



(11) **EP 2 148 974 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
23.11.2011 Bulletin 2011/47

(51) Int Cl.:
E21B 43/01 (2006.01) E21B 17/01 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **08805852.4**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2008/050908

(22) Date de dépôt: **26.05.2008**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2008/152289 (18.12.2008 Gazette 2008/51)

(54) **INSTALLATION DE LIAISON FOND-SURFACE COMPRENANT UN LIEN SOUPLE ENTRE UN SUPPORT FLOTTANT ET L'EXTREMITÉ SUPÉRIEURE D'UNE CONDUITE RIGIDE EN SUBSURFACE**

BODEN-OBERFLÄCHEN-VERKNÜPFUNGSAUSRÜSTUNG MIT EINEM FLEXIBLEN LINK
ZWISCHEN EINEM SCHWIMMENDEN TRÄGER UND DEM OBEREN ENDE EINES
UNTERWASSERROHRS

BOTTOM-SURFACE LINKING EQUIPMENT INCLUDING A FLEXIBLE LINK BETWEEN A FLOATING
SUPPORT AND THE UPPER END OF AN UNDER-SURFACE RIGID DUCT

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

(30) Priorité: **29.05.2007 FR 0703801
21.06.2007 FR 0755926**

(43) Date de publication de la demande:
03.02.2010 Bulletin 2010/05

(73) Titulaire: **Saipem SA
78180 Montigny-le-Bretonneux (FR)**

(72) Inventeurs:
• **CASOLA, Floriano
I-21045 Gazzada Schianno (VA) (IT)**
• **MAHONEY, Garry, P.
F-78110 Le Vesinet (FR)**

(74) Mandataire: **Domange, Maxime
Cabinet Beau de Lomenie
232, avenue du Prado
13295 Marseille Cedex 08 (FR)**

(56) Documents cités:
**WO-A-02/060750 WO-A-03/012327
GB-A- 2 359 054 US-A- 4 065 822
US-A1- 2005 196 242**

EP 2 148 974 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne une installation de liaison fond-surface comprenant au moins une conduite sous-marine assurant la liaison entre un support flottant et le fond de la mer notamment à grande profondeur. Ces conduites rigides sous-marines sont appelées "colonnes montantes" ou "risers" comme explicité ci-après, ces risers étant constitués d'éléments tubulaires unitaires soudés entre eux bout à bout, réalisés en acier.

[0002] Plus particulièrement, la présente invention concerne une installation de liaison fond surface d'une conduite sous-marine reposant au fond de la mer comprenant une conduite rigide remontant depuis le fond de la mer où elle repose, jusqu'en subsurface où son extrémité supérieure est reliée à un support flottant par une liaison mécanique comprenant un lien souple et une conduite flexible permettant le transfert du fluide depuis la conduite rigide jusqu'à un support flottant.

[0003] Le secteur technique de l'invention est donc le domaine de la fabrication et de l'installation de conduites sous-marines et plus particulièrement de liaisons fond-surface de production pour l'extraction sous-marine de pétrole, de gaz ou autre matériau soluble ou fusible, ou d'une suspension de matière minérale, à partir de tête de puits immergé pour le développement de champs de production installés en pleine mer au large des côtes. L'application principale et immédiate de l'invention étant dans le domaine de la production pétrolière, ainsi que dans la ré-injection d'eau et la production ou ré-injection de gaz.

[0004] Un support flottant comporte en général des moyens d'ancrage pour rester en position malgré les effets des courants, des vents et de la houle. Il comporte aussi en général des moyens de forage, de stockage et de traitement du pétrole ainsi que des moyens de déchargement vers des pétroliers enleveurs, ces derniers se présentant à intervalle régulier pour effectuer l'enlèvement de la production. L'appellation de ces supports flottants est le terme anglo-saxon "Floating Production Storage Offloading" (signifiant "moyen flottant de stockage, de production et de déchargement") dont on utilisera le terme abrégé "FPSO" dans l'ensemble de la description suivante, ou encore "FDPU" ou "Floating Drilling & Production Unit" (signifiant "moyen flottant de forage et de production"), lorsque le support flottant est aussi utilisé pour effectuer les opérations de forage avec puits dévié dans la hauteur de la tranche d'eau.

[0005] Une conduite sous-marine, ou un riser, selon l'invention peuvent être soit un "conduite de production" de pétrole brut ou de gaz, soit un conduite d'injection d'eau, assurant la liaison avec une tête de puits sous-marine installée au fond de la mer, soit encore un "riser de forage" assurant la liaison entré le support flottant et une tête de puits localisée au fond de la mer.

[0006] Dans les FPSO où l'on installe en général une multiplicité de lignes, on est amené à mettre en oeuvre soit des liaisons fond-surface de type tour-hybride, soit

des liaisons de type caténaire en forme de "chaînette".

[0007] Lorsque la conduite de liaison fond-surface est du type caténaire, elle assure directement la liaison entre un support flottant et un-point de contact au fond de la mer qui se trouve décalé par rapport à l'axe dudit support, ladite conduite prend de par son propre poids une configuration dite de "chaînette", formant une courbe dont le rayon de courbure diminue depuis la surface jusqu'au point de contact au fond de la mer, et l'axe de ladite conduite forme un angle α avec la verticale dont la valeur varie en général de 5 à 20 degrés au niveau du support flottant jusqu'à, théoriquement, 90 degrés au niveau du fond de la mer correspondant à une position théorique sensiblement tangentielle à l'horizontale comme il sera explicité ci-après.

[0008] Les liaisons de type chaînette sont en général réalisées à l'aide de conduites flexibles, mais leur coût est extrêmement élevé en raison de structure complexe de la conduite.

[0009] Ainsi on a été amené à développer des colonnes montantes sensiblement verticales, de manière à rapprocher de la surface la liaison souple en configuration de chaînette vers le support flottant, ce qui permet de minimiser la longueur de ladite conduite flexible, ainsi que les efforts qui lui sont appliqués, minimisant ainsi considérablement son coût.

[0010] Dès lors que la profondeur d'eau atteint et dépasse 500-1000m, il devient possible de réaliser ladite liaison fond-surface à l'aide d'une conduite rigide à paroi épaisse, car la longueur de la conduite étant considérable, sa souplesse permet d'obtenir une configuration de chaînette satisfaisante en restant dans des limites de contraintes acceptables. Une telle liaison est décrite dans le document US 2005/196242.

[0011] Ces risers rigides en matériaux résistants de forte épaisseur, en configuration de chaînette, sont communément appelés par le terme anglo-saxon "Steel Catenary Riser" signifiant "riser en acier en forme de chaînette" dont on utilisera le terme abrégé "SCR" ou "riser caténaire" dans la présente description, qu'il soit en acier ou en autre matériau tel qu'un matériau composite.

[0012] Ces "SCR" ou "risers caténaux" sont beaucoup plus simples à réaliser que les conduites flexibles et donc moins onéreux.

[0013] La courbe géométrique formée par une conduite de poids uniforme en suspension soumise à la gravité, appelée "chaînette" est une fonction mathématique de type cosinus hyperbolique ($\text{Cosh}x = (e^x + e^{-x})/2$), reliant l'abscisse et l'ordonnée d'un point quelconque de la courbe selon les formules suivantes :

$$y = R_0(\cosh(x/R_0) - 1)$$

$$R = R_0.(Y/R_0 + 1)^2$$

dans lesquelles :

- x représente la distance dans la direction horizontale entre ledit point de contact et un point M de la courbe,
- y représente l'altitude du point M (x et y sont donc les abscisses et ordonnées d'un point M de la courbe par rapport à un repère orthonormé dont l'origine est audit point de contact)
- R_0 représente le rayon de courbure au dit point de contact, c'est à dire au point de tangence horizontale.
- R représente le rayon de courbure au point M (x , y)

[0014] La courbure varie continûment le long de la chaîne depuis la surface, ou son rayon a une valeur maximale $R_{\max}$, jusqu'au point de contact, ou son rayon a une valeur minimale $R_{\min}$ (ou R_0 dans la formule ci-dessus). Sous l'effet des vagues, du vent et du courant, le support de surface se déplace latéralement et verticalement, ce qui a pour effet de soulever ou de reposer la conduite en forme de chaîne, au niveau du fond de la mer.

[0015] Ainsi, la conduite présente un rayon de courbure qui est maximal au sommet de la chaîne, en général, d'au moins 1500, notamment de 1500 à 5000m, c'est à dire au point de suspension sur le FPSO, et qui décroît jusqu'au point de contact avec le sol. A cet endroit, le rayon de courbure est minimal dans la portion en suspension. Mais, dans la partie adjacente reposant sur le fond de la mer, ladite conduite étant théoriquement en ligne droite, son rayon de courbure est théoriquement infini. En fait ledit rayon n'est pas infini mais extrêmement élevé, car il subsiste une courbure résiduelle.

[0016] Ainsi, au gré des mouvements du support flottant en surface, le point de contact se déplace d'avant en arrière et, dans la zone soulevée ou reposée sur le fond, le rayon de courbure passe successivement d'une valeur minimale $R_{\min}$ à une valeur extrêmement élevée, voire infinie dans le cas d'une configuration théorique où la conduite sous-marine repose sur le fond de la mer sensiblement en ligne droite.

[0017] Ces flexions alternatives créent des phénomènes de fatigue concentrés dans toute la zone de pied de chaîne et la durée de vie de telles conduites est fortement réduite et en général incompatible avec les durées de vie recherchées pour les liaisons fond-surface, c'est à dire 20-25 ans, voire plus.

[0018] De plus, on observe que durant ces mouvements alternatifs du point de contact, la raideur de la conduite, associée à la courbure résiduelle mentionnée précédemment, va dans le temps creuser un sillon sur toute la longueur soulevée puis reposée et créer une zone de transition dans laquelle existera un point d'inflexion où le rayon de courbure, minimal en pied de chaîne, changera alors de sens dans ladite zone de tran-

sition, et croîtra pour atteindre enfin une valeur infinie dans la portion de conduite sous-marine reposant en ligne droite sur le fond de la mer.

[0019] Ces mouvements répétés en tête de riser sur de longues périodes créent un sillon d'autant plus important dans les sols peu consolidés que l'on rencontre couramment en grande profondeur, ce qui a pour effet de modifier la courbure de la chaîne et conduire, si le phénomène s'amplifie, à des risques d'endommagement des conduites, soit au niveau des conduites sous-marines reposant au fond de la mer, soit au niveau des SCR assurant la liaison entre ces conduites sous-marines reposant au fond de la mer et la surface.

[0020] Les mouvements sont de deux types très différents se produisant avec des périodicités et des conséquences très variables comme montré sur la figure 2. En effet, le support flottant est ancré en général par 8 ou 16 lignes d'ancres en général également réparties et situées dans les angles. Sous l'effet du vent et du courant, le support flottant se déplace à l'intérieur d'une surface appelée « cercle d'excursion », sensiblement elliptique ou circulaire et sensiblement centrée par rapport à sa position au repos. Et, on cherche à réduire au maximum la taille de ce cercle d'excursion en jouant sur la raideur des ancrages. Ainsi, il est courant de prévoir les ancrages pour limiter l'excursion du support flottant dans un rayon représentant 5-6% de la hauteur d'eau. Ainsi, pour une profondeur d'eau de 1500m, le cercle d'excursion aura sensiblement un rayon de 75-90m. Ces mouvements dus au vent et au courant sont en général très lents et leur période est de 200 à 300 secondes, c'est-à-dire que le pied de chaîne se déplace relativement lentement d'avant en arrière et en conditions normales les mouvements sont de très faible amplitude. On parle d'état « quasi-statique », c'est-à-dire que le système est toujours en quasi-équilibre, ce qui permet de négliger les efforts dus à l'inertie de l'ensemble. En fait, ce type de mouvement à période longue n'est pas très préjudiciable à la tenue en fatigue du pied de riser pendant toute sa durée de vie.

[0021] Le second type de mouvement est dû au pilonnement du support flottant qui se produit sur plusieurs mètres et engendre alors des mouvements verticaux du dit riser. Ces mouvements dynamiques sont beaucoup plus préjudiciables, car ils présentent une période beaucoup plus courte, entre 3-5 secondes et 15-18 secondes. Et de plus, certaines fréquences comprises entre les valeurs extrêmes, correspondent à des fréquences de résonance du riser en configuration de chaîne, ce qui a pour effet d'amplifier considérablement les déformations de ladite chaîne, donc les mouvements et risques d'endommagement en pied de chaîne, au niveau du point de contact.

[0022] En surface, au niveau du raccordement de la tête du riser avec le support flottant, on installe en général un dispositif d'articulation souple étanche appelé « flexjoint », de manière à absorber les variations angulaires du sommet du riser, lors des mouvements du sup-

port flottant. Ces « flexjoints » constitués principalement d'élastomères, notamment sous forme de butées lamifiées à surface de révolution, servent non seulement à reprendre les efforts de traction engendrés par le riser, mais aussi à transférer le pétrole brut vers les conduites rigides solidaires du support flottant. Ces dispositifs d'articulation à butée lamifiée du type « flexjoints » présentent un avantage supplémentaire en ce qu'ils impliquent un encombrement latéral réduit et ainsi permettent de raccorder un grand nombre de riser côte à côte le long du bordé du support flottant.

[0023] Mais, ces dispositifs d'articulation à butée lamifiée sont très coûteux et délicats à fabriquer et les risques de fuites au niveau des élastomères sont importants, car la durée de vie de telles installations atteint et dépasse 20-25 ans, voire plus.

[0024] D'autre part, le raccordement de la tête de riser avec le support flottant est difficile à réaliser car il implique la mise en oeuvre de treuils de grandes capacités aptes à manutentionner des conduites rigides dont le poids peut atteindre 500t, à bord du support flottant et qu'il est nécessaire de déplacer ledit treuil lorsque l'on souhaite mettre en place une multiplicité de riser raccordés au support flottant comme c'est le cas en pratique. En outre, les dispositifs d'articulation à butée lamifiée mentionnés ci-dessus rendent le raccordement de la tête de riser sur le support flottant d'autant plus délicat à réaliser.

[0025] Enfin, en cas d'endommagement au niveau du « flexjoint » il est très difficile de maintenir le riser en configuration de sauvegarde pendant l'intervention de réparation ou remplacement du « flexjoint ».

[0026] Le but de la présente invention est de fournir une installation de liaison fond surface améliorée comprenant une conduite rigide ou riser remontant depuis le fond de la mer jusqu'à un support flottant dont le raccordement de la tête de riser avec le support flottant soit à la fois fiable mécaniquement, plus simple à réaliser et qui permette plus généralement de surmonter les inconvénients mentionnés ci-dessus.

[0027] Plus particulièrement, un but de la présente invention est de fournir une installation de liaison fond-surface telle que définie ci-dessus permettant d'autoriser de préférence d'atténuer les mouvements du riser, de manière à minimiser les conséquences dommageables des mouvements du support flottant et de la tête du riser, plus particulièrement les mouvements de pilonnement, afin d'augmenter de ce fait la tenue en fatigue de ladite liaison fond-surface.

[0028] Plus particulièrement encore, un but de la présente invention est de fournir une installation de liaison fond-surface telle que définie ci-dessus présentant un encombrement latéral minimal le long du bordé de la barge, autorisant de ce fait l'installation d'un plus grand nombre de risers le long dudit bordé, sur une même distance.

[0029] Plus particulièrement encore, un but de la présente invention est de fournir une installation de liaison fond-surface comportant un dispositif de sécurité, qui, en cas d'incident ou de rupture d'un élément supérieur de

retenue, maintient le riser en configuration de sauvegarde, évitant ainsi la rupture de la liaison flexible et les pollutions qui en découleraient.

[0030] Pour ce faire, la présente invention fournit une installation de liaison fond surface d'une conduite sous-marine reposant au fond de la mer comprenant une conduite rigide remontant depuis le fond de la mer où elle repose, jusqu'en subsurface où son extrémité supérieure est reliée à un support flottant, caractérisée en ce que ladite extrémité supérieure de la conduite rigide est reliée audit support flottant par :

1) au moins une liaison mécanique entre l'extrémité supérieure du riser et un point d'accroche sur ledit support flottant comprenant au moins un lien souple de type câble ou chaîne, ladite installation comprenant en outre, un dispositif de sécurité et de guidage comprenant au moins une première barre rigide articulée à une extrémité par une première articulation au niveau de son point d'accroche sur le support flottant et à l'autre extrémité par une deuxième articulation au niveau de la dite liaison mécanique ou de la dite extrémité supérieure de la conduite rigide, et

2) une conduite flexible apte à permettre le transfert du fluide véhiculé par ladite conduite rigide vers le support flottant, ladite conduite flexible étant retenue par au moins point de retenue au niveau de ladite liaison mécanique de telle sorte que la conduite flexible est sensiblement entièrement maintenue selon une forme incurvée au dessus de ladite extrémité supérieure de la conduite rigide, la longueur de la conduite flexible étant supérieure à la distance maximale possible entre l'extrémité supérieure de la conduite rigide et le point d'accroche de ladite conduite flexible au niveau du support flottant.

[0031] L'installation selon la présente invention permet de dissocier :

- d'une part, la fonction de transfert de fluide depuis l'extrémité supérieure de la conduite rigide jusqu'à son support flottant, fonction de transfert exercée par ladite conduite flexible, et
- d'autre part, la fonction de liaison mécanique entre l'extrémité supérieure de la conduite rigide et le support flottant, fonction exercée par au moins un dit lien.

[0032] Le lien souple ainsi combiné à ladite conduite flexible autorise des mouvements de la tête de riser tout en les limitant de par la tension exercée par ledit lien souple sur la tête de riser, ce qui permet de réduire les fatigue et usure de la conduite rigide à son point d'accrochage avec le support flottant et permet de supprimer ou éviter la mise en oeuvre d'une articulation à butée lamifiée du type flexjoint pour les raccordement mécanique

et transfert du fluide entre le support flottant de la tête de riser.

[0033] De préférence, la courbure de la conduite flexible présente une double courbure inversée avec un point d'inflexion situé de préférence au niveau dudit point de retenue, ce qui permet à ladite conduite flexible de suivre les mouvements limités de la tête de riser sans subir de traction dommageable et avec un encombrement limité par rapport aux conduites flexibles plongeantes traditionnellement mises en oeuvre, ces dernières présentant une courbure variable sans inversion de la courbure, c'est-à-dire sans point d'inflexion.

[0034] D'autre part, la retenue de la conduite flexible au dessus de la tête de riser évite l'endommagement de la conduite flexible lors des mouvements de la tête de riser et limite les déplacements latéraux de la conduite flexible et donc l'encombrement ce qui autorise la mise en place d'un nombre plus grand de liaison fond-surface côte à côte.

[0035] L'invention permet aussi de faciliter la réalisation du raccordement de la tête de riser au support flottant sans nécessiter la mise en oeuvre de treuil de forte capacité, difficiles à déplacer sur le support flottant, mais en en mettant en oeuvre de tels treuils uniquement à bord du navire de pose.

[0036] Plus particulièrement encore, l'invention permet de limiter les mouvements dans la zone du pied de riser, et donc limiter la formation d'un sillon au fond de la mer, ce qui permet de réduire la fatigue cumulée dans la zone de pied du riser de façon considérable.

[0037] On comprend que le dispositif de sécurité et de guidage guide les mouvements de la tête de riser et protège ladite conduite flexible en cas de rupture dudit lien souple. D'autre part comme explicité plus loin, ladite barre facilite la mise en place de l'installation et notamment le raccordement de l'extrémité dudit lien souple sur le support flottant.

[0038] De préférence encore, ledit dispositif de sécurité et de guidage assure une liaison mécanique de longueur variable entre le support flottant et l'extrémité supérieure de la conduite rigide, permettant de faire varier la distance entre le point d'attache de la dite première articulation sur le support flottant et l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide.

[0039] Dans une variante de réalisation, ledit dispositif de sécurité et de guidage comprend au moins une dite première barre télescopique, la variation du coulisement de ladite première barre permettant de faire varier la distance entre le point d'attache de ladite première articulation sur le support flottant et l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide, cette distance restant inférieure à la longueur de ladite conduite flexible.

[0040] Plus particulièrement, ledit dispositif de sécurité et de guidage comprend une dite première barre articulée par une première articulation à une extrémité au niveau de son point d'accroche au support flottant et par une deuxième articulation à l'autre-extrémité au niveau dudit lien souple les extrémités sont fixées respectivement à

l'extrémité supérieure du riser et à un point d'accroche sur ledit support flottant.

[0041] On comprend que le dit lien souple peut être constitué de deux longueurs de liens dont la jonction est assurée au niveau de la dite deuxième articulation.

[0042] Avantageusement, ladite conduite flexible est retenue par au moins un point, de préférence deux points de retenue au niveau respectivement de ladite première barre et au niveau dudit lien souple entre l'extrémité supérieure de la conduite rigide et ladite deuxième articulation.

[0043] Dans une autre variante de réalisation, le dit dispositif de sécurité et de guidage comporte au moins deux première et seconde barres de sécurité articulées entre elles par une dite deuxième articulation et à leurs extrémités par une dite première articulation à l'extrémité de la dite première barre au niveau du support flottant et une troisième articulation à l'extrémité de la deuxième barre au niveau de l'extrémité supérieure de la conduite rigide, la dite première barre étant de préférence télescopique, la variation de l'inclinaison des deux dites barres l'une par rapport à l'autre, et de préférence le coulisement en extension de la dite première barre permettant de faire varier la distance entre d'une part le point d'attache de la dite première articulation de ladite première barre sur le support flottant et d'autre part le point d'attache de la troisième articulation de ladite seconde barre à l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide.

[0044] Plus particulièrement, le dit lien souple est fixé à une extrémité au niveau de l'articulation médiane ou dite deuxième articulation entre les deux dites barres et à l'autre extrémité à un point d'accroche sur ledit support flottant.

[0045] Avantageusement, ladite conduite flexible est retenue par au moins deux points de retenue au niveau respectivement des deux dites barres. Ceci permet de maintenir une double courbure inversée de ladite conduite flexible de façon plus fiable.

[0046] On comprend que la distance maximale de ladite liaison correspond à la longueur maximale de ladite barre télescopique en extension maximale et/ou respectivement à la longueur cumulée des deux dites barres.

[0047] Dans un mode préféré de réalisation, la dite première articulation au niveau de l'accroche de la dite première barre au support flottant autorise uniquement une rotation de la dite première barre par rapport à un axe parallèle au bordé du support flottant, ledit axe YY étant horizontal lorsque ledit support flottant est en position au repos, de manière à maintenir l'axe XX de la partie supérieure de la conduite rigide dans un plan sensiblement perpendiculaire au dit bordé du support flottant. Ce dernier mode de réalisation est avantageux car il permet de réduire l'encombrement latéral de l'installation en cas de mouvements de l'extrémité supérieure de la conduite rigide et du support flottant.

[0048] De préférence, ladite troisième articulation est une rotule permettant des rotations dans toutes les directions.

[0049] Avantageusement, le dispositif de sécurité et de guidage comprend deux dites premières barres disposées parallèlement de part et d'autre du plan axial d'une unique dite deuxième barre et lesdites deuxième articulations sont solidaires d'une platine elle-même solidaire de l'extrémité de ladite deuxième barre.

[0050] Avantageusement encore, ledit lien souple est constitué d'un dit premier câble, lui-même constitué de préférence de fibres thermoplastiques présentant des caractéristiques d'élasticité ou comprenant ou coopérant avec au moins un dispositif élastique d'amortissement, ledit dispositif élastique d'amortissement reprenant la tension de ladite conduite rigide à son extrémité supérieure, et permettant la variation de la distance entre l'extrémité supérieure de la conduite rigide et le support flottant, tout en maintenant ledit premier câble ou dite chaîne tendu.

[0051] On comprend que :

- le dispositif élastique d'amortissement selon l'invention, de par son extension ou sa rétraction, induit une augmentation ou une diminution de la distance entre l'extrémité supérieure de la conduite rigide et le support flottant, ledit lien souple étant maintenu tendu, et cette variation de distance est contrôlée dans des limites pré-établies par les caractéristiques et propriétés élastiques du dispositif élastique d'amortissement ; et
- la variation de distance entre l'extrémité supérieure de la conduite rigide et le support flottant induite par le dispositif élastique d'amortissement est fonction de la variation de tension exercée sur celui-ci par l'extrémité supérieure de la conduite rigide, avec une augmentation de la distance en cas de traction et une diminution en cas de relâchement de la traction exercée sur le dispositif élastique d'amortissement.

[0052] Compte tenu du fait que la variation de tension à l'extrémité supérieure de la conduite rigide est essentiellement liée aux mouvements de la conduite rigide et du support flottant sous l'effet de la houle et du vent et/ou des courants marins, le dispositif élastique d'amortissement selon l'invention permet d'assouplir la liaison entre l'extrémité supérieure de la conduite rigide et le support flottant en diminuant la tension à l'extrémité supérieure de la conduite rigide par augmentation ou diminution de la distance entre l'extrémité supérieure de la conduite rigide et le support flottant.

[0053] La présente invention permet ainsi de réduire radicalement les fatigue et usure de la conduite rigide à son point de contact avec le fond de la mer et à son point d'accrochage avec le support flottant.

[0054] Plus particulièrement encore, le dispositif élastique d'amortissement selon l'invention permet de limiter les mouvements dans la zone du pied de riser, et donc limiter la formation d'un sillon au fond de la mer, ce qui permet de réduire la fatigue cumulée dans la zone de

pied du riser de façon considérable.

[0055] On comprend que le dispositif élastique d'amortissement est :

- solidaire du support flottant auquel il est fixé rigidement, ledit premier câble ou chaîne assurant alors, le cas échéant, la liaison entre le dispositif d'amortissement et l'extrémité supérieure de la conduite rigide, ou
- solidaire de l'extrémité supérieure de la conduite rigide à laquelle il est directement fixé rigidement, ledit premier câble ou chaîne assurant alors, le cas échéant, la liaison entre le support flottant et le dispositif d'amortissement.

[0056] Dans les deux cas, le déplacement de l'extrémité supérieure de la conduite rigide est lié à la possible extension ou rétraction du dispositif élastique d'amortissement de par ses propriétés élastiques.

[0057] De préférence, ledit dispositif élastique d'amortissement est fixé sur ledit support flottant et ledit lien souple assure la liaison entre le dispositif d'amortissement et un élément rigide de ladite liaison mécanique entre l'extrémité supérieure de la conduite et le support flottant, de préférence ledit élément rigide étant une dite deuxième articulation d'une dite barre de sécurité, de préférence encore une dite première articulation entre lesdites deux barres de sécurité d'un dispositif de sécurité .

[0058] Dans un mode de réalisation préféré, le dispositif élastique d'amortissement est positionné dans l'alignement de l'extrémité supérieure de la conduite rigide, soit directement solidaire de celle-ci, soit solidaire du support flottant, mais sans que le lien souple ne coopère avec une poulie de renvoi sur ledit support flottant. Par « positionnement dans l'alignement de l'extrémité supérieure de la conduite rigide », on entend que le dispositif élastique s'étend ou se rétracte, et/ou le point d'accroche dudit lien souple avec ledit dispositif élastique se déplace dans une direction longitudinale correspondant sensiblement à celle de la direction axiale de ladite conduite rigide à son extrémité supérieure.

[0059] Ce mode de réalisation est avantageux, car il permet de réduire les problèmes de fatigue et d'usure dudit câble, qui se créent au niveau des enroulements sur les poulies de renvoi, en raison de la tension extrêmement importante existant dans ledit câble.

[0060] Comme il sera explicité dans la description détaillée qui va suivre, les inventeurs ont découvert qu'un dispositif élastique d'amortissement selon l'invention permet essentiellement de réduire les mouvements verticaux de l'extrémité supérieure de la conduite rigide induits par les mouvements de pilonnement du support flottant, et les variations de tension de courtes périodes les plus préjudiciables qui en résultent. Mais, un dispositif élastique d'amortissement selon la présente invention n'a sensiblement que peu d'effet sur les mouvements

aits quasi statiques de la tête du riser liée à l'excursion latérale ou horizontale du support flottant tel que décrite ci-dessus.

[0061] Plus particulièrement, ladite conduite rigide est une conduite de type caténaire remontant depuis le fond de la mer jusqu'en dite subsurface selon une courbe en chaînette présentant une courbure essentiellement continûment variable jusqu'à son extrémité supérieure.

[0062] Dans une variante de réalisation, ladite conduite flexible est reliée à l'extrémité supérieure de la conduite rigide par un dispositif comprenant un élément de conduite coudée. La courbure ainsi créée permet à la conduite flexible de supporter les excursions du support flottant sans jamais devoir reprendre les tensions exercées au niveau du support flottant ou de la tête de riser suite aux mouvements de la tête d'embarquée et de pilonnement du support flottant, seul ledit lien souple combiné le cas échéant au dispositif de sécurité et de guidage et dispositif élastique d'amortissement reprenant l'essentiel de la tension en tête du riser liée à ces embarquées et pilonnement du support flottant.

[0063] Dans un mode de réalisation, ledit dispositif élastique d'amortissement comprend un dispositif élastique mécanique du type à ressort ou à rondelles dites « belleville » ou un dispositif élastique hydro pneumatique du type à vérin hydraulique.

[0064] Plus particulièrement, une installation selon l'invention comprend un dispositif élastique d'amortissement mécanique comprenant des éléments élastiques biconiques comprenant des rondelles tronconiques de type belleville, de préférence constitués de paires de rondelles tronconiques de type belleville disposées axialement et de façon inversée, aptes à se déformer élastiquement axialement, enfilées autour d'une première tige rigide axiale contenues dans une enceinte cylindrique à un état de précontrainte, de manière à former un empilement de dites rondelles retenues d'un côté par une butée à une extrémité de ladite première tige rigide axiale et de l'autre côté par une des parois d'extrémité de ladite enceinte cylindrique, paroi d'extrémité à travers une perforation de laquelle l'autre extrémité de ladite première tige rigide est apte à se déplacer, ladite autre extrémité de la première tige rigide étant reliée à ladite extrémité supérieure de la conduite rigide.

[0065] Lesdites rondelles tronconiques dénommées « rondelles belleville » sont groupées par paires formant des éléments biconiques, les dites rondelles successives étant disposées axialement de façon inversée alternativement, c'est-à-dire les petites bases des deux rondelles tronconiques de la paire étant l'une contre l'autre tandis que les grandes bases des deux rondelles tronconiques d'une paire sont adjacentes à d'autres grandes bases de rondelles tronconiques d'une paire adjacente enfilée sur la même tige.

[0066] On comprend que lorsque lesdites rondelles sont comprimées axialement, de par leurs propriétés élastiques, elles exercent une traction sur ladite première tige et donc sur l'extrémité supérieure de la conduite ri-

gide qui reprend la tension à l'extrémité supérieure de la conduite rigide, laquelle tire ladite première tige du dispositif d'amortissement en dehors de ladite enceinte suite à la descente de l'extrémité supérieure du riser plus profondément en subsurface, sous l'effet de pilonnement du support flottant.

[0067] Plus particulièrement encore, les nombre et dimension desdites rondelles tronconiques dites belleville sont tels que :

■ dans leur état de précontrainte initiale à l'intérieur de ladite enceinte, avec une extension minimale de ladite première tige en dehors de ladite enceinte, le dispositif élastique d'amortissement permet de reprendre une tension correspondant à la tension de l'extrémité supérieure de la conduite rigide lorsque le support flottant est au repos, et

■ dans leur état de contrainte maximale de butée contre ladite paroi d'extrémité, lors de l'extension maximale possible de ladite première tige en dehors de ladite enceinte rigide, le dispositif élastique d'amortissement permet de reprendre la tension maximale possible exercée à l'extrémité supérieure de la conduite rigide en cas d'excursion dudit support flottant notamment sous l'effet de houle, vent et/ou courants marins forts.

[0068] Ce dispositif d'amortissement à rondelles tronconiques aura ainsi toujours une longueur de tige sortie apte à donner la souplesse recherchée entre le support flottant et l'extrémité supérieure de la conduite rigide.

[0069] Avantagusement, dans ce dispositif élastique d'amortissement comprenant des rondelles tronconiques, lesdites tension initiale de précontrainte et tension maximale de butée dudit dispositif élastique d'amortissement correspondent sensiblement aux valeurs de tension délimitant une zone d'aplatissement de la courbe effort/déplacement représentant la variation de tension dans le dispositif d'amortissement en fonction de la longueur de dite première tige sortie de ladite enceinte, zone d'aplatissement dans laquelle la variation du déplacement de ladite première tige est maximal pour une variation de tension donnée exercée sur ladite première tige.

[0070] Dans un autre mode de réalisation, ledit dispositif élastique d'amortissement mécanique comprend un ressort combiné à une poulie de renvoi et un contrepoids, une extrémité dudit ressort étant fixée rigidement à un dit point d'accroche sur ledit support flottant et l'autre extrémité dudit ressort étant fixée audit contrepoids, ledit lien souple assurant la liaison entre ledit contrepoids et ladite extrémité supérieure de conduite rigide en passant par ladite première poulie de renvoi.

[0071] Ce mode de réalisation permet de mettre en oeuvre des ressorts ne reprenant qu'une partie de la tension à l'extrémité supérieure de la conduite rigide, le reste, à savoir la plus grande part de ladite tension étant

reprise par ledit contrepoids, ledit ressort permettant seulement d'assouplir les variations de tension par des variations de distance entre l'extrémité supérieure de la conduite rigide et le support flottant, la tension à l'extrémité de la conduite rigide lorsque le support flottant est au repos étant reprise par ledit contrepoids.

[0072] Dans un autre mode de réalisation, ledit dispositif élastique d'amortissement est un dispositif hydro pneumatique comprenant un vérin hydraulique fixé sur le support flottant, combiné à un système d'accumulateur d'énergie hydro pneumatique, permettant de contrôler le déplacement de la tige du vérin, ledit premier câble ou chaîne étant fixé à l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide et coopérant avec les extrémités de ladite tige rigide de vérin, de telle sorte qu'une traction exercée par l'extrémité supérieure de la conduite rigide sur ledit premier câble ou chaîne est reprise par une poussée exercée par la tige du vérin sous l'effet de la pression hydraulique fournie par ledit système d'accumulateur d'énergie hydraulique, ladite poussée de la tige de vérin exerçant une traction opposée sur ledit premier câble ou chaîne reprenant la tension exercée par l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide.

[0073] On comprend que l'extension moyenne de la tige de vérin correspond à une poussée reprenant la tension exercée à l'extrémité supérieure de la conduite rigide lorsque le support flottant est au repos et l'extension maximale, respectivement minimale, de la tige de vérin correspond à une poussée reprenant la tension exercée par l'extrémité supérieure de la conduite rigide correspondant aux mouvements d'éloignement maximal de la barge, respectivement de rapprochement maximal dans la direction du point de contact en pied de riser.

[0074] Plus particulièrement, dans ledit dispositif hydro pneumatique élastique d'amortissement selon l'invention, ladite tige de vérin coopère avec au moins une deuxième poulie de renvoi solidaire de l'extrémité de la tige du vérin, ladite deuxième poulie de renvoi coopérant avec ledit premier câble ou chaîne.

[0075] On comprend que ladite deuxième poulie de renvoi réalise un renvoi du lien souple entre sa première extrémité fixée à l'extrémité supérieure de la conduite rigide et sa deuxième extrémité fixée sur le support flottant.

[0076] Plus particulièrement encore, le dispositif élastique d'amortissement hydro pneumatique selon l'invention est caractérisé en ce que :

- ledit système d'accumulateur est constitué d'une pluralité de réservoirs remplis pour partie de liquide et pour partie de gaz,
- la compression dudit gaz sous l'effet du transfert du liquide depuis le vérin jusqu'auxdits réservoirs est en fonction des déplacements de la tige de vérin et conférant des propriétés d'élasticité audit dispositif élastique d'amortissement, et

- le contrôle des pertes de charges par des dispositifs de variation de perte de charge lors du transfert du liquide entre lesdits réservoirs et ledit vérin permettant de contrôler et d'amortir des variations de pression hydraulique dans le système d'accumulateur et dans le vérin,

[0077] de sorte qu'il est possible d'obtenir des variations maximales de déplacement de la tige de vérin pour des variations correspondantes minimales de la pression hydraulique dans le système d'accumulateur et du vérin hydraulique.

[0078] En pratique, ledit premier câble et le cas échéant dit dispositif d'amortissement sont capables de reprendre des tensions à l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide de 50 à 750 T, de préférence 100T à 250 T.

[0079] Plus particulièrement, ledit premier câble et le cas échéant ledit dispositif d'amortissement autorisent desdits déplacements de l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide, apte à amortir des variations de tension à l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide, lesdites variations représentant jusqu'à 20% de la tension au repos au niveau de ladite extrémité supérieure de conduite rigide, c'est-à-dire lorsque le support flottant et l'extrémité supérieure de la conduite rigide sont au repos.

[0080] Plus particulièrement encore, ledit premier câble et le cas échéant ledit dispositif élastique d'amortissement est apte à permettre des variations de distance entre l'extrémité supérieure de la conduite rigide et le support flottant ou des déplacements dans la direction axiale XX de l'extrémité supérieure de la conduite rigide de 1 à 10 m, de préférence de 2 à 5 m, de préférence pour des variations de tension à l'extrémité supérieure de la conduite rigide de 5 à 150 T.

[0081] Dans un mode de réalisation, l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide est située en subsurface à une profondeur de 20 à 60 m.

[0082] Plus particulièrement encore, ladite conduite flexible présente une longueur de 20 à 400 m, et le dit lien souple présente une longueur de 10 à 300m, et le cas échéant le dispositif de sécurité et de guidage peut s'étendre sur une longueur de 1.5 à 25 m.

[0083] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lumière détaillée des modes de réalisation qui vont suivre, en référence aux figures suivantes, dans lesquelles :

- la figure 1 est une vue de côté d'une conduite rigide sous-marine en configuration de chaînette simple, suspendue à un support flottant 10 de type FPSO, et dont l'extrémité inférieure repose sur le fond de la mer 13, représentée dans trois positions différentes 1a, 1b, 1c, selon la technique antérieure.
- la figure 1A est une coupe en vue de côté détaillant la tranchée 12 creusée par le pied 11 de chaînette lors des mouvements de soulèvement de la conduite

1 sur le fond marin.

- la figure 2 est une courbe détaillant les variations de tension dans le riser en mouvement quasi-statique et en dynamique.
- les figures 3A à 3C sont des vues de côté de plusieurs variantes de réalisation de l'installation de liaison fond-surface selon l'invention sans dispositif de sécurité (figure 3A), avec dispositif de sécurité à une barre articulée (figure 3B) et avec dispositif de sécurité à plusieurs barres articulées (figure 3C).
- la figure 3D est une vue de face de la variante de la figure 3 C.
- la figure 4 est une vue de côté d'une l'installation de liaison fond-surface selon l'invention avec dispositif de sécurité associé à un dispositif d'amortissement.
- les figures 5A-5C sont des coupes en vue de côté d'un dispositif d'amortissement selon l'invention constitué de rondelles coniques, respectivement en configuration d'assemblage, de précontrainte et de fonctionnement.
- la figure 5D est un diagramme des efforts engendrés lors de la variation de la longueur H de tige dudit dispositif.
- les figures 6A à 6C représentent les étapes d'accrochage d'une tête de riser sur le bordée d'un support solide selon la technique antérieure
- les figures 7A-7C représentent en vue de côté les différentes étapes d'un monde préféré d'installation de l'invention dans lequel l'extrémité du riser est guidée par rapport à la barge 10 au moyen de barres articulées,
- les figures 8A-8B-8C représentent en éclaté en vue de côté, la barre articulée télescopique, respectivement en version simple (figure 8A), et en versions avec amortissement intégré (figures 8B et 8C).

[0084] Dans la figure 1, on a représenté en vue de côté une liaison fond-surface 1, de type SCR, suspendue à un support flottant 10 de type FPSO ancré en 11, et reposant sur le fond de la mer 13 au niveau du point de contact 14.

[0085] La courbure varie le long de la chaîne depuis la surface, ou son rayon a une valeur maximale, jusqu'au point de contact, ou son rayon a une valeur minimale R. Sous l'effet des vagues, du vent et du courant, le support flottant 10 se déplace, par exemple de gauche à droite comme représenté sur la figure, ce qui a pour effet de soulever ou de reposer la conduite en forme de chaîne, au niveau du fond de la mer. Dans la position 10-3, le

support flottant s'écarte de la position normale 10-1, ce qui a pour effet de tendre la chaîne 1c en la soulevant, et de déplacer le point de contact 14 vers la droite de 14a en 14c; le rayon de courbure en pied de chaîne augmentant de R_0 à R_2 , de même que la tension horizontale dans la conduite engendrée au niveau dudit point de contact au fond de la mer, ainsi que la tension dans la conduite en tête de riser au niveau dudit support flottant. De la même manière, dans la position opposée 10-2, le déplacement vers la droite du support flottant a pour effet de détendre la chaîne 1b et de reposer une partie de la conduite sur le fond de la mer. Le rayon R_0 au niveau du point de contact 14a décroît jusqu'à la valeur R_1 en 14b, de même que la tension horizontale dans la conduite au même point 14b, ainsi que la tension dans la conduite au niveau dudit support flottant.

[0086] Au point de contact 14 avec le sol 13, le rayon de courbure de la conduite est minimal dans la portion en suspension, mais dans la partie adjacente reposant sur le fond de la mer, ladite conduite étant théoriquement en ligne droite, son rayon de courbure est théoriquement infini. En fait ledit rayon n'est pas infini mais extrêmement élevé, car il persiste en général une courbure résiduelle.

[0087] Ainsi, comme expliqué précédemment, au gré des mouvements du support flottant en surface 10, le point de contact 14 se déplace de droite à gauche et, dans la zone soulevée ou reposée sur le fond, le rayon de courbure passe successivement d'une valeur minimale $R_{\min}$ à une valeur extrêmement élevée, voire infinie dans le cas d'une configuration sensiblement en ligne droite.

[0088] La variation du rayon de courbure en 14 crée des contraintes internes considérables au sein de la structure de la conduite ce qui engendre des phénomènes de fatigue cumulés pouvant conduire à terme à la ruine de la liaison fond-surface.

[0089] Ces mouvements alternés répétitifs créent des phénomènes de fatigue concentrés non seulement dans toute la zone de pied de chaîne, mais aussi dans la zone de jonction entre la tête de riser et le support flottant, et la durée de vie de telles conduites est alors fortement réduite et en général incompatible avec les durées de vie recherchées pour les liaisons fond-surface, c'est à dire 20-25 ans, voire plus.

[0090] De plus, comme illustré dans la figure 1A, on observe que durant ces mouvements alternatifs du point de contact, la raideur de la conduite, associée à la courbure résiduelle mentionnée précédemment, va dans le temps creuser un sillon 13a sur toute la longueur soulevée puis reposée. Il se crée ainsi une zone de transition dans laquelle existe un point d'inflexion 11, où la courbure change de sens dans les zones de transition, pour atteindre enfin une valeur infinie dans la portion de conduite sous-marine reposant en ligne droite sur le fond de la mer, ladite portion n'étant soulevée que de manière exceptionnelle, par exemple lors du cumul maximal dans la même direction, vers la gauche, de tous les éléments perturbateurs (houle-vent-courant) agissant sur le sup-

port flottant et sur la chaînette, ou encore lors de l'apparition de phénomènes de résonance au niveau de la chaînette elle-même. Lorsque la conduite se soulève, le point d'inflexion disparaît et les matériaux de la conduite précédemment en traction se retrouvent alors en compression ce qui crée une fatigue considérable dans cette portion de conduite. Ladite fatigue est alors d'un ou deux ordres supérieur à la fatigue en section courante où il n'y a pas de changement de la courbure, ce qui est incompatible avec une durée de vie recherchée de 25-30 ans voire plus.

[0091] Sur la figure 2 on a représenté le diagramme des variations dans le temps de la tension en tête 1₁ de riser sous les effets des mouvements quasi-statiques et des mouvements dynamiques du support flottant. La courbe 12 représente la combinaison des variations quasi-statique 12a et dynamique 12b sur une période quasi-statique de 200-300 secondes. Au départ, le support flottant est au centre du cercle d'excursion, c'est-à-dire que le riser est dans la position 1a de la figure 1, correspondant à une tension dans le riser de F₀=100t. Puis, la barge s'écarte vers la gauche vers la position maximale 1c, où la tension est alors maximale avec pour valeur F_{max}=110t. La position est atteinte au bout de T/4=50-75 secondes. Puis, le support flottant revient vers la droite et la tension décroît jusqu'à un minimum F_{min}=90t, position atteinte à 3T/4, soit 150-225 secondes. A ces variations de tension, viennent se superposer des variations dynamiques 12b dues au mouvement vertical de pilonnement de la barge. Ces variations dynamiques sont de période plus courte, de 3-5 secondes à 15-20 secondes, et d'amplitude variable en fonction desdits mouvements du FPSO. Au cas où la fréquence d'excitation correspond à une fréquence de résonance propre du riser, l'amplitude de la variation de tension se trouve considérablement amplifiée comme indiqué en 12c-12d, ce qui provoque un mouvement préjudiciable extrêmement important au niveau du pied de chaînette. Sur la partie gauche (première demi-période de T=0 à T/2) du diagramme on a représenté les variations 12a, 12b, 12c de la tension en tête de riser, pour un riser de l'art antérieur, simplement accroché sur le bordé du FPSO, par le biais d'un flexjoint. Et sur la droite (deuxième demi-période de T= T/2 à T), on a représenté les variations de tension 12e en tête de riser comprenant un lien souple de préférence muni d'un dispositif amortisseur et d'assouplissement 20 selon l'invention, installé entre l'extrémité supérieure 1 du riser et le support flottant. Ainsi, le dispositif d'amortissement selon l'invention 20 tel que décrit ci-après joue le rôle de filtre pour les hautes fréquences correspondant aux mouvements dynamiques, mais n'a sensiblement que peu d'effet sur les basses fréquences correspondant aux mouvements quasi-statiques.

[0092] Sur les figures 3A à 3D, on a représenté différents modes de réalisation d'une installation de liaison fond surface selon l'invention comprenant l'extrémité supérieure 1₁ d'une conduite rigide 1 remontant depuis le fond de la mer 13, sur lequel elle repose, jusqu'en sub-

surface où sa dite extrémité supérieure 1₁ est reliée à un support flottant 10 (encore appelé ci-après « barge ») par laquelle ladite conduite rigide est une conduite de type caténaire (« SCR ») remontant depuis le fond de la mer 13 jusqu'en dite surface au long d'une courbe en chaînette présentant une courbure essentiellement continûment variable jusqu'à ladite extrémité supérieure.

[0093] L'extrémité supérieure 1₁ de la conduite rigide 1 est reliée au support flottant par un lien souple ou dit premier câble 3 lui-même accroché au support flottant au niveau d'une platine d'accrochage 7. Ce premier câble 3 assure une simple liaison mécanique entre l'extrémité supérieure de la conduite rigide 1₁ et le support flottant.

[0094] Une conduite flexible 2 apte à permettre le transfert du fluide véhiculé par la conduite rigide 1 vers le support flottant, est reliée à l'extrémité supérieure de la conduite rigide 1 par le biais d'un dispositif comprenant une portion de conduite coudée 6, l'autre extrémité de la conduite flexible étant reliée à des extrémités de conduites à bord du support flottant au niveau de la platine d'accrochage 8.

[0095] La conduite flexible est toute entière située au-dessus de son point de liaison au niveau du dispositif coudé 10 avec l'extrémité supérieure de la conduite rigide et adopte une position de forme incurvée avec une double courbure inversée, ladite conduite flexible étant retenue par un élément de retenue 2a au niveau du premier câble 3 pour ce faire.

[0096] En pratique, ledit premier câble 3 peut représenter une longueur de 10 à 300 m. Si l'on souhaite conférer au premier câble 3 des propriétés d'élasticité afin d'amortir et d'assouplir des mouvements en tête de riser de façon accrue, il peut être intéressant de mettre en oeuvre un câble constitué d'haussières de 100 à 300 mm réalisées en fibre thermoplastique, telles que celles couramment utilisées pour l'amarrage des structures flottantes. Ces haussières sont capables de résister à des charges de plusieurs centaines de tonnes. Elles possèdent une élasticité importante et leur longueur de 100 à 200 m permet de fournir un débattement par élasticité de plusieurs mètres le cas échéant dans la plage de tension concernée. On comprend que la longueur de la conduite flexible est adaptée en fonction de la longueur dudit premier câble 3.

[0097] Sur la figure 3B, on a représenté une installation de liaison fond surface du type de la figure 3, mais comportant en outre un dispositif de sécurité et guidage 5, constitué d'une barre télescopique 5a. La barre télescopique 5a comporte 2 éléments coulissants l'un dans l'autre 5a1 et 5a2, le premier élément un corps tubulaire 5a1 est solidaire à une de ses extrémités du support flottant par une première articulation 5d, le deuxième élément de barre télescopique, une tige coulissante 5a2 coulissant à l'intérieur du premier élément 5a1 comme explicité ci-après, en référence aux figures 8A à 8C.

[0098] Sur les figures 8A à 8C, la barre télescopique 5a se présente sous la forme d'un vérin hydraulique avec un corps tubulaire 5a1 et une tige coulissante 5a2 asso-

ciée à un piston 5a3 venant en butée franche à l'extrémité du corps tubulaire 5a1 en 5a4 lorsque la tige coulissante 5a2 est en complète extension vers l'extérieur. L'extrémité libre de la tige coulissante 5a2 est reliée au premier câble 3 par une deuxième articulation 5c. En pratique dans un mode de réalisation, le premier câble 3 peut être constitué de deux élingues 3_1 et 3_2 assurant la liaison entre la deuxième articulation 5c et le point d'accroche 7 au support flottant est pour l'élingue 3_1 et la liaison entre la deuxième articulation 5c et l'extrémité supérieure 1_1 de la conduite rigide pour la seconde élingue 3_2 .

[0099] Dans un autre mode de réalisation, la seconde articulation 5c est fixée à l'extrémité supérieure de la conduite rigide directement, mais ce mode de réalisation implique une mise en oeuvre de barre télescopique de plus grandes dimensions.

[0100] La conduite flexible 2 est maintenue au-dessus de l'extrémité supérieure de la conduite rigide en adoptant une position en forme au moins doublement incurvée et présentant un point d'inflexion, grâce à 2 points de retenue où la conduite flexible est maintenue par des éléments de retenue 2a sur la première élingue 3_2 et élément de retenue 2b au niveau du corps tubulaire 5a1 de la barre télescopique 5a.

[0101] La barre télescopique 5a fait office de dispositif de guidage et de sécurité. Elle permet en effet en contrôlant le coulisement de la barre télescopique de contrôler les mouvements du premier câble 3 et donc de la tête de riser en tant que de besoin. D'autre part, la configuration des articulations desdites première 5d et deuxième articulation 5c permet également de guider les mouvements de la portion supérieure de la conduite rigide 1 par rapport au support flottant et notamment de maintenir l'axe XX de la partie supérieure de la conduite rigide 1 dans un plan sensiblement perpendiculaire au bordé 10_1 du support flottant. Pour ce faire, il peut être prévu notamment que la première articulation 5d n'autorise qu'une rotation dans un plan perpendiculaire au bordé 10_1 , c'est-à-dire autour d'un axe parallèle au bordé 10_1 et sensiblement horizontal lorsque le support flottant et la mer sont au repos, c'est-à-dire sensiblement parallèle à la plateforme supérieure 10_2 du support flottant. En revanche, la deuxième articulation 5c se présente de préférence sous forme d'une rotule permettant ainsi des rotations dans toutes les directions, de façon à éviter des torsions, plicatures ou flexions qui pourraient endommager le premier câble 3.

[0102] La barre télescopique 5a constitue également une sécurité en cas d'incident ou de rupture du premier câble 3_1 , par exemple au point d'accroche 7 au support flottant, qui permet d'éviter que la tension soit reprise par la conduite flexible 2 dans un tel cas de rupture, dans la mesure où la longueur de la conduite flexible est supérieure à la distance maximum possible entre l'extrémité supérieure au niveau du dispositif 6 de la conduite rigide 1 et le point d'accroche 8 à l'autre extrémité de la conduite flexible, en cas d'extension maximum de la barre télescopique et d'alignement de celle-ci avec l'élingue 3_2 .

[0103] Avantagusement, le dispositif de sécurité comporte deux barres articulées 5a et 5b, telles que représentées sur la figure 3c. La deuxième articulation 5c servant d'articulation entre les deux barres articulées 5a et 5b, la deuxième barre 5b étant non télescopique et étant elle-même articulée à son autre extrémité par une troisième articulation 5e au niveau de l'extrémité supérieure 1_1 de la conduite rigide. La conduite flexible est retenue par les éléments de retenue 2a au niveau de la deuxième barre 5b et 2b au niveau de la première barre télescopique 5a. Ce mode de réalisation présente une sécurité supplémentaire par rapport à la figure 3b dans la mesure où il n'y a pas de risque de rupture au niveau de la troisième élingue 3_2 . D'autre part, la deuxième barre 5b permet de renforcer le guidage de la partie supérieure de la conduite rigide 1 dans ses mouvements de par la rigidification de la liaison mécanique entre l'extrémité supérieure 1_1 de la conduite rigide et la deuxième articulation 5c reliée au point d'accroche 7 du support flottant par le premier câble 3.

[0104] Sur la figure 3D, on a représenté une variante avantageuse de réalisation dans laquelle le dispositif de sécurité comporte en fait deux premières barres 5a articulées au niveau d'une première articulation 5d sur le bordé 10_1 du support flottant et assurant une liaison télescopique avec la platine 5f solidaire de l'extrémité de la deuxième barre 5b et supportant lesdites deuxièmes articulations 5c à l'extrémité de chacune des tiges 5a2 de la première barre télescopique 5a (non représentées sur la figure 3D). La platine 5f est soutenue par des éléments de renfort 5g.

[0105] Ce mode de réalisation avec deux dites premières barres 5a télescopiques disposées parallèlement de part et d'autre du plan axial de l'unique deuxième barre non télescopique 5b permet de renforcer le guidage de l'extrémité de la portion supérieure de la conduite rigide 1 dans un plan sensiblement perpendiculaire au plan du bordé 10_1 .

[0106] Lesdites deuxièmes articulations 5c à l'extrémité des tiges coulissantes 5a2 de chacune des premières barres 5a n'autorise également qu'une rotation autour d'un axe parallèle au plan du bordé 10_1 et à la platine 5f, ainsi qu'à la platine supérieure 10_2 du support flottant, c'est-à-dire se présente en position sensiblement horizontale lorsque le support flottant et au repos, la mer étant également au repos.

[0107] En fonctionnement normal, lesdites premières barres télescopiques 5a se trouvent dans une position intermédiaire, telle que représentée figures 3A à 3C et le premier câble 3 se trouve dans une position sensiblement en ligne droite par rapport à la deuxième barre 5b et l'extrémité supérieure 1_1 de la conduite rigide 1.

[0108] Sur les figures 8B et 8C, on a représenté des variantes de vérin hydraulique constitutif desdites premières barres télescopiques 5a comportant un dispositif hydraulique permettant d'éviter un choc trop brutal du piston 5a3 sur la butée 5a4 à l'extrémité du corps tubulaire 5a1 en cas de mise en oeuvre du dispositif de sé-

curité, c'est-à-dire de rupture du câble 3 le cas échéant. Les mouvements de la tige coulissante 5a2 sont amortis par des dispositifs à étranglement 6a et clapet anti-retour 6b permettant de contrôler de manière connue respectivement la sortie et la rentrée de tige. Un petit accumulateur hydro pneumatique 6c permet d'absorber les variations du volume d'huile dans les canalisations hydrauliques 6 provenant des deux chambres 5a5 et 5a6 du vérin hydraulique. En effet, le volume d'huile provenant de la chambre 5a6 étant diminué du volume occupé par la tige 5a2 à l'intérieur de la chambre 5a6 par rapport au volume de la dite chambre 5a6, tout déplacement du piston 5a3 entraîne une variation du différentiel des volumes d'huile-expulsé et aspiré dans l'une et respectivement l'autre chambre des chambres 5a6 et 5a5, l'excès d'huile pouvant être gérée par le dispositif et l'accumulateur hydro pneumatique 6c. Ces dispositifs hydrauliques de contrôle de mouvements de la barre télescopique 5a sont bien connus de l'homme du métier.

[0109] Sur la figure 8C, on a représenté une version simplifiée de la figure 8B dans laquelle on ne contrôle que la sortie de tige 5a2 par le dispositif d'étranglement ou calibre 6a, la rentrée de tige ne faisant qu'ouvrir le clapet 6b sans contrôle du mouvement.

[0110] Sur les figures 6A à 6C, on a représenté l'accrochage d'une tête de riser 1 sur un support flottant 10 au niveau d'un point d'accroche 8 sur le bordé 10₁ du support flottant à partir d'un navire en surface 9 servant de navire de pose de conduite en mer. La tête du riser 1₁ est déplacée depuis le navire de pose jusqu'au support flottant à l'aide de câbles. Dans l'art antérieur, tel que représenté sur la figure 6A, l'accrochage de la tête de riser en 8 le long du bordé 10₁ du support flottant requière la mise en oeuvre d'engins de traction tels que des treuils 10₃ extrêmement puissants et encombrants sur la plateforme 10₂ qui permettent par l'intermédiaire d'un câble 15 de transférer progressivement la tête de riser vers le support flottant. Du fait de la multiplicité des risers installés côte à côte le long du bordé, cet engin de traction 10₃ doit être successivement déplacé d'un emplacement de riser vers le suivant, ce qui complique considérablement l'organisation de cette zone du support flottant, déjà fortement encombrée par les diverses conduites ainsi que par les structures de charpente renforcée capable de reprendre chacune des efforts de plusieurs centaines de tonnes.

[0111] Selon la présente invention, tel que représenté sur les figures 7A, 7B et 7C, le dispositif de sécurité et guidage 5- permet de faciliter l'accroche des têtes de riser dans la mesure où la tête de riser est déportée par rapport au bordé et reliée à-celui-ci par une double liaison mécanique 3 et de transfert de fluide par conduite flexible 2. Le dispositif de sécurité comprenant les deux premières barres 5a et deuxièmes barres 5b comprenant une première articulation 5d assurant la fixation de l'extrémité de la première barre 5a au niveau du bordé 10₁ et comprenant une deuxième articulation 5c permettant l'articulation l'une par rapport à l'autre des deux barres 5a et

5b, facilite la mise en place des liaisons souples 3 et liaisons par conduite flexible 2 à l'extrémité supérieure 1₁ de la conduite rigide. En effet, il suffit pour cela d'installer un câble 16 fixé à l'autre extrémité de la deuxième barre 5b, le câble 16 étant manoeuvré depuis un engin de traction à bord du navire de pose 9 et permettant ainsi de ramener le jeu de barres articulées 5a, 5b vers l'extrémité supérieure 1₁ du riser, elle-même reliée au navire de pose 9 par un câble 17. L'extrémité libre de la deuxième barre 5b peut ainsi être accrochée par le biais d'une troisième articulation 5e (non représentée) à l'extrémité supérieure 1₁ de la conduite rigide. Une fois la connexion terminée, on peut installer les premiers câbles 3 et deuxièmes conduites flexibles 2 et dévier le câble 17 afin de disposer la conduite rigide 1₁ depuis une position 1d jusqu'à une position 1e de fonctionnement.

[0112] Comme illustré sur la figure 4, on peut également avantageusement installer un dispositif d'amortissement et assouplissement 4, par exemple le dispositif 20 des figures 5A à 5C, fixé sur la platine d'accroche 7 du support flottant 10.

[0113] En procédant ainsi, le navire d'installation est utilisé pour effectuer toutes les phases nécessitant des moyens importants de traction. Et, en cas de rupture du dispositif assouplisseur 4 ou du premier câble 3, l'ensemble se retrouve alors sensiblement dans la configuration 1f de la figure 7B, la conduite flexible de jonction 2 étant toujours connecté à ses deux extrémités. On évite de ce fait d'interrompre la production, l'ensemble restant en sécurité dans une configuration similaire à l'art antérieur, bien que momentanément dépourvu du dispositif d'amortissement et d'assouplissement 4, en attente de la réparation de ce dernier et de la remise en route du dispositif selon l'invention.

[0114] Sur la figure 4, on a représenté une installation de liaison fond surface d'une conduite sous-marine reposant au fond de la mer comprenant un lien souple comprenant un premier câble 3 coopérant avec un dispositif élastique d'amortissement 4 pour assurer la liaison entre l'extrémité supérieure du riser et un point d'accroche 7 sur ledit support flottant situé au-dessus du niveau de la surface de la mer, ledit dispositif élastique d'amortissement 4 reprenant la tension de ladite conduite rigide à son extrémité supérieure, et apte à permettre la variation de la distance entre l'extrémité supérieure de la conduite rigide et le support flottant, de manière à contrôler, tout en maintenant ledit lien souple tendu. Le dispositif élastique d'amortissement selon l'invention permet de limiter radicalement les mouvements dans la zone du pied de riser, ainsi que la formation dans le temps du sillon 13a, et en conséquence de réduire la fatigue cumulée dans cette zone, d'un facteur 4 à 6, voire plus dans certains modes préférés de réalisation.

[0115] Sur la figure 4, le dispositif élastique d'amortissement 4 est solidaire de l'extrémité supérieure de la conduite rigide à laquelle il est directement fixé rigide-ment, ledit premier câble 3 assurant la liaison entre un point d'accroche 7 du support flottant et l'autre extrémité

du dispositif élastique d'amortissement 4, 20.

[0116] Plus particulièrement, l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide est située en subsurface à une profondeur de 20 à 60m. Ladite conduite flexible présente une longueur de 20 à 140m.

[0117] Dans une version de l'invention, représentée sur les figures SA-5C, le dispositif d'amortissement 4 comprend un ressort 20 pré-comprimé constitué d'un empilement de rondelles tronconiques élastiques 20a, connues sous le nom de rondelles belleville (ou « conical spring washer »). Le fonctionnement du dispositif 20 est expliqué en référence aux figures 5A-5C. Les rondelles belleville 20b sont disposées axialement de façon inversée alternativement, formant ainsi une succession de paires 20a de rondelles tronconiques 20b enfilées par leur perforation axiale autour d'une dite première tige 22. Les 2 petites bases de chaque rondelle tronconique 20b d'une même paire 20a étant tournées l'une vers l'autre et les 2 grandes bases opposées des rondelles de la paire étant tournée vers la grande base d'une rondelle suivante ou précédente enfilées à la suite sur la dite première tige 22. Les rondelles enfilées sur la tige 22 sont insérées au sein d'un tube cylindrique 21 muni d'un fond 21a percé de manière à laisser passer la tige 22 munie à son extrémité inférieure d'un point d'attache 22a. Lesdites rondelles sont enfilées autour de ladite tige en nombre suffisant pour qu'elles soient mise en compression dans un état de pré contrainte comme illustré sur la figure 5B. Une rondelle ou butée d'extrémité 22b est alors rendue solidaire de ladite tige, de telle manière que si l'on tire vers le bas sur l'attache 22a, on augmente la compression du ressort et donc l'effort de rappel F, en créant un allongement δH qui donne ainsi de la souplesse à l'extrémité supérieure du riser. Sur le diagramme de la figure 5D, on a représenté les variations de la tension dans le dispositif 20 en fonction de la longueur de tige 22 sortie δH . La particularité des rondelles belleville est que la courbe 23 effort/déplacement est sensiblement linéaire jusqu'à une certaine valeur d'aplatissement ou écrasement des rondelles, puis la courbe 23 s'aplatit dans un deuxième temps entre 23b et 23c. Dans cette zone 23b-23c, une légère augmentation de la compression crée un déplacement important. Ainsi, lors de l'assemblage du dispositif 20 et de sa précontrainte pour atteindre l'état représenté sur la figure 5B, on ajuste le nombre de rondelles 20a de manière à atteindre le point 23b du diagramme de la figure 5D avec une tige 22 quasiment entièrement rentrée dans l'enceinte 21. Dans cette position 23b, la précontrainte est de 90t reprenant la tension en tête de riser lorsque le support flottant 10 est au repos en 10a, c'est-à-dire que si l'on tire vers le bas sur l'extrémité 22a de la tige 22, aucun mouvement ne se produit. Si la tension augmente en tête de riser, la tige 22 se déplace vers le bas donnant ainsi de la souplesse au dispositif 20, jusqu'à atteindre en 23c la valeur maximale de tension F correspondant sensiblement à une sortie de tige 22 maximale. Si l'on dépasse le point 23c, l'ensemble des rondelles est quasiment à plat et l'on at-

teint alors rapidement une butée franche 23d qui bloque alors le dispositif, le rendant ainsi complètement rigide. Ainsi, on ajuste la précontrainte du dispositif 20 en 23b à une valeur minimale inférieure au minimum de la tension quasi-statique cumulée à la variation dynamique, telle que représentée sur la figure 2, et on limite avantageusement la tension supérieure du dispositif 20 en 23c à une valeur maximale supérieure au maximum de la tension quasi-statique cumulée à la variation dynamique, telle que représentée sur la figure 2. En procédant ainsi, le dispositif 20 selon l'invention aura toujours sa longueur de tige 22 sortie située entre les deux points 23b-23c du diagramme 5D, et donnera de ce fait la souplesse recherchée entre la structure de la barge et l'extrémité supérieure du riser. Pour augmenter la raideur du dispositif par deux, par trois, voire plus, on dispose avantageusement les rondelles belleville par premier groupe de deux ou trois, voire plus, orientées dans le même sens, le second groupe comportant le même nombre de rondelles identiques orientées en sens inverse.

[0118] Dans une version de l'invention, représentée sur la figure 4, la première barre 5a est télescopique, et comporte deux éléments 5a1, 5a2, un premier dit élément 5a1 étant solidaire de l'articulation 5d, un deuxième élément 5a2 coulissant à l'intérieur de 5a1 et venant en butée franche en cas de complète extension, sa seconde extrémité étant articulée en 5c sur la seconde barre 5b, le dispositif élastique amortisseur 4 étant connecté au niveau de la même articulation 5c. Ainsi, en fonctionnement normal, le dispositif élastique d'amortissement n'induit aucun effort de compression au sein de la barre télescopique 5a1-5a2, et le dispositif élastique amortisseur se trouve sensiblement en ligne droite par rapport à l'extrémité du riser 1 et à la seconde barre 5b. Lors de l'installation précédemment détaillée en référence aux figures 7A-7B, ainsi qu'en cas de rupture de l'un des éléments dudit dispositif élastique amortisseur, l'élément coulissant 5a2 de la première barre 5a vient en butée de l'élément 5a1 solidaire de l'articulation 5d sur le support flottant, ce qui donne alors à l'ensemble du dispositif la configuration 1d représentée sur la figure 7B, simplifiant ainsi la procédure d'installation, ou mettant en sécurité le riser en cas de rupture de l'un des éléments dudit dispositif élastique amortisseur.

[0119] Les divers dispositifs ont été décrits en relation avec une barge ancrée de manière fixe sur de multiples ancrages, mais ils présentent le même avantage quand ils sont installés sur des FPSO ancrés sur touret. Dans ce type d'ancrage, le touret est ancré sur le fond de la mer par 6-8-12 ancrés, et le FPSO tourne librement autour dudit touret et se positionne ainsi naturellement au gré des vents et courants, dans la position créant le minimum d'effort entre FPSO et touret, donc le minimum d'efforts dans le système d'ancrage, ce qui augmente d'autant la stabilité du FPSO et perturbe alors d'autant moins les risers en configuration de chaînette reliées audit touret.

[0120] Le dispositif selon l'invention permet, en ajus-

tant par exemple la longueur du lien souple 3, de modifier la zone sensible en pied de riser soumise à la fatigue. Ainsi, pendant les premières années d'exploitation la longueur de ladite liaison souple sera par exemple de 25 à 100 m, puis après cinq années, elle sera augmentée pour atteindre 50 à 300 m, la zone sensible en pied de chaîne étant alors sensiblement déplacée d'autant, une zone de fatigue cumulée critique reposant alors de manière permanente sur le sol, et n'étant de ce fait plus soumise à fatigue. L'opération sera avantageusement répétée à intervalle régulier, dans la mesure où la longueur de la liaison flexible a été prévue suffisamment longue pour absorber ces variations de la position de l'extrémité supérieure du riser en configuration de chaîne. Le cas échéant, la liaison flexible sera simplement changée et une nouvelle liaison flexible plus longue viendra en remplacement de la longueur devenue trop courte.

[0121] On reste dans l'esprit de l'invention dès lors que l'on utilise comme dispositif élastique amortisseur une haussière en fibres thermoplastiques de forte capacité et de grande longueur. De telles haussières, de 100 à 300 mm de diamètre sont capables de résister à des charges de plusieurs centaines de tonnes et sont couramment employées pour l'amarrage des structures flottantes. Elles possèdent une élasticité importante et leur longueur sera avantageusement de 100 à 200 m pour fournir le débattement nécessaire de plusieurs mètres, dans la plage de tension recherchée. L'extrémité du riser se trouvant de ce fait plus éloignée du bordé 10₁ de la barge, il conviendra alors d'ajuster la longueur de conduite flexible qui, dans cette configuration sera beaucoup plus importante que dans les variantes décrites précédemment.

Revendications

1. Installation de liaison fond surface d'une conduite sous-marine reposant au fond de la mer comprenant une conduite rigide (1) remontant depuis le fond de la mer où elle repose, jusqu'en subsurface où son extrémité supérieure (1₁) est reliée à un support flottant (10) **caractérisé en ce que** ladite extrémité supérieure (1₁) de la conduite rigide est reliée audit support flottant par :

1) au moins une liaison mécanique entre l'extrémité supérieure du riser (1₁) et un point d'accroche (7) sur ledit support flottant comprenant au moins un lien souple de type câble ou chaîne, ladite installation comprenant en outre, un dispositif de sécurité et de guidage (5) comprenant au moins une première barre rigide (5a) articulée à une extrémité par une première articulation (5d) au niveau de son point d'accroche sur le support flottant et à l'autre extrémité par une deuxième articulation (5c) au niveau de la dite liaison mécanique ou de la dite extrémité supé-

rieure de la conduite rigide, et

2) une conduite flexible (2) apte à permettre le transfert du fluide véhiculé par ladite conduite rigide (1) vers le support flottant, la dite conduite flexible étant retenue par au moins un point de retenue (2a) au niveau de la dite liaison mécanique et/ou dudit dispositif de sécurité (5), de telle sorte que la conduite flexible est entièrement maintenue selon une forme incurvée au dessus de la dite extrémité supérieure de la conduite rigide, la longueur de la conduite flexible étant supérieure à la distance maximale possible entre l'extrémité supérieure (1₁) de la conduite rigide et le point d'accroche de la dite conduite flexible au niveau du support flottant.

2. Installation selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** ledit dispositif de sécurité et de guidage (5) assure une liaison mécanique de longueur variable entre le support flottant (10) et l'extrémité supérieure de la conduite rigide, permettant de faire varier la distance entre le point d'attache de ladite première articulation (5d) sur le support flottant et l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide.
3. Installation selon l'une des revendications 1 à 2 **caractérisé en ce que** ledit dispositif de sécurité et de guidage (5) comprend au moins une dite première barre télescopique (5a) articulée à ses extrémités (5d, 5c), la variation du coulisement de la dite première barre permettant de faire varier la distance entre le point d'attache de ladite première articulation (5d) sur le support flottant et l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide, cette distance restant inférieure à la longueur de ladite conduite flexible (2).
4. Installation selon la revendication 3 **caractérisé en ce que** dit dispositif de sécurité comprend une dite première barre (5a) articulée par une première articulation (5d) à une extrémité au niveau de son point d'accroche au support flottant et par une deuxième articulation (5c) à l'autre extrémité au niveau du dit lien souple, les extrémités dudit lien souple étant fixées respectivement à l'extrémité supérieure du riser (1₁) et à un point d'accroche (7) sur ledit support flottant.
5. Installation selon l'une des revendications 1 à 4 **caractérisée en ce que** la courbure de ladite conduite flexible présente une double courbure inversée avec un point d'inflexion situé de préférence au niveau d'un dit point de retenue (2a).
6. Installation selon la revendication 5 **caractérisé en ce que** la dite conduite flexible est retenue par au moins deux points de retenue (2a, 2b) au niveau respectivement de la dite première barre (5a) et au niveau du dit lien souple (3) entre l'extrémité supé-

rieure de la conduite rigide et la dite deuxième articulation (5c).

7. installation selon l'une des revendications 3 à 6 **caractérisé en ce que** le dit dispositif de sécurité et de guidage(5) comprend au moins deux première et seconde barres de sécurité (5a, 5b) articulées entre elles par une dite deuxième articulation (5c) et à leurs extrémités par une dite première articulation (5d) à l'extrémité de la dite première barre au niveau du support flottant et une troisième articulation (5e) à l'extrémité de la deuxième barre au niveau de l'extrémité supérieure de la conduite rigide, la dite première barre étant de préférence télescopique, la variation de l'inclinaison des deux dites barres l'une par rapport à l'autre, et de préférence le coulisserment en extension de la dite première barre permettant de faire varier la distance entre d'une part le point d'attache de la dite première articulation (5d) de ladite première barre sur le support flottant et d'autre part le point d'attache de la dite troisième articulation (5e) de ladite seconde barre à l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide. 5 10 15 20
8. Installation selon la revendication 7 **caractérisé en ce que** le dit lien souple est fixé à une extrémité au niveau de l'articulation médiane ou dite deuxième articulation (5c) entre les deux dites barres (5a, 5b) et à l'autre extrémité à un point d'accroche (7) sur ledit support flottant. 25 30
9. Installation selon la revendication 7 ou 8 **caractérisé en ce que** la dite conduite flexible est retenue par au moins deux points de retenue (2a, 2b) au niveau respectivement des deux dites barres. 35
10. Installation selon l'une des revendications 2 à 9 **caractérisé en ce que** la dite première articulation au niveau de l'accroche de la dite première barre au support flottant autorise uniquement une rotation de la dite première barre par rapport à un axe parallèle au bordé du support flottant, le dit axe(YY) étant horizontal lorsque ledit support flottant est en position au repos, de manière à maintenir l'axe (XX) de la partie supérieure de la conduite rigide sensiblement dans un plan sensiblement perpendiculaire au dit bordé du support flottant. 40 45
11. Installation selon la revendication 10 **caractérisé en ce que** le dispositif de sécurité et de guidage comprend deux dites premières barres disposées parallèlement de part et d'autre du plan axial d'une unique dite deuxième barre et les dites deuxième articulations (5c) sont solidaires d'une platine (5f) elle-même solidaire de l'extrémité de la dite deuxième barre. 50 55
12. Installation selon l'une des revendications 1 à 11 **caractérisé en ce que** ledit lien souple est constitué

d'un dit premier câble, lui-même constitué de préférence de fibres thermoplastiques présentant des caractéristiques d'élasticité, ou comprenant ou coopérant avec au moins un dispositif élastique d'amortissement (4), ledit dispositif élastique d'amortissement (4) reprenant la tension de ladite conduite rigide à son extrémité supérieure, et permettant la variation de la distance entre l'extrémité supérieure de la conduite rigide et le support flottant, tout en maintenant ledit premier câble ou dite chaîne (3) tendu.

13. Installation selon la revendication 1 ou 12, **caractérisé en ce que** ladite conduite rigide est une conduite de type caténaire remontant depuis le fond de la mer jusqu'en dite subsurface selon une courbe en chaîne présentant une courbure essentiellement continûment variable jusqu'à son extrémité supérieure.
14. Installation selon l'une des revendications 12 ou 13, **caractérisée en ce que** ledit dispositif élastique d'amortissement (4) comprend un dispositif élastique mécanique du type à ressort ou à rondelles Belleville ou un dispositif élastique hydro pneumatique du type à vérins.
15. Installation selon l'une des revendications 12 à 14, **caractérisée en ce que** ledit dispositif élastique d'amortissement est fixé sur ledit support flottant et le dit lien souple assure la liaison entre le dispositif d'amortissement et un élément rigide de la dite liaison mécanique entre l'extrémité supérieure de la conduite et le support flottant, de préférence le dit élément rigide étant une dite deuxième articulation d'une dite barre de sécurité (5a), de préférence encore une dite première articulation (5c) entre lesdites deux barres de sécurité (5a, 5b) d'un dispositif de sécurité (5).
16. Installation selon l'une des revendications 1 à 15 **caractérisée en ce que** ledit dispositif élastique d'amortissement est positionné dans l'alignement de l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide.
17. Installation selon l'une des revendications 12 à 16, **caractérisée en ce que** ledit premier câble et le cas échéant ledit dispositif d'amortissement sont capables de reprendre des tensions à l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide de 50 à 750 T, de préférence 100T à 250 T.
18. Installation selon l'une des revendications 12 à 17, **caractérisée en ce que** ledit premier câble et le cas échéant ledit dispositif d'amortissement autorisent desdits déplacements de l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide, aptes à amortir des variations de tension à l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide, lesdites variations représentant jusqu'à 20% de la tension au repos au niveau de ladite extrémité

supérieure de conduite rigide.

19. Installation selon l'une des revendications 12 à 18, **caractérisée en ce que** ledit premier câble et le cas échéant ledit dispositif élastique d'amortissement sont aptes à permettre des variations de distance entre l'extrémité supérieure de la conduite rigide et le support flottant ou des déplacements dans la direction axiale (XX) de l'extrémité supérieure de la conduite rigide de 1 à 10 m, de préférence de 2 à 5 m, de préférence pour des variations de tension à l'extrémité supérieure de la conduite rigide de 5 à 150 T.
20. Installation selon l'une des revendications 1 à 19, **caractérisée en ce que** l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide est située en subsurface à une profondeur de 20 à 60 m.
21. Installation selon l'une des revendications 1 à 20 **caractérisée en ce que** ladite conduite flexible présente une longueur de 20 à 400 m, et le dit lien souple présente une longueur de 10 à 300 m, et le cas échéant le dispositif de sécurité et de guidage peut s'étendre sur une longueur de 1,5 à 25 m.

Claims

1. A bottom-to-surface connection installation for connecting an undersea pipe resting on the sea bottom and comprising a rigid pipe (1) rising from the sea bottom on which it rests to the sub-surface where its top end (1₁) is connected to a floating support (10), the installation being **characterized in that** said top end (1₁) of the rigid pipe is connected to said floating support by:
 - 1) at least one mechanical connection between the top end of the riser (1₁) and an attachment point (7) on said floating support, the connection comprising at least one flexible link of the cable or chain type, said installation further comprising a safety and guide device (5) comprising at least a first rigid bar (5a) hinged at one end via a first hinge (5d) to its attachment point to the floating support and at its other end via a second hinge (5c) to said mechanical connection or to said top end of the rigid pipe; and
 - 2) a flexible pipe (2) suitable for enabling the fluid conveyed by said rigid pipe (1) to be transferred to the floating support, said flexible pipe being held by at least one holding point (2a) to said mechanical connection and/or to said safety device (5), such that the flexible pipe is maintained entirely in a curved shape above said top end of the rigid pipe, the length of the flexible pipe being longer than the maximum possible

distance between the top end (1₁) of the rigid pipe and the attachment point of said flexible pipe to the floating support.

2. An installation according to claim 1, **characterized in that** said safety and guide device (5) provides a mechanical connection of varying length between the floating support (10) and the top end of the rigid pipe, making it possible to vary the distance between the attachment point of said first hinge (5d) to the floating support and the top end of said rigid pipe.
3. An installation according to claim 1 or claim 2, **characterized in that** said safety and guide device (5) comprises at least one first telescopic bar (5a) hinged at its ends (5d, 5c), the sliding variation of said first bar making it possible to vary the distance between the attachment point of said first hinge (5d) to the floating support and the top end of said rigid pipe, said distance remaining less than the length of said flexible pipe (2).
4. An installation according to claim 3, **characterized in that** said safety device comprises a said first bar (5a) hinged via a first hinge (5d) at one end to its attachment point to the floating support and via a second hinge (5c) at the other end to said flexible link, the ends of said flexible link being fastened respectively to the top end of the riser (1₁) and to an attachment point (7) to said floating support.
5. An installation according to any one of claims 1 to 4, **characterized in that** the curvature of said flexible pipe presents two opposite curves with a point of inflection that is preferably situated at a said holding point (2a).
6. An installation according to claim 5, **characterized in that** said flexible pipe is held by at least two holding points (2a, 2b) respectively to said first bar (5a) and to said flexible link (3) between the top end of the rigid pipe and said second hinge (5c).
7. An installation according to any one of claims 3 to 6, **characterized in that** said safety and guide device (5) comprises at least first and second safety bars (5a, 5b) hinged to each other via a said second hinge (5c) and at their ends via a said first hinge (5d) at the end of said first bar to the floating support and via a third hinge (5e) at the end of the second bar to the top end of the rigid pipe, said first bar preferably being telescopic, variation in the angle of inclination of said two bars relative to each other, and preferably sliding in extension of said first bar, making it possible to vary the distance between firstly the attachment point of said first hinge (5d) of said first bar to the floating support and secondly the attachment point of said third hinge (5e) of said second bar to the top

end of said rigid pipe.

8. An installation according to claim 7, **characterized in that** said flexible link is fastened at one end to the middle hinge or said second hinge (5c) between said two bars (5a, 5b) and at its other end to an attachment point (7) to said floating support. 5
9. An installation according to claim 7 or claim 8, **characterized in that** said flexible pipe is held by at least two holding points (2a, 2b) respectively to said two bars. 10
10. An installation according to any one of claims 2 to 9, **characterized in that** said first hinge at the attachment of said first bar to the floating support allows pivoting of said first bar only about an axis parallel to the side of the floating support, said axis (YY) being horizontal when said floating support is in a rest position, so as to maintain the axis (XX) of the top portion of the rigid pipe substantially in a plane that is substantially perpendicular to said side of the floating support. 15
11. An installation according to claim 10, **characterized in that** the safety and guide device comprises two of said first bars placed parallel on either side of the axial plane of a single said second bar, and said second hinges (5c) are secured to a plate (5f), itself secured to the end of said second bar. 20
12. An installation according to any one of claims 1 to 11, **characterized in that** said flexible link is constituted by a said first cable, itself preferably constituted by thermoplastic fibers presenting characteristics of elasticity, or comprising or cooperating with at least one resilient damper device (4), said resilient damper device (4) taking up the tension of said rigid pipe at its top end and making it possible to vary the distance between the top end of the rigid pipe and the floating support, while maintaining said first cable or said chain (3) under tension. 25
13. An installation according to claim 1 or claim 12, **characterized in that** said rigid pipe is a catenary type pipe rising from the bottom of the sea to said sub-surface in a catenary curve and presenting curvature that essentially varies continuously all the way to its top end. 30
14. An installation according to claim 12 or claim 13, **characterized in that** said resilient damper device (4) comprises a resilient mechanical device of the spring type or of the Belleville spring washer type or a hydropneumatic resilient device of the actuator type. 35
15. An installation according to any one of claims 12 to 40

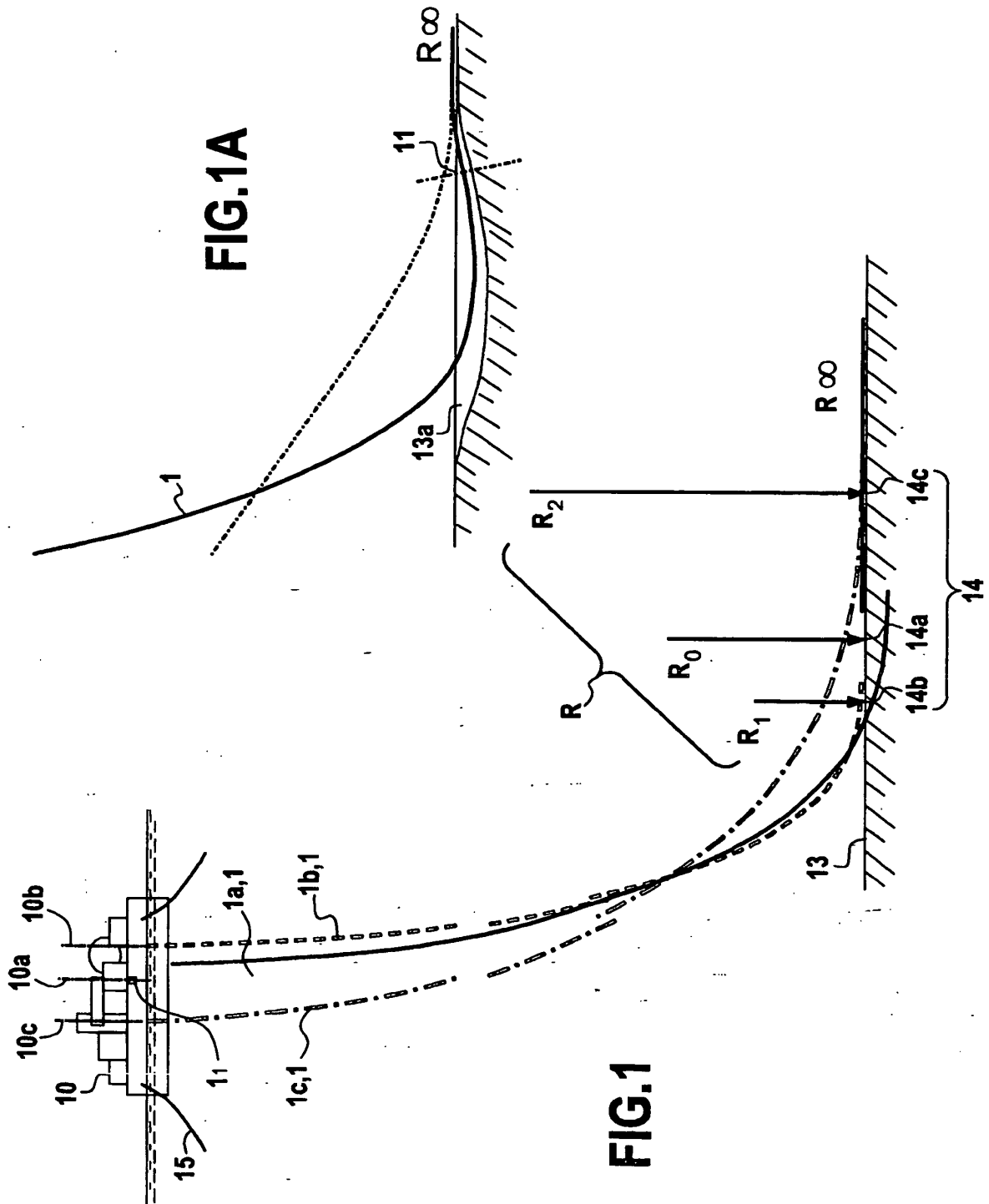
14, **characterized in that** said resilient damper device is fastened to said floating support and said flexible link provides the connection between the damper device and a rigid element of said mechanical connection between the top end of the pipe and the floating support, said rigid element preferably being a said second hinge of a said safety bar (5a), more preferably a said first hinge (5c) between said two safety bars (5a, 5b) of a safety device (5).

16. An installation according to any one of claims 1 to 15, **characterized in that** said resilient damper device is positioned in alignment with the top end of said rigid pipe. 45
17. An installation according to any one of claims 12 to 16, **characterized in that** said first cable, and where appropriate said damper device, are capable of taking up tensions at the top end of said rigid pipe lying in the range 50 t to 750 t, and preferably in the range 100 t to 250 t. 50
18. An installation according to any one of claims 12 to 17, **characterized in that** said first cable, and where appropriate said damper device, allow said movements of the top end of said rigid pipe suitable for damping variations in tension at the top end of said rigid pipe, said variations representing up to 20% of the tension at rest at said top end of the rigid pipe. 55
19. An installation according to any one of claims 12 to 18, **characterized in that** said first cable, and where appropriate said resilient damper device, are suitable for allowing variations of distance between the top end of the rigid pipe and the floating support or movements in the axial direction (XX) of the top end of the rigid pipe, said variations of distance or said movements lying in the range 1 m to 10 m, and preferably in the range 2 m to 5 m, preferably for variations of tension at the top end of the rigid pipe lying in the range 5 t to 150 t.
20. An installation according to any one of claims 1 to 19, **characterized in that** the top end of said rigid pipe is situated in the sub-surface at a depth lying in the range 20 m to 60 m.
21. An installation according to any one of claims 1 to 20, **characterized in that** said flexible pipe presents a length lying in the range 20 m to 400 m, and said flexible link presents a length lying in the range 10 m to 300 m, and where appropriate the safety and guide device is capable of extending over a length lying in the range 1.5 m to 25 m.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Grund-Oberflächen-Verbindung einer auf dem Meeresgrund aufliegenden Unterwasserleitung, umfassend eine starre Leitung (1), die vom Meeresgrund, auf dem sie aufliegt, bis nahe der Oberfläche verläuft, wo ihr oberes Ende (1₁) mit einem schwimmenden Träger (10) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** das obere Ende (1₁) der starren Leitung mit dem schwimmenden Träger verbunden ist durch:
 - 1) wenigstens eine mechanische Verbindung zwischen dem oberen Ende des Risers (1₁) und einer Eingreifstelle (7) an dem schwimmenden Träger, umfassend wenigstens ein flexibles Verbindungsteil vom Typ Seil oder Kette, wobei die Einrichtung ferner eine Sicherheits- und Führungsvorrichtung (5) umfaßt, die wenigstens eine erste starre Stange (5a) aufweist, welche an einem Ende über ein erstes Gelenk (5d) im Bereich ihrer Eingreifstelle an dem schwimmenden Träger und am anderen Ende über ein zweites Gelenk (5c) im Bereich der mechanischen Verbindung oder des oberen Endes der starren Leitung angelenkt ist, und
 - 2) eine flexible Leitung (2), die geeignet ist, die Überführung des durch die starre Leitung (1) beförderten Fluids zu dem schwimmenden Träger zu ermöglichen, wobei die flexible Leitung durch wenigstens einen Haltepunkt (2a) im Bereich der mechanischen Verbindung und/oder der Sicherheitsvorrichtung (5) gehalten wird, so daß die flexible Leitung in einer gekrümmten Form vollständig oberhalb des oberen Endes der starren Leitung gehalten wird, wobei die Länge der flexiblen Leitung größer ist als der maximal mögliche Abstand zwischen dem oberen Ende (1₁) der starren Leitung und der Eingreifstelle der flexiblen Leitung im Bereich des schwimmenden Trägers.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Sicherheits- und Führungsvorrichtung (5) eine mechanische Verbindung variabler Länge zwischen dem schwimmenden Träger (10) und dem oberen Ende der starren Leitung sicherstellt, die ermöglicht, den Abstand zwischen der Eingreifstelle des ersten Gelenks (5d) an dem schwimmenden Träger und dem oberen Ende der starren Leitung zu verändern.
3. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Sicherheits- und Führungsvorrichtung (5) wenigstens eine erste Teleskopstange (5a) umfaßt, die an ihren Enden (5d, 5c) angelenkt ist, wobei die Änderung des Schiebens der ersten Stange ermöglicht, den Abstand zwischen dem Eingreifpunkt des ersten Gelenks (5d) an dem schwimmenden Träger und dem oberen Ende der starren Leitung zu verändern, wobei dieser Abstand kleiner als die Länge der flexiblen Leitung (2) bleibt.
4. Einrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Sicherheitsvorrichtung eine erste Stange (5a) umfaßt, die über ein erstes Gelenk (5d) an einem Ende im Bereich ihrer Eingreifstelle an dem schwimmenden Träger und über ein zweites Gelenk (5c) an dem anderen Ende im Bereich des flexiblen Verbindungsteils angelenkt ist, wobei die Enden des flexiblen Verbindungsteils am oberen Ende des Risers (1₁) bzw. an einer Eingreifstelle (7) an dem schwimmenden Träger befestigt sind.
5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Krümmung der flexiblen Leitung eine umgekehrte Zweifachkrümmung mit einem vorzugsweise im Bereich eines Haltepunktes (2a) gelegenen Wendepunkt aufweist.
6. Einrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die flexible Leitung durch wenigstens zwei Haltepunkte (2a, 2b) im Bereich der ersten Stange (5a) bzw. im Bereich des flexiblen Verbindungsteils (3) zwischen dem oberen Ende der starren Leitung und dem zweiten Gelenk (5c) gehalten ist.
7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Sicherheits- und Führungsvorrichtung (5) wenigstens zwei, eine erste und eine zweite, Sicherheitsstangen (5a, 5b) umfaßt, die durch ein zweites Gelenk (5c) untereinander angelenkt sind und an ihren Enden über ein erstes Gelenk (5d) am Ende der ersten Stange im Bereich des schwimmenden Trägers und ein drittes Gelenk (5e) am Ende der zweiten Stange im Bereich des oberen Endes der starren Leitung angelenkt sind, wobei die erste Stange vorzugsweise teleskopartig ist, wobei die Änderung der Neigung der beiden Stangen zueinander und vorzugsweise der Ausschub der ersten Stange ermöglicht, den Abstand zwischen einerseits der Eingreifstelle des ersten Gelenks (5d) der ersten Stange an dem schwimmenden Träger und andererseits der Eingreifstelle des dritten Gelenks (5e) der zweiten Stange am oberen Ende der starren Leitung zu verändern.
8. Einrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** das flexible Verbindungsteil an einem Ende im Bereich des mittleren Gelenks oder zweiten Gelenks (5c) zwischen den beiden Stangen (5a, 5b) und am anderen Ende an einer Eingreifstelle (7) an dem schwimmenden Träger befestigt ist.

9. Einrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die flexible Leitung durch wenigstens zwei Haltepunkte (2a, 2b) im Bereich jeweils der beiden Stangen gehalten ist.
10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** das erste Gelenk im Bereich der Befestigung der ersten Stange an dem schwimmenden Träger einzig und allein eine Drehung der ersten Stange um eine zur Beplankung des schwimmenden Trägers parallele Achse erlaubt, wobei die Achse (YY) horizontal ist, wenn der schwimmende Träger sich in Ruhestellung befindet, so daß die Achse (XX) des oberen Teils der starren Leitung im wesentlichen in einer Ebene gehalten wird, die zu der Beplankung des schwimmenden Trägers im wesentlichen senkrecht verläuft.
11. Einrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Sicherheits- und Führungsvorrichtung zwei erste Stangen umfaßt, die auf beiden Seiten der axialen Ebene einer einzigen zweiten Stange parallel angeordnet sind, und die zweiten Gelenke (5c) mit einer Tragplatte (5f) fest verbunden sind, die ihrerseits mit dem Ende der zweiten Stange fest verbunden ist.
12. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** das flexible Verbindungsteil von einem ersten Seil gebildet ist, das seinerseits vorzugsweise aus thermoplastischen Fasern mit Elastizitätseigenschaften besteht, oder wenigstens eine elastische Dämpfungsvorrichtung (4) umfaßt oder damit zusammenwirkt, wobei die elastische Dämpfungsvorrichtung (4) die Spannung der starren Leitung an ihrem oberen Ende aufnimmt und die Änderung des Abstandes zwischen dem oberen Ende der starren Leitung und dem schwimmenden Träger ermöglicht und dabei das erste Seil oder die Kette (3) gespannt hält.
13. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** die starre Leitung eine Leitung vom Typ aufgehängte Leitung ist, die in einer Kettenkurve, welche eine im wesentlichen kontinuierlich variable Krümmung bis zu ihrem oberen Ende aufweist, vom Meeresgrund bis nahe der Oberfläche verläuft.
14. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** die elastische Dämpfungsvorrichtung (4) eine mechanische elastische Vorrichtung von der Art mit Feder oder mit Tellerfedern, oder eine hydropneumatische elastische Vorrichtung vom Typ mit Zylindern umfaßt.
15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** die elastische Dämpfungsvorrichtung an dem schwimmenden Träger befestigt ist und das flexible Verbindungsteil die Verbindung zwischen der Dämpfungsvorrichtung und einem starren Element der mechanischen Verbindung zwischen dem oberen Ende der Leitung und dem schwimmenden Träger sicherstellt, wobei vorzugsweise das starre Element ein zweites Gelenk einer Sicherheitsstange (5a), weiterhin vorzugsweise ein erstes Gelenk (5c) zwischen den beiden Sicherheitsstangen (5a, 5b) einer Sicherheitsvorrichtung (5) ist.
16. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** die elastische Dämpfungsvorrichtung in der Flucht des oberen Endes der starren Leitung angeordnet ist.
17. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** das erste Seil und gegebenenfalls die Dämpfungsvorrichtung geeignet sind, Spannungen am oberen Ende der starren Leitung zwischen 50 und 750 T, vorzugsweise zwischen 100 T und 250 T aufzunehmen.
18. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** das erste Seil und gegebenenfalls die Dämpfungsvorrichtung Bewegungen des oberen Endes der starren Leitung zulassen, die geeignet sind, Spannungsänderungen am oberen Ende der starren Leitung abzuschwächen, wobei die Änderungen bis zu 20 % der Spannung in Ruhe im Bereich des oberen Endes der starren Leitung ausmachen.
19. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, daß** das erste Seil und gegebenenfalls die elastische Dämpfungsvorrichtung geeignet sind, Änderungen des Abstandes zwischen dem oberen Ende der starren Leitung und dem schwimmenden Träger oder Bewegungen in axialer Richtung (XX) des oberen Endes der starren Leitung um 1 bis 10 m, vorzugsweise um 2 bis 5 m zu ermöglichen, vorzugsweise bei Spannungsänderungen am oberen Ende der starren Leitung zwischen 5 und 150 T.
20. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, daß** das obere Ende der starren Leitung oberflächennah in einer Tiefe von 20 bis 60 m liegt.
21. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, daß** die flexible Leitung eine Länge zwischen 20 und 400 m aufweist und das flexible Verbindungsteil eine Länge zwischen 10 und 300 m hat und gegebenenfalls die Sicherheits- und Führungsvorrichtung sich über eine Länge von 1,5 bis 25 m erstrecken kann.



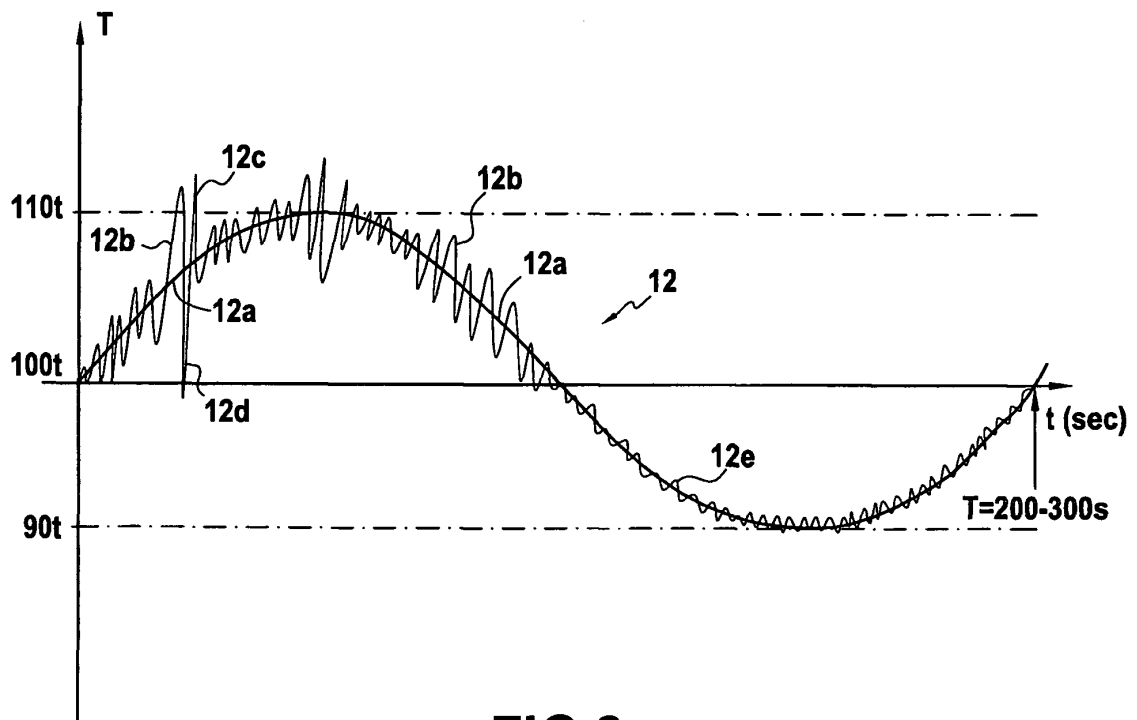
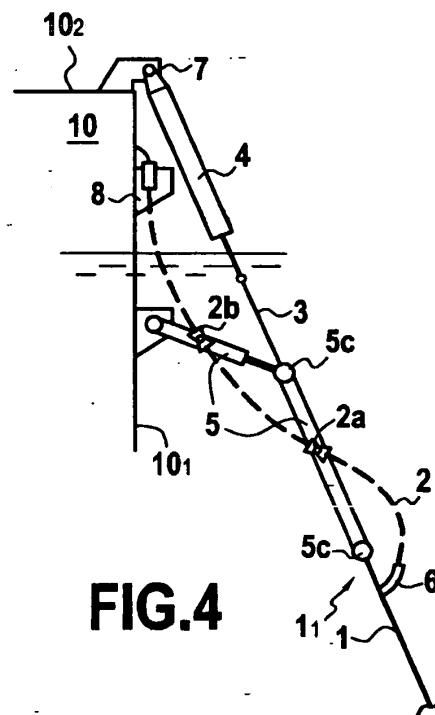
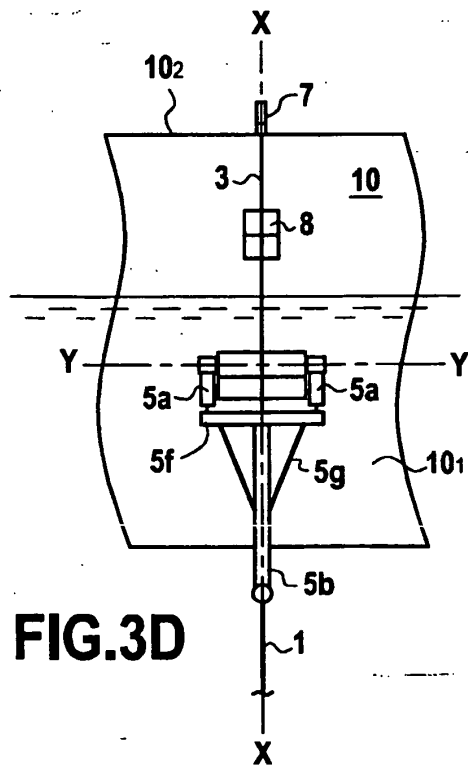
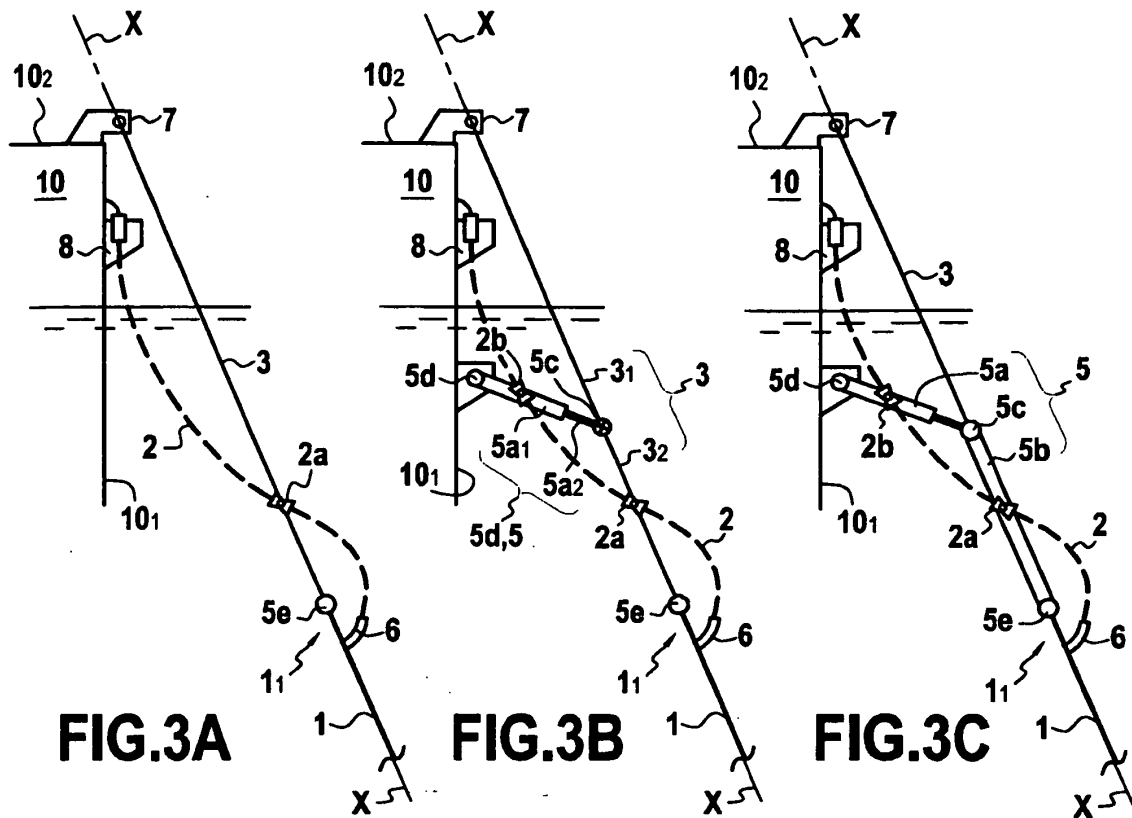


FIG.2



20b
22
20a
21
4,20

21b
22b

21a
22a
 $F=0$
VE

21a

$\delta H_{\max} = 6m$

FIG.5A

FIG.5B

FIG.5C

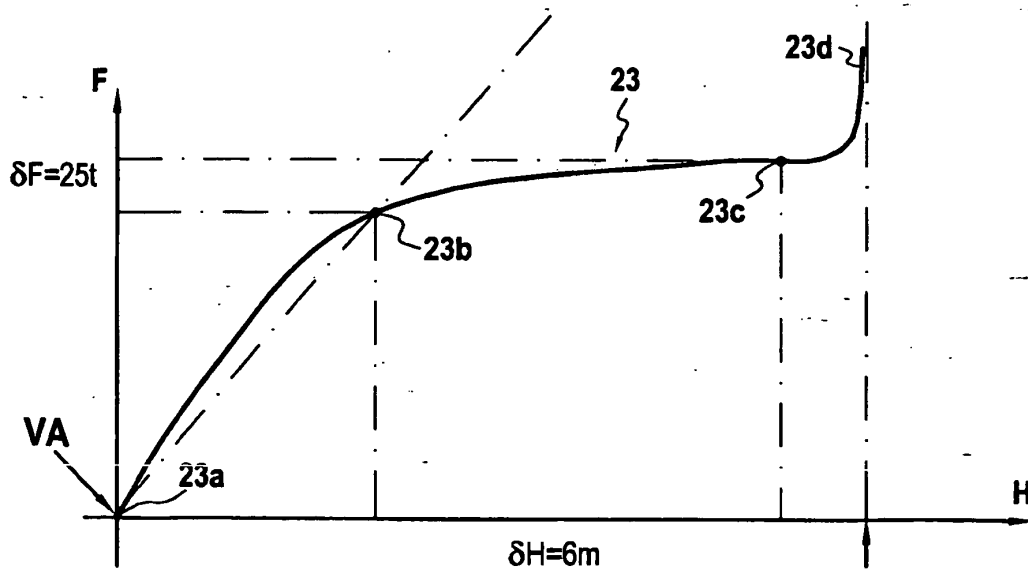


FIG.5D

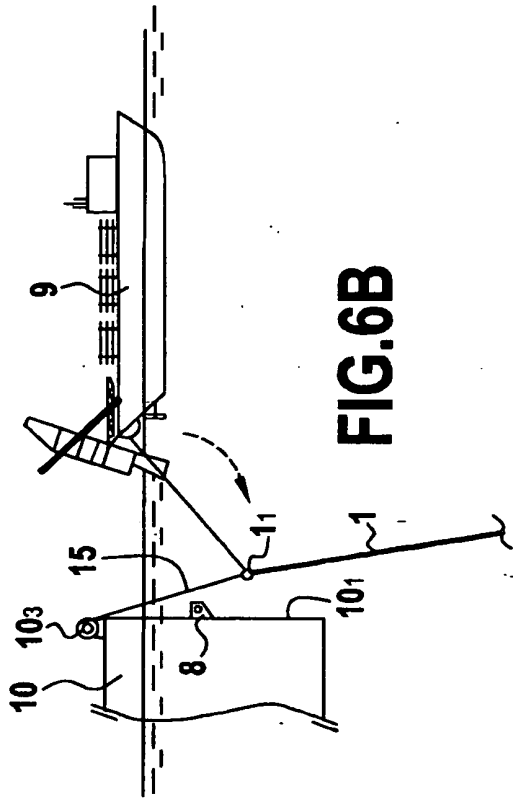
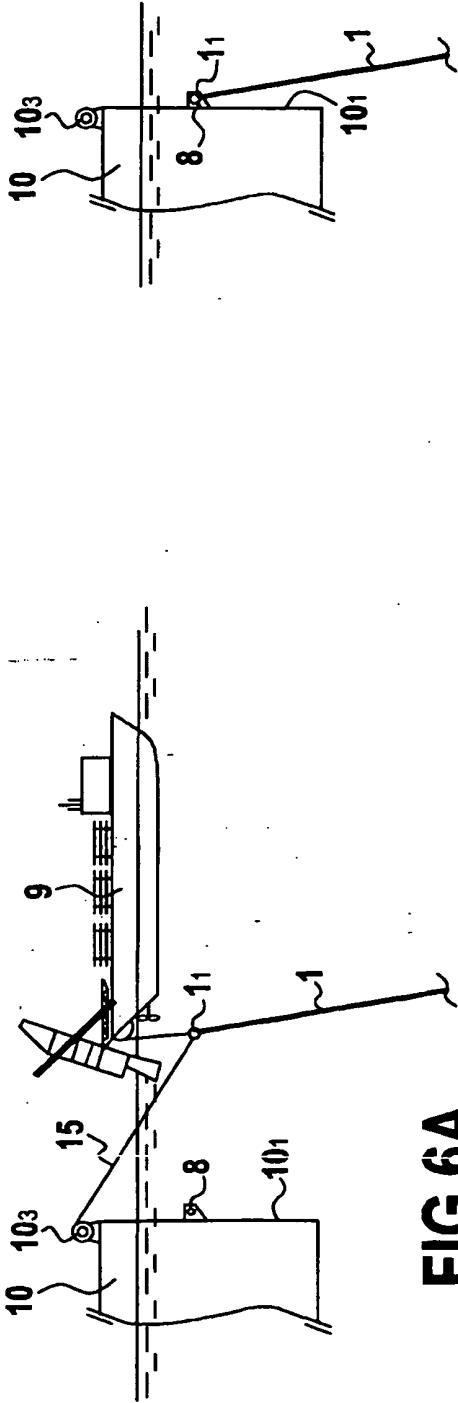


FIG. 6C

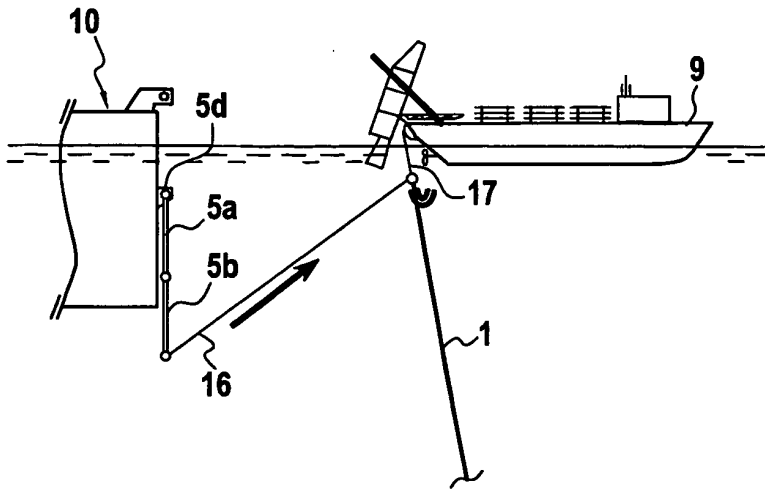


FIG. 7A

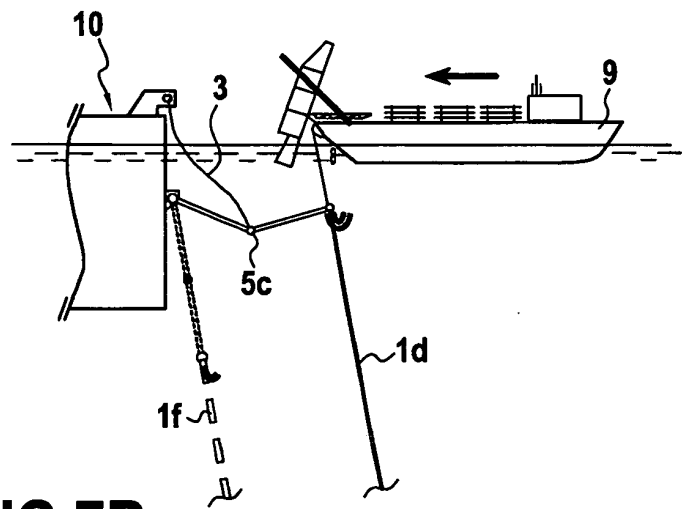


FIG. 7B

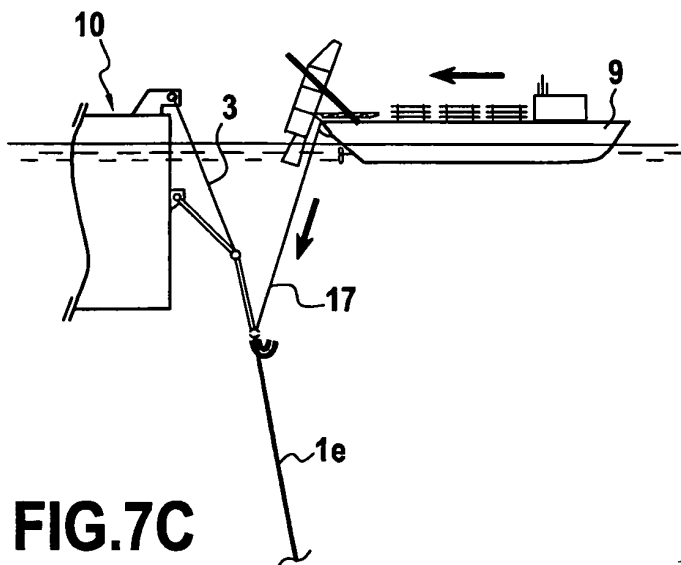


FIG. 7C

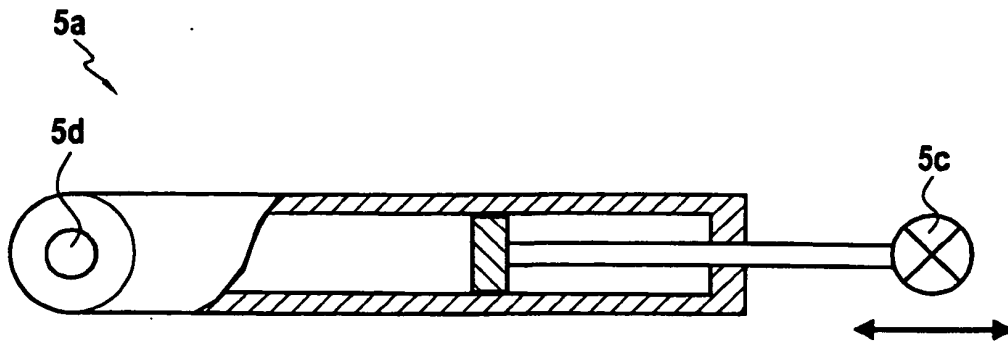


FIG. 8A

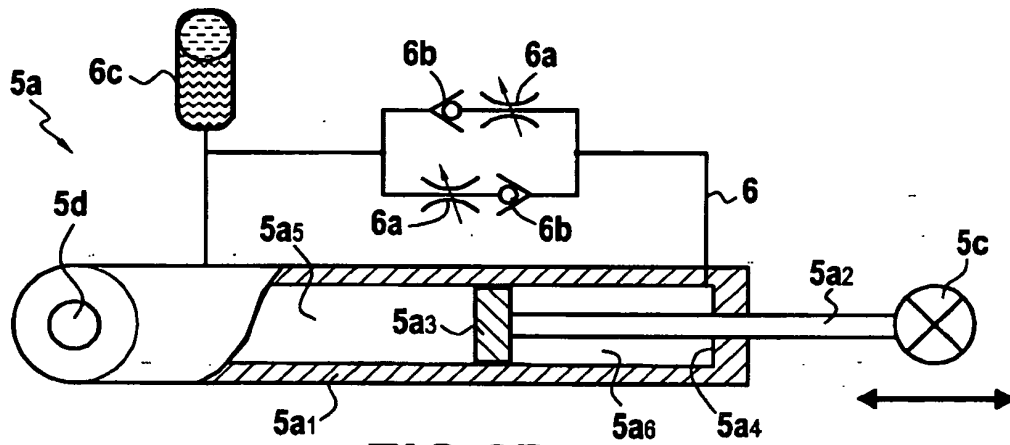


FIG. 8B

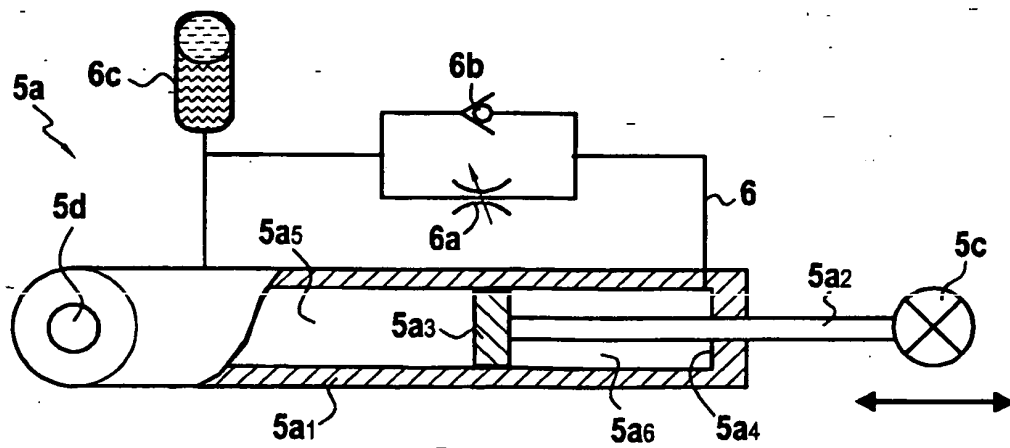


FIG. 8C

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 2005196242 A [0010]