite et une absence d'étanchéité des dites deuxièmes cavités, là encore.

On a découvert selon la présente invention que cette grande surface de contact et absence de déformation élastique au niveau de l'extrémité des dites deuxièmes branches internes coopérant en contact, nuit au retrait de la soudure lors de son refroidissement au niveau des extrémités des dites deuxièmes branches externes et en tout état de cause conduit à des contraintes de traction au niveau des dites soudures entre lesdites deuxièmes branches externes des deux pièces de jonction, lesquelles contraintes risquant d'affecter négativement le comportement en fatigue de la soudure et sa fiabilité mécanique dans le temps.

D'autre part, on a découvert selon la présente invention que le confinement de produits indésirables corrosifs, tels de l'eau saumâtre et plus particulièrement des eaux en provenance des puits, chargées en bactéries diverses, risquent au cours de l'exploitation de l'installation de produire des composés agressifs pour les installations au niveau des

dites deuxièmes cavités annulaires et notamment au niveau des dites soudures des extrémités des dites deuxièmes branches externes des deux pièces de jonction assemblées, pouvant conduire à des incidents de corrosions localisées indésirables.

Le but de la présente invention est de fournir des pièces de jonction améliorées et un assemblage de pièces de jonction amélioré qui permettent de surmonter les inconvénients mentionnés ci-dessus.

Pour ce faire, la présente invention fournit un ensemble d'au moins deux conduites coaxiales constitué en partie courante d'une conduite externe et d'une conduite interne, délimitant un espace annulaire, comprenant de préférence un matériau d'isolation, constitué de l'assemblage d'éléments unitaires d'au moins deux conduites coaxiales, comprenant au moins deux éléments unitaires d'ensemble de conduites coaxiales, dont l'un comprend à au moins une extrémité une première pièce de jonction assemblée à une deuxième pièce de jonction à l'extrémité d'un autre dit élément unitaire d'ensemble de conduites coaxiales, chacune des deux dites première et deuxième pièces de jonction étant une pièce de jonction de révolution délimitée comme suit :

- dans une direction radiale par rapport à un axe longitudinal XX' de révolution de ladite pièce, elle est délimitée par une paroi interne cylindrique sensiblement de même diamètre que celui de la partie courante de ladite conduite interne, et par une paroi externe cylindrique de diamètre sensiblement égal au diamètre externe de la partie courante de ladite conduite externe, et

- dans ladite direction axiale longitudinale XX',

 du côté de ladite pièce de jonction où elle est assemblée par soudage à l'extrémité desdites conduites externe et interne d'un dit élément unitaire d'un ensemble d'au moins deux conduites coaxiales,

lesdites parois externe et interne de ladite pièce de jonction forment en section longitudinale des premières branches, de préférence des premières branches externe et respectivement interne sensiblement de même épaisseur que lesdites conduites externe et interne auxquelles elles sont assemblées, lesdites premières branches externe et interne délimitant une première cavité annulaire, et

 du côté de ladite pièce de jonction où elle est assemblée à une autre dite pièce de jonction, elle-même assemblée par soudage à l'extrémité dudit autre élément unitaire d'ensemble de deux conduites coaxiales, lesdites parois externe et interne forment en section longitudinale des deuxièmes branches respectivement externe et interne, délimitant une deuxième cavité interne annulaire,

- les deux dites première et deuxième pièces de jonction étant soudées l'une à l'autre uniquement au niveau de l'extrémité de leur dites deuxièmes branches externes,

- de préférence, les fonds desdites première et deuxième cavités étant espacés dans ladite direction longitudinale XX', de manière à délimiter une zone pleine massive de ladite pièce de jonction dans laquelle lesdites parois externe et interne forment les faces externe et interne d'une même paroi cylindrique, et

- les extrémités desdites deux deuxièmes branches internes non soudées des dites première et deuxième pièces de jonction sont en contact métal/métal l'une avec l'autre sous contrainte de déformation élastique au niveau de leur surface de contact de révolution, de préférence conique, entre une première surface de révolution externe sur la face externe de la deuxième branche interne de la deuxième branche interne de la première pièce de jonction et une deuxième surface de révolution interne sur la face interne de la deuxième branche interne de la deuxième pièce de jonction, ladite deuxième branche interne de la première pièce de jonction formant une deuxième branche

interne mâle située à l'intérieur de la deuxième branche interne femelle de la deuxième pièce de jonction,

caractérisé en ce que ladite deuxième surface de révolution interne est de forme différente, mais de même axe de révolution (XX') que ladite première surface de révolution externe, de sorte que lesdites première surface de révolution externe et deuxième surface de révolution interne présentent, lorsque celles-ci sont disposées coaxialement et engagées en contact l'une contre l'autre, une ligne de contact initiale circulaire (do) se transformant en dite surface de contact après ladite contrainte de déformation élastique résultant du retrait de la soudure des extrémités des dites deuxièmes branches externes des dites deux pièces de jonction, de sorte que lesdites deuxièmes cavités internes sont étanches vis-à-vis de l'intérieur la conduite interne.

On comprend que l'expression « ligne de contact initiale circulaire » signifie que le contact entre les deux surfaces en coupe longitudinale axiale XX' est ponctuel et forme une ligne circulaire en coupe transversale dans le plan YZ lors de l'approche des deux conduites avant soudage. Le retrait de la soudure transforme alors cette ligne en surface de contact de révolution par déformation élastique conduisant alors à l'étanchéité métal/métal recherchée.

On entend ici par « interne » une branche ou une surface plus proche de l'intérieur de la conduite interne du PiP et par « externe » une surface ou branche plus proche de l'extérieur de la conduite externe du PiP Ainsi, ladite première surface de révolution externe est tournée vers ladite deuxième cavité annulaire et ladite deuxième surface de révolution interne est tournée vers l'intérieur de ladite conduite interne.

Ainsi, la présente invention propose de manière originale d'établir une étanchéité dans lesdites deuxièmes cavités internes, laquelle est rendue possible par la création d'un contact sous contrainte de déformation élastique des surfaces des dites deux branches internes en vis-à-vis, laquelle contrainte de déformation élastique permet que le

retrait de la soudure de l'extrémité des dites deuxièmes branches externes s'effectue correctement.

Les moyens de détection d'une contrainte de déformation élastique sont connus de l'homme de l'art tel que la méthode par rayons X qui permet de mesurer les distances inter atomiques au niveau de la surface de la matière, et ainsi de caractériser de manière très précise l'état et le niveau de contrainte, qu'il soit de traction, de repos, ou de compression. De tels moyens sont disponibles auprès de la Société STRESSTECH (Finlande).

On comprend que :

- l'une desdites deuxièmes branches internes est en contrainte de déformation élastique sous traction, tandis que l'autre sera en contrainte de déformation élastique en compression au niveau de ladite zone de contact,

- la déformation élastique au niveau de ladite surface de contact ne doit pas être excessive, de manière à conserver un écart entre les extrémités des dites deuxièmes branches externes avant réalisation de la soudure, de manière à ce que l'assemblage de ces extrémités de deuxièmes branches externes puisse se faire sur toute l'épaisseur de leur face terminale frontale en vis-à-vis, et

- le serrage des deux pièces de jonction l'une contre l'autre se réalise grâce au retrait de la soudure des extrémités desdites deuxièmes branches externes après refroidissement.

Du fait de la coaxialité des dites première et deuxième surfaces de révolution et de leur ligne de contact initial ponctuel circulaire se transformant après contrainte de déformation élastique en surface de contact de révolution, de préférence conique, lors de l'approche des deux pièces de jonction, un effet d'autocentrage des deux pièces de

jonction et une parfaite coaxialité entre les rames assemblées n et n-1, ainsi qu'un ajustement parfait et répétitif de l'espace « e » entre les faces frontales d'extrémité des branches externes des deux pièces de jonction forgées, autorisent l'exécution dans de parfaites conditions de la soudure entre lesdites faces frontales des branches externes des deux pièces de jonction.

Dans un mode préféré de réalisation :

- ladite deuxième branche interne de ladite première pièce de jonction forme une deuxième branche interne mâle à l'intérieur de la deuxième branche interne femelle de la deuxième pièce de jonction, et ladite deuxième branche interne mâle est de rigidité inférieure à la rigidité de la deuxième branche interne femelle, et

- lesdites première surface de révolution externe et deuxième surface de révolution interne sont en contact métal/métal résultant d'une déformation élastique sur une dite surface de contact, dont la dimension en projection dans la direction longitudinale axiale XX' est inférieure à la dimension D en projection dans la direction longitudinale axiale XX' de la zone de chevauchement entre les dite deuxième branche interne mâle et dite deuxième branche interne femelle.

Par « surface de révolution » on entend toute forme de surface de révolution présentant en coupe longitudinale axiale selon la direction longitudinale axiale XX' de la conduite, une forme parabolique, hyperbolique ou ellipsoïdale, de préférence circulaire, les dites surfaces de révolution pouvant être des ellipsoïdes, notamment des sphères, notamment des paraboloïdes ou hyperboloïdes et des surfaces d'enveloppe tronconique.

Du fait de la dimension relativement réduite de ladite surface de contact, il s'opère au niveau de celle-ci une contrainte de déformation élastique suffisante pour concomitamment créer une étanchéité métal-

métal de ladite deuxième cavité interne résultant de la rétractation de la soudure des extrémités des dites deuxièmes branches externes des deux pièces de jonction lors du refroidissement de ladite soudure.

Et, du fait que ladite deuxième branche interne mâle présente une rigidité inférieure, on comprend que ladite contrainte de déformation élastique se produit essentiellement au niveau de cette deuxième branche interne mâle et plus précisément au niveau de ladite première surface de révolution externe.

La mise en œuvre d'une deuxième branche interne mâle de rigidité réduite disposée du côté de l'intérieur de la conduite interne par rapport à ladite deuxième branche interne femelle permet que la pression du fluide à l'intérieur de ladite conduite interne du PiP s'exerce contre ladite deuxième branche interne la moins rigide, venant ainsi en appui contre et étant supportée par ladite deuxième branche interne femelle la plus rigide, ce qui d'une part évite la déformation de ladite deuxième branche mâle vers l'intérieur de ladite deuxième cavité annulaire et donc évite la perte d'étanchéité de ladite deuxième cavité interne qui en résulterait. Il faut en effet que ladite deuxième branche interne la plus rigide soit du côté de la deuxième cavité interne pour d'une part favoriser la déformation élastique de ladite deuxième branche interne disposée du côté de la conduite interne (dénommée « deuxième branche interne mâle ») autorisant la rétractation de la soudure sans perte d'étanchéité au niveau de la deuxième cavité interne.

On comprend que si les deux branches internes sont réalisées en même matériau, la diminution de rigidité s'obtient par une diminution de son épaisseur.

Plus particulièrement, la longueur de génératrice d de ladite surface de contact de révolution entre lesdites première surface de révolution externe et deuxième surface de révolution interne est de 0.5 à 5 mm, de préférence de 2 à 4 mm.

Pour réaliser une dite zone de contact de dimensions réduites, on met en œuvre des modes de réalisation dans lesquels les formes différentes des dites première surface de révolution externe et dite deuxième surface de révolution interne sont telles qu'elles conduisent, lorsque celles-ci sont disposées coaxialement et engagées en contact l'une contre l'autre à une ligne de contact ponctuel circulaire d_0 avant la contrainte de déformation élastique résultant du retrait de la soudure entre les extrémités des dites deuxièmes branches externe des deux pièces de jonction, lors de son refroidissement.

Plus particulièrement, ladite deuxième surface de révolution interne ne s'inscrit pas dans une même enveloppe tronconique que ladite première surface de révolution externe par « même enveloppe tronconique », on entend ici une enveloppe tronconique de même angle au sommet.

Dans une première variante de réalisation, ladite première surface de révolution externe est une surface tronconique dont le demi-angle au sommet α_1 est inférieur au demi-angle de sommet α_2 de ladite deuxième surface de révolution interne tronconique, α_1 et α_2 étant inférieurs à 45°, de préférence de 30 à 35°.

De préférence, pour obtenir une deuxième branche interne de rigidité réduite, l'épaisseur de ladite deuxième branche interne mâle de ladite première pièce de jonction va en diminuant depuis le fond de ladite deuxième cavité annulaire jusqu'à son extrémité longitudinale.

Dans une variante de réalisation avantageuse, l'extrémité longitudinale de ladite deuxième branche interne mâle de ladite première pièce de jonction comprend à son extrémité longitudinale du côté de sa face interne une terminaison biseautée inclinée d'un angle β par rapport à la direction longitudinale axiale, l'angle d'inclinaison β de ladite extrémité biseautée étant supérieur au demi-angle au sommet α_1 de ladite première surface de révolution externe tronconique.

Ce mode réalisation permet d'ajuster la raideur de ladite deuxième branche interne mâle de rigidité réduite de façon à ce que la rigidité de son extrémité soit ajustée en l'espèce légèrement augmentée par rapport à une extrémité non biseautée (c'est-à-dire une extrémité qui se termine avec une inclinaison α_1 par rapport à ladite direction longitudinale axiale. Cette rigidité de compromis entre une raideur excessive à laquelle la contrainte de déformation élastique serait insuffisante, n'autorisant pas le retrait de la soudure et une souplesse excessive qui ne permettrait pas d'ajuster l'écartement initial des extrémités des dites deuxièmes branches externes avant leur soudure.

Dans une autre variante de réalisation, ladite première surface de révolution externe présente une forme tronconique se poursuivant à l'extrémité la plus mince de ladite deuxième branche interne par une surface torique de même axe de révolution XX', à convexité tournée vers ladite deuxième surface de révolution interne de forme tronconique.

On comprend que les demi-angles α_1 et α_2 au sommet des dites premières surfaces tronconiques et deuxièmes surfaces tronconiques doivent être telles que lesdites première surface de révolution interne et deuxième surface de révolution externe ne rentrent pas en contact entre elles, et donc n'interfèrent pas entre-elles, en dehors de ladite surface torique à l'extrémité de ladite première surface de révolution externe. Ceci sera toujours le cas si ledit angle au sommet α_1 de ladite première surface de révolution externe est inférieur ou égal à l'angle au sommet α_2 de ladite deuxième surface de révolution interne tronconique. Mais, ceci pourra être également le cas si l'angle α_1 de ladite première surface de révolution externe dans sa partie tronconique est supérieur au demi-angle de sommet α_2 de ladite deuxième surface de révolution interne tronconique.

De préférence encore, l'extrémité de la deuxième branche interne de la première pièce de jonction est en retrait dans ladite direction longitudinale axiale XX' par rapport à l'extrémité de la deuxième

branche externe de la première pièce de jonction et l'extrémité de la deuxième branche externe de la deuxième pièce de jonction est en retrait dans la direction longitudinale axiale XX' par rapport à l'extrémité de la deuxième branche interne de la deuxième pièce de jonction, laquelle est de rigidité supérieure à la deuxième branche interne de la première pièce de jonction.

Ce mode de réalisation permet de protéger l'extrémité de rigidité réduite de la deuxième branche interne de la première pièce de jonction 1a lors de l'assemblage des deux pièces de jonction.

La présente invention fournit également un procédé d'assemblage d'un ensemble d'au moins deux conduites coaxiales selon l'invention, caractérisé en ce que :

1) on assemble de préférence dans une tour de pose en « J », un premier ensemble de conduites coaxiales n-1, de préférence incliné en suspension à l'extrémité inférieure dans une dite tour de pose en « J », comportant une dite première pièce de jonction à son extrémité en amont, avec un deuxième dit élément unitaire d'ensemble de conduites coaxiales n, de préférence incliné à l'extrémité inférieure d'une dite tour de pose en « J », comportant une dite deuxième pièce de jonction différente de ladite première pièce de jonction à son extrémité avale, de telle sorte que le premier contact de ladite deuxième pièce de jonction avec ladite première pièce de jonction se réalise au niveau d'une ligne de contact circulaire d_0 entre ladite première surface de révolution externe et dite deuxième surface de révolution interne, les deux dites deuxièmes branches externes des deux dites première et deuxième pièces de jonction étant de préférence de même épaisseur, les faces frontales d'extrémité des dites deuxièmes branches externes des deux dites première et deuxième pièces de jonction étant espacées d'une distance e d'au moins 1 mm, de préférence de 2 à 5 mm, et

2) on réalise le soudage entre elles des faces frontales et des chanfreins des extrémités libres des seules dites deuxièmes branches externes des dites première et deuxième pièces de jonction des deux dits éléments unitaires de conduites n-1, n.

Ainsi, après rétractation de la soudure, on obtient une étanchéité métal/métal résultant d'une contrainte de déformation élastique au niveau de la zone de contact entre les deux dites première surface de révolution externe de ladite deuxième branche interne mâle et respectivement deuxième surface de révolution interne de ladite deuxième branche interne femelle.

Selon des caractéristiques préférées et avantageuses de la présente invention :

- l'extrémité libre de ladite deuxième branche externe présente une forme de préférence un chanfrein, la rendant apte à être soudée à l'extrémité libre d'une autre dite deuxième branche externe d'une autre pièce de jonction à laquelle elle est destinée à être assemblée, ladite autre pièce de jonction étant, elle-même, assemblée à l'extrémité d'un deuxième dit élément d'ensemble de deux conduites coaxiales, et

- les deux dites deuxièmes branches externes des deux dites pièces de jonction destinées à être assemblées par soudure sont de même épaisseur, et d'épaisseur supérieure à l'épaisseur de la conduite externe du PiP, et de préférence d'épaisseur supérieure à l'épaisseur de ladite deuxième branche interne de ladite pièce de jonction, et

- l'extrémité de ladite deuxième branche externe présente un chanfrein tourné vers l'extérieur, apte à permettre une soudure depuis l'extérieur ;

- les extrémités libres desdites premières branche externe et interne présentent une forme, de préférence en chanfrein, les rendant aptes à être soudées aux extrémités libres respectivement desdites conduites externe et interne, de préférence aptes à être soudées respectivement depuis l'extérieur de la dite conduite externe pour lesdites premières branches externes et depuis l'intérieur de ladite conduite interne pour lesdites premières branches internes.

Dans un mode de réalisation particulier, lesdites première et deuxième cavités annulaires présentent une forme oblongue en section longitudinale, les fonds et présentant une forme incurvée dont les rayons de courbure sont, de préférence, identiques.

Plus particulièrement encore :

- les fonds desdites première et deuxième cavités, sont espacés d'une longueur de 0.5 à 5 fois l'épaisseur maximale de ladite pièce de jonction forgée dans ladite zone pleine,

- la longueur desdites premières branches interne et externe forme une dite première cavité d'une profondeur de 1 fois à 5 fois l'épaisseur des conduites interne et respectivement externe, et

- la longueur desdites deuxièmes branches externe et interne forme une dite deuxième cavité d'une profondeur de 1 fois à 5 fois l'épaisseur de ladite deuxième branche externe, et

- l'épaisseur desdites deuxièmes branches externes étant supérieure de 5 à 100%, de préférence de 30 à 70% de l'épaisseur de la conduite externe.

Selon des caractéristiques particulières d'un procédé d'assemblage de deux éléments d'ensemble de deux conduites coaxiales selon l'invention :

- la longueur de dépassement de l'extrémité desdites deuxièmes branches interne et externe l'une par rapport à l'autre d'une dite première pièce de jonction, est apte à s'adapter à la longueur de dépassement de l'extrémité desdites deuxièmes branches interne et externe l'une par rapport à l'autre d'une dite deuxième pièce de jonction à laquelle ladite première pièce de jonction est assemblée, et

- lesdites deuxièmes branches externe et interne de chacune des deux dites pièces de jonction sont telles que leurs extrémités sont sensiblement au même niveau dans ladite direction longitudinale axiale XX'.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lumière de la description détaillée qui va suivre, en référence aux figures suivantes dans lesquelles :

- La figure 1A est une coupe longitudinale axiale d'une rame n-1 de PIP 1, comportant une première pièce de jonction 1a soudée à son extrémité,

- La figure 1B est une coupe longitudinale axiale de la seconde extrémité de la même rame de PiP 1 selon la figure 1A, comportant une deuxième pièce de jonction 1b soudée à son extrémité,

- La figure 2 est une coupe longitudinale axiale du raccordement de deux longueurs de PiP n et n-1 équipées chacune d'une pièce de jonction 1a (n-1) et respectivement 1b (n) à leurs extrémités,

- Les figures 2A et 2B représentent des variantes de réalisation des extrémités de la deuxième branche interne 5_2a de la première pièce de jonction 1a et de son contact avec la deuxième branche interne 5_2b de la deuxième pièce de jonction 1b,

- Les figures 3, 3A et 3B détaillent l'évolution du point de raccordement de l'extrémité de la première pièce de jonction 1a de la figure 2A, respectivement en fin de phase d'approche des deux éléments unitaires de conduite n-1,n, lorsque la rame supérieure n repose sur la rame inférieure n-1 (Fig. 3A), et après retrait du métal de soudage lorsque la soudure a refroidi (Fig. 3B),

- Les figures 4, 4A et 4B détaillent l'évolution du point de raccordement des extrémités des pièces de jonction de la figure 2B, respectivement en fin de phase d'approche des deux éléments de conduite, puis lorsque la rame supérieure repose sur la rame inférieure (Fig. 4A) et après retrait du métal lorsque la soudure a refroidi (Fig. 4B),

- La figure 5 représente une variante de réalisation préférée de l'extrémité de la deuxième branche interne 5_2a de la première pièce de jonction 1a, ladite extrémité étant en retrait dans la direction XX' par rapport à l'extrémité de la deuxième branche externe 5_1.

- La figure 5A représente un mode de réalisation comparatif de la figure 3 dans lequel l'étanchéité de la cavité 6 ne serait pas correctement assurée en cours d'opération lorsque la pression du fluide à l'intérieur 2_5 de la conduite interne 2_2 circulerait sous pression venant déformer l'extrémité mince non soutenue de la deuxième branche interne 5_2a de la première pièce de jonction 1a se déformant vers l'intérieur de la cavité 6.

- La figure 6 est une vue de côté d'un navire d'installation 13 de conduites sous-marines équipé d'une tour de pose en J 12,

- La figure 6A illustre l'approche d'une nouvelle rame n vers la partie de conduite déjà assemblée n-1 en suspension au sein d'une tour de pose en J,

• La figure 6B illustre le soudage de ladite nouvelle rame n sur la conduite en suspension n-1 au sein d'une tour de pose en J à son extrémité inférieure.

Les pièces de jonction 1a, 1b de révolution et sensiblement cylindriques selon l'invention, sont destinées à la jonction de deux éléments unitaires n-1 et n d'un ensemble d'au moins deux conduites coaxiales, comprenant une conduite externe 2_1 contenant une conduite interne 2_2 délimitant un espace annulaire 2_3 contenant un matériau d'isolation 2_4, l'espace annulaire étant de préférence sous pression réduite de gaz, lesdits éléments étant appelés ci-après longueur unitaire de PiP.

Lesdites pièces de jonction 1a et 1b sont délimitées comme suit :

▪ dans une direction radiale par rapport à un axe longitudinal XX' de révolution de ladite pièce, elle est délimitée par une paroi interne cylindrique 1_2 sensiblement de même diamètre que celui de la partie courante de ladite conduite interne 2_2, et par une paroi externe 1_1 cylindrique de diamètre sensiblement égal au diamètre externe de la partie courante de ladite conduite externe 2_1, et

▪ dans la direction axiale longitudinale XX',

• du côté de ladite pièce de jonction destiné à être assemblé par soudage 9 à l'extrémité desdites conduites externe et interne d'un dit élément d'un ensemble d'au moins deux conduites coaxiales, lesdites parois externe 1_1 et interne 1_2 de ladite pièce de jonction forment en section longitudinale des premières branches respectivement externe 3_1 et interne 3_2 sensiblement de même épaisseur que lesdites conduites externe 2_1 et interne 2_2 auxquelles elles sont destinées à être assemblées, lesdites premières branches externe 3_1 et interne 3_2 délimitant une première cavité annulaire 4, et

• du côté opposé de ladite pièce de jonction destiné à être assemblé à une autre dite pièce de jonction, elle-même assemblée par soudage 9 à l'extrémité d'un autre élément d'ensemble de deux conduites coaxiales, lesdites parois externe 1_1 et interne 1_2 forment en section longitudinale des deuxièmes branches respectivement externe 5_1 et interne 5_2, délimitant une deuxième cavité annulaire 6,

• les fonds 4_1, 6_1 desdites première et deuxième cavités 4, 6 étant espacés dans ladite direction longitudinale XX', de manière à délimiter une zone pleine massive 10 de ladite pièce de jonction dans laquelle lesdites parois externe 1_1 et interne 1_2 forment les faces externe et interne d'une même paroi cylindrique.

Chaque dit élément unitaire de l'ensemble de conduites coaxiales 1, n-1 et n comprend deux dites première pièce de jonction 1a et respectivement deuxième pièce de jonction 1b différentes respectivement à chaque extrémité.

Comme montré sur la figure 2, la première cavité annulaire 4 est ouverte sur l'espace annulaire 2_3 et peut recevoir le matériel d'isolation 2_4 de façon à continuer l'isolation de la conduite le plus loin possible.

Sur les figures 2 et suivantes, l'extrémité amont d'une première longueur unitaire de PiP n-1 est équipée d'une première pièce de jonction 1a et l'extrémité avale d'une deuxième longueur de PiP n est équipée d'une deuxième pièce de jonction 1b. Les extrémités du côté de leur face frontale 7 et dites deuxièmes branches externes 5_1 de chacune des dites première et deuxième pièce de jonction 1a et 1b sont de même forme et sont raboutées et soudées l'une à l'autre. En revanche, les dites deuxièmes branches internes 5_2a et 5_2b des deux première et respectivement deuxième pièces de jonction 1a et 1b sont de formes différentes et leurs extrémités ne sont pas soudées l'une à l'autre.

Ladite deuxième branche interne 5_2a de la première pièce de jonction 1a en amont de la dernière longueur unitaire de la conduite PiP déjà assemblée présente une épaisseur diminuant continument depuis le fond 6_1 de ladite deuxième cavité 6 vers son extrémité libre en amont. Cette deuxième branche interne 5_2a de ladite première pièce de jonction 1a présente du côté de son extrémité libre 7a une surface de révolution externe 5_3a de forme conique de demi-angle au sommet α_1 d'environ 30°, et une surface interne 5_2c -c'est-à-dire tournée vers l'intérieur 2_5 de la conduite interne 2_2- de forme cylindrique, lesdites surfaces de révolution 5_3a et cylindrique 5_2c étant de même axe XX' que celui de la conduite PiP.

La deuxième branche interne 5_2b de la deuxième pièce de jonction 1b à l'extrémité avale d'une nouvelle longueur unitaire de conduite PiP ou d'une nouvelle rame n à assembler sur ladite première pièce de jonction 1a, présente une forme différente, à savoir qu'elle présente une réduction d'épaisseur à son extrémité libre, mais son épaisseur ne diminue pas depuis le fond 6_1 de sa dite deuxième cavité 6 comme c'est le cas pour la deuxième branche interne 5_2a de la première pièce de jonction.

Globalement, l'épaisseur de ladite deuxième branche interne 5_2b de la deuxième pièce de jonction 1b est supérieure et présente une rigidité et une inertie plus importantes que celles de ladite deuxième branche interne 5_2a de la première pièce de jonction 1a.

D'autre part, l'extrémité de la deuxième branche interne 5_2b de la deuxième pièce de jonction 1b présente une deuxième surface de révolution interne 5_3b de demi-angle au sommet α_2 supérieur à α_1 et venant s'appliquer en vis-à-vis de ladite première surface de révolution externe 5_3a de ladite deuxième branche interne 5_2a de la première pièce de jonction 1a. La première pièce de jonction 1a vient donc avec sa deuxième branche interne 5_2a du côté interne à la conduite par rapport à la deuxième branche interne 5_2b de la deuxième pièce de jonction 1b

contre laquelle elle est en contact métal/métal lorsque leurs dites deuxièmes branches externes 5_1 sont assemblées par soudage 19. Ainsi, la première pièce de jonction 1a et sa deuxième branche interne 5_2a constituent une première pièce de jonction mâle et respectivement une deuxième branche interne mâle 5_2a tandis que la deuxième pièce de jonction 1b et sa deuxième branche interne 5_2b constituent une pièce de jonction femelle et respectivement une deuxième branche interne femelle.

Sur les figures 1 et 2, les extrémités libres des deuxièmes branches internes 5_2a,5_2b dépassent des extrémités libres des premières branches externes 5_1 des deux pièces de jonction, de façon à ce que le chevauchement de la première surface de révolution externe tronconique 5_3a de la première pièce de jonction 1a chevauche la deuxième surface de révolution interne tronconique 5_3b de la deuxième branche interne 5_2b de la deuxième pièce de jonction 1b, comme explicité ci-après.

Dans un mode préféré de réalisation illustré sur la figure 5, la deuxième branche interne 5_2a de la première pièce de jonction 1a présente une épaisseur diminuant progressivement depuis le fond 6_1 de la cavité 6 vers son extrémité libre. Et, l'extrémité libre de la deuxième branche interne 5_2a est en retrait Δl_2 dans la direction longitudinale XX' par rapport à la face frontale 7 de l'extrémité libre de la deuxième branche externe 5_1 de la même première pièce de jonction 1a de façon à ce que l'extrémité 7a de la deuxième branche interne 5_2a relativement plus fragile soit protégée lors de la phase d'assemblage avec la deuxième pièce de jonction 1b. Dans ce mode de réalisation de la figure 5, pour permettre le chevauchement des deux deuxièmes branches internes 5_2a et 5_2b des première et deuxième pièces de jonction 1a,1b, l'extrémité de la deuxième branche interne 5_2b de la deuxième pièce de jonction 1b est en avant par rapport à l'extrémité de la deuxième branche externe 5_1 de la deuxième pièce de jonction.

Selon la présente invention, la deuxième branche interne 5_2a de la première pièce de jonction mâle 1a est disposée vers l'intérieur 2_5 de la conduite par rapport à la deuxième branche interne 5_2b de la deuxième pièce de jonction femelle 1b de façon à ce que la pression interne du fluide circulant à l'intérieur 2_5 de la conduite PiP ne vienne pas déformer la deuxième branche interne 5_2a comme ce serait le cas dans un mode de réalisation comparatif représenté sur la figure 5A. Sur la figure 5A, la deuxième branche interne 5_2a de plus petite épaisseur et moindre rigidité est située du côté externe, c'est-à-dire vers la cavité interne 6 par rapport à la deuxième branche interne 5_2b de la deuxième pièce de jonction 1b, cette dernière faisant alors office de pièce de jonction mâle par rapport à une première pièce de jonction 1a femelle.

Après assemblage et raccordement de deux longueurs unitaires de PiP équipées de pièces de jonction forgées selon l'invention, la deuxième cavité annulaire 6 d'une première pièce de jonction 1a à l'extrémité amont d'une première longueur de PiP est ouverte sur une deuxième cavité annulaire d'une deuxième pièce de jonction 1b à l'extrémité aval d'une deuxième longueur de PiP formant ainsi une chambre formée par soudage au niveau des extrémités des deuxièmes branches externes 5_1.

Cette chambre 6 est étanche, car l'extrémité des deuxièmes branches internes 5_2a et 5_2b des deux pièces de jonction 1a et 1b bien que non soudées entre elles présentent des surfaces 5_3a et 5_3b en vis-à-vis induisant une zone de contact 11, de contact métal/métal sous contrainte de déformation élastique comme explicité ci-après.

Les extrémités libres desdites premières branches externe 3_1 et interne 3_2 présentent une forme, en chanfrein 8, ce qui permet d'effectuer de manière connue une première passe de soudage dite « de pleine pénétration », suivi d'un remplissage complet du chanfrein comme explicité en 9. Sur la figure 1A, les chanfreins 8 sont tournés vers l'extérieur et sont donc aptes à être soudés depuis l'extérieur

desdites conduites externe 3_1 et interne 3_2. Sur la figure 1B, les chanfreins 8 sont tournés vers l'extérieur à l'extrémité de ladite première branche externe et vers l'intérieur à l'extrémité de ladite première branche interne, les rendant aptes à être soudés respectivement depuis l'extérieur dudit ensemble pour lesdites premières branches externes et depuis l'intérieur de ladite conduite interne pour lesdites premières branches internes.

Pour la clarté de la description sur les figures 1A, 1B et 2, les divers éléments constitutifs ont été représentés soudés en partie basse des dessins, et en partie haute, positionnés face-à-face avant réalisation desdites soudures 9.

Sur la figure 2, les extrémités libres de ladite deuxième branche externe 5_1 présentent une forme en chanfrein 18 tourné vers l'extérieur d'une première pièce de jonction 1a la rendant apte à être soudée depuis l'extérieur à l'extrémité libre d'une autre dite deuxième branche externe d'une autre pièce de jonction 1b à laquelle elle est destinée à être assemblée, ladite autre pièce de jonction étant, elle-même, à l'extrémité d'un deuxième élément d'ensemble de deux conduites coaxiales.

Dans lesdites première et deuxième pièces de jonction forgées 1a et 1b, l'extrémité de ladite première branche interne 3_2 du côté de ladite pièce de jonction apte à être directement assemblée à un dit élément d'un dit ensemble de conduites coaxiales, dépasse dans ladite direction longitudinale axiale XX' par rapport à l'extrémité d'une dite première branche externe 3_1, de manière à ce que lesdites pièces de jonction puissent être assemblées par soudage à un dit ensemble de conduites coaxiales dont l'extrémité de ladite conduite externe dépasse par rapport à celle de ladite conduite interne.

Dans une version préférée de l'invention, lesdites première et deuxième pièces de jonction forgées 1a-1b sont réalisées comme

explicité sur la figure 2 et présentent un diamètre externe et une épaisseur de paroi sensiblement égaux, de préférence égaux, à celui de la portion courante d'enveloppe externe. En procédant ainsi, la conduite présente sur toute sa longueur une inertie sensiblement constante, ce qui évite les accumulations de contraintes au niveau des raccordements entre deux longueurs unitaires de PiP et améliore considérablement le comportement en flexion et en fatigue de la conduite et lui permet alors de résister, surtout dans le cas des liaisons fond-surface soumises aux effets de la houle et du courant, pendant toute la durée de vie des installations qui atteint et dépasse 30 ans.

Pour éviter les phénomènes de vortex indésirables au niveau du raccordement de deux pièces de jonction forgées 1a-1b de deux portions de PiP adjacentes, lorsque le pétrole brut circule à l'intérieur de la conduite interne, le diamètre interne de la pièce de jonction forgée 1a est prolongé jusqu'à la face de jonction avec son correspondant 1b, mais la jonction n'est pas soudée, de manière à éviter les phénomènes de transfert de charge et de contraintes entre l'enveloppe externe et la conduite interne, ce qui risquerait de conduire à des fissurations ou des phénomènes de fatigue qui ne manqueraient pas de ruiner complètement la conduite. Les deux prolongations de la partie interne on donc un simple rôle de continuité du diamètre interne de la conduite interne et elles peuvent être usinées de multiples manières.

Sur la figure 1A, on a représenté en coupe longitudinale une première pièce de jonction 1a à l'extrémité amont d'une rame d'extrémité d'une conduite déjà assemblée n-1 présentant au niveau de l'extrémité libre de sa deuxième branche interne 5_2a un premier usinage conique formant une première surface de révolution externe 5_3a tronconique de sommet S_1 et de demi angle au sommet α_1.

Sur la figure 1B, on a représenté en coupe longitudinale une extrémité d'une deuxième pièce de jonction 1b d'une nouvelle rame n

présentant au niveau de l'extrémité de sa branche interne 5b un deuxième usinage conique formant une deuxième surface de révolution 5_3b de forme tronconique de sommet S_2 et de demi angle au sommet α_2, la deuxième branche interne 5_2b étant plus épaisse et donc plus rigide que la deuxième branche interne 5_2a.

Les angles α_1 et α_2 sont tels que $\alpha_1 < \alpha_2$, la différence des angles étant de 0.5 à 5°, de préférence 1 à 2°, α_1 étant de préférence égal à 30°. Ainsi, lors de l'approche de la rame n vers la rame n-1 selon un axe longitudinal axial XX', l'extrémité conique femelle de la deuxième surface de révolution interne 5_3b conique de la rame n, vient collaborer avec l'extrémité aval conique mâle de la première surface de révolution externe conique 5_3a de la rame n-1, en la recouvrant du côté externe, c'est-à-dire du côté de ladite cavité interne 6. Il en résulte une coaxialité parfaite des deux portions de conduites sans avoir à effectuer d'ajustement latéral. Les dites premières surface de révolution externe 5_3a de la première pièce de jonction 1a d'une part et d'autre part, deuxième surface de révolution interne 5_3b de la deuxième branche 5_2b de la deuxième pièce de jonction 5_2 sont usinées de manière à ajuster les angles α_1 et α_2 des cônes de sommet S_1 et S_2 de telle sorte que lors du chevauchement, les faces frontales d'extrémité 7 des deuxièmes branches externes 5_1 des deux pièces de jonction 1a et 1b après approche de la rame n vers la rame n-1 des contacts des deux surfaces 5_3a et 5_3b, les faces frontales 7 des deux branches externes 5_1 sont espacées l'une de l'autre d'une distance e optimale de 1 à 4 mm pour réaliser la soudure 19 d'assemblage.

L'écartement des faces parallèles frontales 7 des deux chanfreins 18 à l'extrémité des deux deuxièmes branches externes 5_1 des deux pièces de jonction 1a,1b, doit être extrêmement précis pour que la soudure 19 entre les extrémités des deux deuxièmes branches externes 5_1 puisse être réalisée, de manière connue, en pleine pénétration et ainsi présenter une résistance optimale.

Sur la figure 3 on a représenté en coupe une vue du raccordement entre les deux cônes mâle S_1 et femelle S_2 au niveau de l'extrémité des pièces forgées 1a et 1b.

Sur la figure 3A, la rame n et en phase d'approche de la rame n-1, l'extrémité libre de la deuxième branche interne 5_2a de la première pièce de jonction 1a vient juste en contact ponctuel d_0 avec l'extrémité libre de la deuxième branche interne 5_2b de la deuxième pièce de jonction 1b. La distance de contact en section longitudinale ou en projection sur l'axe XX' est ponctuelle, c'est-à-dire qu'à proximité des extrémités 7a,7b desdites deuxièmes branches internes 5_2a et 5_2b, le contact entre les surfaces 5_3a et 5_3b est initialement limité à la trace d_0 d'un cercle.

Sur la figure 3B, la rame n repose sur la rame n-1, l'ensemble étant en position inclinée au sein d'une tour de pose en J 12 installée à bord d'un navire de pose 13, comme illustré sur les figures 6 et 6A. Ainsi, l'ensemble étant incliné, la rame n appuie de son poids sur la rame n-1, et la zone de contact entre les cônes mâle S_1 et femelle S_2 s'agrandit légèrement de par la contrainte de déformation élastique des surfaces 5_3a et 5_3b et constitue alors une surface de contact 11 sensiblement conique de faible largeur d. Cette surface de contact 11 est due à une déformation élastique des parois respectives 5_3a et 5_3b desdits cône mâle S_1 et cône femelle S_2, et essentiellement une déformation élastique de la paroi la moins rigide du cône mâle S_1.

L'approche étant terminée, on effectue, de manière connue, la soudure circulaire externe, à l'aide d'un dispositif orbital 14 comme illustré sur la figure 6B, et après refroidissement de ladite soudure, le retrait dû au refroidissement de la soudure déplace légèrement d'une valeur Δl_1 la rame n vers la rame n-1, ce qui a pour effet d'augmenter la largeur d de la surface de contact 11 entre le cône mâle 5_3a et cône femelle 5_3b jusqu'à une valeur d de 0.5 à 5 mm, de préférence de 2 à 4 mm. Cette surface de contact 11 est due à une déformation élastique des parois respectives desdits cône mâle 5_3a et cône femelle 5_3b, la

déformation élastique du cône mâle S_1 5_3a étant beaucoup plus prononcé, car sa section en extrémité est beaucoup moins massive et résistante que celle du cône femelle S_2 5_3b.

Le retrait Δl_1 de la soudure 19 des extrémités des deuxièmes branches externes 5_1 des deux pièces de jonction 1a et 1b dépend des caractéristiques de la conduite, mais il est de l'ordre du millimètre, ce qui engendre la formation d'une zone de contact conique 11 de l'ordre de d = 2 à 4 mm selon l'angle α, valeur moyenne des angles des deux cônes mâle et femelle.

Du fait que les deux pièces forgées 1a et 1b ont usinées avec précision et répétitivité d'une pièce à l'autre, de cette déformation élastique périphérique il en résulte une étanchéité métal-métal entre les extrémités de la rame n et de la rame n-1, au niveau de la conduite interne.

Et, du fait que les déformations restent dans le domaine élastique, il en résulte une étanchéité parfaite pendant toute la durée de vie de la conduite, évitant ainsi, dans certaines conditions critiques d'exploitation, le remplissage de l'espace 6 situé entre les branches internes 5_2a,5_2b et externes 5_1 des extrémités des première et deuxième pièces de jonction 1a et 1b.

Sur les figures 4 et 4A, on a représenté une variante 5_3a-1 de l'usinage de l'extrémité de la première surface de révolution externe 5_3a de la deuxième branche interne 5_2a de la première pièce de jonction 1a. En effet, si la deuxième surface de révolution interne 5_3b de la deuxième branche 5_2b de la deuxième branche interne 5_2b de la deuxième pièce de jonction 1b est usinée en forme de cône 5_3b de somme S_2 et d'angle α_2, l'extrémité de la première surface de révolution externe 5_3a de la première pièce de jonction 1a est usinée au niveau de la future zone de contact 11, non pas en cône mais en forme de portion de tore 5_3a-1 de même axe XX', de préférence à section longitudinale

elliptique, de préférence encore à section longitudinale circulaire. Ainsi en fin de phase d'approche comme représenté sur la figure 4A, le contact périphérique se limite toujours à un cercle, mais lorsque la rame n repose sur la rame n-1, la surface de contact 11 entre les deux surfaces 5_3a et 5_3b est toujours sensiblement une trace ponctuelle d_0 en forme de cercle. Et, après soudage et refroidissement de la soudure 19, du fait de la contrainte de déformation élastique au niveau du contact entre les extrémités 5_3a-1 et la surface 5_3b, la surface de contact 11 devient toujours sensiblement une portion de cône de longueur de génératrice d comme illustré sur la figure 4B, rendant ainsi parfaitement étanche le volume de la chambre formée par les deux cavités 6 compris entre les deuxièmes branches internes 5_2a,5_2b et externes 5_1 de deux pièces 1a et 1b forgées complémentaires. La longueur d est telle que sa longueur d_1 en projection sur l'axe XX' reste toujours inférieur à la longueur D de projection sur l'axe XX' de la zone de chevauchement entre lesdites première et deuxième surfaces de révolution 5_3a et 5_3b des deux branches internes 5_2a et 5_2b des deux pièces de jonction 1a et 1b assemblées, et inférieure à la longueur d_2 de projection sur XX' de la première surface de révolution interne 5_3a torique.

Cette terminaison 5_3-1 torique de la première surface de révolution externe 5_3a permet d'épaissir un peu la terminaison de la deuxième branche interne 5_2a la moins rigide et donc la plus fragile et ainsi d'ajuster l'écartement e entre les extrémités des deux branches 5_1 des deux pièces de jonction afin de réaliser la soudure dans les conditions optimales.

Dans une variante de réalisation représentée sur la figure 3A, l'épaississement relatif de l'extrémité libre de la première surface de révolution externe 5_3a est obtenu en la biseautant sur sa face interne 5_2d de manière à ce que cette face interne 5_2d soit inclinée d'un angle β par rapport à l'axe XX', supérieur au demi-angle au sommet α_1 du reste de la surface tronconique 5_3a.

Sur la figure 4A, le reste de la première surface de révolution externe 5_3a, c'est-à-dire la partie avant l'extrémité torique 5_3a-1 (c'est-à-dire en aval de l'extrémité torique 5_3a-1) reste conique. Et, du fait que la première surface de révolution externe 5_3a conique est davantage espacée de la deuxième surface de révolution interne 5_3b conique, il n'est pas obligatoire que α_1 soit inférieur ou égal à α_2 dans ce cas, puisqu'il suffit que les deux surfaces de révolution coniques 5_3a et 5_3b ne rentrent pas en contact, donc n'interfèrent pas entre elles ailleurs qu'au niveau de l'extrémité torique 5_3a-1.

Dans la présente invention, on a décrit une rame de conduite présentant à une extrémité une forme conique femelle 5_3b et à l'autre extrémité une forme complémentaire mâle 5_3a, soit conique, soit torique dans la zone de futur contact 11 entre deux rames adjacentes, mais on reste dans l'esprit de l'invention avec toute forme de révolution tant pour l'extrémité mâle que l'extrémité femelle, lesdites formes pouvant être des sphères, des paraboloïdes, des hyperboloïdes, ou tout autre forme de révolution, étant entendu que les zones de contact, en référence aux figures 3A-3B, sont respectivement ponctuelle d_0 en fin de phase d'approche (figure 3A) lorsque la rame n repose sur la rame n-1 et après retrait dû au soudage (figure 3B), présente, dans la zone de contact, une forme géométrique de révolution d'axe XX' et de longueur de génératrice d.

Toutes ces diverses formes sont extrêmement simples à usiner dès lors que l'on utilise des tours automatiques à commande numérique pour la finition des pièces forgées d'extrémité, ces pièces devant être réalisées avec précision et avec un soin extrême.

Le diamètre externe de ladite première paroi externe 1_1 est en général de 150mm à 750mm, voire plus, le diamètre interne de ladite paroi interne 1_2 de ladite pièce de jonction étant de 50mm à 700mm.

A titre d'exemple, un PiP constituée d'une conduite interne de 203.2mm de diamètre intérieur, et de 16.3mm d'épaisseur, et d'une conduite externe de 293.05mm de diamètre intérieur, et de 15.4mm d'épaisseur présente une inertie de la section transversale par rapport à son centre, de 245 984 742mm^4.

Et, selon l'invention, une pièce forgée, sans manchon additionnel, présentant une épaisseur de paroi au niveau de la soudure de raccordement entre deux longueurs unitaires de PiP de 22.83 mm, c'est-à-dire une épaisseur desdites deuxièmes branches externes de 22,83 mm.

Ainsi, l'épaisseur de la pièce de jonction forgée selon l'invention, au niveau de la deuxième branche externe, reste raisonnable et est sensiblement supérieure à l'épaisseur de la conduite externe, sans nécessiter de rapporter un manchon additionnel, ce dernier ne garantissant pas une fiabilité dans le temps.

REVENDICATIONS

1. Ensemble d'au moins deux conduites coaxiales (1) constitué en partie courante d'une conduite externe (2_1) et d'une conduite interne (2_2), délimitant un espace annulaire (2_3), comprenant de préférence un matériau d'isolation (2-4), constitué de l'assemblage d'éléments unitaires d'au moins deux conduites coaxiales, comprenant au moins deux éléments unitaires (n-1,n) d'ensemble de conduites coaxiales, dont l'un comprend à au moins une extrémité une première pièce de jonction (1a) assemblée à une deuxième pièce de jonction (1b) à l'extrémité d'un autre dit élément unitaire d'ensemble de conduites coaxiales, chacune des deux dites première et deuxième pièces de jonction (1a,1b) étant une pièce de jonction de révolution délimitée comme suit :

- dans une direction radiale par rapport à un axe longitudinal XX' de révolution de ladite pièce, elle est délimitée par une paroi interne cylindrique (1_2) sensiblement de même diamètre que celui de la partie courante de ladite conduite interne (2_2), et par une paroi externe (1_1) cylindrique de diamètre sensiblement égal au diamètre externe de la partie courante de ladite conduite externe (2_1), et

- dans ladite direction axiale longitudinale XX',

 du côté de ladite pièce de jonction (1a,1b) où elle est assemblée par soudage (9) à l'extrémité desdites conduites externe et interne d'un dit élément unitaire d'un ensemble d'au moins deux conduites coaxiales, lesdites parois externe (1_1) et interne (1_2) de ladite pièce de jonction forment en section longitudinale des premières branches, de préférence des premières branches externe (3_1) et respectivement interne (3_2) sensiblement de même épaisseur que lesdites conduites externe (2_1) et interne (2_2) auxquelles elles sont assemblées, lesdites premières branches externe (3_1) et interne (3_2) délimitant une première cavité annulaire (4), et

 du côté de ladite pièce de jonction (1a,1b) où elle est assemblée à une autre dite pièce de jonction, elle-même assemblée par soudage (9) à l'extrémité dudit autre élément unitaire d'ensemble de deux conduites coaxiales, lesdites parois externe (1_1) et interne (1_2) forment en section longitudinale des deuxièmes branches respectivement externe (5_1) et interne (5_2a,5_2b), délimitant une deuxième cavité interne annulaire (6),

- les deux dites première et deuxième pièces de jonction étant soudées l'une à l'autre uniquement au niveau de l'extrémité de leur dites deuxièmes branches externes (5_1),

- de préférence, les fonds (4_1, 6_1) desdites première et deuxième cavités (4, 6) étant espacés dans ladite direction longitudinale XX', de manière à délimiter une zone pleine massive (10) de ladite pièce de jonction dans laquelle lesdites parois externe (1_1) et interne (1_2) forment les faces externe et interne d'une même paroi cylindrique, et

- les extrémités desdites deux deuxièmes branches internes (5_2a,5_2b) non soudées des dites première et deuxième pièces de jonction (1a,1b) sont en contact métal/métal l'une avec l'autre sous contrainte de déformation élastique au niveau de leur surface de contact (11) de révolution, de préférence conique, entre une première surface de révolution externe (5_3a) sur la face externe de la deuxième branche interne de la deuxième branche interne (5_2a) de la première pièce de jonction (1a) et une deuxième surface de révolution interne (5_3b) sur la face interne de la deuxième branche interne (5_2b) de la deuxième pièce de jonction (1b), ladite deuxième branche interne (5_2a) de la première pièce de jonction (1a) formant une deuxième branche interne mâle située à l'intérieur de la deuxième branche interne femelle (5_2b) de la deuxième pièce de jonction (1b),

caractérisé en ce que ladite deuxième surface de révolution interne (5_3b) est de forme différente, mais de même axe de révolution (XX') que ladite première

surface de révolution externe (5_3a), de sorte que lesdites première surface de révolution externe (5_3a) et deuxième surface de révolution interne (5_3b) présentent, lorsque celles-ci sont disposées coaxialement et engagées en contact l'une contre l'autre, une ligne de contact initiale circulaire (do) se transformant en dite surface de contact (11) après ladite contrainte de déformation élastique résultant du retrait de la soudure (19) des extrémités des dites deuxièmes branches externes (5_1) des dites deux pièces de jonction (1a,1b), de sorte que lesdites deuxièmes cavités internes (6) sont étanches vis-à-vis de l'intérieur (2_5) la conduite interne (2_2).

2. Ensemble d'au moins deux conduites coaxiales, selon la revendication 1, caractérisé en ce que :

- ladite deuxième branche interne (5_2a) de ladite première pièce de jonction (1a) forme une deuxième branche interne mâle (5_2a) à l'intérieur de la deuxième branche interne femelle (5_2b) de la deuxième pièce de jonction (1b), et ladite deuxième branche interne mâle (5_2a) est de rigidité inférieure à la rigidité de la deuxième branche interne femelle (5_2b), et

- lesdites première surface de révolution externe (5_3a) et deuxième surface de révolution interne (5_3b) sont en contact métal/métal résultant d'une déformation élastique sur une dite surface de contact (11), dont la dimension (d_1) en projection dans la direction longitudinale axiale (XX') est inférieure à la dimension (D) en projection dans la direction longitudinale axiale (XX') de la zone de chevauchement entre les dite deuxième branche interne mâle (5_2a) et dite deuxième branche interne femelle (5_2b).

3. Ensemble d'au moins deux conduites coaxiales selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la longueur de génératrice (d) de ladite surface de contact de révolution (11) entre lesdites première surface de révolution externe (5_3a) et deuxième

surface de révolution interne (5_3b) est de 0.5 à 5 mm, de préférence de 2 à 4 mm.

4. Ensemble d'au moins deux conduites coaxiales selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ladite deuxième surface de révolution interne (5_3b) ne s'inscrit pas dans une même enveloppe tronconique que ladite première surface de révolution externe (5_3a).

5. Ensemble d'au moins deux conduites coaxiales selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ladite première surface de révolution externe (5_3a) est une surface tronconique dont le demi-angle au sommet α_1 est inférieur au demi-angle de sommet α_2 de ladite deuxième surface de révolution interne (5_3b) tronconique, α_1 et α_2 étant inférieurs à 45°, de préférence de 30 à 35°.

6. Ensemble d'au moins deux conduites coaxiales selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'épaisseur de ladite deuxième branche interne mâle (5_2a) de ladite première pièce de jonction (1a) va en diminuant depuis le fond (6_1) de ladite deuxième cavité annulaire (6) jusqu'à son extrémité longitudinale.

7. Ensemble d'au moins deux conduites coaxiales selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'extrémité longitudinale (5) de ladite deuxième branche interne mâle (5_2a) de ladite première pièce de jonction (1a) comprend à son extrémité longitudinale du côté de sa face interne (5_2c) une terminaison biseautée (5_2d) inclinée d'un angle β par rapport à la direction longitudinale axiale, l'angle d'inclinaison β de ladite extrémité biseautée (5_2d) étant supérieur au demi-angle au sommet α_1 de ladite première surface de révolution externe tronconique (5_3a).

8. Ensemble d'au moins deux conduites coaxiales selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ladite première surface de révolution externe (5_3a) présente une forme tronconique se

poursuivant à l'extrémité la plus mince de ladite deuxième branche interne (5_2a) par une surface torique (5_3a-1) de même axe de révolution XX', à convexité tournée vers ladite deuxième surface de révolution interne (5_3b) de forme tronconique.

9. Ensemble d'au moins deux conduites coaxiales selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'extrémité de la deuxième branche interne (5_2a) de la première pièce de jonction (1a) est en retrait ($\Delta l2$) dans ladite direction longitudinale axiale (XX') par rapport à l'extrémité de la deuxième branche externe (5_1) de la première pièce de jonction (1a) et l'extrémité de la deuxième branche externe (5_1) de la deuxième pièce de jonction (1b) est en retrait dans la direction longitudinale axiale (XX') par rapport à l'extrémité de la deuxième branche interne (5_2b) de la deuxième pièce de jonction (1b), laquelle est de rigidité supérieure à la deuxième branche interne (5_2a) de la première pièce de jonction (1a).

10. Procédé d'assemblage d'un ensemble d'au moins deux conduites coaxiales selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que :

1) on assemble de préférence dans une tour de pose en « J », un premier ensemble de conduites coaxiales (n-1), de préférence incliné en suspension à l'extrémité inférieure dans une dite tour de pose en « J », comportant une dite première pièce de jonction (1a) à son extrémité en amont, avec un deuxième dit élément unitaire d'ensemble de conduites coaxiales (n), de préférence incliné à l'extrémité inférieure d'une dite tour de pose en « J », comportant une dite deuxième pièce de jonction différente (1b) de ladite première pièce de jonction à son extrémité avale, de telle sorte que le premier contact de ladite deuxième pièce de jonction (1b) avec ladite première pièce de jonction se réalise au niveau d'une ligne de contact circulaire (d_0) entre ladite première surface de révolution externe (5_3a) et dite deuxième surface de révolution interne (5_3b), les deux dites deuxièmes branches externes

(5_1) des deux dites première et deuxième pièces de jonction (1a,1b) étant de préférence de même épaisseur, les faces frontales (7) d'extrémité des dites deuxièmes branches externes (5_1) des deux dites première et deuxième pièces de jonction étant espacées d'une distance (e) d'au moins 1 mm, de préférence de 2 à 5 mm, et

2) on réalise le soudage (19) entre elles des faces frontales (7) et des chanfreins (18) des extrémités libres des seules dites deuxièmes branches externes (5_1) des dites première et deuxième pièces de jonction (1a,1b) des deux dits éléments unitaires de conduites (n-1,n).

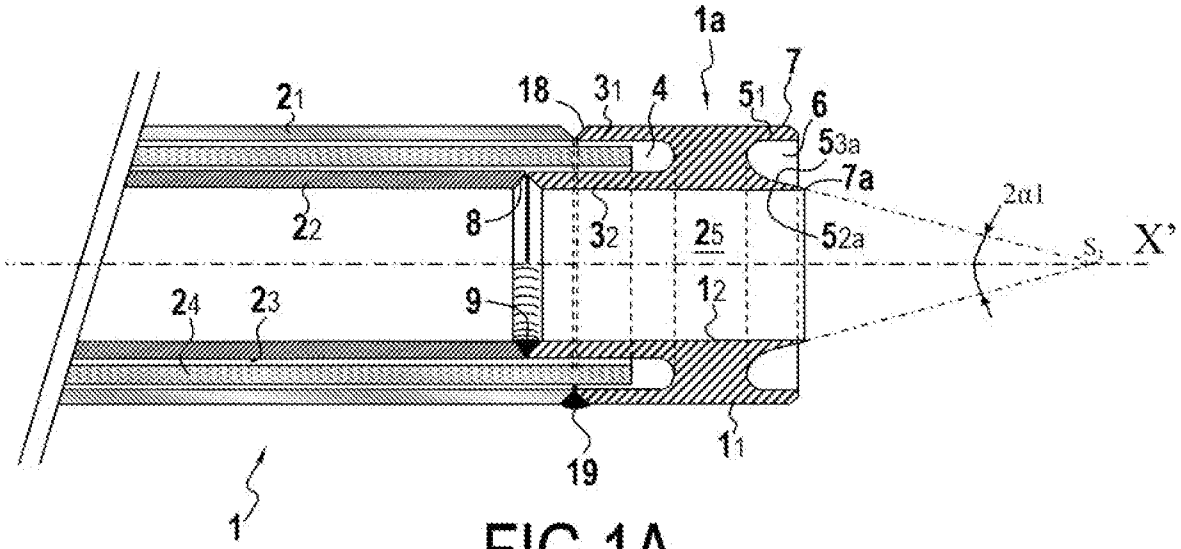

1a
21
18
31
4
51
7
6
53a
7a
2α1
22
8
32
25
52a
S1
X'
24
23
9
12
19
11
1

FIG.1A

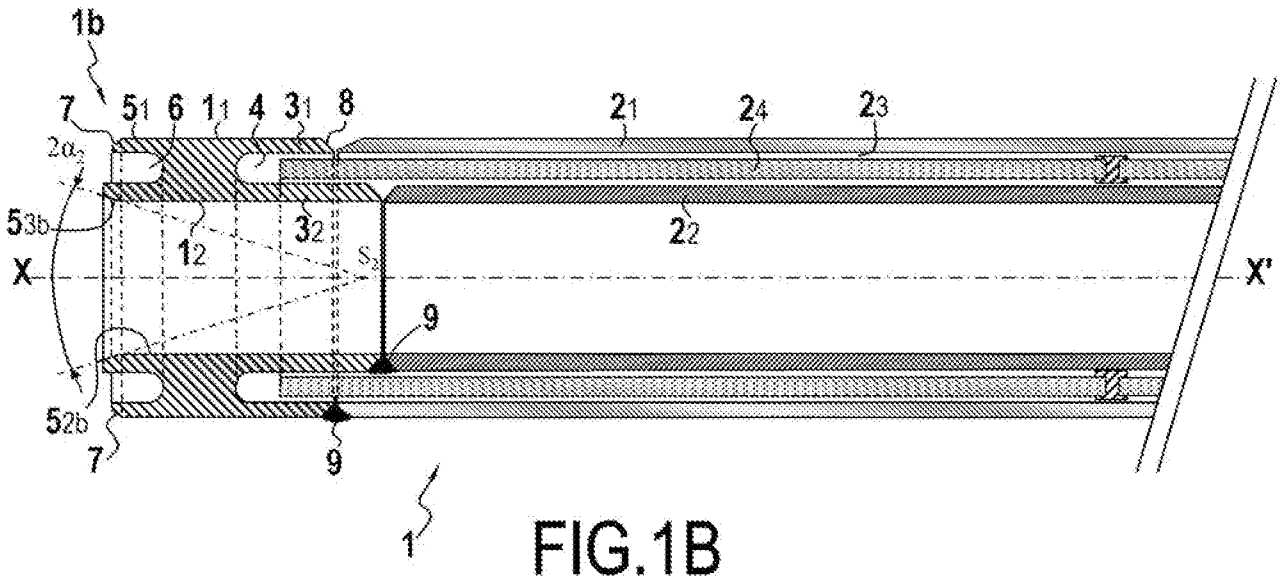

1b
7
51
6
11
4
31
8
21
24
23
2α2
53b
12
32
22
X
S2
X'
9
52b
7
9
1

FIG.1B

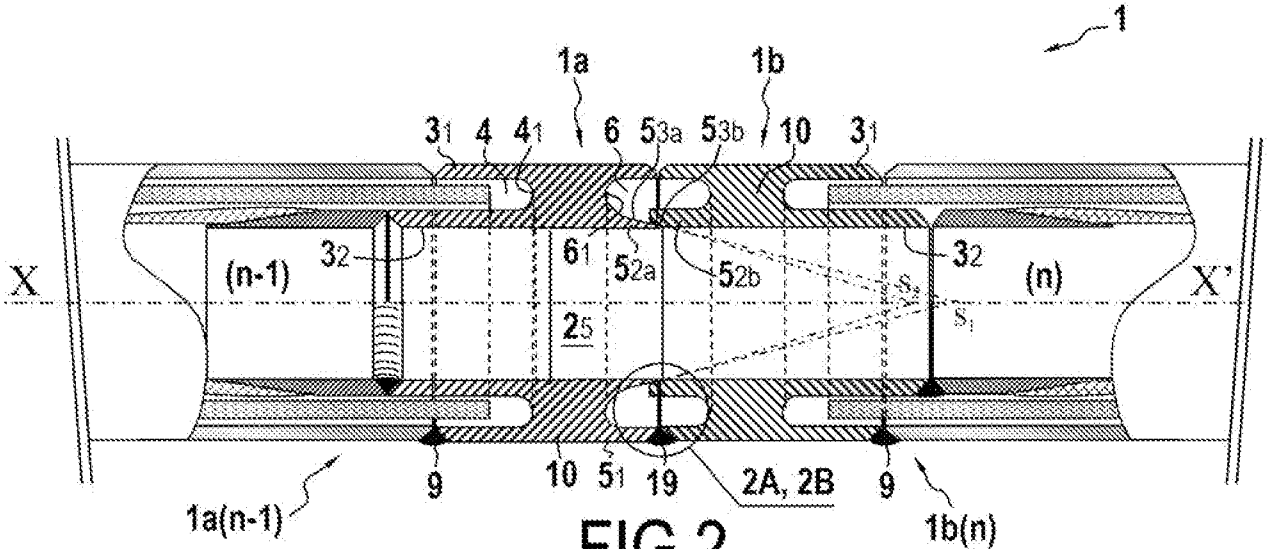


FIG.2

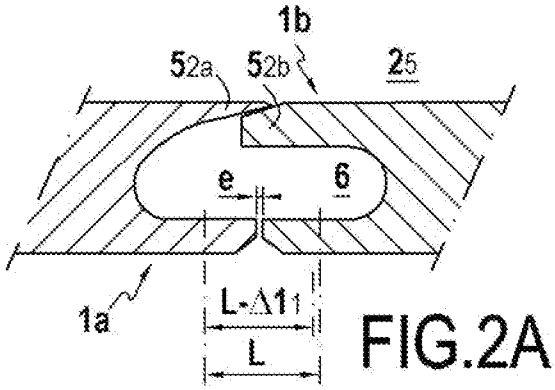


FIG.2A

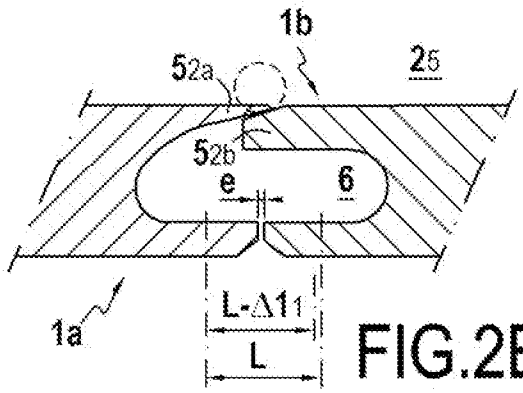


FIG.2B

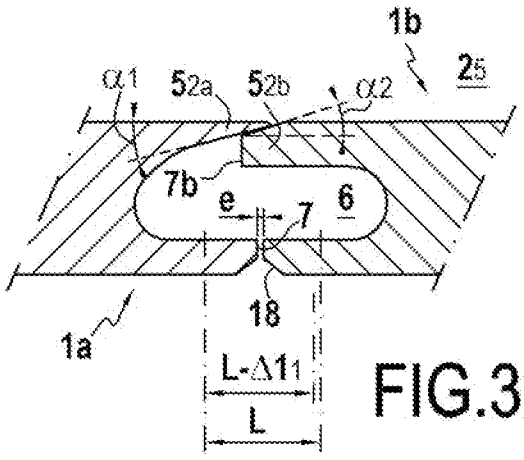


FIG.3

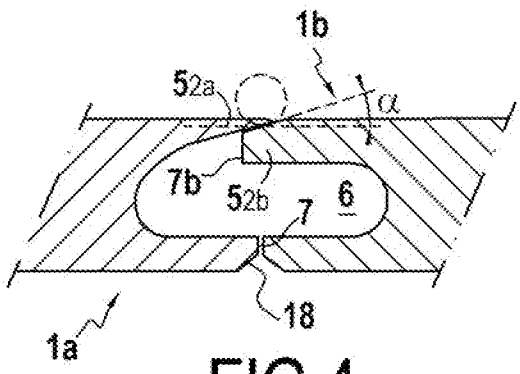


FIG.4

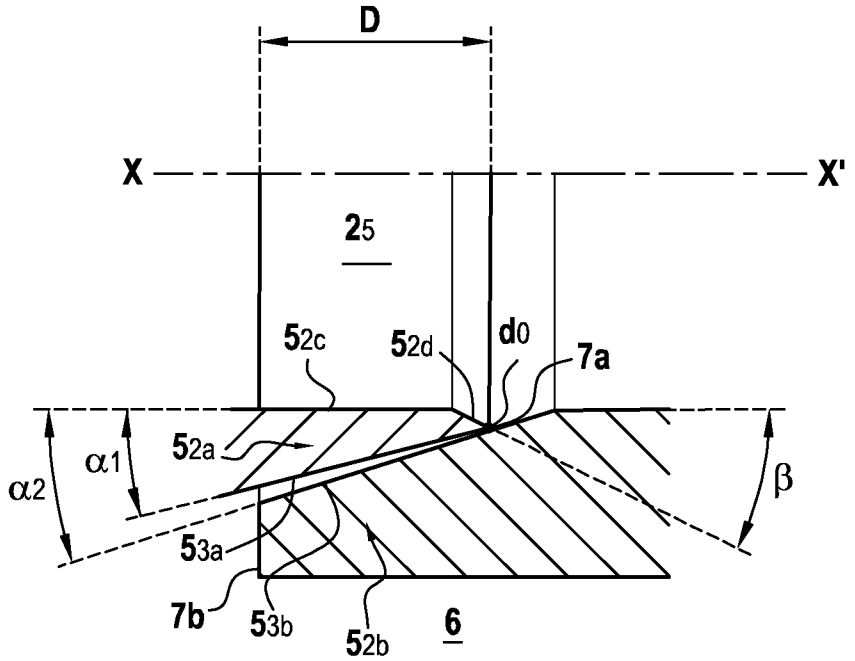

D
X
X'
25
52c
52d
d0
7a
52a
α1
α2
β
53a
7b
53b
52b
6

FIG.3A

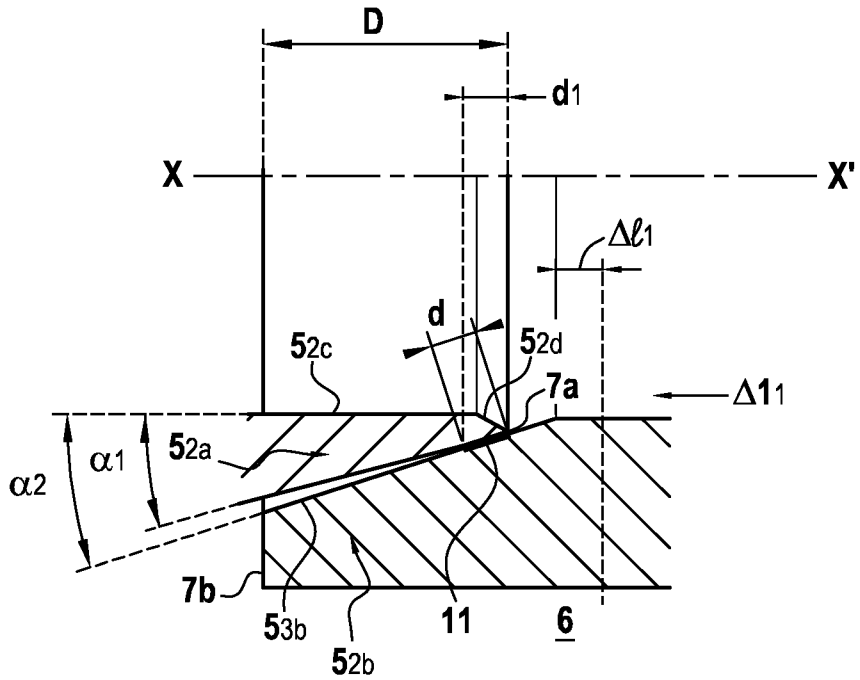

D
d1
X
X'
Δℓ1
d
52c
52d
7a
Δ11
52a
α1
α2
7b
53b
11
6
52b

FIG.3B

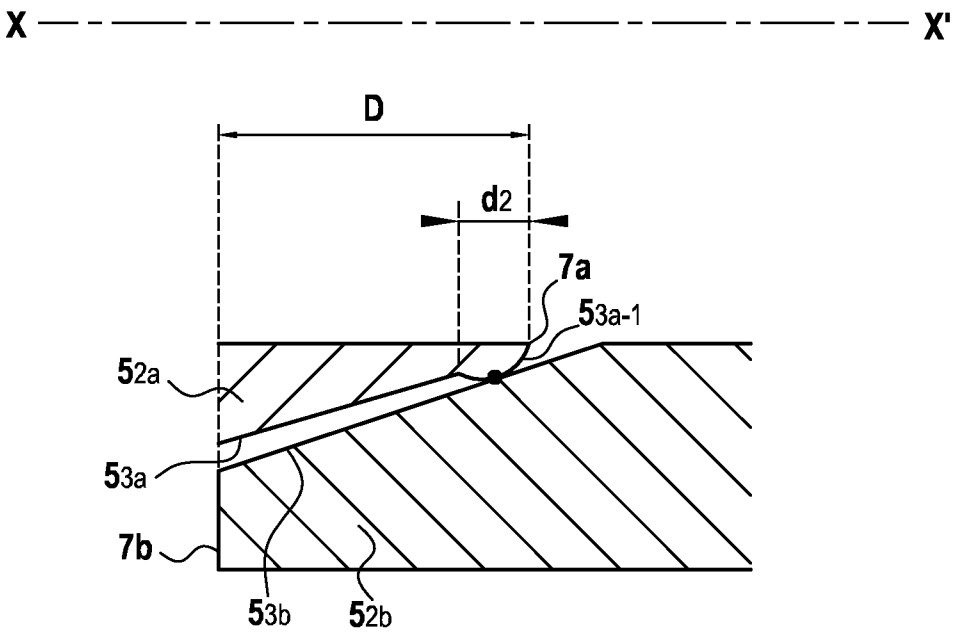

X
X'
D
d2
7a
53a-1
52a
53a
7b
53b
52b

FIG.4A

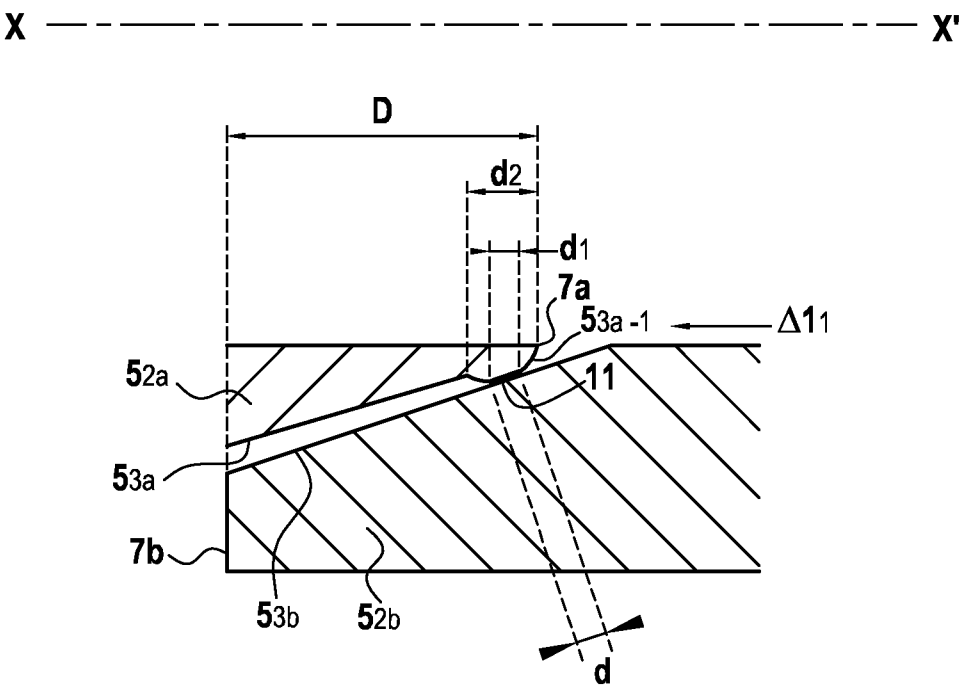

X
X'
D
d2
d1
7a
53a -1
Δ11
52a
11
53a
7b
53b
52b
d

FIG.4B

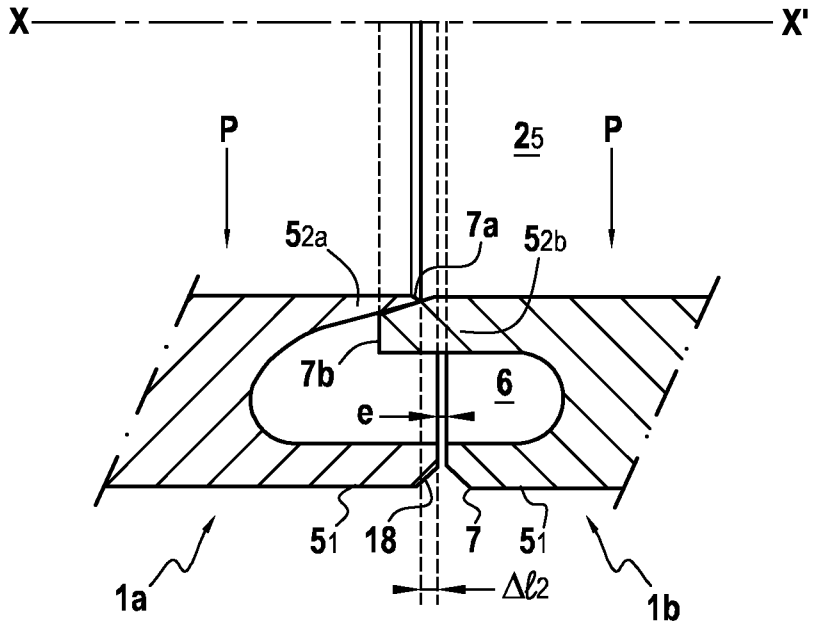

X
X'
P
25
P
52a
7a
52b
7b
6
e
51
18
7
51
1a
1b
Δℓ2

FIG.5

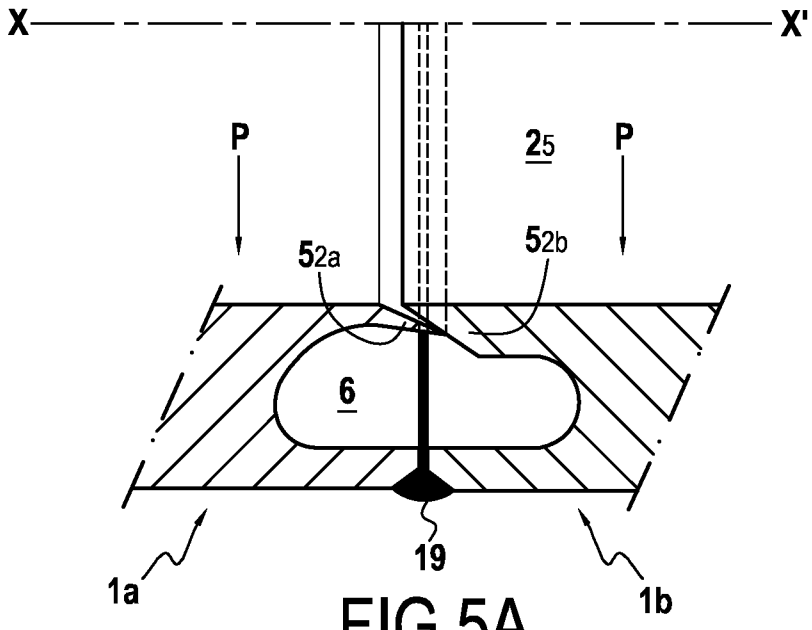

X
X'
P
25
P
52a
52b
6
19
1a
1b

FIG.5A

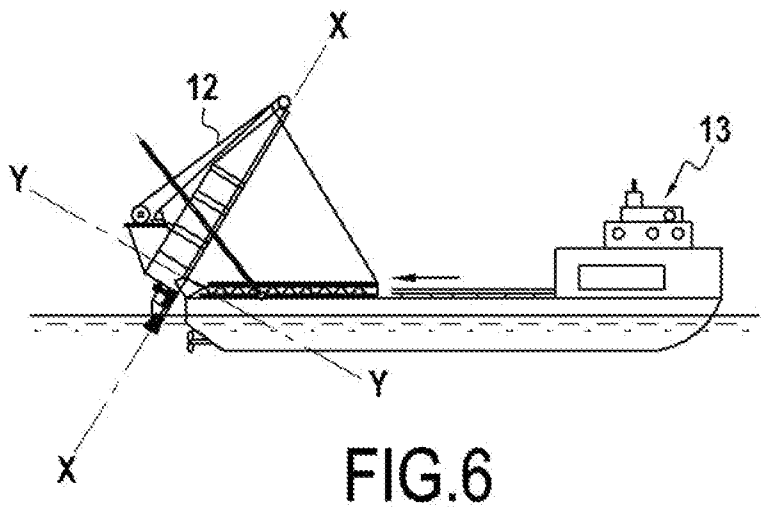


FIG.6

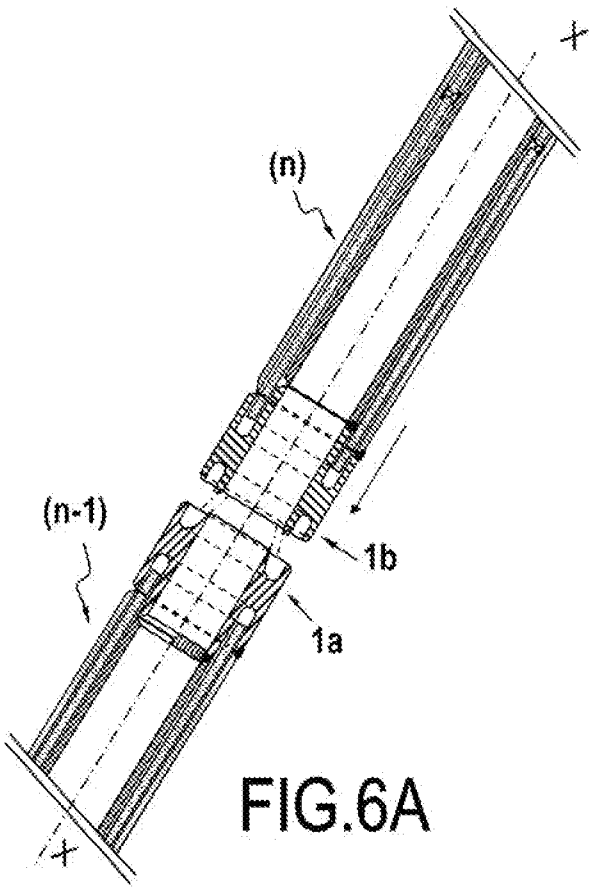


FIG.6A

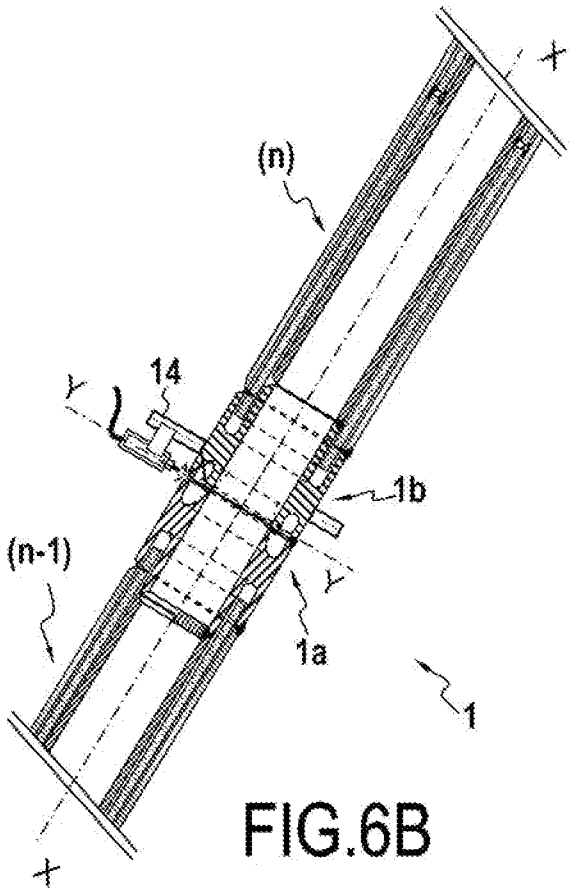


FIG.6B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2010/051380

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F16L13/02 F16L39/00
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

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.
A	EP 1 771 679 A1 (SAIPEM SA [FR]) 11 April 2007 (2007-04-11) the whole document	1-10
A	GB 2 396 196 A (STOLT OFFSHORE SA [FR]) 16 June 2004 (2004-06-16) page 16, paragraph 5; figures	1-10

☐ 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	Date of mailing of the international search report
7 October 2010	14/10/2010

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Fax: (+31–70) 340–3016	Dekker, Derk

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/FR2010/051380

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1771679 A1	11-04-2007	BR PI0513734 A	13-05-2008
		FR 2873427 A1	27-01-2006
		WO 2006021637 A1	02-03-2006
		US 2008315578 A1	25-12-2008
GB 2396196 A	16-06-2004	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2010/051380

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. F16L13/02 F16L39/00
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

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
A	EP 1 771 679 A1 (SAIPEM SA [FR]) 11 avril 2007 (2007-04-11) le document en entier	1-10
A	GB 2 396 196 A (STOLT OFFSHORE SA [FR]) 16 juin 2004 (2004-06-16) page 16, alinéa 5; figures	1-10

☐ 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'appartenenant 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
7 octobre 2010	14/10/2010

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Dekker, Derk

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/FR2010/051380

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP 1771679	A1	11-04-2007	BR	PI0513734 A	13-05-2008
			FR	2873427 A1	27-01-2006
			WO	2006021637 A1	02-03-2006
			US	2008315578 A1	25-12-2008
GB 2396196	A	16-06-2004	AUCUN		