

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**3 071 899**

②1 N° d'enregistrement national : **17 59235**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **F 16 L 33/34 (2017.01)**

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 **Date de dépôt** : 03.10.17.

③0 **Priorité** :

④3 **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 05.04.19 Bulletin 19/14.

⑤6 **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire** : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 **Références à d'autres documents nationaux apparentés** :

**Demande(s) d'extension** :

⑦1 **Demandeur(s)** : *TECHNIP FRANCE Société anonyme*  
— FR.

⑦2 **Inventeur(s)** : *MATTEDI RAFAEL, REIS FELIPE, CORREA PEDRO HENRIQUE, REIS CARLOS RONALDO et LUGIERY LOIC.*

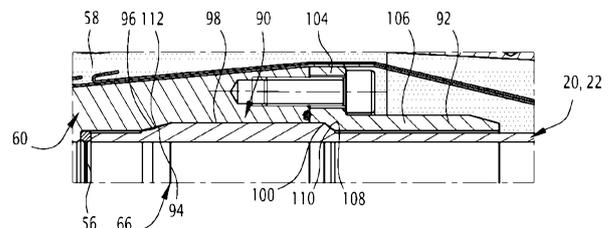
⑦3 **Titulaire(s)** : *TECHNIP FRANCE Société anonyme.*

⑦4 **Mandataire(s)** : *LAVOIX.*

⑤4 **EMBOUT DE FIXATION D'UNE CONDUITE FLEXIBLE, CONDUITE FLEXIBLE ET PROCEDE ASSOCIES.**

⑤7 L'embout comporte :  
- une voûte d'extrémité (60);  
- une région d'extrémité (56) d'une structure composite de renfort (22);  
- un organe de maintien (92), propre à maintenir la région d'extrémité (56) de la structure composite de renfort (22) fixée contre la voûte d'extrémité (60);  
- un organe d'étanchéité (90).

L'organe d'étanchéité (90) fait saillie radialement autour de la région d'extrémité (56) de la structure composite de renfort (22), en étant lié à la région d'extrémité (56) de la structure composite de renfort (22). L'organe d'étanchéité (90) présente une surface avant (96) non perpendiculaire à un axe central. La surface avant (96) coopère avec une portée (94) complémentaire sur la voûte d'extrémité (60), l'organe d'étanchéité (90) présentant une surface arrière (100) appliquée contre une butée (110) de l'organe de maintien (92).



**FR 3 071 899 - A1**



## **Embout de fixation d'une conduite flexible, conduite flexible et procédé associés**

La présente invention concerne un embout de fixation d'une conduite flexible de transport de fluide, la conduite flexible définissant un passage interne de circulation de fluide d'axe central, la conduite flexible comportant une structure composite de renfort tubulaire, la structure composite de renfort comportant au moins une couche de renfort comprenant une matrice en polymère et des fibres de renfort, l'embout comportant :

- une voûte d'extrémité ;
- une région d'extrémité de la structure composite de renfort d'axe central ;
- un organe de maintien, propre à maintenir la région d'extrémité de la structure composite de renfort fixée contre la voûte d'extrémité ;
- un organe d'étanchéité.

Des conduites flexibles connues sont par exemple réalisées suivant les documents normatifs publiés par l'American Petroleum Institute (API), API 17J, 4<sup>e</sup> édition Mai 2014 et API RP 17B, 5<sup>e</sup> édition - Mai 2014.

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

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

D'une manière connue, une telle conduite comporte une structure interne tubulaire comprenant au moins une gaine tubulaire.

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

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

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

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

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

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

10 carcasse.

Pour pallier ces problèmes, US 2015/0204472 décrit une conduite flexible comportant une structure composite de renfort comprenant une matrice et des fibres de renfort noyées dans la matrice.

Cette structure composite de renfort comprend un tube en matériau composite et

15 présente à la fois la fonction d'une voûte de pression disposée à l'extérieur d'une gaine interne tubulaire et d'une carcasse disposée à l'intérieur de la gaine interne tubulaire.

Pour être utilisée, la conduite flexible du type précité doit être raccordée par exemple à un manifold sur l'ensemble de surface, ou à une autre conduite flexible. À cet effet, un embout est prévu à chaque extrémité de la conduite.

20 L'embout comporte une voûte interne et un capot de retenue qui coopère avec une région conique prévue à l'extrémité libre de la structure composite. Un organe d'étanchéité est interposé entre l'extrémité de la structure composite et la voûte.

Une telle conduite ne donne pas entière satisfaction. L'organe d'étanchéité étant rapporté entre la voûte et la structure composite, le risque de fuite n'est pas exclu si le

25 montage de l'extrémité n'est pas réalisé correctement, ou après une utilisation prolongée dans laquelle l'embout est soumis à de nombreuses sollicitations mécaniques.

Ceci peut mener à des fuites de fluide dommageables pour l'environnement et pouvant affecter la sécurité de l'exploitation.

Un but de l'invention est donc d'obtenir un embout pour une conduite flexible de

30 transport de fluide très adaptée aux grandes profondeurs, qui offre un raccordement très étanche à un ensemble de surface ou à une autre conduite flexible, tout en étant simple à monter.

A cet effet, l'invention a pour objet un embout du type précité, caractérisé en ce que l'organe d'étanchéité fait saillie radialement autour de la région d'extrémité de la

35 structure composite de renfort, en étant lié à la région d'extrémité de la structure composite de renfort, l'organe d'étanchéité présentant une surface avant non

perpendiculaire à l'axe central, la surface avant coopérant avec une portée complémentaire sur la voûte d'extrémité, l'organe d'étanchéité présentant une surface arrière appliquée contre une butée de l'organe de maintien.

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

- la surface arrière est une surface non perpendiculaire à l'axe central, avantageusement une surface conique, la butée définissant une surface complémentaire à la surface arrière ;

- la surface avant présente, en coupe dans au moins un plan axial passant par l'axe central une région inclinée d'un angle supérieur à  $10^\circ$  par rapport à l'axe central, notamment compris entre  $15^\circ$  et  $40^\circ$  ;

- la portée complémentaire sur la voûte d'extrémité présente un relief de sertissage inséré dans l'organe d'étanchéité ;

- la portée complémentaire sur la voûte d'extrémité comporte :

\* une région tronconique avant présentant un demi-angle au sommet avant et

\* une région tronconique arrière, présentant un demi-angle au sommet arrière supérieur au demi-angle au sommet avant,

le relief de sertissage étant défini entre la région tronconique avant et la région tronconique arrière;

- l'organe d'étanchéité présente une épaisseur maximale supérieure à 2 mm, et notamment comprise entre 3 mm et 10 mm ;

- l'organe d'étanchéité présente, entre la surface avant et la surface arrière, une surface périphérique extérieure cylindrique raccordant la surface avant à la surface arrière, la longueur de la surface périphérique extérieure, prise parallèlement à l'axe central étant avantageusement supérieure ou égale à 30 mm, notamment comprise entre 75 mm et 300 mm et préférentiellement comprise entre 75 mm et 100 mm ;

- l'organe d'étanchéité comporte au moins une région extérieure formée en polymère dépourvue de fibres, notamment une région formée du même polymère que la matrice en polymère, la surface avant coopérant avec la portée complémentaire étant délimitée dans la région extérieure formée en polymère dépourvue de fibres ;

- l'épaisseur de la région extérieure est avantageusement supérieure ou égale à .5 mm, plus avantageusement supérieure ou égale à 1 mm, et préférentiellement comprise entre 2 mm et 10 mm ;

- le polymère est un thermoplastique semi-cristallin présentant une température de transition vitreuse  $T_g$  supérieure à  $80^\circ\text{C}$ , préférentiellement supérieure à  $130^\circ\text{C}$ , ledit

polymère présentant un module d'Young mesuré à 23°C selon la Norme ASTM D638 supérieur à 3 GPa, préférentiellement supérieur à 4 GPa ;

- l'organe d'étanchéité est constitué de polymère, en étant totalement dépourvu de fibres de renfort ;

5 - l'organe d'étanchéité est constitué de polymère thermoplastique semi-cristallin présentant une température de transition vitreuse  $T_g$  supérieure à 80°C, préférentiellement supérieure à 130°C, ledit polymère présentant un module d'Young mesuré à 23°C selon la Norme ASTM D638 supérieur à 3 GPa, préférentiellement supérieur à 4 GPa ;

10 - l'organe d'étanchéité est lié chimiquement ou/et par fusion à la région d'extrémité de la structure composite de renfort ;

- il comprend une région d'extrémité d'une gaine tubulaire de la conduite flexible, la région d'extrémité de la gaine tubulaire définissant le passage interne, la région d'extrémité de la structure composite de renfort tubulaire étant appliquée sur la région d'extrémité de la gaine tubulaire à l'extérieur de la gaine tubulaire en étant liée à la gaine tubulaire ;

15 - il comporte des tronçons d'extrémité d'éléments d'armure de la conduite flexible, l'embout comportant un capot externe, délimitant avec la voûte d'extrémité une chambre de réception des tronçons d'extrémité, avantageusement remplie d'un matériau de remplissage solide noyant les tronçons d'extrémité.

20 - la surface avant joint une surface extérieure de la conduite à la surface périphérique extérieure, éventuellement par l'intermédiaire d'une région d'extrémité cylindrique ;

L'invention a également pour objet une conduite flexible définissant un passage interne de circulation de fluide d'axe central, la conduite flexible comportant :

25 - une structure composite de renfort, la structure composite de renfort comportant au moins une couche de renfort comprenant une matrice en polymère et des fibres de renfort ;

- un embout tel que défini plus haut, monté à l'extrémité de la conduite flexible.

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

35 - elle comporte une gaine tubulaire définissant le passage interne, la structure composite de renfort tubulaire étant appliquée sur la gaine tubulaire à l'extérieur de la gaine tubulaire en étant liée à la gaine tubulaire ;

- elle comprend au moins une nappe d'armures disposée autour de la structure composite de renfort, la ou chaque nappe d'armures étant non liée à la structure composite de renfort.

L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un embout d'une conduite flexible de transport de fluide telle que défini plus haut, comprenant les étapes suivantes :

- fourniture d'une conduite flexible, définissant un passage interne de circulation de fluide d'axe central, la conduite flexible comportant une structure composite de renfort, la structure composite de renfort comportant au moins une couche de renfort comprenant une matrice en polymère et des fibres de renfort,

- fourniture d'une voûte d'extrémité,

- dégagement d'une région d'extrémité de la structure composite de renfort ;

- montage d'un organe de maintien, propre à maintenir la région d'extrémité de la structure composite de renfort fixée contre la voûte d'extrémité ;

caractérisé par l'étape suivante :

- fourniture d'un organe d'étanchéité faisant saillie radialement autour de la région d'extrémité de la structure composite de renfort, en étant lié à la région d'extrémité de la structure composite de renfort,

- mise en contact d'une surface avant non perpendiculaire à l'axe central de l'organe d'étanchéité avec une portée complémentaire sur la voûte d'extrémité, et

- mise en contact d'une surface arrière de l'organe d'étanchéité contre une butée de l'organe de maintien.

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

- déplacement de l'organe de maintien vers l'avant pour rapprocher l'organe de maintien de la voûte d'extrémité, une pression de contact supérieure ou égale à 1000 bars étant avantageusement engendrée entre la surface avant et la portée complémentaire sur la voûte d'extrémité ;

- blocage en position de l'organe de maintien par rapport à la voûte d'extrémité ;

- la fourniture de l'organe d'étanchéité comporte la formation et la fixation simultanée de l'organe d'étanchéité autour de la région d'extrémité de la structure composite de renfort ;

- la formation et la fixation simultanée de l'organe d'étanchéité comporte l'enroulement autour de la structure composite de renfort et la fusion sur la structure composite de renfort d'au moins une bande de matériau polymère, puis la solidification de

la bande de matériau polymère, le procédé comportant avantageusement l'usinage de la surface avant non perpendiculaire à l'axe central après solidification ;

- la conduite flexible comprend au moins une nappe d'armures de traction non liée à la structure composite de renfort, la ou chaque nappe d'armures de traction comprenant au moins un élément d'armure enroulé autour de la structure composite de renfort, le procédé comportant le dégagement de tronçons d'extrémité d'éléments d'armure, puis, après le montage de l'organe de maintien, l'insertion des tronçons d'extrémité dans une chambre ménagée entre la voûte d'extrémité et un capot externe, et avantageusement l'injection et la solidification d'un matériau de remplissage noyant les tronçons d'extrémité dans la chambre.

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

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

- la figure 2 est une vue, prise en coupe suivant un plan axial médian, d'un embout de la conduite de la figure 1 ;

- la figure 3 est une vue d'un détail du montage d'une région d'extrémité de la structure composite de la conduite de la figure 1 dans l'embout de la figure 2 ;

- la figure 4 est une vue d'un détail illustrant l'organe d'étanchéité formé à l'extrémité de la structure composite ;

- les figures 5 et 6 illustrent des détails d'un poste de fabrication de la structure composite et/ou de l'organe d'étanchéité formé à l'extrémité de la structure composite ;

- la figure 7 est une vue analogue à la figure 1 d'une deuxième conduite flexible selon l'invention ;

- la figure 8 est une vue analogue à la figure 2 de l'embout de la conduite de la figure 7 ;

- la figure 9 est une vue d'un détail d'une portée de la voûte d'extrémité de l'embout de la figure 8 ;

- la figure 10 est une vue d'un détail marqué X-X de l'embout de la figure 8.

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

Les termes « avant » et « arrière » s'entendent de manière axiale par rapport à un axe A-A' de la conduite, le terme « avant » s'entendant comme relativement plus éloigné du milieu de la conduite et plus proche d'une de ses extrémités, le terme « arrière »

s'entendant comme relativement plus proche du milieu de la conduite et plus éloigné d'une de ses extrémités. Le milieu de la conduite est le point de la conduite situé à égale distance des deux extrémités de cette dernière.

5 Une première conduite flexible 10 selon l'invention est illustrée schématiquement par les figures 1 à 4.

La conduite flexible 10 comporte un tronçon central 12 illustré en partie sur la figure 1. Elle comporte, à chacune des extrémités axiales du tronçon central 12, un embout d'extrémité 11, visible notamment sur la figure 2.

10 En référence à la figure 1, la conduite 10 délimite un passage interne 13 de circulation d'un fluide, avantageusement d'un fluide pétrolier. Le passage interne 13 s'étend suivant un axe A-A', entre l'extrémité amont et l'extrémité aval de la conduite 10. Il débouche à travers les embouts 11.

La conduite flexible 10 est destinée à être disposée à travers une étendue d'eau 14 dans une installation d'exploitation de fluide, notamment d'hydrocarbures.

15 L'étendue d'eau 14 est par exemple, une mer, un lac ou un océan. La profondeur de l'étendue d'eau 14 au droit de l'installation d'exploitation de fluide est par exemple comprise entre 500 m et 4000 m.

20 L'installation comporte un ensemble de surface et un ensemble de fond (non représentés) ou deux ensembles de surface qui sont avantageusement raccordés entre eux par la conduite flexible 10.

L'ensemble de surface est par exemple flottant. Il est avantageusement formé par une unité flottante de production, de stockage et de déchargement appelée FPSO (« Floating Production, Storage and Offloading » en langue anglaise), une unité flottante dédiée au gaz naturel liquéfié appelée FLNG (« Floating Liquefied Natural Gas » en  
25 langue anglaise), une plate-forme semi-submersible ou une bouée de déchargement. En variante, l'ensemble de surface est une structure rigide fixe de type « jacket » ou une structure oscillante assujettie au fond de la mer pouvant être par exemple un TLP (« Tension Leg Platform » en langue anglaise).

30 Dans cet exemple, la conduite flexible 10 raccorde l'ensemble de fond à l'ensemble de surface. La conduite flexible 10 est donc partiellement immergée dans l'étendue d'eau 14 et présente une extrémité supérieure disposée dans un volume d'air.

En variante, la conduite flexible 10 est totalement immergée dans l'étendue d'eau 14 et raccorde par exemple deux ensembles de fond (non représentés) entre eux.

35 Une autre variante consiste en une conduite flexible 10 partiellement immergée dans l'étendue d'eau 14 et raccordant par exemple deux ensembles de surface

(typiquement une bouée de déchargement et un FPSO). Ceci est notamment le cas des lignes flexibles de type OOL (« Oil Offloading Line » en langue anglaise).

Comme illustré par la figure 1, la conduite 10 délimite une pluralité de couches concentriques autour de l'axe A-A', qui s'étendent continûment le long du tronçon central 12 jusqu'aux embouts 11 situés aux extrémités de la conduite.

Dans l'exemple de la figure 1, la conduite 10 comporte au moins une gaine interne tubulaire 20 à base de matériau polymère constituant avantageusement une gaine de pression, et une structure composite de renfort 22 tubulaire, appliquée autour de la gaine tubulaire 20 en étant liée à celle-ci. En variante, la conduite 10 est dépourvue de gaine interne tubulaire 20, la structure composite de renfort 22 étant alors étanche.

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

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

De manière connue, la gaine tubulaire 20 est destinée à confiner de manière étanche le fluide transporté dans le passage 13. La gaine tubulaire 20 a aussi pour fonction de protéger la structure composite de renfort 22 contre l'abrasion liée à la présence de particules abrasives, par exemple du sable, au sein du fluide transporté dans le passage 13. La gaine tubulaire 20 est formée en matériau polymère, de préférence thermoplastique. Par exemple, le polymère formant la gaine tubulaire 20 est à base d'une polyoléfine telle que du polyéthylène, à base d'un polyamide tel que du PA11 ou du PA12, ou à base d'un polymère fluoré tel que du polyfluorure de vinylidène (PVDF).

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

L'épaisseur de la gaine tubulaire 20 est par exemple comprise entre 1 mm et 20 mm.

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

5 Lorsque la gaine tubulaire 20 est formée d'un tube, elle est avantageusement obtenue par extrusion d'un tube thermoplastique choisi notamment parmi les polymères mentionnés ci-dessus.

10 Lorsque la gaine tubulaire 20 est formée d'une bande en matériau polymère assemblé, elle est réalisée avantageusement par extrusion et enroulement de bandes thermoplastiques d'un polymère tel que décrit plus haut. De préférence, les spires d'une première couche sont jointives (bord à bord sans recouvrement) et les spires d'une couche supérieure sont disposées de façon à avoir un recouvrement de deux bandes adjacentes inférieures assurant l'étanchéité de la gaine tubulaire 20.

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

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

20 La structure composite de renfort 22 comporte au moins une, de préférence une pluralité de couches composites de renfort laminées, et éventuellement, une couche anti-délamination interposée entre au moins deux couches de renfort.

Chaque couche de renfort laminée comporte une superposition de couches composites de renfort.

25 En référence à la figure 1, chaque couche composite de renfort comporte une matrice en polymère 40 et des fibres de renfort 42 noyées dans la matrice 40.

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

35 Par exemple, le polymère formant la matrice 40 est à base d'une polyoléfine telle que du polyéthylène, à base d'un polyamide tel que du PA11 ou du PA12, ou à base d'un polymère fluoré tel que du polyfluorure de vinylidène (PVDF)

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

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

Les fibres de renfort 42 présentent généralement une résistance à la traction maximale supérieure à 2 GPa, avantageusement supérieure à 3 GPa et comprise par exemple entre 3 GPa et 6 GPa, telle que mesurée à 23° C selon la Norme ASTM D885M - 10A(2014)e1.

Dans la présente demande, les termes « résistance à la traction maximale » et « résistance à la traction » ont la même signification et désignent la limite à la rupture en traction (« ultimate tensile strength » en langue anglaise) mesurée lors d'un essai de traction.

En outre, les fibres de renfort 42 présentent avantageusement un module de traction supérieur à 50 GPa , compris par exemple entre 70 GPa et 500 GPa , notamment entre 50 GPa et 100 GPa pour les fibres de verre, entre 100 GPa et 500 GPa pour les fibres de carbone et entre 50 GPa et 200 GPa pour les fibres d'aramide, tel que mesuré à 23°C selon la Norme ASTM D885M - 10A(2014)e1.

Dans la présente demande, les termes « module de traction », « module d'Young » et « module d'élasticité en traction » ont la même signification et désignent le module d'élasticité mesuré lors d'un essai de traction.

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

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

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

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

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

Par exemple, la longueur de chaque bande composite 44 est supérieure à 100 m et est comprise entre 100 m et 4500 m. La largeur de chaque bande composite 44 est comprise entre 6 mm et 50 mm. L'épaisseur de chaque bande composite 44 est comprise entre 0,1 mm et 1 mm.

Chaque bande composite 44 présente ainsi à 23°C, un module de traction supérieur à 10 MPa , notamment compris entre 30 GPa et 170 GPa, tel que mesuré par la Norme NF EN 2561, Janvier 1996, une élongation à la rupture supérieure à 1 %, notamment comprise entre 1 % et 5%, telle que mesurée par la Norme NF EN 2561, Janvier 1996, et une résistance à la traction maximale supérieure à 100 MPa , et notamment comprise entre 350 MPa et 3500 MPa telle que mesurée par la Norme NF EN 2561, Janvier 1996.

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

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

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

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

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

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

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

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

La combinaison d'un angle  $\beta$  d'enroulement des bandes composites 44 de valeur absolue comprise entre  $55^\circ$  et  $85^\circ$ , de préférence entre  $60$  et  $80^\circ$ , avec un angle  $\alpha$  d'enroulement des éléments d'armure 50 de valeur absolue comprise entre  $25^\circ$  et  $45^\circ$ , empêche l'élongation de la structure composite de renfort 22 par effet de compensation produit par les nappes d'armures 24, 25.

La structure composite de renfort 22 pouvant présenter une résistance à la traction faible et ayant tendance à s'allonger sous l'effet d'efforts axiaux, les nappes d'armures 24, 25 reprennent les efforts axiaux et préviennent ainsi l'allongement de la structure composite de renfort 22.

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

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

En outre, l'angle  $\alpha$  d'enroulement des éléments d'armure 50 de valeur absolue comprise entre  $25^\circ$  et  $45^\circ$ , pris en combinaison avec l'angle  $\beta$  d'enroulement des bandes composites 44 de valeur absolue comprise entre  $60^\circ$  et  $80^\circ$  autorise une compression de la structure composite de renfort 22, réduisant le rayon de courbure minimal (« minimal bending radius » ou « MBR » en anglais).

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

La gaine externe 30 est destinée à empêcher la perméation de fluide depuis l'extérieur de la conduite flexible 10 vers l'intérieur. Elle est avantageusement réalisée en

matériau polymère, notamment à base d'une polyoléfine, telle que du polyéthylène, à base d'un polyamide, tel que du PA11 ou du PA12, ou à base d'un polymère fluoré tel que du polyfluorure de vinylidène (PVDF).

5 L'épaisseur de la gaine externe 30 est par exemple comprise entre 5 mm et 15 mm.

Chaque couche anti-usure 26 est formée par exemple de PA (polyamide), PE (polyéthylène), PVDF (polyfluorure de vinylidène), PEEK (polyétheréthercétone), PEKK (polyéthercétonecétone). Une couche anti-usure 26 est disposée entre la structure composite de renfort 22 et la première nappe d'armures de traction 24. Une autre couche anti-usure 26 est placée entre chaque paire de nappe d'armures 24, 25, 10 avantagement comme indiqué dans la Norme API 17J, 4e édition Mai 2014.

Le ruban de renfort 28 est formé par exemple d'une couche anti-flambement de résistance élevée. Cette couche est par exemple en aramide. Le ruban est enroulé autour de la nappe d'armures 25 située la plus à l'extérieur, entre la nappe d'armures 25 et la 15 gaine externe 30, avantagement comme indiqué dans la Norme API 17J, 4e édition Mai 2014.

Comme illustré par la figure 2, chaque embout 11 inclut ici une région d'extrémité 56 de la structure composite de renfort 22, et des tronçons d'extrémité 58 des éléments d'armure 50.

20 L'embout 11 comporte en outre une voûte d'extrémité 60 recevant la région d'extrémité 56 et un capot extérieur de liaison 62 faisant saillie axialement vers l'arrière à partir de la voûte d'extrémité 60. Le capot 62 délimite, avec la voûte d'extrémité 60, une chambre 64 de réception des tronçons d'extrémité 58 des éléments d'armure 50.

L'embout 11 comporte en outre un ensemble avant 66 d'étanchéité autour de la 25 structure composite de renfort 22, représenté schématiquement sur la figure 2, et un ensemble arrière 68 d'étanchéité autour de la gaine extérieure 30.

L'embout 11 comprend avantagement un organe annulaire 69 de maintien des nappes d'armures 24, 25 situé dans la zone arrière de l'embout 11.

30 Dans cet exemple, la voûte d'extrémité 60 est destinée à raccorder la conduite 10 à un autre embout de connexion 11 ou à des équipements terminaux, avantagement par l'intermédiaire d'une bride d'extrémité (non représentée).

La voûte d'extrémité 60 présente un alésage central 70 d'axe A-A' destiné à permettre l'écoulement du fluide circulant à travers le passage interne 13 vers l'extérieur de la conduite 10 et un logement annulaire 72 situé autour de l'alésage 70 pour recevoir 35 la région d'extrémité 56 de la structure composite de renfort 22 et de la gaine 20.

Avantagement, la voûte d'extrémité 60 est métallique.

Le logement annulaire 72 est délimité extérieurement par une jupe arrière 74 de la voûte d'extrémité 60.

5 Le capot 62 comporte une paroi périphérique 80 tubulaire s'étendant autour de l'axe A-A'. La paroi périphérique 80 présente un bord avant 82 fixé sur la voûte d'extrémité 60, à l'écart radialement des nappes d'armures 24, 25 et un bord arrière s'étendant axialement vers l'arrière au-delà de la voûte d'extrémité 60.

Le capot 62 délimite la chambre 64 radialement vers l'extérieur. Une face arrière 86 de la voûte d'extrémité 60 située à l'extérieur de la jupe 74 délimite axialement la chambre 64 vers l'avant.

10 Le volume de la chambre 64 varie selon la taille de l'embout 11. Par exemple, pour une conduite de 6", soit environ 15,2 cm, le volume de la chambre 64 sera environ de 30L, et pour une conduite de 16", soit environ 40,6 cm, le volume de la chambre 64 sera environ de 60L.

15 L'ensemble avant d'étanchéité 66 est avantageusement situé à l'avant de l'embout 11, en contact avec la voûte d'extrémité 60, en étant décalé axialement vers l'avant par rapport à l'organe annulaire 69 de maintien, et par rapport à l'ensemble arrière d'étanchéité 68.

20 L'ensemble avant d'étanchéité 66 comporte un organe d'étanchéité 90, solidaire de la région d'extrémité 56 de la structure composite de renfort 22, un organe de maintien 92, propre à maintenir la région d'extrémité 56 fixée contre la voûte d'extrémité 60 par l'intermédiaire de l'organe d'étanchéité 90, et une portée 94 de la voûte d'extrémité 60, propre à coopérer avec l'organe d'étanchéité 90 pour réaliser l'étanchéité autour de la structure composite de renfort 22.

25 L'organe d'étanchéité 90 fait saillie radialement autour de la région d'extrémité 56. Il est ici rapporté sur la surface périphérique extérieure de la région d'extrémité 56. Il possède une forme annulaire s'étendant angulairement de 360° autour de l'axe A-A'.

L'organe d'étanchéité 90 présente une surface avant 96 non perpendiculaire à l'axe A-A'. Il présente une surface périphérique extérieure 98 cylindrique et une surface arrière 100 avantageusement conique.

30 Par « non perpendiculaire à l'axe A-A' », on entend plus généralement une surface qui en coupe dans un plan médian passant par l'axe A-A', comporte d'un côté de l'axe A-A' au moins un point avant décalé axialement le long de l'axe A-A' par rapport à un point arrière.

35 Avantageusement, l'organe d'étanchéité 90 présente une surface avant 96 de géométrie axisymétrique selon l'axe A-A'. Plus avantageusement, l'organe d'étanchéité 90 présente une surface avant 96 conique.

En référence à la figure 4, de préférence, la surface avant 96 diverge à l'écart de l'axe A-A' en se déplaçant d'avant en arrière. Ceci signifie que le point avant est situé plus proche de l'axe A-A' et le point arrière est situé plus éloigné de l'axe A-A'.

5 En outre, avantageusement, le demi angle au sommet  $\theta$  du cône engendrant la surface avant 96 est supérieur à  $10^\circ$  et est généralement compris entre  $15^\circ$  et  $40^\circ$ .

De la sorte, l'organe d'étanchéité 90 coopère avantageusement avec la portée 94 complémentaire de la voûte d'extrémité 60 pour former un ensemble d'étanchéité dont l'efficacité augmente avec la pression régnant dans le passage interne 13 de la conduite flexible 10.

10 En effet, une augmentation de la pression interne dans la conduite flexible 10 entraîne une augmentation des diamètres de la structure composite de renfort 22 et de l'organe d'étanchéité 90. Cette augmentation de diamètre plaque plus fortement l'organe d'étanchéité 90 contre la voûte d'extrémité 60 via la surface avant 96 et donc augmente la pression de contact entre ces deux pièces. Cette augmentation de pression de contact  
15 améliore l'étanchéité entre ces pièces. L'ensemble d'étanchéité ainsi produit est auto-énergisant et son efficacité est d'autant plus grande que la pression est forte.

En outre, cet effet d'auto-énergisation de l'organe d'étanchéité 90 est d'autant plus grand que le demi-angle au sommet  $\theta$  est faible. Par ailleurs, on peut noter que cet effet ne se produit pas lorsque la surface avant est perpendiculaire à l'axe A-A', ce qui  
20 correspondrait au cas où le demi-angle  $\theta$  au sommet est égal à  $90^\circ$ .

Avantageusement, selon la présente invention, le demi-angle au sommet  $\theta$  n'est pas nul, c'est-à-dire que la surface avant 96 n'est pas un cylindre d'axe A-A'. En effet, ceci simplifie le procédé de montage de l'embout 11 en évitant d'avoir à utiliser des moyens de sertissage radial difficiles à mettre en œuvre.

25 Pour garantir une étanchéité suffisante lorsque la pression et la température du fluide sont élevées, il est nécessaire que, d'une part, la surface avant 96 de l'organe d'étanchéité 90 et, d'autre part, la portée 94 complémentaire de la voûte d'extrémité 60 avec laquelle elle coopère soient fortement plaquées l'une contre l'autre, pour que la pression de contact entre ces deux pièces soit suffisamment élevée pour assurer la  
30 fonction d'étanchéité requise. Pour atteindre un niveau de pression de contact élevé requis, il est nécessaire de déformer l'une des deux pièces, en l'espèce, l'organe d'étanchéité 90 qui est constitué d'un matériau plus déformable que la voûte d'extrémité 60.

35 A  $23^\circ\text{C}$ , la voûte d'extrémité 60 présente un module d'élasticité en traction et une dureté supérieurs respectivement au module d'élasticité en traction et à la dureté de l'organe d'étanchéité 90. Ainsi, lors d'un sertissage de l'organe d'étanchéité 90, ce dernier

se déforme et épouse la forme de la voûte d'extrémité 60 qui se déforme moins que l'organe d'étanchéité 90.

Dans le cas où le demi-angle au sommet  $\theta$  est nul, une pièce annulaire, avantageusement métallique, entourant l'organe d'étanchéité, doit être déformée radialement, ce qui est difficile à mettre en œuvre.

Selon la présente invention, lorsque la surface avant 96 est un cône de demi-angle au sommet  $\theta$  supérieur à  $0^\circ$ , avantageusement supérieur à  $10^\circ$ , l'effet de coin associé à ce cône facilite le montage de l'embout 11, en permettant l'utilisation de moyens de serrage axial pour générer la pression de contact requise au niveau de la surface avant 96. De plus, cette configuration géométrique permet d'appliquer une pression de contact élevée entre d'une part la surface avant 96 de l'organe d'étanchéité 90 et d'autre part la portée 94 complémentaire de la voûte d'extrémité 60 sans provoquer l'effondrement de la structure de renfort 22. En effet, cette pression de contact étant orientée perpendiculairement à la surface avant 96 de l'organe d'étanchéité 90 au niveau de chaque point de contact avec la voûte d'extrémité 60, il s'en suit que cette pression de contact n'est pas orientée perpendiculairement à l'axe A-A' de la structure composite de renfort 22. Ainsi, selon l'invention, cette pression de contact n'est pas orientée radialement car elle a aussi une composante axiale non nulle en plus de sa composante radiale, ce qui permet de réduire les contraintes radiales appliquées à la structure composite de renfort 22.

Il est entendu que le demi-angle au sommet  $\theta$  est le demi-angle au sommet avant montage de l'embout 11.

L'organe d'étanchéité 90 comporte également dans cet exemple, respectivement à l'avant et à l'arrière de la surface avant 96 et de la surface arrière 100, une région d'extrémité 102 cylindrique, d'épaisseur inférieure à 25 % de l'épaisseur maximale de l'organe d'étanchéité 90, prise perpendiculairement à l'axe A-A'.

L'épaisseur maximale de l'organe d'étanchéité 90, prise perpendiculairement à l'axe A-A', est supérieure à 2 mm et est généralement comprise entre 3 mm et 10 mm. De préférence, l'épaisseur maximale de l'organe d'étanchéité 90 est inférieure à l'épaisseur maximale combinée de la gaine 20 et de la structure composite de renfort 22, prise perpendiculairement à l'axe A-A' au niveau de la région d'extrémité 56.

La surface périphérique extérieure 98 présente une longueur LS généralement supérieure ou égale à 30 mm, prise parallèlement à l'axe A-A'. Cette longueur LS est par exemple comprise entre 75 mm et 300 mm et préférentiellement comprise entre 75 mm et 100 mm. La longueur LS est suffisante pour assurer une bonne transmission des efforts axiaux entre, d'une part, la couche de renfort 40 et, d'autre part, l'organe d'étanchéité 90.

La surface arrière conique 100 converge vers l'axe A-A' en se déplaçant de l'avant vers l'arrière. Le demi-angle  $\alpha$  au sommet du cône engendrant la surface arrière 100 est supérieur à 15 ° et est généralement compris entre 30° et 40°.

5 Le demi-angle  $\alpha$  au sommet du cône engendrant la surface arrière 100 est de préférence supérieur au demi-angle  $\theta$  au sommet du cône engendrant la surface avant 96.

10 De préférence, l'organe d'étanchéité 90 est formé d'un polymère, notamment d'un polymère thermoplastique. Le polymère de l'organe d'étanchéité 90 est avantageusement de même nature que celui de la matrice 40. Par « de même nature », on entend au sens de la présente invention que le polymère de l'organe d'étanchéité 90 et le polymère de la matrice 40 sont propres à fondre et à former un mélange intime, sans séparation de phase, après refroidissement.

15 L'organe d'étanchéité 90 présente au moins une région extérieure formée du polymère, et dépourvue de fibres de renfort. En particulier, la région extérieure de l'organe d'étanchéité 90 située sous la surface avant 96 est dépourvu de fibres de renfort, ce qui améliore la souplesse et la déformabilité de cette région et lui permet de jouer le rôle d'un joint d'étanchéité. En outre, l'épaisseur de la région extérieure de l'organe d'étanchéité 90 formée du polymère, dépourvue de fibres de renforts et située sous la surface avant 96, est avantageusement supérieure ou égale à 0,5 mm, plus avantageusement supérieure ou égale à 1 mm, et préférentiellement comprise entre 2 mm et 10 mm. Ainsi, l'organe d'étanchéité 90 est propre à se déformer localement pour s'appliquer intimement sur la portée 94, sur au moins une circonférence autour de l'axe A-A'.

25 De préférence, l'organe d'étanchéité 90 est constitué de polymère, en étant totalement dépourvu de fibres de renfort. Ainsi la fabrication de l'organe d'étanchéité 90 est simplifiée puisque celui-ci est entièrement réalisé en polymère et qu'il ne comporte dans ce cas aucune partie en matériau composite. En outre, ce mode de réalisation permet d'obtenir une bonne étanchéité car l'organe d'étanchéité 90 est propre à se déformer localement pour s'appliquer intimement sur la portée 94, sur au moins une circonférence autour de l'axe A-A'. Avantageusement, selon cet exemple, le polymère thermoplastique est semi-cristallin présentant une température de transition vitreuse Tg supérieure à 80°C, préférentiellement supérieure à 130°C. De plus, avantageusement, le module d'Young de ce polymère semi-cristallin mesuré à 23°C selon la Norme ASTM D638 est supérieur à 3 GPa, préférentiellement supérieur à 4 GPa.

35 De plus, avantageusement, la région extérieure de l'organe d'étanchéité 90 qui est formée du polymère, qui est dépourvue de fibres de renforts et qui est située sous la surface avant 96, est constituée d'un polymère thermoplastique semi-cristallin présentant

une température de transition vitreuse  $T_g$  supérieure à  $80^\circ\text{C}$ , préférentiellement supérieure à  $130^\circ\text{C}$ . De plus, avantageusement, le module d'Young de ce polymère semi-cristallin mesuré à  $23^\circ\text{C}$  selon la Norme ASTM D638 est supérieur à 3 GPa, préférentiellement supérieur à 4 GPa. Cette rigidité élevée permet d'atteindre une  
5 pression de contact élevée entre la surface avant 96 et la portée 94 tout en évitant de déformer excessivement l'organe d'étanchéité 90 et en se limitant à des déformations essentiellement élastiques, les déformations plastiques étant très faibles. En outre, le fait que le polymère soit semi-cristallin et qu'il présente une température de transition vitreuse  $T_g$  sensiblement supérieure à la température de service de la conduite flexible a pour  
10 effet que le module d'Young et l'élasticité du polymère restent élevés lorsque la conduite est en service. Par suite, la pression de contact reste elle aussi élevée, ce qui assure la qualité de l'étanchéité.

Ainsi, selon un premier exemple, la région extérieure de l'organe d'étanchéité 90 qui est située sous la surface avant 96 et qui est dépourvue de fibres de renforts est  
15 avantageusement formée de PEEK (polyétheréthercétone) et elle présente une épaisseur de l'ordre de 4 mm. Le PEEK présente à  $23^\circ\text{C}$  un module d'Young légèrement supérieur à 4 GPa et il peut supporter une compression de 2000 bar en se déformant très faiblement dans le domaine élastique, typiquement de l'ordre de 5% ce qui correspond dans cet exemple à une réduction d'épaisseur très faible de l'ordre de 0,2mm. Le PEEK est, de  
20 plus, un polymère semi-cristallin qui présente une température de transition vitreuse  $T_g$  légèrement supérieure à  $140^\circ\text{C}$ . Ainsi, le module d'Young du PEEK diminue très peu lorsque la température augmente depuis la température ambiante, typiquement  $23^\circ\text{C}$ , jusqu'à une température de l'ordre de  $130^\circ\text{C}$ . Le module d'Young à  $130^\circ\text{C}$  étant de l'ordre de 3,8 GPa. Par suite, la pression de contact entre la surface avant 96 et la portée 94  
25 diminue très peu lorsque la température augmente depuis la température ambiante jusqu'à une température de l'ordre de  $130^\circ\text{C}$ , ce qui assure l'étanchéité de l'embout 11 fabriqué à température ambiante lorsque la conduite flexible 10 est utilisée pour transporter un fluide présentant une température maximale égale à  $130^\circ\text{C}$ . Dans cet exemple, le matériau composite utilisé pour former la structure composite de renfort 22 et  
30 les autres régions de l'organe d'étanchéité 90, comporte avantageusement une matrice de PEEK renforcée de fibres de carbone.

Selon un deuxième exemple avantageux de réalisation de l'invention, la structure composite de renfort 22 est formée d'un matériau composite comportant une matrice de PEEK renforcée de fibres de carbone, et l'organe d'étanchéité 90 est constitué de PEEK,  
35 en étant totalement dépourvu de fibres de renfort.

Selon un troisième exemple de réalisation de l'invention, la structure composite de renfort 22 est formée d'un matériau composite comportant une matrice de PPS (polysulfure de phénylène) renforcée de fibres de carbone, et l'organe d'étanchéité 90 est constitué de PPS, en étant totalement dépourvu de fibres de renfort. Le PPS est un thermoplastique semi-cristallin présentant une température de transition vitreuse  $T_g$  de l'ordre de  $90^\circ\text{C}$ , et un module d'Young à  $23^\circ\text{C}$ , de l'ordre de 4 GPa.

Alternativement, l'organe d'étanchéité 90 est entièrement formé d'un matériau composite comportant une matrice en polymère et des fibres de renfort noyées dans la matrice de même nature que la structure composite de renfort 22. En outre ledit matériau composite présente à  $23^\circ\text{C}$  un module de traction avantageusement inférieur ou égal à 100 GPa, préférentiellement inférieur ou égal à 60 GPa, tel que mesuré selon la Norme NF EN 2561, Janvier 1996. Ce mode de réalisation de l'invention dans lequel la région extérieure de l'organe d'étanchéité 90 qui est située sous la surface avant 96 est constituée d'un matériau composite est avantageux dans le cas où ce matériau composite présente une souplesse et une déformabilité suffisantes pour jouer le rôle d'un joint d'étanchéité, par exemple lorsque ce matériau composite comporte une matrice en polyamide renforcée de fibres de verre et présente à  $23^\circ\text{C}$  un module de traction de l'ordre de 3 GPa.

Le rapport du module axial de la structure composite de renfort 22 au module axial de l'organe d'étanchéité 90 est inférieur à 35, notamment inférieur à 25, avantageusement inférieur à 5. Ce rapport est avantageusement supérieur ou égal à 1. Dès lors, le comportement élastique de l'organe d'étanchéité 90 dans la direction axiale est similaire au comportement élastique de la structure composite de renfort 22 dans la direction axiale. Ainsi, lorsque la conduite flexible 10 est en service, les efforts axiaux sont transmis de l'organe d'étanchéité 90 vers la structure de renfort 22 en limitant les concentrations de contraintes à l'interface de l'organe d'étanchéité 90 et la structure de renfort 22. Dans la présente demande, le module axial d'une structure tubulaire d'axe A-A' est égal au module d'élasticité mesuré en effectuant à  $23^\circ\text{C}$  un essai de traction sur cette structure tubulaire parallèlement à l'axe A-A'. La structure composite de renfort 42 est anisotrope et possède des propriétés mécaniques différentes dans les directions axiale et radiale. Ainsi, lorsque les fibres de renfort 42 de la structure composite de renfort 22 sont orientées hélicoïdalement avec un angle d'hélice compris entre  $55^\circ$  et  $85^\circ$  par rapport à l'axe A-A', ces fibres contribuent principalement à augmenter la résistance de la structure composite de renfort 22 vis-à-vis des efforts orientés radialement, et elles contribuent peu à sa rigidité axiale. Dans ce cas, le module axial de la structure composite de renfort 22 est typiquement inférieur à 10 GPa, voire même inférieur à 5 GPa, c'est-à-dire qu'il se

rapproche du module d'Young du polymère formant la matrice du matériau composite dont est constitué la structure composite de renfort 22. De plus, avantageusement, l'organe d'étanchéité 90 est formé avec le même polymère qui est utilisé seul ou bien renforcé avec des fibres enroulées hélicoïdalement selon une configuration similaire à celle de la structure composite de renfort 22. Le module de la structure composite de renfort 22 est ainsi, selon un mode de réalisation avantageux, proche du module de l'organe d'étanchéité 90.

Comme on le verra plus bas, l'organe d'étanchéité 90 est de préférence formé d'un enroulement d'au moins une épaisseur de bande polymère fondue. La bande polymère est de longueur supérieure à au moins 10 fois sa largeur et à au moins 10 fois son épaisseur.

Par exemple, la longueur de chaque bande polymère est supérieure à 100 m et est comprise entre 100 m et 4500 m. La largeur de chaque bande polymère est comprise entre 6 mm et 50 mm. L'épaisseur de chaque bande polymère est comprise entre 0,1 mm et 1 mm.

L'organe de maintien 92 est par exemple formé d'un collier fixé sur la voûte d'extrémité 60.

L'organe de maintien comporte ainsi un rebord avant 104 appliqué sur un bord arrière de la jupe 74 de la voûte d'extrémité 60, une paroi périphérique 106 engagée autour de la structure composite de renfort 22 et un épaulement arrière 108 faisant saillie radialement vers l'axe A-A' pour définir une butée arrière 110 de blocage de l'organe d'étanchéité 90.

Le collier est par exemple formé d'au moins deux segments assemblés séparément sur la voûte d'extrémité 60, et liés entre eux par des organes de raccordement, notamment des systèmes de vis/boulons. Ceci facilite l'assemblage de l'organe de maintien 92 autour de la région d'extrémité 56.

En variante, le collier est formé d'un seul tenant, ce qui simplifie la fabrication de la butée arrière 110.

Des organes de fixation 111, notamment des vis sont montées à travers le rebord avant 104 et à travers la voûte d'extrémité 60 pour assurer la fixation de l'organe de maintien 92 sur la voûte d'extrémité 60.

La butée arrière 110 présente une forme convergente vers l'axe A-A' en se déplaçant de l'avant vers l'arrière. Elle est de forme complémentaire à la forme de la surface arrière 100 sur laquelle elle s'applique.

La portée 94 est de préférence conique divergeant de l'axe A-A' en se déplaçant de l'avant vers l'arrière. Avantageusement, comme illustré par la figure 9 et la figure 10, la

portée 94 présente un relief 112 de sertissage faisant saillie vers l'axe A-A' pour s'insérer dans la surface avant 96 de l'organe d'étanchéité 90 sur au moins une circonférence autour de l'axe A-A'.

5 Le relief de sertissage 112 est par exemple défini entre une région tronconique avant 116 de la portée conique 94 présentant un demi-angle  $\gamma_1$  au sommet avant et une région tronconique arrière 118, présentant un demi-angle  $\gamma_2$  au sommet arrière supérieur à l'angle au sommet avant de la portée conique 96.

Avantageusement, la différence entre  $\gamma_2$  et  $\gamma_1$  est comprise entre  $5^\circ$  et  $20^\circ$  et plus avantageusement, est égale à  $10^\circ$ .

10 Généralement la valeur du demi-angle  $\theta$  est comprise entre  $\gamma_1$  et  $\gamma_2$ . Par exemple, selon un mode de réalisation avantageux,  $\gamma_2$  est égal à  $40^\circ$ ,  $\gamma_1$  est égal à  $30^\circ$  et  $\theta$  est égal à  $37^\circ$ .

15 L'ensemble arrière d'étanchéité 68 est disposé à l'arrière de l'organe annulaire de maintien 69. Il comporte au moins une bague arrière de sertissage sertissant la gaine externe 30.

En référence à la figure 2, l'organe annulaire de maintien 69 est disposé autour des éléments d'armure 50 de la nappe d'armures 25, au niveau de la partie arrière de l'embout 11. A l'emplacement de l'organe annulaire de maintien 69, les éléments d'armure 50 des couches d'armure 24, 25 sont enroulés hélicoïdalement avec le même rayon d'hélice que celui qu'ils ont au niveau du tronçon central 12.

20 La zone au niveau de laquelle les nappes d'armures 24, 25 s'écartent de manière hélicoïdale de l'axe A-A' de la conduite pour venir recouvrir une surface périphérique extérieure de la jupe arrière 74 de la voûte d'extrémité 60 est située entre l'organe annulaire de maintien 69 et l'avant de l'embout 11.

25 L'organe annulaire de maintien 69 se présente sous la forme d'un collier, et ne contribue pas significativement à la reprise des efforts de tension. Sa fonction est notamment d'empêcher la désorganisation des couches d'armure 24, 25 pendant le montage de l'embout 11.

30 L'embout 11 comporte en outre un matériau 114 de remplissage solide. Le matériau de remplissage 114 est disposé dans la chambre 64 autour de l'organe annulaire de maintien 69, de la voûte d'extrémité 60, et des tronçons d'extrémité 58 des éléments d'armure 50.

Avantageusement, le matériau de remplissage 114 remplit totalement la chambre 64.

35 Selon l'invention, le matériau de remplissage 114 comporte une résine polymérique thermodurcissable, en particulier une résine époxy.

La structure composite de renfort 22 de la conduite flexible 10 et l'organe d'étanchéité 90 sont fabriqués de préférence dans un poste de fabrication 160, après formation de la gaine tubulaire 20, comme représenté sur les figures 5 et 6.

5 Le poste de fabrication 160 comprend un plateau tournant 162 définissant un orifice central 164 de passage de la gaine tubulaire 20 ou/et de la structure composite de renfort 22 et au moins un dérouleur, de préférence une pluralité de dérouleurs 166, 168, portés par le plateau tournant 162.

10 Chaque dérouleur 166, 168 est propre à dérouler respectivement des bandes composites 44 destinées à former chaque couche de renfort ou/et des bandes polymères destinées à former l'organe d'étanchéité 90.

Chaque dérouleur 166, 168 comporte une bobine 170 sur laquelle est enroulée une bande, un organe 172 de guidage et d'application de la bande sur la gaine tubulaire 20 ou sur une couche formée autour de la gaine tubulaire 20, et un appareil de chauffage 174.

15 L'organe 172 de guidage et d'application comprend ici un galet d'application 173. L'appareil de chauffage comprend ici un laser de soudure.

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

20 Initialement, la gaine tubulaire 20 est formée, par exemple par extrusion. La gaine 20 est amenée dans le poste de fabrication 160 et est déplacée en translation à travers l'ouverture centrale 164.

25 Le plateau 162 est entraîné en rotation autour de l'axe de translation de la gaine 20. Les bandes composites 44 sont déroulées successivement des bobines 170 et sont amenées au contact de la gaine 20 ou d'une couche formée autour de la gaine 20 à l'aide de l'organe de guidage et d'application 172.

Une fois en contact, chaque bande composite 44 est enroulée suivant un angle d'enroulement choisi autour de la gaine 20 ou de la couche formée autour de la gaine 20 et est liée à cette couche par fusion engendrée par l'appareil de chauffage 174.

La structure composite de renfort 22 est ainsi formée.

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

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

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

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

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

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

Pour former l'embout 11, le capot 62 est tout d'abord introduit autour de la gaine externe 30 avec les pièces constituant l'ensemble arrière d'étanchéité 66.

20 Puis, une région avant de la gaine externe 30 est dénudée pour faire apparaître les éléments d'armure 50 des nappes d'armure 24, 25.

L'organe annulaire de maintien 69 est alors mis en place autour des nappes d'armure 24, 25. Puis, les éléments d'armure 50 sont repliés vers l'arrière.

L'organe d'étanchéité 90 est alors formé sur la région d'extrémité 56 de la structure composite de renfort 22. À cet effet, la région d'extrémité 56 est introduite à  
25 travers l'orifice central 164 du dispositif 160, et au moins une bande de polymère est enroulée autour de la structure composite de renfort 22, avec un angle proche de 90°, par exemple compris entre 70° et 90°. La région d'extrémité 56 est liée à la structure composite de renfort 22, et/ou à une couche enroulée autour de la structure composite de renfort 22, par fusion engendrée par l'appareil de chauffage 174.

30 Ceci étant fait, la surface avant 96 et la surface arrière 100 sont usinées pour adopter leur forme, ici une forme conique.

Ensuite, la voûte d'extrémité 60 est amenée vers la région d'extrémité 56, pour introduire la région d'extrémité 56 et l'organe d'étanchéité 90 dans le logement périphérique 72.

35 La portée 94 se rapproche de la surface avant 96, un jeu par exemple compris entre 2 mm et 4 mm pouvant subsister entre la portée 94 et la surface avant 96.

L'organe de maintien 92 est alors mis en place, avec la paroi périphérique 106 appliquée autour de la structure composite de renfort 22 et la butée arrière 110 au contact de la surface arrière 100.

5 Puis, l'organe de maintien 92 est déplacé vers l'avant pour le rapprocher de la voûte d'extrémité 60. Cette étape est réalisée par serrage des vis 111 et/ou à l'aide d'un outil de type vérin (non représenté). Le relief de sertissage 112 s'introduit dans l'organe d'étanchéité 90 générant localement une pression de contact supérieure ou égale à 1000 bars entre la surface avant 96 et la portée 94 complémentaire de la voûte d'extrémité 60, et avantageusement comprise entre 1800 bars et 2200 bars. Ceci crée un joint étanche  
10 sur au moins une circonférence autour de l'axe A-A'.

Pour atteindre ce niveau élevé de pression de contact, l'effort de serrage axial permettant de rapprocher la voûte d'extrémité 60 et l'organe de maintien 92 est élevé, typiquement supérieur à 150 kN. Par exemple, pour une conduite de diamètre intérieur égal à 40 mm, l'effort de serrage axial est avantageusement supérieur à 180 kN. Pour une  
15 conduite de diamètre intérieur égal à 200 mm, l'effort de serrage axial est avantageusement supérieur à 700 kN.

Une fois le serrage axial effectué, l'organe de maintien 92 est bloqué en position par rapport à la voûte d'extrémité 60, par exemple en bloquant les vis 111.

20 Ensuite, les éléments d'armure 50 sont repliés vers l'avant et s'appliquent sur la surface extérieure de la jupe 74. Le capot 62 est déplacé vers l'avant et est fixé par son bord avant 82 sur la voûte d'extrémité 60, pour refermer la chambre 64.

Un matériau de remplissage 114 est alors introduit sous forme fluide dans la chambre 64. Le matériau de remplissage 114 se solidifie dans la chambre 64, en noyant les tronçons d'extrémité 58 des éléments d'armure 50.

25 En référence à la figure 10, lors de la mise en service de la conduite flexible 10, la pression à l'intérieur de la conduite flexible 10 tend à diminuer la pression de contact entre la surface avant 96 et la portée 94 complémentaire de la voûte d'extrémité 60.

Cependant, selon l'invention, considérant la pression de contact initiale P1 (avant mise en service de la conduite flexible 10 et après serrage axial), la pression P2 après la  
30 mise en service de la conduite flexible 10 reste suffisante pour assurer l'étanchéité. Ainsi, avantageusement, la pression de contact après la mise en service de la conduite flexible entre la surface avant 96 et la portée 94 complémentaire de la voûte d'extrémité 60 est supérieure ou égale à 1000 bars. Le profil de pression représenté sur la figure 10 est par exemple obtenu pour une pression interne de 500 bar.

Avantageusement, la largeur  $L_p$  de la surface avant 96 sur laquelle s'applique une pression  $P_2$  supérieure à 1000 bars est supérieure à 3 mm, avantageusement comprise entre 3 mm et 5 mm.

5 Avantageusement, selon un exemple de réalisation dans lequel la structure de renfort 22 comprend une matrice formée de PEEK et des fibres de carbone noyées dans ladite matrice et dans lequel l'organe d'étanchéité 90 est constitué de PEEK, la voûte 60 étant métallique, le relief de sertissage 112 présente une amplitude  $A_p$  comprise entre 0,1 mm et 1 mm et avantageusement comprise entre 0,2 mm et 0,5 mm. L'amplitude  $A_p$  du relief de sertissage 112 représente la distance de la projection orthogonale du point P  
10 d'intersection entre le relief de sertissage 112 et un demi-plan de coupe axial médian de la conduite flexible, sur une droite D passant par l'extrémité avant de la région tronconique avant 116 et par l'extrémité arrière de la région tronconique arrière 118. Une telle amplitude  $A_p$  permet de générer une pression de contact supérieure ou égale à 1000 bars entre la surface avant 96 et la portée 94 complémentaire de la voûte d'extrémité 60,  
15 et avantageusement comprise entre 1800 bars et 2200 bars.

Grâce à l'invention qui vient être décrite, la structure composite de renfort 22 est fixée de manière robuste sur la voûte d'extrémité 60 de l'embout 11 par l'intermédiaire de l'organe d'étanchéité 90 et de l'organe de maintien 92 formant une butée 110 arrière coopérant avec la surface arrière 100 de l'organe d'étanchéité 90.

20 Par ailleurs, une étanchéité au fluide très efficace est réalisée par la coopération entre la portée 94 de la voûte d'extrémité 60 et la surface avant 96 conique de l'organe d'étanchéité 90.

Ceci est obtenu de manière simple, avec un procédé de montage limitant le nombre d'étapes à réaliser, et assurant une fiabilité élevée.

25 Dans une variante, non représentée, la portée 94 de la voûte d'extrémité 60 et la surface avant 96 de l'organe d'étanchéité 90 s'étendent à l'avant des tronçons d'extrémité 58 des éléments d'armure 50. Ceci évite de replier vers l'arrière les tronçons d'extrémité 58 lors de la mise en place de l'ensemble avant d'étanchéité 66.

30 Une deuxième conduite flexible 210 selon l'invention est illustrée par les figures 7 et 8. Comme pour la conduite flexible 10, la conduite flexible 210 comporte une gaine interne 20, une structure composite de renfort 22 liée à la gaine interne 20 et un embout 11 comprenant un ensemble avant d'étanchéité 66 tel que décrit plus haut.

Elle est par contre dépourvue de nappes d'armures et/ou de gaine externe 30. L'embout 11 est alors dépourvu de capot 62.

Comme pour la première conduite 10, la surface avant 96 de l'organe d'étanchéité 90 est maintenue appliquée contre la portée 94 de la voûte d'extrémité 60 par l'intermédiaire de l'organe de maintien 92 fixé sur la voûte d'extrémité 60.

5 Dans une variante, la portée 94 est dépourvue de relief de sertissage 112, la pression de contact sur la surface avant 96 de l'organe d'étanchéité 90 étant suffisante pour assurer l'étanchéité du montage sur au moins une circonférence autour de l'axe A-A'.

Dans une autre variante, la surface arrière 100 et la butée 110 s'étendent perpendiculairement à l'axe A-A'

10 Dans l'exemple mentionné plus haut où la conduite flexible est dépourvue de gaine tubulaire 20, la surface interne de la structure composite de renfort 22 délimite directement de manière étanche le passage interne 13.

15 Dans une variante de réalisation non représentée, la conduite flexible comprend une carcasse interne. La carcasse interne est formée d'un feuillard métallique profilé, enroulé en hélice. Les spires successives du feuillard métallique profilé sont agrafées les unes aux autres. La fonction de la carcasse est de reprendre les efforts radiaux d'écrasement.

20 La carcasse interne est disposée à l'intérieur de la gaine tubulaire 20. La surface interne de la carcasse interne délimite le passage interne 13. La conduite est dite à passage non lisse (« rough bore » en langue anglaise). Les couches décrites en lien avec la conduite flexible 10 représentée sur la figure 1 s'appliquent à cet exemple de réalisation.

25 Cette variante est notamment mise en œuvre lorsque la matrice polymérique de la structure composite de renfort 22 présente un module d'Young et une résistance au fluage insuffisants de sorte que la structure composite de renfort 22 n'est pas capable de supporter seule les efforts radiaux d'écrasement auxquels doit résister la conduite flexible. Ainsi, par exemple, cette variante est avantageuse lorsque la matrice polymérique de la structure composite de renfort comporte un polymère fluoré tel qu'un polyfluorure de vinylidène (PVDF) ou un polyamide tel qu'un PA11, de sorte que le module d'Young de  
30 ladite matrice polymérique mesuré à 23°C est inférieur ou égal à 1 GPa.

REVENDEICATIONS

1.- Embout (11) de fixation d'une conduite flexible (10 ; 210) de transport de fluide, la conduite flexible (10 ; 210) définissant un passage interne (13) de circulation de fluide  
 5 d'axe central (A-A'), la conduite flexible (10 ;210) comportant une structure composite de renfort (22) tubulaire, la structure composite de renfort (22) comportant au moins une couche de renfort comprenant une matrice (40) en polymère et des fibres de renfort (42), l'embout (11) comportant :

- une voûte d'extrémité (60) ;

10 - une région d'extrémité (56) de la structure composite de renfort (22) d'axe central (A-A') ;

- un organe de maintien (92), propre à maintenir la région d'extrémité (56) de la structure composite de renfort (22) fixée contre la voûte d'extrémité (60) ;

- un organe d'étanchéité (90) ;

15 caractérisé en ce que l'organe d'étanchéité (90) fait saillie radialement autour de la région d'extrémité (56) de la structure composite de renfort (22), en étant lié à la région d'extrémité (56) de la structure composite de renfort (22), l'organe d'étanchéité (90) présentant une surface avant (96) non perpendiculaire à l'axe central (A-A'), la surface avant (96) coopérant avec une portée (94) complémentaire sur la voûte d'extrémité (60),  
 20 l'organe d'étanchéité (90) présentant une surface arrière (100) appliquée contre une butée (110) de l'organe de maintien (92).

2. - Embout (11) selon la revendication 1, dans lequel la surface arrière (100) est une surface non perpendiculaire à l'axe central (A-A'), avantageusement une surface conique, la butée (110) définissant une surface complémentaire à la surface arrière (100).

25 3. - Embout (11) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel la surface avant (96) présente, en coupe dans au moins un plan axial passant par l'axe central (A-A') une région inclinée d'un angle supérieur à 10° par rapport à l'axe central (A-A'), notamment compris entre 15° et 40°.

30 4. - Embout (11) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la portée (94) complémentaire sur la voûte d'extrémité (60) présente un relief de sertissage (112) inséré dans l'organe d'étanchéité (90).

5. - Embout (11) selon la revendication 4, dans lequel la portée (94) complémentaire sur la voûte d'extrémité (60) comporte :

35 - une région tronconique avant (116) présentant un demi-angle ( $\gamma_1$ ) au sommet avant, et

- une région tronconique arrière (118), présentant un demi-angle au sommet ( $\gamma_2$ ) arrière supérieur au demi-angle au sommet ( $\gamma_1$ ) avant,

le relief de sertissage (112) étant défini entre la région tronconique avant (116) et la région tronconique arrière (118).

5           6. - Embout (11) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'organe d'étanchéité (90) présente une épaisseur maximale supérieure à 2 mm, et notamment comprise entre 3 mm et 10 mm, prise perpendiculairement à l'axe central (A-A').

10           7. - Embout (11) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'organe d'étanchéité (90) présente, entre la surface avant (96) et la surface arrière (100), une surface périphérique extérieure (98) cylindrique raccordant la surface avant (96) à la surface arrière (100), la longueur de la surface périphérique extérieure (98), prise parallèlement à l'axe central (A-A') étant avantageusement supérieure ou égale à 30 mm, notamment comprise entre 75 mm et 300 mm et préférentiellement comprise entre 75 mm  
15 et 100 mm.

            8. - Embout (11) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'organe d'étanchéité (90) comporte au moins une région extérieure formée en polymère dépourvue de fibres, notamment une région formée du même polymère que la matrice (40) en polymère, la surface avant (96) coopérant avec la portée complémentaire  
20 (94) étant délimitée dans la région extérieure formée en polymère dépourvue de fibres.

            9. - Embout (11) selon la revendication 8, dans lequel l'épaisseur de la région extérieure est avantageusement supérieure ou égale à 0,5 mm, plus avantageusement supérieure ou égale à 1 mm, et préférentiellement comprise entre 2 mm et 10 mm.

            10. - Embout (11) selon l'une des revendications 8 ou 9, dans lequel le polymère  
25 est un thermoplastique semi-cristallin présentant une température de transition vitreuse  $T_g$  supérieure à 80°C, préférentiellement supérieure à 130°C, ledit polymère présentant un module d'Young mesuré à 23°C selon la Norme ASTM D638 supérieur à 3 GPa, préférentiellement supérieur à 4 GPa.

            11. - Embout (11) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel  
30 l'organe d'étanchéité (90) est constitué de polymère, en étant totalement dépourvu de fibres de renfort.

            12. - Embout (11) selon la revendication 11, dans lequel l'organe d'étanchéité (90) est constitué de polymère thermoplastique semi-cristallin présentant une température de transition vitreuse  $T_g$  supérieure à 80°C, préférentiellement supérieure à 130°C, ledit  
35 polymère présentant un module d'Young mesuré à 23°C selon la Norme ASTM D638 supérieur à 3 GPa, préférentiellement supérieur à 4 GPa.

13. - Embout (11) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'organe d'étanchéité (90) est lié chimiquement ou/et par fusion à la région d'extrémité (56) de la structure composite de renfort (22).

5 14.- Embout (11) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une région d'extrémité d'une gaine tubulaire (20) de la conduite flexible la région d'extrémité de la gaine tubulaire (20) définissant le passage interne (13), la région d'extrémité de la structure composite de renfort (22) tubulaire étant appliquée sur la région d'extrémité de la gaine tubulaire (20) à l'extérieur de la gaine tubulaire (20) en étant liée à la gaine tubulaire (20).

10 15. - Embout (11) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant des tronçons d'extrémité (58) d'éléments d'armure (50) de la conduite flexible (10 ; 210), l'embout (11) comportant un capot externe (62), délimitant avec la voûte d'extrémité (60) une chambre (64) de réception des tronçons d'extrémité (58), avantageusement remplie d'un matériau de remplissage solide (114) noyant les tronçons  
15 d'extrémité (58).

16. - Conduite flexible (10 ; 210) définissant un passage interne (13) de circulation de fluide d'axe central (A-A'), la conduite flexible (10 ; 210) comportant :

20 - une structure composite de renfort (22) tubulaire, la structure composite de renfort (22) comportant au moins une couche de renfort comprenant une matrice (40) en polymère et des fibres de renfort (42),

- un embout (11) selon l'une quelconque des revendications précédentes, monté à l'extrémité de la conduite flexible (10 ; 210).

25 17. - Procédé de fabrication d'un embout (11) d'une conduite flexible (10 ; 210) de transport de fluide selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, comprenant les étapes suivantes :

30 - fourniture d'une conduite flexible (10 ; 210), définissant un passage interne (13) de circulation de fluide d'axe central (A-A'), la conduite flexible (10 ; 210) comportant une structure composite de renfort (22), la structure composite de renfort (22) comportant au moins une couche de renfort comprenant une matrice (40) en polymère et des fibres de renfort (42),

- fourniture d'une voûte d'extrémité (60)

- dégagement d'une région d'extrémité (56) de la structure composite de renfort (22) ;

35 - montage d'un organe de maintien (92), propre à maintenir la région d'extrémité (56) de la structure composite de renfort (22) fixée contre la voûte d'extrémité (60) ;

caractérisé par l'étape suivante :

- fourniture d'un organe d'étanchéité (90) faisant saillie radialement autour de la région d'extrémité (56) de la structure composite de renfort (22), en étant lié à la région d'extrémité (56) de la structure composite de renfort (22),

5 - mise en contact d'une surface avant (96) non perpendiculaire à l'axe central (A-A') de l'organe d'étanchéité (90) avec une portée (94) complémentaire sur la voûte d'extrémité (60), et

- mise en contact d'une surface arrière (100) de l'organe d'étanchéité (90) contre une butée (110) de l'organe de maintien (92).

18. - Procédé selon la revendication 17, comprenant les étapes suivantes :

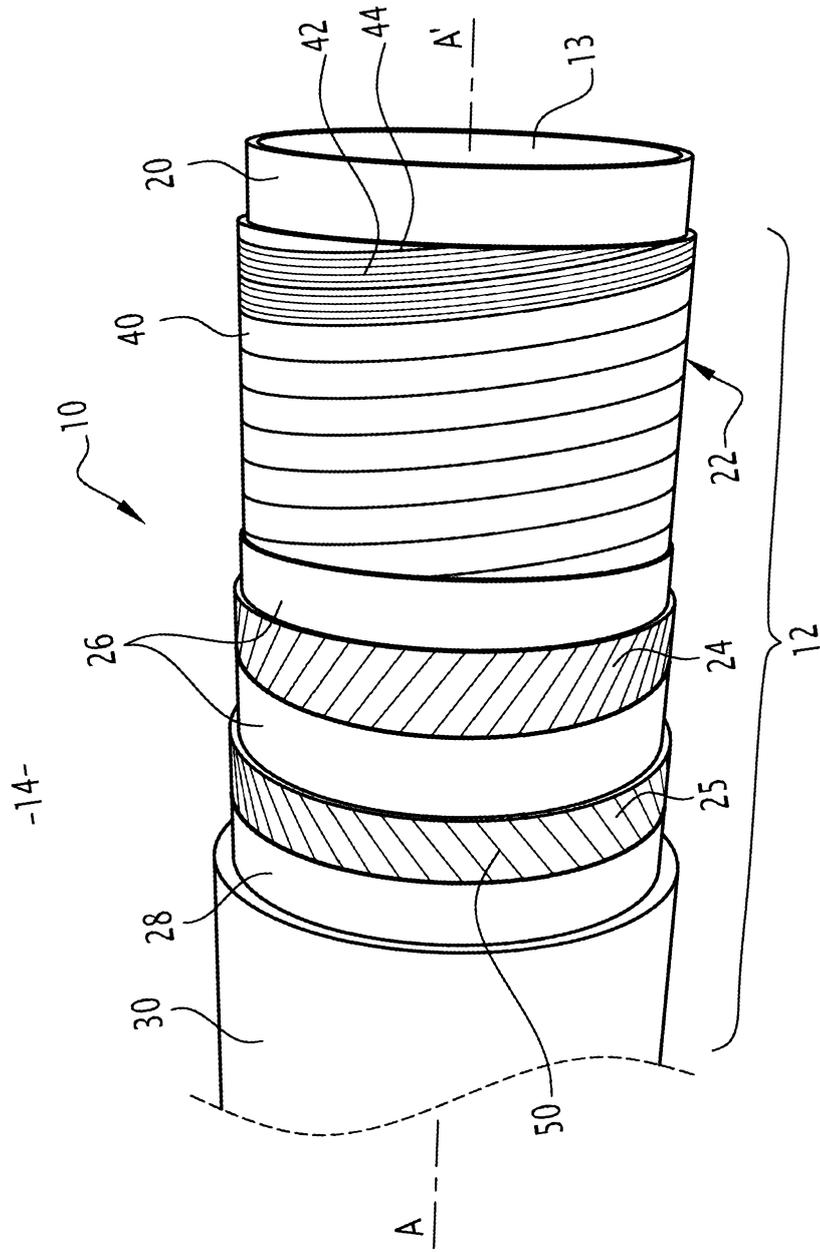
10 - déplacement de l'organe de maintien (92) vers l'avant pour rapprocher l'organe de maintien (92) de la voûte d'extrémité (60), une pression de contact supérieure ou égale à 1000 bars étant avantageusement engendrée entre la surface avant (96) et la portée (94) complémentaire sur la voûte d'extrémité (60) ;

15 - blocage en position de l'organe de maintien (92) par rapport à la voûte d'extrémité (60).

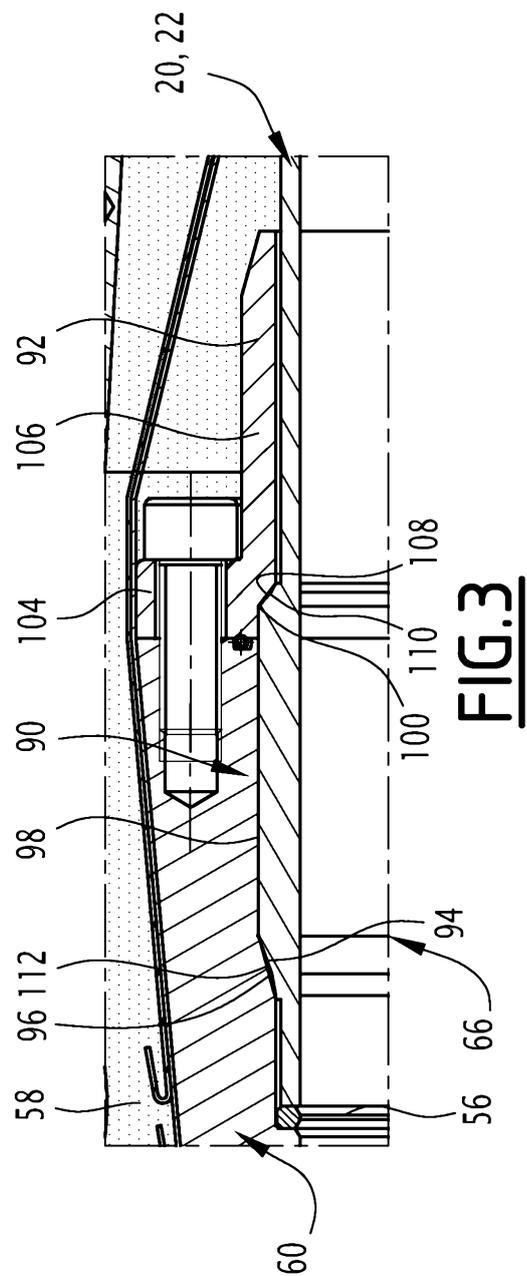
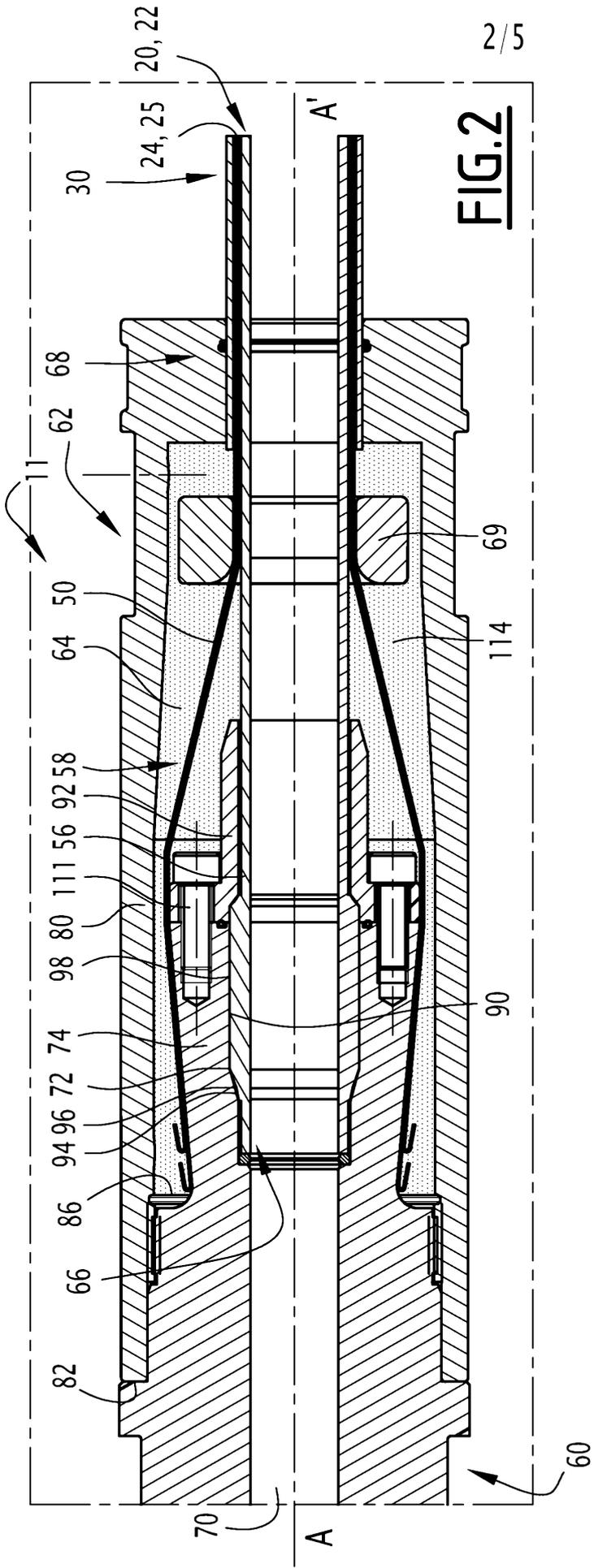
19. - Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 ou 18, dans lequel la fourniture de l'organe d'étanchéité (90) comporte la formation et la fixation simultanée de l'organe d'étanchéité (90) autour de la région d'extrémité (56) de la structure composite de renfort (22),

20 - Procédé selon la revendication 19, dans lequel la formation et la fixation simultanée de l'organe d'étanchéité (90) comporte l'enroulement autour de la structure composite de renfort (22) et la fusion sur la structure composite de renfort (22) d'au moins une bande de matériau polymère, puis la solidification de la bande de matériau polymère, le procédé comportant avantageusement l'usinage de la surface avant (96) non perpendiculaire à l'axe central (A-A') après solidification.

21. - Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 20, dans lequel la conduite flexible (10 ; 210) comprend au moins une nappe d'armures de traction (24, 25) non liée à la structure composite de renfort (22), la ou chaque nappe d'armures de traction (24, 25) comprenant au moins un élément d'armure (50) enroulé autour de la structure composite de renfort (22), le procédé comportant le dégagement de tronçons d'extrémité (58) d'éléments d'armure (50), puis, après le montage de l'organe de maintien (92), l'insertion des tronçons d'extrémité (58) dans une chambre (64) ménagée entre la voûte d'extrémité (60) et un capot externe (62), et avantageusement l'injection et la solidification d'un matériau de remplissage (114) noyant les tronçons d'extrémité (58) dans la chambre (64).

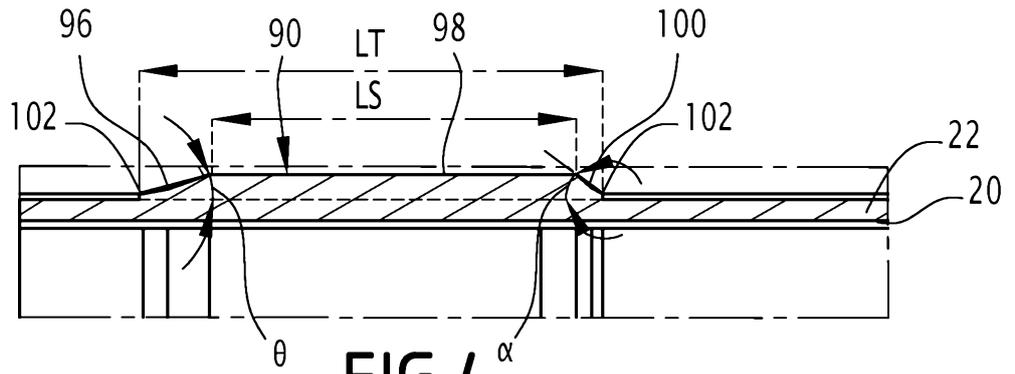


**FIG. 1**

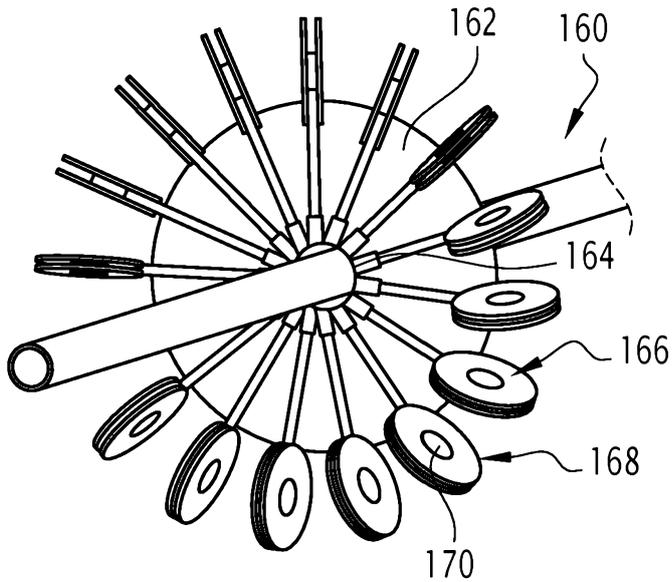


**FIG. 2**

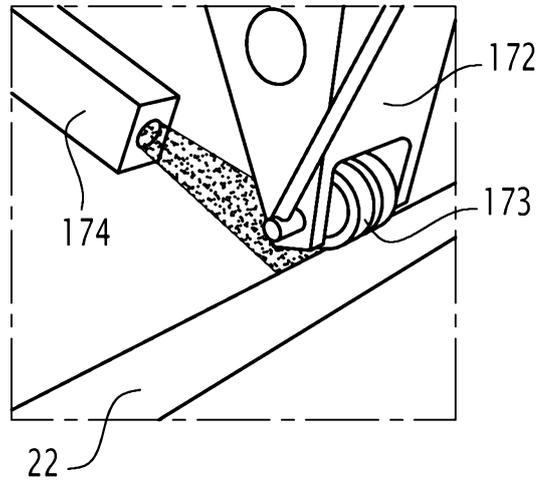
**FIG. 3**



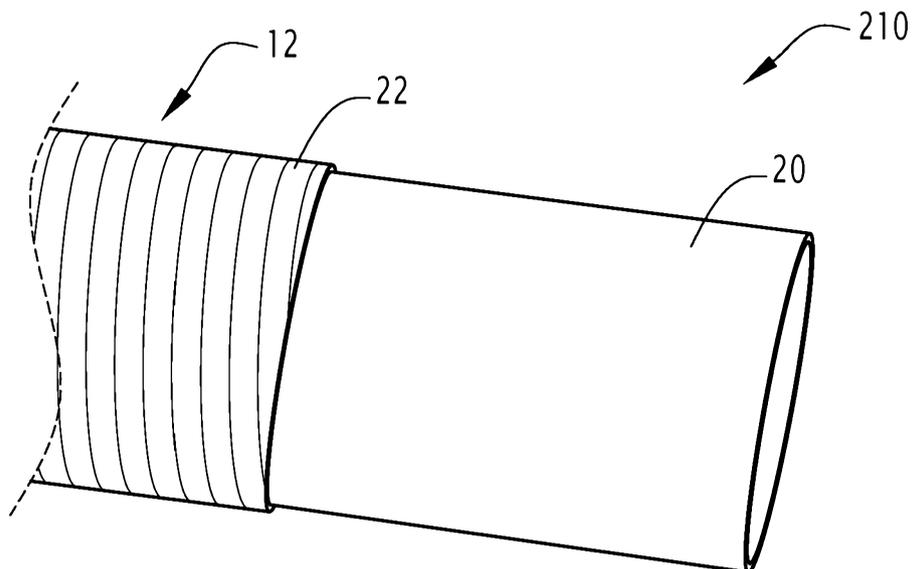
**FIG. 4**



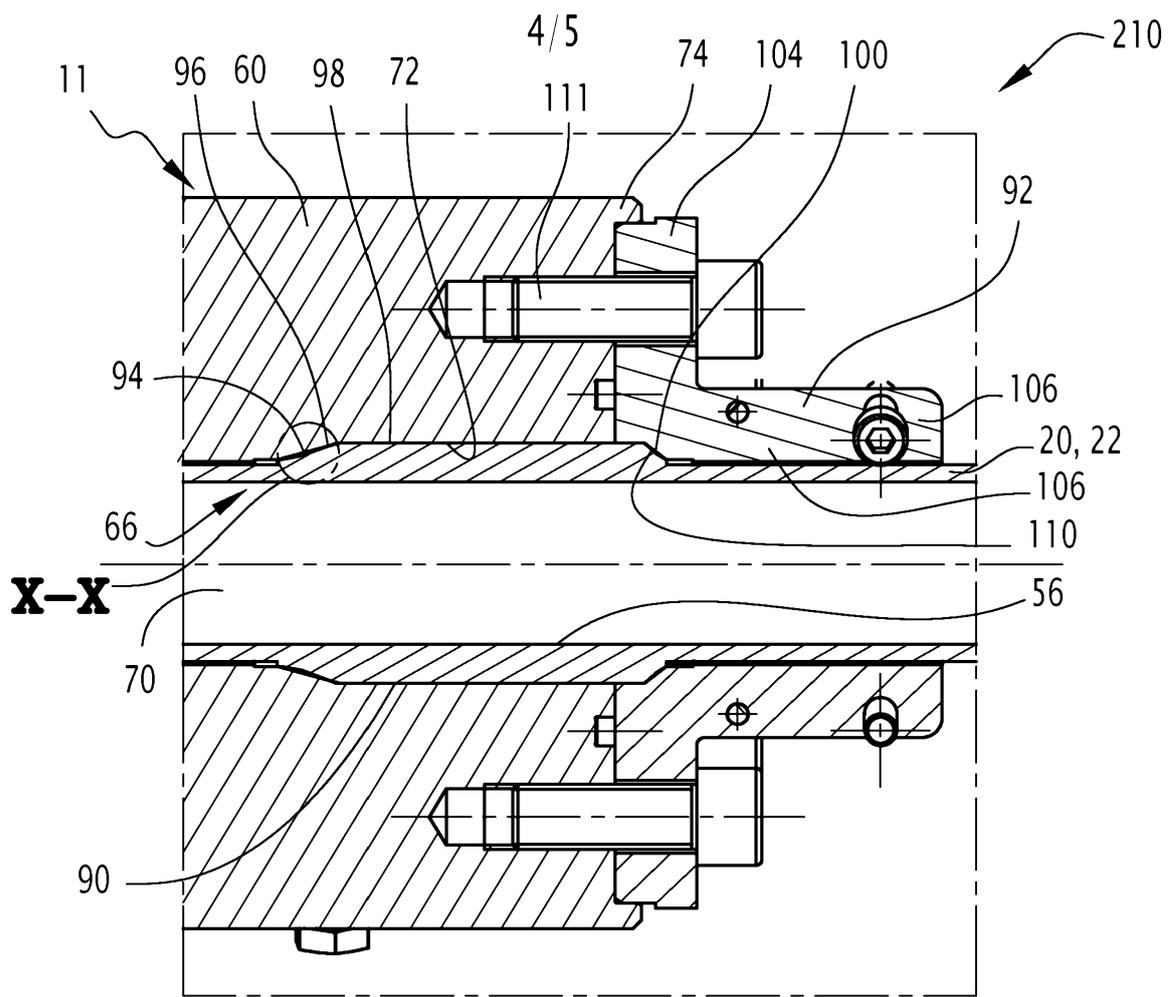
**FIG. 5**



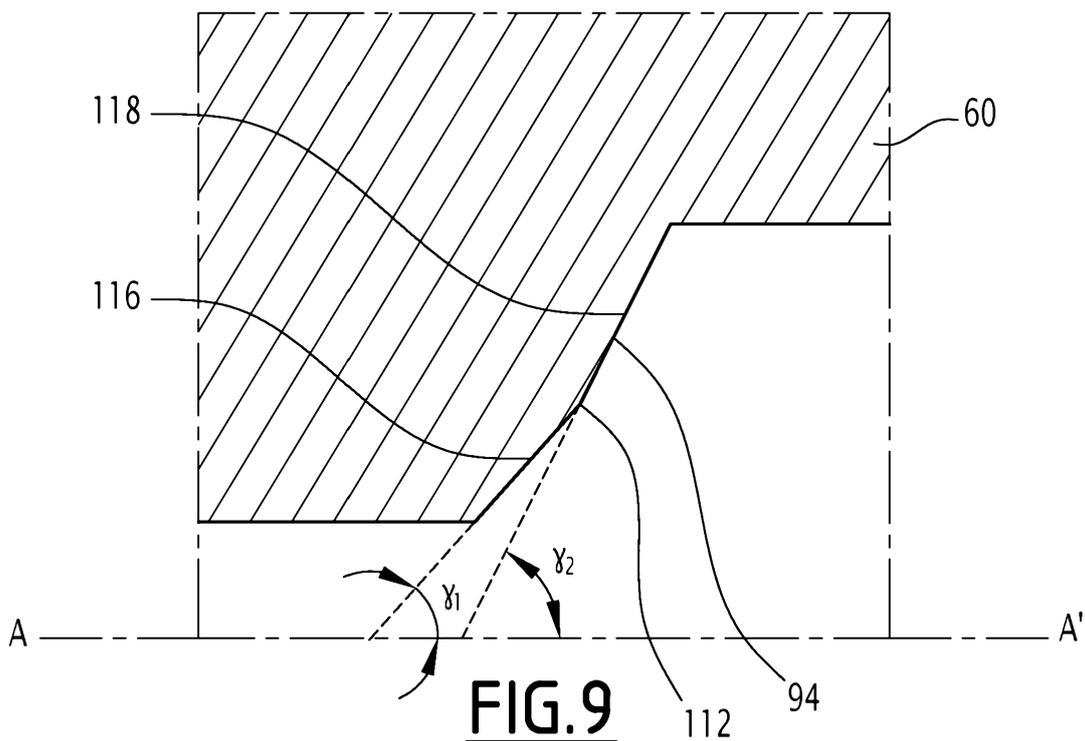
**FIG. 6**



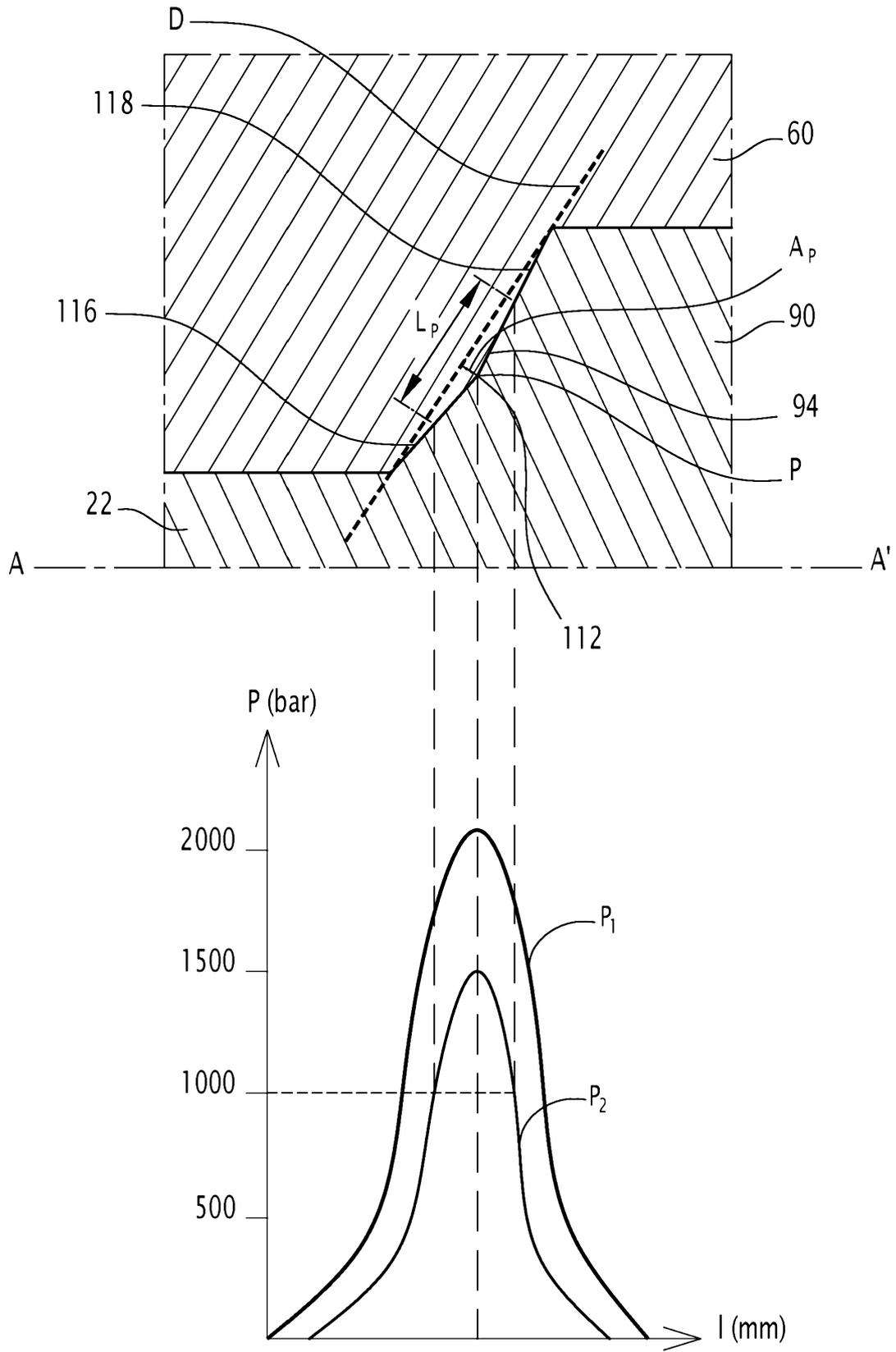
**FIG. 7**



**FIG. 8**



**FIG. 9**



**FIG.10**