



(11)

EP 2 997 220 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
08.07.2020 Bulletin 2020/28

(51) Int Cl.:
E21B 41/08 ^(2006.01) **E21B 17/01** ^(2006.01)
E02D 27/10 ^(2006.01) **E02D 27/50** ^(2006.01)
E02D 27/52 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **14729411.0**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2014/051096

(22) Date de dépôt: **12.05.2014**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2014/184480 (20.11.2014 Gazette 2014/47)

(54) **DISPOSITIF D'ANCRAGE D'UN SUPPORT DE GOULOTTES D'UNE INSTALLATION
FOND-SURFACE**

VORRICHTUNG ZUR VERANKERUNG EINER LAUFBAHNHALTERUNG IN EINER VOM
MEERESGRUND BIS ZUR OBERFLÄCHE REICHENDEN ANLAGE

DEVICE FOR ANCHORING A RACEWAY MOUNTING OF A SEABED-TO-SURFACE FACILITY

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

(56) Documents cités:
**WO-A1-2007/045850 FR-A1- 2 954 966
US-A1- 2011 226 484**

(30) Priorité: **13.05.2013 FR 1354277**

- **Jairo Bastos De Araújo ET AL: "OMAE2011-50167
INSTALLATION OF A SUBMERGED BUOY FOR
SUPPORTING RISERS (BSR) SYSTEM IN
CAMPOS BASIN SITE", Proceedings of the ASME
2011 30th International Conference on Ocean,
Offshore and Arctic Engineering OMAE2011, 14
mars 2011 (2011-03-14), XP055092725, Extrait de
l'Internet:
URL:<http://aicsservices.info/SNUSDOC/090413>
SN-01 13-0823 ANGELINE PEK.pdf [extrait le
2013-12-11]**

(43) Date de publication de la demande:
23.03.2016 Bulletin 2016/12

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

(72) Inventeur: **PIONETTI, François Régis
F-50450 La Baleine (FR)**

(74) Mandataire: **Cabinet Beau de Loménie
Tour Méditerranée
65 avenue Jules Cantini
13006 Marseille (FR)**

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).

EP 2 997 220 B1

Description

[0001] La présente invention concerne un dispositif d'ancrage d'une structure rigide maintenue immergée en sub-surface par des flotteurs et ancrée au fond de la mer par des tendons, utile pour supporter une pluralité d'éléments de support et guidage en forme d'arche dénommés goulottes dans une installation de liaisons fond-surface entre un même support flottant et le fond de la mer.

[0002] Plus particulièrement la présente invention concerne une installation de liaisons fond-surface multiples souples entre des têtes de puits, équipements ou les extrémités de conduites sous-marines reposant au fond de la mer et un support flottant en surface, comprenant une multiplicité de lignes flexibles notamment des conduites flexibles dont les extrémités inférieures sont reliées aux extrémités d'une pluralité de conduites sous-marines reposant au fond de la mer ou directement à des têtes de puits ou équipements reposant au fond de la mer.

[0003] Dans la présente description, on entend par « ligne flexible », des conduites ou câbles capables d'accepter des déformations importantes sans engendrer des efforts de rappel significatifs, tel que des conduites flexibles définies ci-après, mais aussi des câbles ou conduites de transfert d'énergie ou d'informations telles que des câbles électriques, des câbles de contrôle ou des conduites de transfert de fluide hydraulique alimentant des équipements hydrauliques telles que des vérins ou des conduites contenant des fibres optiques ; ou encore un ombilical de commande comportant une ou plusieurs conduites hydrauliques et/ou des câbles électriques pour la transmission d'énergie et/ou d'informations.

[0004] Le secteur technique de l'invention est plus particulièrement le domaine de la fabrication et de l'installation de liaisons fond-surfaces 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 jusqu'à un support flottant, 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.

[0005] Le 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 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 courante 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 utilise le terme abrégé "FPSO" dans l'ensemble de la description suivante.

[0006] Mais il peut s'agir également de plateforme flottante semi-submersible installée de manière provisoire

pour quelques années, par exemple en attente de la construction et de l'installation définitive d'un support flottant de type FPSO.

[0007] On connaît des liaisons fond-surface d'une conduite sous-marine reposant au fond de la mer, liaison du type tour-hybride comprenant :

- un riser vertical dont l'extrémité inférieure est ancrée au fond de la mer par le biais d'une articulation flexible, et relié à une dite conduite reposant au fond de la mer, et l'extrémité supérieure est tendue par un flotteur immergé en sub-surface auquel elle est reliée, et
- une conduite de liaison, en général une conduite de liaison flexible, entre l'extrémité supérieure dudit riser et un support flottant en surface, ladite conduite de liaison flexible prenant, le cas échéant, de par son propre poids la forme d'une courbe en chaîne plongeante, c'est-à-dire descendant largement en dessous du flotteur pour remonter ensuite jusqu'audit support flottant.

[0008] On connaît également des liaisons fond-surface réalisées en remontant de manière continue jusqu'en sub-surface des conduites résistantes et rigides constituées d'éléments tubulaires en acier de forte épaisseur soudés ou vissés entre eux, en configuration de chaînette avec une courbure continûment variable dans toute leur longueur en suspension, communément appelés « Steel Catenary Riser » (SCR) signifiant « riser en acier en forme de chaînette » et aussi communément appelés « conduite rigide du type caténaire » ou « riser du type SCR ». Une telle conduite caténaire peut remonter jusqu'au support flottant en surface ou seulement jusqu'à un flotteur en sub-surface qui tensionne son extrémité supérieure, laquelle extrémité supérieure est alors reliée à un support flottant par une conduite de liaison flexible plongeante.

[0009] On connaît également des liaisons fond-surfaces permettant de relier un support flottant à des conduites ou installations au fond de la mer entièrement constitué de conduites flexibles, notamment dans le cas où la profondeur d'eau n'est pas très importante, par exemple 300 à 750m, voire 1000m et où les têtes de puits ou les équipements sous-marins ne sont pas très éloignés dudit support flottant.

[0010] On rappelle qu'on entend ici par « conduite flexible » les conduites connues sous la dénomination « flexibles », bien connues de l'homme de l'art et qui ont été décrites dans les documents normatifs publiés par l'American Petroleum Institute (API), plus particulièrement sous les références API 17J et API RP 17 B. De tels flexibles sont notamment fabriqués et commercialisés par la Société TECHNIP-COFLEXIP France. Ces conduites flexibles comportent en général des couches d'étanchéité internes en matériaux thermoplastiques associées à des couches résistantes à la pression interne

à la conduite, en général en acier ou en matériaux composites réalisés sous forme de bandes spiralées, jointives à l'intérieur de la conduite thermoplastique pour résister à la pression interne d'éclatement et complétés par des armatures externes au-dessus de la couche tubulaire thermoplastique également sous forme de bandes spiralées jointives, mais avec un pas plus long, c'est-à-dire un angle d'inclinaison de l'hélice inférieur, notamment de 15° à 55°.

[0011] Dans certains développements de champs, on relie plusieurs têtes de puits en parallèle grâce à une pluralité de liaison fond-surface rejoignant un même support flottant. Dans ce cas, chacune desdites liaisons fond-surface doit être maintenue écartée de ses voisines immédiates pour éviter toute interférence et tout choc, non seulement au niveau des flotteurs, mais aussi au niveau des conduites flexibles et des câbles électriques et autres lignes flexibles tel que des câbles électriques ou des ombilicaux de transfert de signaux d'information assurant liaison avec ledit support flottant, lorsque lesdites conduites flexibles sont soumises aux effets du courant, et que ledit support flottant est lui soumis de plus à la houle, au vent et au courant.

[0012] Dans certains développements de champs, chacune des têtes de puits est reliée individuellement au dit support flottant et on se retrouve alors avec une très grande quantité de liaisons fond-surface que l'on ne sait alors plus installer car la longueur du bordé du support est limitée et n'accepte de ce fait qu'un nombre limité de liaisons fond-surface.

[0013] On cherche à mettre en œuvre un maximum de liaisons fond-surface à partir d'un même support flottant pour optimiser l'exploitation des champs pétroliers. C'est pourquoi on a proposé différents systèmes pouvant associer plusieurs risers verticaux ensemble afin de réduire l'encombrement du champ d'exploitation et pouvoir mettre en œuvre un plus grand nombre de liaisons fond-surface reliés à un même support flottant. Typiquement il est nécessaire de pouvoir installer jusqu'à 30, voire 40 liaisons fond-surface à partir d'un même support flottant.

[0014] Dans WO 02/66786, WO 02/103153 A1 et WO 2011/061422 A1 au nom de la demanderesse, on a décrit des tours-hybrides à risers et conduites flexibles multiples disposées en éventails permettant d'associer un grand nombre de liaisons à un même support flottant, en dépit du problème de l'interférence des mouvements desdits risers qui sont soumis au même mouvement que leur flotteur de tensionnement en tête sous l'effet des déplacements du support flottant en surface soumis à la houle, au vent et aux courants.

[0015] Dans ces installations, on a proposé de disposer 2 conduites flexibles superposées ou disposées côte à côte entre le support flottant et les extrémités supérieures de riser ou SCR, les 2 conduites flexibles étant guidées en subsurface par respectivement 2 goulottes fixées de façon superposée ou décalée latéralement à un flotteur de tensionnement d'un troisième riser disposé plus proche du support flottant que les 2 premiers risers,

chaque dite goulotte délimitant ainsi 2 portions de conduite flexible en chainette double plongeante de part et d'autre de la goulotte. Cette configuration présente l'avantage de pouvoir acheminer la conduite flexible jusqu'à l'extrémité supérieure du riser relativement éloigné du support flottant sans que le point bas desdites portions de conduite de chainette double plongeante ne soit trop profond.

[0016] Lorsqu'on met en œuvre une multiplicité de liaisons fond-surface constituées exclusivement de conduites flexibles, il est nécessaire également d'espacer les différentes liaisons les unes par rapport aux autres ceci pour au moins les raisons suivantes.

[0017] Tout d'abord, les conduites flexibles sont fragiles au niveau de leur gaine externe et l'on doit impérativement les empêcher de se heurter les unes aux autres.

[0018] D'autre part, les conduites flexibles sont mise en œuvre en passant par des éléments de guidage en forme d'arche dénommées goulottes définissant une surface rigide d'appui de forme incurvée convexe explicitée ci-après, pour délimiter 2 portions de conduites flexibles comprenant une première portion de conduite flexible en configuration de chainette double plongeante entre support flottant et ladite goulotte et une deuxième portion de conduite flexible en configuration de chainette simple entre ladite goulotte et le point de contact et de tangence de ladite conduite flexible avec le fond de la mer.

[0019] Ces éléments de guidage en forme d'arche dénommés goulottes sont bien connus de l'homme de l'art ; ils présentent :

- une section longitudinale de forme incurvée en section dans le plan longitudinal vertical axial de la goulotte, de préférence une section de forme circulaire à concavité tournée vers le fond de la mer et une surface extérieure convexe sur la quelle est disposé la conduite, et
- une section transversale dans le plan vertical perpendiculaire au plan longitudinal axial vertical de la goulotte, présentant une forme avec un fond incurvé de préférence circulaire à concavité tournée vers le haut constitué de ladite surface externe supérieure encadrée par des rebords latéraux longitudinaux assurant le maintien et guidage de la conduite dans la direction longitudinale entre lesdits rebords.

[0020] De façon connue, le rayon de courbure de la courbure longitudinale à concavité tournée vers le bas est supérieur au rayon de courbure minimale de la conduite passant par ladite goulotte.

[0021] Une telle goulotte permet de conférer à la portion de conduite flexible qu'elle soutient une courbure contrôlée pour éviter une courbure excessive qui dégraderait irrémédiablement ladite conduite.

[0022] La fonction de ces goulottes et dispositions de conduites flexibles est de créer une courbe en chainette double plongeante en amont de la goulotte entre le sup-

port flottant et la goulotte, afin d'éviter ou de réduire le plus possible les sollicitations et déplacements des conduites flexibles au niveau de leurs points de contact avec le sol marin lesquelles déstructurent le sol marin en créant des tranchées et fragilisent la conduite en raison de flexions alternées dans la zone du point de contact, obligeant à en renforcer sa structure et/ou à protéger le sol marin. Les sollicitations et déplacements du point de contact de la conduite flexible avec le sol marin sont effectivement réduits du fait que les sollicitations et déplacements de conduites sont amortis par la première portion de conduite flexible en forme de chaînette double plongeante créée par le passage de la conduite sur ladite goulotte, cette première portion étant plus sollicitée pour absorber les déplacements horizontaux du support flottant que la deuxième portion de conduite flexible en chaînette simple.

[0023] Une dite ligne flexible sous-marine suspendue à ses deux extrémités prend de par son propre poids la forme d'une courbe dite en chaînette double plongeante, connue de l'homme de l'art, c'est-à-dire descendant en configuration de chaînette jusqu'à un point bas de tangente horizontale (voir ci-après) pour remonter ensuite jusqu'audit support flottant, laquelle chaînette plongeante autorise des déplacements importants de ses extrémités absorbés par les déformations de la conduite flexible, notamment la montée ou la descente dudit point bas de la chaînette plongeante.

[0024] On rappelle que la portion de conduite flexible entre une extrémité à laquelle elle est suspendue et le point bas de tangence horizontal à savoir dans le cas de ladite deuxième portion de conduite flexible le point de contact au fond de la mer, adopte une courbe géométrique formée par une portion de 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).

[0025] Ainsi, la courbure varie le long de la chaînette depuis l'extrémité supérieure où son rayon de courbure a une valeur maximale $R_{\max}$, jusqu'au point de contact avec le sol où son rayon de courbure 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 chaînette, au niveau du fond de la mer.

[0026] Dans le cas d'une liaison fond-surface par chaînette simple, la portion la plus critique de la chaînette se situe dans la portion proche du point de contact et, la plus grande partie des efforts dans cette partie basse de la chaînette sont en fait engendrés par les mouvements propres du support flottant et par les excitations qui surviennent dans la partie haute de la chaînette soumise au courant et à la houle, l'ensemble de ces excitations se propageant alors mécaniquement tout le long de la conduite jusqu'au pied de chaînette.

[0027] La fonction essentielle de la première portion de chaînette double plongeante de conduite flexible en amont de la goulotte est donc, plus précisément d'absorber, au moins en partie, les mouvements de la conduite et/ou les mouvements des supports flottants auquel ladite ligne flexible est reliée, en découplant mécaniquement les mouvements respectifs de ladite deuxième portion de conduite flexible en chaînette simple et dudit support flottant. Mais, une autre fonction est aussi de réduire les efforts de traction exercés par ladite deuxième portion de conduite flexible, sur l'équipement marin et/ou l'extrémité de la conduite reposant au fond de la mer auquel elle est reliée, le cas échéant.

[0028] Dans la technique antérieure, ces goulottes de support intermédiaire desdites conduites flexibles sont maintenues en sub-surface à une certaine profondeur par des flotteurs supportant ou auquel sont suspendues chacune des goulottes. Mais, ces flotteurs sont soumis à des déplacements importants ce qui requiert de prévoir une distance suffisante entre les différents flotteurs pour éviter que ceux-ci ne viennent se heurter les uns contre les autres.

[0029] Ces contraintes impliquent un étalement de la zone d'exploitation et une limitation du nombre de liaisons fond-surface flexibles pouvant être reliées sur un même support flottant, au niveau des bordés, pour éviter les interférences entre les différentes liaisons flexibles et les différents flotteurs. C'est pourquoi on cherche à fournir une installation apte à exploiter depuis un même support flottant une pluralité de liaisons fond-surface de type flexible d'encombrement et mouvement réduits et qui soit aussi plus simple à poser et pouvant être fabriquée en mer depuis un navire de pose de conduite.

[0030] Dans WO 00/31372 et EP 0 251 488 A2, on

décrit des pluralités de liaisons fond-surface dans lesquelles des conduites flexibles s'étendent depuis un support flottant jusqu'au fond de la mer en passant par une structure support rigide supportant pluralité de goulottes toutes disposées à une même hauteur côte à côte décalées latéralement, lesdites goulottes étant supportées par une dite structure support reposant au fond de la mer ou par une dite structure support suspendue à des flotteurs et reliée par pas plus de 2 tendons à une embase ancrée au fond de la mer. Les extrémités supérieures et inférieures des tendons sont reliées à la structure support au niveau de points d'accroche de la à la structure support et respectivement à l'embase aux niveaux de points d'accroche de celles-ci ici dénommés « points d'accroche supérieure » et « points d'accroche inférieure ».

[0031] Dans l'art antérieur, on cherche à minimiser le nombre de tendons entre la structure support de goulottes et l'embase au fond de la mer, ceci afin de se trouver avec pas plus de 2 points d'accroche supérieur alignés au niveau de la structure support de goulottes et donc pas plus de tendons alignés dans un même plan, en général vertical, au niveau de leurs extrémités supérieures afin d'obtenir une liaison mécanique isostatique. En effet, si on met en œuvre 3 tendons, le maintien d'une liaison isostatique requiert que les 3 points d'accroche supérieure desdits tendons parallèles entre eux et sensiblement verticaux, soient en disposition triangulaire, de préférence un triangle équilatéral, dans un plan qui ne soit pas un plan sensiblement vertical. Plus ledit triangle s'aplatit, c'est-à-dire que son sommet tend vers un angle de 180°, plus on se rapproche d'une configuration de trois points alignés et plus on s'écarte d'une configuration isostatique.

[0032] Mécaniquement, une configuration est dite « isostatique », quand la répartition des efforts dans lesdits tendons est univoque donc calculable de manière connue. Par contre, dans le cas de trois tendons dont les points d'accroche supérieurs sont alignés, ainsi que dans le cas de plus de trois tendons, le système devient mécaniquement « hyperstatique », c'est-à-dire que la répartition des efforts dans chacun des tendons ne peut plus être calculée de manière univoque. Dans ce cas hyperstatique, comme dans le cas d'un tabouret à quatre pieds, l'ensemble devient possiblement bancal, certains tendons pouvant reprendre une plus grande partie de la charge, alors que d'autres seront moins chargés, voire dans certains cas complètement mous, c'est-à-dire qu'ils ne reprendront aucune charge.

[0033] Dans l'art antérieur précédemment décrit, la rupture d'un tendon, conduit soit à la ruine de l'installation dans le cas où le tendon est unique, soit à un déséquilibre dangereux de la structure support de goulottes dans le cas de deux tendons, ou encore dans le cas de trois tendons disposés en triangle dans un plan non sensiblement vertical. Il en résulte alors en général un basculement très important, voire complet, de la structure support de goulottes qui risque d'endommager de manière irréversible les conduites flexibles ou les câbles élec-

triques qu'elles supportent et ainsi mener à la ruine partielle ou totale de l'installation fond-surface. De plus, de tels incidents risquent de causer des pollutions majeures, dans le cas de lignes de production de pétrole brut.

[0034] Ces ruptures sont particulièrement redoutées dans le cas d'installations où la profondeur d'eau n'est pas très importante, c'est-à-dire quelques dizaines voire quelques centaines de mètres, car dans ces profondeurs, la houle et le courant agissent sur toute la tranche d'eau et sont alors particulièrement agressifs vis-à-vis de la structure support de goulottes équipée de ses goulottes et de ses éléments de flottabilité. De plus, la houle, le vent et les courants déstabilisent aussi le support flottant et les mouvements créés se répercutent par l'intermédiaire des conduites flexibles sur la structure support immergée, donc sur les tendons et leurs points d'accroche supérieur et inférieur. Ainsi, lorsque la profondeur n'est pas très importante, c'est-à-dire jusqu'à 300m de profondeur d'eau et lorsque les conditions océano-météo sont sévères, les flexibles, la structure porteuse des goulottes et ses liaisons avec la fondation au fond de la mer sont particulièrement soumises à des efforts importants, voire extrêmes créant une usure et une fatigue, principalement au niveau des extrémités des tendons et de leurs points d'attache. De tels accidents se sont déjà produits dans un passé récent.

[0035] Une solution connue mais non satisfaisante pour diminuer l'hyperstaticité d'un système à tendons multiples consiste à concevoir une structure support de goulottes présentant une grande souplesse, c'est-à-dire pouvant se déformer de manière importante, ce qui permet de faire participer alors, mais dans certaines limites, l'ensemble des tendons. Le principal inconvénient de cette configuration est que les problèmes de fatigue et d'usure craints au niveau des tendons et de leurs points d'accroche, sont alors reportés vers la structure support et peuvent ainsi conduire, en cas d'incident à des dommages pires encore.

[0036] Un autre problème est de fournir un système d'ancrage de ladite structure support pour lequel on puisse sans difficultés effectuer des opérations de maintenance consistant à changer l'un quelconque des tendons, sans perturber le fonctionnement du dispositif, donc sans avoir besoin de déconnecter les conduites et/ou arrêter la production pétrolière.

[0037] Plus particulièrement, le problème posé selon la présente invention est donc de fournir une installation avec une multiplicité de liaisons fond-surface de conduite flexible à partir d'une même structure de support de goulottes ancrées au fond de la mer par une pluralité de tendons d'au moins 3 tendons de manière mécaniquement quasi ou pseudo isostatique d'une part et d'autre part dont la maintenance soit la plus aisée possible.

[0038] Un autre problème est de pouvoir réaliser une fabrication et mise en place aisée par fabrication et pose séquentielle des différentes conduites à partir d'un navire de pose en surface, et d'optimiser la mise en œuvre des moyens de flottabilité et de tensionnement et ancrage de

la structure support de goulottes dans le cas d'une mise en place étalée dans le temps sur une longue période de temps entre la mise en place des différentes liaisons fond-surface flexibles et ce, sans qu'il soit nécessaire de connaître au départ le nombre de liaisons qui sont à poser, ni leurs caractéristiques en termes de dimensions, et de poids unitaire.

[0039] En effet, lors de la phase d'ingénierie du développement d'un champ pétrolifère, le réservoir de pétrole n'est connu à ce stade que de manière incomplète, la production à plein régime impose alors bien souvent de reconsidérer, au bout de quelques années, les schémas initiaux de production et l'organisation des équipements associés. Ainsi, lors de l'installation du système initial, le nombre de liaisons fond-surface et leur organisation est défini par rapport à des besoins estimés, lesdits besoins étant de manière quasi-systématique revus à la hausse après la mise en production du champ, soit pour la récupération du pétrole brut, soit pour la nécessité d'injecter davantage d'eau dans le réservoir, soit encore pour récupérer ou réinjecter davantage de gaz. Au fur et à mesure de l'épuisement du réservoir, on est en général amené à forer de nouveaux puits pour réinjecter de l'eau ou du gaz, ou encore à forer des puits de production en de nouveaux endroits du champ, de manière à augmenter le taux de récupération global, ce qui complique d'autant l'ensemble des liaisons fond-surface reliées au bordé du FPSO.

[0040] Un autre problème de la présente invention est aussi de fournir une installation de liaisons fond-surface flexibles d'une grande résistance et d'un faible coût, et dont les procédés de fabrication et mise en place et de maintenance des différents éléments constitutifs soient simplifiés et également d'un faible coût, et puisse être réalisés en mer depuis un navire de pose.

[0041] Pour ce faire, la présente invention concerne un dispositif comme décrit dans la revendication 1.

[0042] On comprend que, dans tous les cas, le dispositif de variation de distance selon l'invention permet de faire varier la distance entre ladite structure support et ladite embase.

[0043] On comprend également que ledit dispositif de variation de distance lorsqu'il est solidaire à ladite structure est fixé à ladite structure support en sous face de celle-ci, et lorsqu'il est solidaire de ladite embase, ledit dispositif de variation de distance est fixé sur la surface supérieure de ladite embase.

[0044] On comprend que la diminution ou l'augmentation de la distance entre ladite structure support et ladite embase, du fait de l'actionnement dudit dispositif de variation de distance, entraîne une augmentation ou respectivement une diminution de la tension dudit tendon. D'autre part, l'augmentation de la tension dudit tendon peut entraîner une elongation dudit tendon avec une augmentation proportionnelle à la tension, de sa longueur, en pratique une elongation inférieure à 1 %.

[0045] On comprend que, dans ce cas, la variation de distance entre ladite structure support et ladite embase

est sensiblement identique à la variation de distance entre ledit point d'accroche inférieure (ou supérieure) et ladite embase (ou respectivement dite structure support), la différence résultant de la variation de longueur du tendon lorsque la tension dans ledit tendon augmente du fait que la distance entre ladite embase et ladite structure support diminue. Plus précisément, dans ce cas, la variation de distance entre ladite embase et ladite structure support est légèrement supérieure à la variation de distance entre ledit point d'accroche inférieure (ou supérieure) et ladite embase (ou respectivement dite structure support) du fait de l'elongation du tendon.

[0046] Ainsi, il est possible de configurer à volonté en cours d'exploitation la répartition des charges reprises par les différents tendons en fonction des charges supportées par ladite structure support au niveau des différentes goulottes en ajustant la tension des dits tendons à l'aide des dits dispositifs de variation de distance. Les dispositifs de variation de distance permettent alors de rendre le système quasi isostatique, et le cas échéant permet de répartir de manière contrôlée la charge sur chacun des tendons.

[0047] D'autre part, le dispositif de variation de distance permet de faciliter la maintenance et remplacement d'un tendon en tant que de besoin en en réduisant la tension en tant que de besoin.

[0048] En pratique pour des tendons de 10 à 150m, lorsque la structure support est immergée de 200 à 3000m de profondeur, le dispositif de variation de distance permet d'ajuster la distance entre les points d'accroche supérieure et inférieure entre 0 et 3m, de préférence entre 0 et 1.5m ce qui est suffisant pour ajuster les tensions en fonction des rééquilibrages requis selon les charges créées par lesdites conduites ou lignes flexibles au niveau des goulottes.

[0049] On comprend que ledit dispositif de variation de distance peut être solidaire (i) de ladite structure support auquel cas ledit point d'accroche supérieur est solidaire du dispositif de variation de distance ou (ii) solidaire de préférence de ladite embase au fond de la mer auquel cas ledit point d'accroche inférieur est solidaire du dispositif de variation de distance.

[0050] De préférence, lesdits points d'accroche supérieure desdits p tendons sont disposés au niveau de ladite structure support et lesdits points d'accroche inférieure desdits p tendons sont disposés au niveau desdits dispositifs de variation de distance, lesdits dispositifs de variation de distance étant solidaires de ladite embase, de préférence fixées sur la surface supérieure de ladite embase, et chaque dit dispositif de variation de distance permet de faire varier la distance entre ledit point d'accroche inférieure et ladite embase.

[0051] L'intervention au niveau d'un dispositif de variation de distance, pour son actionnement ou sa manutention, est plus aisée lorsqu'il est fixé sur l'embase car il est davantage dégagé, notamment pour permettre les manutentions à l'aide d'un robot sous-marin comme décrit ci-après, que lorsqu'il est positionné en sous face de

la structure support compte tenu de l'encombrement lié à la multiplicité des conduites et lignes flexibles passant au niveau des goulottes. Dans ce cas, le dispositif de variation de distance est un dispositif de variation de la distance entre ledit point d'accroche inférieur et ladite embase.

[0052] De façon connue, un dit tendon est constitué d'un câble ou d'une chaîne ou encore d'une barre rigide articulée à ses extrémités. De préférence, ledit tendon relié à un dit dispositif de variation de distance est un câble ou une chaîne simple.

[0053] Le cas échéant, les deux tendons non reliés à un dit dispositif de variation de distance, sont situés aux deux extrémités longitudinales opposées de la structure support de préférence avec leurs deux points d'accroche supérieure correspondants disposés en diagonale. Dans le cas de trois tendons non reliés à un dit dispositif de variation de distance ce qui ne fait pas partie de cette invention, les points d'accroche supérieure des trois dits tendons sont dans un plan sensiblement horizontal et forment un triangle, de préférence le plus proche d'un triangle équilatéral.

[0054] De préférence, tous les tendons sont reliés à un dit dispositif de variation de distance.

[0055] Dans FR 2 954 966, on décrit un dispositif comportant une structure rigide de support d'une pluralité de goulottes du type décrit ci-dessus, ladite structure étant ancrée par une pluralité de lignes d'ancrage dont les points d'accroche supérieure sont disposés par paires en quatre zones de la structure, les quatre zones étant disposées en trapèze.

[0056] Un but de la présente invention est donc de fournir une installation améliorée d'une grande quantité de liaisons fond-surface flexibles permettant de relier un support flottant avec une pluralité de têtes de puits et/ou d'installations sous-marines installées au fond de la mer, comprenant une structure support de goulottes immergée ancrée au fond de la mer par une pluralité de tendons qui surmonte les inconvénients mentionnés ci-dessus.

[0057] Pour ce faire, la présente invention fournit un dispositif comme décrit dans la revendication 1.

[0058] De préférence, ladite structure support qui ne fait pas partie de cette invention présente une forme longitudinale de section sensiblement rectangulaire en section horizontale, et les au moins 3 dits premiers points d'accroche supérieure sont disposés à proximité de chacune des extrémités longitudinales de ladite structure support.

[0059] On comprend donc que deux desdits points d'accroche sont disposés à proximité d'une première extrémité longitudinale, l'autre dit point d'accroche étant disposé du côté de l'extrémité longitudinale opposée de ladite structure support.

[0060] On comprend que tous lesdits points d'accroche supérieure sont répartis pour moitié d'un côté d'un diamètre dudit cercle et pour l'autre moitié de l'autre côté dudit diamètre, de façon à ce que de préférence la résultante des tensions exercées par lesdits tendons au

niveau de leurs dits points d'accroche supérieure sur ladite structure rigide s'applique à proximité du centre de gravité de ladite structure rigide correspondant sensiblement au centre dudit cercle.

[0061] De préférence, tous lesdits points d'accroche supérieure sont répartis de façon à être disposés symétriquement par rapport au centre dudit cercle.

[0062] Plus particulièrement, au moins deux dits points d'accroche supérieure sont diamétralement opposés et disposés à proximité respectivement de chacune des extrémités longitudinales opposées de ladite structure support.

[0063] Plus particulièrement encore, lesdits points d'accroche supérieure selon la présente invention sont disposés et espacés dans un plan de section horizontale de ladite structure de telle sorte qu'au moins deux points d'accroche supérieure inscrits dans ledit cercle (C) soient disposés à proximité respectivement de chacune des extrémités longitudinales opposées de ladite structure support et au moins deux dits points d'accroche supérieure inscrits sur le cercle (C) soient disposés à proximité respectivement de chacune des extrémités transversales opposées de ladite structure support, ladite direction transversale étant la direction perpendiculaire à la direction longitudinale de ladite structure support dans ledit plan de section horizontale.

[0064] Plus particulièrement encore, lorsqu'il y a seulement trois points d'accroche supérieure inscrits sur un dit cercle, ils sont de préférence disposés pour former un triangle isocèle.

[0065] La forme de structure support décrite dans la revendication 1 est la plus pratique pour supporter une pluralité de goulottes disposées parallèlement de manière juxtaposée latéralement et successivement dans ladite direction longitudinale. Pour cette configuration, même lorsqu'un tendon connaît une rupture, les 5 autres tendons disposés en trapèze assurent une stabilisation de la structure support pendant le remplacement dudit tendon à remplacer. En revanche, avec seulement 5 tendons en trapèze, on ne serait plus certain d'assurer la stabilité de la structure support en toute circonstance en cas de rupture d'un tendon avec seulement 4 tendons restants tensionnés, car dans certaines configurations, le trapèze se transformerait en triangle de type instable.

[0066] Dans un mode de réalisation, ladite structure support comprend deux parties articulées en rotation autour d'un axe de rotation ($X_1 X'_1$), sensiblement horizontal, de préférence médian, apte à autoriser une rotation relative de chacune des deux dites parties articulées l'une par rapport à l'autre, d'un angle de -10° à $+10^\circ$, de préférence de -5° à $+5^\circ$, ladite rotation étant limitée par des butées supérieures et des butées inférieures de chacune des deux dites parties articulées de structure support, les deux dites parties articulées de structure support étant de préférence symétriques par rapport à un plan vertical médian passant par ledit axe de rotation ($X_1 X'_1$), chacune des deux dites parties articulées étant reliée à ladite embase par au moins trois dits tendons dont au

moins un, de préférence les trois, est (sont) relié(s) à une de ses (leurs) extrémités à un dispositif de variation de distance.

[0067] Plus particulièrement, chaque dite partie articulée de dite structure support présente une forme longitudinale de section sensiblement rectangulaire en section horizontale, de préférence sensiblement symétrique par rapport à un plan vertical longitudinal médian (YZ), le dispositif comportant au moins 6 tendons reliés chacun à un dit dispositif de variation de distance, et ladite structure support comporte au moins 6 points d'accroche supérieure, chaque dite partie articulée de dite structure support comprenant au moins :

- deux points d'accroche supérieure disposés aux extrémités longitudinales de chaque dite partie articulée les plus éloignées dudit axe de rotation ($X_1 X'_1$), et
- un point d'accroche supérieure disposé plus proche dudit axe de rotation que d'une dite extrémité longitudinale.

[0068] Plus particulièrement encore, les points d'accroche supérieure de ladite première partie articulée de structure support sont disposés symétriquement, aux trois points d'accroche supérieurs de la deuxième partie articulée de structure support par rapport au plan sensiblement vertical passant par ledit axe de rotation, de préférence en triangle isocèle.

[0069] Ce mode de réalisation en deux parties articulées est particulièrement avantageux pour les structures support de très grandes dimensions, car il diminue la rigidité d'ensemble et facilite l'ajustement des tensions des tendons du fait de l'indépendance relative des tendons de chacune des deux demi structures.

[0070] Le dispositif de variation de distance peut être un système de câbles avec un dit point d'accroche à son extrémité coopérant avec des et tambours, poulies et/ou treuils ou de préférence un dispositif de type actionneur linéaire de longueur variable, de préférence du type vérin, soit un vérin mécanique, soit un vérin hydraulique.

[0071] Dans un mode préféré de réalisation, le dispositif selon l'invention comprend au moins un dit dispositif de variation de distance comprenant un vérin, de préférence un vérin mécanique ou de préférence hydraulique.

[0072] La mise en œuvre d'un vérin hydraulique est avantageuse car elle permet de corréler la tension dudit tendon avec la pression hydraulique à l'intérieur du corps de vérin indiquée par un manomètre ou de préférence un capteur de pression au niveau d'un orifice du corps de vérin.

[0073] Plus particulièrement, ledit point d'accroche inférieur est solidaire de la tige mobile d'un dit vérin hydraulique dont le corps de vérin est solidaire de l'embase.

[0074] On comprend que la rétractation de la tige du vérin permet de diminuer la distance entre le point d'accroche inférieure et ladite embase et donc d'augmenter

la tension du dit tendon et l'extension de la tige du vérin permet d'augmenter la distance entre ledit point d'accroche inférieure et ladite embase et donc diminuer la tension du dit tendon.

[0075] Dans un mode préféré de réalisation, ledit vérin comprend un manomètre ou de préférence un capteur de pression au niveau d'un orifice du corps de vérin et un dispositif de verrouillage apte à verrouiller la tige en position, de préférence par fermeture étanche de la chambre de vérin.

[0076] De préférence encore, ledit vérin hydraulique est relié ou apte à être relié à une centrale d'alimentation en fluide de pressurisation embarquée dans un robot sous-marin de préférence piloté depuis un deuxième navire en surface.

[0077] Plus particulièrement, ladite structure de support supporte de 5 à 12 goulottes en forme d'arche de 1.5 à 3 m de rayon de courbure, ladite structure de support mesurant de 3 à 5 m de large et 10 à 30 m de long de poids propre dans l'air de 30 à 50 T et ladite structure support comprenant une flottabilité intégrée en sous face des goulottes de sorte que chaque dit tendon est soumis à une tension de 0,5 à 10 T, de préférence de 1 à 5T, ledit tendon étant dimensionné pour être apte à supporter une tension d'un multiple de 2 à 4 de ladite tension à laquelle il est soumis.

[0078] Plus particulièrement encore, ladite structure support est une structure métallique en treillis s'étendant longitudinalement horizontalement.

[0079] Plus particulièrement encore, ladite structure support rigide est suspendue à un flotteur supérieur immergé auquel elle est reliée par des éléments de liaison souples tels que des élingues.

[0080] Plus particulièrement encore, ladite structure de support supporte une pluralité de goulottes, de préférence au moins 5 goulottes, décalées latéralement parallèlement dans une direction (YY') de ladite structure de support, lesdites goulottes étant en forme d'arche de préférence disposées symétriquement par rapport à un plan axial longitudinal vertical (YZ) de ladite structure de support.

[0081] Selon d'autres caractéristiques avantageuses:

- une dite conduite flexible est maintenue dans une dite goulotte par des moyens de retenue et/ou des moyens d'accrochage ; et
- les goulottes supportées par une même structure de support rigide sont disposées à des hauteurs différentes ; et
- les extrémités des goulottes qu'il supporte comprennent un déflecteur dont le profil est apte à éviter d'endommager la portion de conduite flexible pouvant rentrer en contact avec ledit déflecteur en cours de pose de la conduite sur une dite goulotte.

[0082] La présente invention fournit également une

installation de liaisons fond-surface entre un même support flottant et le fond de la mer, comprenant une pluralité de lignes flexibles comprenant des conduites flexibles s'étendant depuis ledit support flottant jusqu'au fond de la mer où elles sont connectées à des têtes de puits, équipements ou extrémités de conduites sous-marines reposant au fond de la mer, lesdites lignes flexibles étant supportées par respectivement une dite pluralité de goulottes délimitant chacune deux portions de conduite comprenant une première portion de ligne flexible en configuration de chainette double plongeante entre le support flottant et ladite goulotte et une deuxième portion de ligne flexible en configuration de chainette simple entre ladite goulotte et le point de contact de la conduite flexible au fond de la mer, lesdites goulottes étant supportées par un dispositif de support de goulottes selon l'invention.

[0083] La présente invention fournit également une méthode de modification des tensions auxquelles sont soumis les différents dits tendons d'un dispositif de support selon l'invention caractérisé en ce que on actionne au moins un dit dispositif de variation de distance de manière à ajuster la tension dudit tendon auquel il est relié à une valeur contrôlée souhaitée.

[0084] La présente invention fournit également une méthode selon l'invention caractérisée en ce que l'on diminue la tension d'un dit tendon en actionnant un dit dispositif de variation de distance auquel il est relié puis on effectue le remplacement du tendon.

[0085] La présente invention fournit également une méthode selon l'invention caractérisé en ce que la liaison mécanique des différents tendons au niveau de ladite structure support est rendu mécaniquement quasi isostatique en actionnant au moins un dit dispositif de variation de distance.

[0086] On entend ici par « quasi isostatique », de façon connue, le fait que la tension dans chacun des tendons est connue et que lors des mouvements de la structure support de goulottes sous les effets de la houle, du courant et des déplacements du support flottant, ladite structure support de goulottes se déplaçant sensiblement dans un plan horizontal, la tension dans chacun desdits tendons varie de manière connue et dans une limite fixée par la géométrie d'ensemble desdits tendons, de préférence parallèles entre eux.

[0087] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lumière de la description détaillée qui va suivre, en référence aux figures suivantes dans lesquelles :

- la figure 1 est une vue de côté d'une installation de liaisons fond-surface selon l'invention entre un support flottant 2 ancré 2b et une structure de support métallique 5 supportant une pluralité de goulottes en forme d'arches 4, ancrée sur une embase 8 reposant sur le fond de la mer 3, au moyen d'une pluralité de tendons 7,
- la figure 2A est une vue de côté d'une installation de

l'art antérieur dans le cas d'une conduite flexible 1 unique reposant sur une goulotte en forme arche 4 unique, ancrée par un tendon 7 unique se terminant à son extrémité supérieure par une patte d'oie 7c de sorte que le tendon est accroché à la goulotte au niveau de 2 points d'accroche supérieure 7a, un élément de flottabilité étant situé au-dessus de la goulotte et connecté à cette dernière,

- la figure 2B est une vue de face d'une installation de l'art antérieur comportant une structure supportant trois goulottes, ladite structure étant ancrée par deux tendons, et équipée d'un flotteur unique,
- la figure 3A est une vue de face dans le plan YZ d'une installation selon l'invention comportant une structure 5 solidaire d'une pluralité de flotteurs intégrés 6a à ladite structure, supportant une pluralité de goulottes, à savoir six goulottes 4a à 4f, ladite structure étant ancrée par six tendons 7 accrochés en six points d'accroche supérieure 7a1 à 7a6,
- les figures 3B et 3C sont des vues de dessous de la structure 5 à section horizontale (plan XY) rectangulaire relative à la figure 3A détaillant la disposition dans un rectangle des six points d'accroche supérieure 7a1 à 7a6 des six tendons,
- les figures 3D et 3E sont des vues de dessous de la structure 5 à section horizontale (plan XY) rectangulaire montrant deux points d'accroche supérieur 7a3-7a4, situés en encorbellement de la structure 5, 3 points d'accroche supérieure (fig. 3E) ce qui ne fait pas partie de cette invention ou 4 points d'accroche supérieure (fig. 3D) étant inscrits dans un cercle (C), les autres points d'accroche supérieure étant situés à l'intérieur du cercle C,
- la figure 4A est une vue de côté dans le plan XZ de la figure 3A détaillant des éléments de flottabilité 6a constitué de caissons à section dans le plan XZ de type prismatique ou rectangulaire intégrés à la structure porteuse 5 en sous face des goulottes, lesdits caissons étant remplis de composés solides, liquides ou gazeux, plus légers que l'eau de mer,
- la figure 4B est une vue de côté de la figure 3A détaillant des éléments de flottabilité constitués de caissons 6a de type cylindriques à section dans le plan XZ circulaire intégrés à la structure porteuse des goulottes,
- la figure 5 est une vue de côté d'une installation au niveau d'une embase commune 8 comportant deux dispositifs de variation de distance 10 permettant l'ajustement individuel de la longueur de chacun de deux tendons 7-1, 7-2 accrochés à des points d'accroche inférieure 7b1, 7b2 au niveau de la tige 10b

d'un vérin 10 selon l'invention, et

- la figure 6 est une variante de réalisation d'un dispositif de variation de distance 10 comprenant un vérin 10 équipé d'un manomètre de pression hydraulique 11c du vérin selon l'invention, et
- les figures 7A à 7C représentent un mode de réalisation dans lequel ladite structure support 5 comprend deux parties articulées en rotation 5-1, 5-2 par rapport à un axe médian X1X1'.

[0088] Sur la figure 1 on a représenté une installation de liaisons fond-surface comprenant deux conduites flexibles ou câbles électriques 1a, 1b reliés à une extrémité 2a à un support flottant 2, maintenu en position par des lignes d'ancrage 2b, l'autre extrémité desdites conduites flexibles reposant sensiblement en 1c au fond de la mer 3. Les conduites flexibles 1a, 1b sont en configuration de chaîne plongée descendante depuis le support flottant 2, jusqu'à un point de tangence horizontale, respectivement 1a', 1b', puis en configuration de chaîne remontante jusqu'à l'entrée 4a1 d'une goulotte, respectivement 4a et 4b, dont le rayon de courbure R est supérieur au rayon de courbure minimum acceptable par lesdites conduites flexibles ou lesdits câbles. Ainsi, la conduite flexible la entre en 4a1 dans la goulotte 4a, puis repose sur ladite goulotte et ressort en 4a2 pour rejoindre en configuration de chaîne simple 1a1, le sol marin 3 sensiblement en 1c. Chacune des goulottes 4a, 4b, etc. est positionnée en décalage latéral, les unes par rapport aux autres, sur la structure 5, comme représenté sur les figures 2B et 3A. En général, les goulottes d'une même installation ont toutes le même rayon de courbure et sont solidarisées entre elles au moyen de ladite structure 5. Ladite structure comporte des éléments de flottabilité 6 qui peuvent être soit intégrés 6a à ladite structure 5, soit extérieurs, en général sous forme de flotteurs 6b situés au-dessus de ladite structure et reliés à cette dernière au moyen d'un tendon simple 6c1, comme représenté sur la figure 2A, ou d'une patte d'oie 6c2, comme représenté sur la figure 2B.

[0089] La structure support 5 est maintenue sensiblement à une altitude h par rapport au fond de la mer grâce à une pluralité de tendons 7 reliés à leurs extrémités supérieures à des points d'accroche supérieure 7a à ladite structure 5 et leurs extrémités inférieures à des points d'accroche inférieure 7b à une embase 8 reposant sur le fond marin 3, par exemple une embase poids, ou encore une ancre à succion enfoncée dans le sol appelée ci-après fondation.

[0090] Dans l'art antérieur, représenté sur les figures 2A et 2B, on cherche en général à minimiser le nombre de tendons entre la structure 5 et l'embase 8. Ainsi, dans le cas d'une conduite flexible 1 simple, comme représenté sur la figure 2A, on utilise un seul tendon 7, le cas échéant relié à ladite structure 5 par le biais d'une patte d'oie 7c, ledit tendon étant alors dans le même plan ver-

tical que ladite conduite flexible. De même, dans le cas d'une pluralité de conduites flexibles ou de câbles électriques disposés sur une pluralité de 3 goulottes 4a à 4c juxtaposées latéralement, comme représenté sur la figure 2B, la structure support 5 est reliée à son embase 8 au moyen de deux tendons, connectés le cas échéant à ladite structure support 5 par le biais d'une patte d'oie (non représentée).

[0091] Ces deux moyens d'ancrage de la structure support 5 sont en général préférés car ils permettent de minimiser le nombre de tendons, donc le coût global, et de plus ils représentent chacun un mode d'ancrage isostatique. Pour rester isostatique, on pourrait, dans le cas de la figure 2B envisager de mettre en œuvre trois tendons, mais il conviendrait, pour conserver le caractère isostatique de l'ensemble, que lesdits points d'accrochage desdits tendons ne soient pas alignés mais soient en configuration triangulaire, dans un plan quelconque qui ne soit pas un plan vertical.

[0092] Ainsi, dans l'art antérieur précédemment décrit, la rupture d'un tendon, soit conduit à la ruine de l'installation comme dans le cas de la figure 2A où le tendon est unique, soit conduit à un déséquilibre dangereux de la structure 5 dans le cas de deux tendons comme représenté sur la figure 2B, ou dans le cas de trois tendons disposés en triangle dans un plan non sensiblement vertical. Il en résulte alors en général un basculement très important, voire complet, de la structure 5 qui risque d'endommager de manière irréversible les conduites flexibles ou les câbles électriques et ainsi mener à la ruine partielle ou totale de l'installation fond-surface. Dans le cas d'un tendon unique, la structure 5 est alors complètement libre de se déplacer vers le haut et en toutes directions, sans aucun contrôle possible. De plus, de tels incidents risquent de causer des pollutions majeures, dans le cas de lignes de production de pétrole brut.

[0093] Ces ruptures sont particulièrement redoutées dans le cas d'installations où la profondeur d'eau n'est pas très importante, c'est-à-dire quelques dizaines voire quelques centaines de mètres, car dans ces profondeurs, la houle et le courant agissent sur toute la tranche d'eau et sont alors particulièrement agressifs vis-à-vis de la structure 5 équipée de ses goulottes et de ses éléments de flottabilité. De plus, la houle, le vent et les courants déstabilisent aussi le support flottant et les mouvements créés se répercutent par l'intermédiaire des conduites flexibles sur la structure 5, donc sur les tendons 7 et leurs points d'accroche supérieure 7a et inférieure 7b. Ainsi, lorsque la profondeur n'est pas très importante, c'est-à-dire de 25 à 300m de profondeur d'eau et lorsque les conditions océano-météo sont sévères, les flexibles, la structure porteuse des goulottes et ses liaisons avec la fondation sont particulièrement soumises à des efforts importants, voire extrêmes créant une usure et une fatigue, principalement au niveau des extrémités des tendons et de leurs points d'attache. De tels accidents se sont déjà produits dans un passé récent.

[0094] De manière à éviter les conséquences de la rup-

ture d'un tendon, ou de l'un de ses points d'attache, le dispositif selon l'invention ancre avantageusement la structure 5 par le biais d'au moins 6 tendons répartis de préférence de manière symétrique de part et d'autre de l'axe YY de ladite structure 5 comme représenté en vue de dessous sur la figure 3B. Chacun des points d'accroche supérieure 7a1-7a2-7a3-7a4-7a5-7a6 de la structure est relié au point d'accroche inférieure correspondant, non représenté, respectivement 7b1-7b2-7b3-7b4-7b5-7b6, par l'intermédiaire d'un tendon, respectivement 7₁-7₂-7₃-7₄-7₅-7₆, tous les tendons étant de préférence parallèles entre eux et verticaux.

[0095] Sur la figure 5, on a illustré les points d'accroche inférieure 7b1-7b2, ainsi que les tendons 7₁-7₂, lesdits points d'accroche inférieure étant solidaires, selon l'invention, non pas directement de la fondation 8, mais d'un dispositif de variation de distance 10 servant à ajuster la distance L, respectivement L₁-L₂, dudit point d'accroche inférieure à ladite fondation 8. En effet, une structure rigide 5 ancrée par deux tendons reliés à la fondation, voire trois tendons, à condition que les trois points d'accroche supérieure 7a desdits tendons ne soient pas alignés, ni situés dans un même plan vertical, présentent mécaniquement une configuration dite « isostatique », c'est-à-dire que la répartition des efforts dans lesdits tendons est univoque donc calculable de manière connue, notamment en fonction de la répartition de la charge supportée par la structure support 5 et des éléments de flottabilité intégrés à ladite structure. Par contre, dans le cas de trois tendons dont les points d'attache supérieurs sont alignés, ainsi que dans le cas de plus de trois tendons, le système devient « hyperstatique », c'est-à-dire que la répartition des efforts dans chacun des tendons ne peut plus être calculée de manière univoque. Dans ce cas hyperstatique, comme dans le cas d'un tabouret à quatre pieds, l'ensemble peut devenir bancal et certains tendons reprendront une grande partie de la charge, alors que d'autres tendons seront peu chargés, voire dans certains cas complètement mous, c'est-à-dire qu'ils ne reprendront aucune charge.

[0096] Une solution pour diminuer l'hyperstaticité du système à tendons multiples consiste à concevoir une structure 5 présentant une grande souplesse, c'est-à-dire pouvant se déformer de manière importante, ce qui permet de faire participer alors, mais dans certaines limites, l'ensemble des tendons. Le principal inconvénient de cette configuration est que les problèmes de fatigue et d'usure craints au niveau des tendons et de leurs points de fixation, sont alors reportés vers la structure 5 et peuvent ainsi conduire, en cas d'incident à des dommages pires encore.

[0097] Pour redonner un caractère pseudo ou quasi-isostatique, c'est-à-dire diminuer l'hyperstaticité du système à tendons multiples, on installe avantageusement sur les tendons, de préférence sur chacun des tendons, un dispositif de variation de distance 10 selon l'invention, apte à permettre le réglage de la distance entre son point d'accrochage supérieur 7a à la structure 5 et son point

d'accrochage inférieur à la fondation 8.

[0098] Sur les figures 3 à 6, on a représenté en vue de côté un dispositif destiné à rendre quasi-isostatique le dispositif global d'ancrage de la structure 5 sur l'embase 8, quelque soit le nombre de tendons 7, c'est-à-dire 3 tendons dans le cas d'une seule rangée de tendons situés dans un même plan vertical médian longitudinal de la structure 5, ou de préférence six tendons disposés en rectangle dans le cas de deux rangées parallèles de 3 tendons sensiblement alignés dans un même plan sensiblement vertical disposés respectivement sur les longueurs du rectangle avec 4 points d'accroche supérieure aux 4 angles du rectangle tel que représenté sur les figures 3B, 3C et 3D.

[0099] Sur la figure 3B les deux points d'accroche supérieure intermédiaires 7a3 et 7a4 sont disposés au niveau de l'axe transversal médian XX de la structure 5 tandis que sur la figure 3C les deux points d'accroche supérieure intermédiaires 7a3 et 7a4 sont décalés de part et d'autre de l'axe transversal médian XX de la structure 5.

[0100] Sur les figures 3D et 3E, deux points d'accroche supérieure intermédiaires 7a3 et 7a4 sont décalés de part et d'autre de l'axe transversal médian XX de la structure et décalés selon XX à l'extérieur des longs côtés du rectangle, de telle manière qu'ils se retrouvent solidarisés à ladite structure 5, mais en encorbellement. Sur la figure 3E, un petit côté du rectangle est bordé par 2 points d'accroche supérieure d'angle 7a1, 7a2, le côté opposé du rectangle dans la direction longitudinale comportant un seul point d'accroche supérieure 7a6 en position médiane. Dans tous les cas, l'ensemble des points d'accroche supérieure des tendons se trouve alors sur ou à l'intérieur du cercle C circonscrit au rectangle formé par les quatre points d'accroche supérieure 7a1, 7a2, 7a5, 7a6 aux 4 angles (fig.3D) ou du cercle circonscrit au triangle formé par les 3 points d'accroche supérieure 7a1, 7a2 et 7a6 (fig.3E).

[0101] Ainsi, une configuration non symétrique tel que sur les figures 3C, 3D ou 3E conviendra avantageusement dans certains cas de disparités de tailles de conduites flexibles, c'est-à-dire de disparités dans les efforts verticaux induits par ces conduites et leur implantation respective sur ladite structure 5 ainsi que dans la répartition des éléments de flottabilité.

[0102] On entend ici par « quasi-isostatique », le fait que tous les tendons collaborent à la reprise de la tension créée par la flottabilité résultante dirigée vers le haut et que chacun desdits tendons reprend sensiblement un pourcentage connu et ajustable de ladite tension globale.

[0103] Le dispositif de variation de distance et ajustement quasi-isostatique 10 selon l'invention permet, au niveau de chacun des tendons du dispositif, et de manière individuelle, d'ajuster la distance entre l'embase 8 et la structure 5, et d'ainsi répartir de manière parfaitement contrôlée la charge unitaire dans chacun desdits tendons, donc de rendre le dispositif quasiment isostatique.

[0104] Pour ce faire, l'altitude L par rapport à la fondation 8, du point d'accroche inférieure 7b du tendon 7 peut être ajustée grâce au dispositif de variation de distance 10 représenté ici comme étant un vérin hydraulique à blocage mécanique de tige, connu de l'homme de l'art. Ledit dispositif de variation de distance 10 selon l'invention est constitué d'un corps de vérin 10a solidaire de l'embase, et d'une tige de vérin 10b au sommet de laquelle se trouve le point d'accroche inférieure 7b du tendon 7. L'axe dudit vérin 10a-10b est de préférence vertical. Le corps de vérin 10a est muni d'un orifice 11 permettant de relier par un conduit 11a ledit vérin à une centrale hydraulique (non représentée) disponible à bord d'un ROV 13, sous-marin automatique piloté depuis un navire d'installation 14 en surface. Ainsi, en pressurant le vérin, on force la tige de vérin à se rétracter en longueur vers le bas et l'on ajuste et réduit de ce fait la distance entre l'embase 8 et la structure 5 et donc les longueurs ce qui a pour effet d'augmenter la tension au niveau du tendon concerné. En agissant successivement sur chacun des tendons, on répartit ainsi avantageusement et de manière parfaitement contrôlée la charge que reprend chacun des tendons, ce qui permet de rendre l'ensemble « quasi-isostatique ».

[0105] Lorsque l'on force le vérin en augmentant la pression P du fluide dans le vérin, la tige de ce dernier se rétracte, et la tension dans le tendon concerné augmente. Ainsi, le pourcentage d'effort global repris par ledit tendon augmente, et les autres tendons voient en général leur tension décroître légèrement.

[0106] De même, lorsque l'on réduit la pression P du fluide dans le vérin, la tige du vérin se déploie, et la tension dans le tendon concerné diminue de sorte que le pourcentage d'effort global repris par ledit tendon diminue, et les autres tendons voient en général leur tension croître légèrement.

[0107] Ainsi, la pressurisation ou la dépressurisation d'un dit vérin, permet d'ajuster la distance entre la fondation 8 et le point d'accroche supérieure 7a au niveau de chacun des tendons et de manière individuelle, et donc d'ajuster le pourcentage de la tension globale T repris individuellement par ledit tendon. Lorsque l'ajustement est achevé, on actionne un dispositif de verrouillage en position 12-12a de la tige 10b du vérin, puis on relâche la pression du vérin et on déconnecte le flexible d'alimentation hydraulique 11a. Sur cette figure 5 on a représenté sur la droite le dispositif de variation de distance 10 relatif au tendon 7₂ en position verrouillée 12a à l'altitude L₂, et sur la gauche, le dispositif de variation de distance 10 relatif au tendon 7₁ en cours d'ajustement à l'altitude L₁, le ROV 13 (sous-marin automatique d'intervention piloté depuis la surface) relié par le conduit 13a à l'orifice de pressurisation 11 étant en train d'ajuster la pression P du vérin, donc la tension dans ledit tendon 7₁. Lors de cet ajustement, le dispositif de verrouillage 12 est maintenu en position ouverte 12b, donc le vérin est libre de se déplacer en allongement ou en rétraction.

[0108] Pour des raisons de symétrie, on préfère en général équiper chacun des tendons 7 de son propre dispositif de variation de distance 10. Toutefois, dans le cas de n tendons, il peut être suffisant de disposer de n-2 dispositifs de variation de distance 10. En effet, les deux tendons non ajustables, de préférence situés aux extrémités longitudinales opposées de la structure 5, définissent alors l'axe sensiblement horizontal de référence d'ancrage de la structure 5 vis-à-vis de l'embase 8, l'ajustement de chacun des autres tendons permet alors de rendre le système quasi isostatique, donc permet de répartir de manière contrôlée la charge sur chacun des tendons. On pourrait de même ne disposer que n-1 dispositifs de variation de distance 10 pour n tendons.

[0109] Ne faisant pas partie de l'invention, on peut de même installer n-3 dispositifs de variation de distance 10 pour n tendons, les trois tendons non ajustables et non alignés, définissant alors un triangle sensiblement horizontal et donc un plan de référence sensiblement horizontal pour la structure 5 vis-à-vis de l'embase 8. L'ajustement de chacun des autres tendons permet alors de rendre le système quasi isostatique, donc permet de répartir de manière contrôlée la charge sur chacun des tendons, mais ces trois alternatives ne constituent pas la version préférée de l'invention.

[0110] En effet, dans une version préférée de l'invention où chacun des tendons comporte un dispositif de variation de distance 10 permettant l'ajustement de longueur des tendons, on peut alors sans difficultés effectuer des opérations de maintenance consistant à changer l'un quelconque des tendons, sans perturber le fonctionnement du dispositif, donc sans avoir besoin d'arrêter la production pétrolière. En effet, il suffit alors de :

- reconnecter le circuit hydraulique 13a du ROV 13 à l'orifice 11 du vérin 10a, puis
- déverrouiller le dispositif 12-12b et relâcher la pression du vérin pour détendre complètement ledit tendon ; puis
- déconnecter le tendon et le remplacer par un nouveau tendon ; puis
- retensionner ledit tendon à sa valeur initiale ; puis
- verrouiller le dispositif 12-12a et déconnecter le ROV 13.

[0111] Lors d'une telle opération de maintenance d'un tendon, qui intervient en général après la rupture dudit tendon, la force globale T se répartit provisoirement entre les n-1 tendons actifs, les tensions augmentant en général dans l'ensemble desdits n-1 tendons, puis revenant à la valeur initiale lorsque un nouveau tendon a été réinstallé et sa tension propre réajustée grâce au dispositif 10, comme il a été expliqué ci-dessus. Ces opérations de changement de tendon peuvent être avantageu-

sement effectuées de manière préventive, par exemple tous les 5 ans, de manière à éviter les problèmes de fatigue et de rupture dont les conséquences sont redoutées.

[0112] Pour la simplicité et la clarté des explications, le dispositif de variation de distance et d'ajustement 10 a été décrit sur la base d'un vérin hydraulique à simple effet, car la mesure de la pression P du vérin permet ainsi de connaître très précisément la tension T appliquée dans le tendon concerné. Toutefois, on aurait très bien pu utiliser un dispositif de variation de distance 10 constitué par un vérin mécanique à vis ou à crémaillère. Mais, dans ce cas, il convient en outre d'intégrer dans ledit dispositif une cellule de mesure de la charge ou tension appliquée au dit tendon tel un dynamomètre à lecture directe par un ROV, ou à transmission de données vers la surface jusqu'au poste de commandement situé à bord du support flottant, de manière à pouvoir ajuster correctement la répartition de l'ensemble des charges dans les divers tendons.

[0113] Sur la figure 6 on a représenté une version préférée de l'invention dans laquelle le vérin 10 est dépourvu de dispositif de blocage de tige 12, mais est bloqué hydrauliquement par fermeture étanche en 11b de la chambre interne dudit vérin. Ainsi, le vérin est en permanence sous pression et on dispose avantageusement un manomètre ou un capteur de pression installé de manière permanente 11a sur l'orifice 11 dudit vérin. On dispose ainsi d'un affichage permanent de la tension de chacun des tendons, cette tension étant corrélée à ladite pression du vérin, et cet affichage peut être très simplement consulté lors d'inspections routinières effectuées à intervalles réguliers, par exemple par un ROV 13. En équipant ledit orifice 11 d'un capteur de pression 11a, l'information peut alors être transmise de manière automatique et permanente jusqu'au FPSO, soit par un câble électrique, soit de manière acoustique, et l'on dispose alors au niveau du commandement, un état parfaitement précis de l'ensemble des arches flexibles et de leur système d'ancrage. En cas de rupture de l'un quelconque des tendons, le commandement en sera instantanément informé, et le cas échéant sera capable de déterminer le tendon défaillant. De même, en cas d'endommagement d'un élément de flottabilité 6, soit une rupture complète ou un envahissement partiel, la tension verticale globale diminuera et certains tendons 7 verront leur tension baisser. Le commandement du FPSO en sera alors rapidement informé et pourra ainsi lancer les actions correctives.

[0114] A titre d'exemple, une structure de supportage 5 de goulottes 4 comporte de 5 à 12 goulottes de 1.5 à 3m de rayon de courbure et mesure de 3 à 5m de large, de 5 à 30m de long et son poids propre dans l'air peut atteindre et dépasser 30 à 50 tonnes, voire plus. La flottabilité intégrée 6a à la structure 5 ou sous forme flotteur 6b situé au-dessus de ladite structure est dimensionnée de manière à compenser le poids propre de ladite structure 5 équipée de ses goulottes et divers accessoires non représentés, ainsi que le poids propre de l'ensemble

des conduites flexibles 1 en configuration de chaînette. Un complément de flottabilité 6a est intégré à l'ensemble de manière à créer une tension permanente vers le haut de 3 à 60 tonnes, de préférence de 6 à 30 tonnes. Le dispositif selon l'invention permet ainsi d'ajuster la tension dans les divers tendons en divisant sensiblement les efforts précédents par six, à savoir pour chacun des tendons, une tension permanente de 0.5 à 10 tonnes, de préférence de 1 tonne à 5 tonnes. De manière à éviter la défaillance du dispositif en cas de rupture d'un tendon ou d'un point d'attache 7a-7b, voire dans certains cas de deux tendons ou de leur points d'attache, on dimensionnera avantageusement les tendons et leurs points d'attache respectifs avec un coefficient de sécurité de 2 à 4, par exemple ; ainsi, pour un effort nominal de 2 tonnes, on dimensionne le tendon et ses points d'accrochage pour des efforts de 5 à 10 tonnes. On évite ainsi les problèmes de fatigue et d'usure ainsi que les risques de rupture, qui même si elle se produit, ne mettrait de toutes façons pas en danger la liaison fond-surface dans son ensemble.

[0115] Sur les figures 7A et 7C on a représenté une dite structure support 5 comprenant deux parties articulées en rotation 5-1, 5-2 autour d'un axe de rotation médian X1X1', sensiblement horizontal, apte à autoriser une rotation relative de chacune des deux dites parties articulées l'une par rapport à l'autre, d'un angle alpha de -10° à +10°, de préférence de -5° à +5°, ladite rotation étant limitée par des butées supérieures 5a et des butées inférieures 5b de chacune des deux dites parties articulées de structure support. Les deux dites parties articulées de structure support sont de forme et disposition symétriques par rapport à un plan vertical médian passant par ledit axe de rotation X1X1'. En pratique, le plan supérieur de ladite première partie articulée 5-1 varie d'un angle alpha par rapport au plan supérieur de ladite deuxième partie articulée 5-2. Chacune des deux dites parties articulées 5-1, 5-2 est reliée à ladite embase par trois dits tendons reliés chacun à une de leurs extrémités à un dispositif de variation de distance (non représenté). Chaque dite partie articulée 5-1, 5-2 de dite structure support 5 présente une forme longitudinale de section sensiblement rectangulaire en section horizontale, sensiblement symétrique par rapport à un plan vertical longitudinal médian (YZ), chaque dite partie articulée 5-1, 5-2 de dite structure support 5 comprenant :

- deux points d'accroche supérieure 7a1-7a2, 7a5-7a6 disposés aux extrémités longitudinales à proximité des angles de chaque dite partie articulée les plus éloignées dudit axe de rotation (X1-X'1), et
- un point d'accroche supérieure 7a3, 7a4 disposé plus proche dudit axe de rotation que d'une dite extrémité longitudinale.

[0116] Les 3 points d'accroche supérieure 7a1-7a2-7a3 de ladite première partie articulée de struc-

ture support 5-1 sont disposés en triangle isocèle symétriquement aux trois points d'accroche supérieure 7a4-7a5-7a6 de la deuxième partie articulée de structure support 5-2 par rapport au plan sensiblement vertical passant par ledit axe de rotation.

[0117] On entend ici par « support flottant » aussi bien une barge ou navire qu'une plateforme semi-submersible du type décrit ci-dessus.

[0118] On comprend que ladite partie supérieure de la structure support, supportant ou sur laquelle sont fixées lesdites goulottes selon la présente invention, est une structure rigide autre qu'un flotteur.

[0119] Dans un mode de réalisation particulier, une dite conduite flexible est maintenue dans une dite goulotte par des moyens de retenue et/ou des moyens d'accrochage. Cette caractéristique vise à stabiliser l'ensemble des conduites flexibles et à favoriser les sollicitations et déplacements dans ladite première portion desdites conduites flexibles.

[0120] La structure de support 5 de goulottes est une structure rigide, mais les sollicitations et déplacements notamment au niveau du point de contact des conduites avec le sol marin sont néanmoins considérablement réduits du fait du tensionnement de ladite structure de support par lesdits flotteurs.

[0121] Pour faciliter la pose des conduites flexibles à partir d'un navire de pose comme explicité plus loin dans la description, les extrémités des goulottes comprennent un déflecteur dont le profil est apte à éviter d'endommager la portion de conduite flexible pouvant rentrer en contact avec ledit déflecteur en cours de pose de la conduite sur une dite goulotte inférieure.

[0122] Le sommet du fond de la goulotte est le point situé à mi longueur curviligne de la goulotte.

[0123] Ladite structure support peut également supporter des goulottes servant au guidage et au support de lignes flexibles autres que lesdites conduites flexibles et donc de plus petit diamètre.

[0124] Pour la clarté des figures, les goulottes ont été décrites comme étant des portions de tore tronqué présentant une section transversale circulaire dont le diamètre est légèrement supérieur au diamètre de la conduite flexible, mais la forme de l'arche dans le plan XZ' peut tout aussi bien être de type ellipse, parabolique ou toute autre forme à courbure variable, dont la courbure maximale est inférieure à la courbure critique limite de ladite conduite flexible. De même, la section transversale de la goulotte peut être de forme quelconque, par exemple en forme de U, étant entendu que la largeur intérieure du U dans la portion de goulotte est légèrement supérieure au diamètre de la conduite flexible. Un dispositif de verrouillage, non représenté, solidarise chacun des flexibles à sa goulotte respective, de manière à éviter tout glissement axial dudit flexible par rapport à sa propre goulotte.

[0125] Le rayon de courbure des diverses goulottes a été représenté dans les diverses figures comme étant identiques, mais on adoptera avantageusement des

rayons de courbure adaptés à chacune des conduites, ce qui permettra de minimiser le poids de l'ensemble et ainsi de réduire la flottabilité nécessaire.

[0126] Les chaînes simples 1a, 1b se déforment de manière significative lorsque le support flottant 2 se déplace au gré de la houle, du vent et des courants. Par contre, les portions de chaîne simples 1a1 et 1b1 se déformeront très peu et donc restent sensiblement fixes quelque soient les déplacements du support flottant.

[0127] On a décrit le dispositif de variation de distance et d'ajustement 10 comme étant solidaire à une de ses extrémités soit de l'embase 8, soit de la structure 5, l'autre extrémité étant solidaire du tendon, mais ledit dispositif 10 peut aussi être solidaire d'un côté dudit tendon et de l'autre, d'une liaison articulée, par exemple un second tendon, ce dernier étant solidaire à son autre extrémité soit de l'embase 8, soit de la structure 5. Ainsi, ledit dispositif 10 se trouve disposé entre un premier tendon et un second tendon, néanmoins, cette disposition particulière ne constitue pas la version préférée de l'invention.

Revendications

1. Dispositif comprenant une structure de support rigide (5) maintenue immergée en sub-surface par des flotteurs (6) et ancrée au fond de la mer par des tendons (7), utile pour supporter une pluralité d'éléments de support et guidage en forme d'arche dénommés goulottes (4) dans une installation de liaisons fond-surface entre un même support flottant (2) et le fond de la mer (3), comprenant une pluralité de lignes flexibles comprenant des conduites flexibles (1, 1a, 1b) s'étendant jusqu'au fond de la mer où elles sont connectées à des têtes de puits, équipements ou extrémités de conduites sous-marines reposant au fond de la mer, lesdites lignes flexibles étant supportées par respectivement ladite pluralité de goulottes, dispositif dans lequel :

- ladite structure de support de goulottes (5) est reliée à une embase (8) reposant et/ou ancrée au fond de la mer par une pluralité de n tendons tensionnés sensiblement parallèlement, de préférence sensiblement verticalement, par lesdits flotteurs, n étant au moins égal à 6, une pluralité de p dits tendons (7) parmi les n tendons, p étant au moins égal à (n-2), étant reliés à une de leurs extrémités (7a, 7b) chacun à un dispositif de variation de distance (10), ledit dispositif de variation de distance étant relié à ladite embase (8) ou ladite structure support (5) ou solidaire de ladite embase (8) ou de ladite structure support (5), l'autre extrémité dudit tendon étant fixée à un point d'accroche solidaire de ladite structure support (5) ou respectivement de ladite embase (8), ledit dispositif de variation de distance (10)

étant apte à être actionné pour faire varier la distance entre son point d'accroche audit tendon et ladite embase ou dite structure support à laquelle il est fixé ou relié, et

- l'extrémité supérieure dudit tendon est fixée à un point d'accroche supérieure (7a) solidaire de ladite structure support (5) ou respectivement dudit dispositif de variation distance (10), l'extrémité inférieure dudit tendon étant fixée à un point d'accroche inférieure (7b) solidaire dudit dispositif de variation distance (10) ou respectivement de ladite embase (8), ledit dispositif de variation de distance (10) étant apte à :

- faire varier la distance entre (i) ledit point d'accroche supérieure (7a) et ladite structure support, lorsque ledit dispositif de variation de distance (10) est solidaire de ladite structure support (5), ou

- faire varier la distance entre (i) un dit point d'accroche inférieure (7b) et ladite embase (8), lorsque ledit dispositif de variation de distance (10) est solidaire de ladite embase (8).

caractérisé en ce que ladite structure support (5) présente une forme longitudinale de section sensiblement rectangulaire en section horizontale, de préférence sensiblement symétrique par rapport à un plan vertical longitudinal médian (YZ), le dispositif comportant au moins 6 tendons reliés chacun à un dit dispositif de variation de distance (10), et ladite structure support (5) comporte au moins 6 points d'accroche supérieure (7a) dont 4 points d'accroche supérieure (7a1, 7a2, 7a5, 7a6) définissent les 4 angles d'un rectangle, les deux autres points d'accroche supérieure (7a3, 7a4) étant disposés à l'intérieur d'un cercle (C) circonscrit audit rectangle, au niveau ou à proximité des deux grandes longueurs du rectangle, les 4 points d'accroche d'angle (7a1, 7a2, 7a5, 7a6) étant disposés à proximité des extrémités longitudinales de ladite structure support (5).

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** lesdits deux autres points d'accroche supérieure (7a3, 7a4) sont disposés à l'intérieur dudit cercle (C) circonscrit au dit rectangle au niveau de l'axe médian transversal (XX') dudit rectangle.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite structure support est supportée par au moins un flotteur inférieur intégré (6a) sur lequel elle est fixée.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** ladite structure support (5) comprend deux parties articulées en rotation (5-1, 5-2) autour d'un axe de rotation ($X_1 X'_1$), sensiblement horizontal, de préférence médian, apte à autoriser

une rotation relative de chacune des deux dites parties articulées l'une par rapport à l'autre, d'un angle de -10° à $+10^\circ$, de préférence de -5° à $+5^\circ$, ladite rotation étant limitée par des butées supérieures (5a) et des butées inférieures (5b) de chacune des deux dites parties articulées de structure support, les deux dites parties articulées de structure support étant de préférence symétriques par rapport à un plan vertical médian passant par ledit axe de rotation ($X_1 X'_1$), chacune des deux dites parties articulées (5-1, 5-2) étant reliée à ladite embase par au moins trois dits tendons dont au moins les trois sont reliés à une de leurs extrémités à un dispositif de variation de distance (10).

5. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** chaque dite partie articulée (5-1, 5-2) de dite structure support (5) présente une forme longitudinale de section sensiblement rectangulaire en section horizontale, de préférence sensiblement symétrique par rapport à un plan vertical longitudinal médian (YZ), le dispositif comportant au moins 6 tendons reliés chacun à un dit dispositif de variation de distance (10), et ladite structure support (5) comporte au moins 6 points d'accroche supérieure (7a), chaque dite partie articulée (5-1, 5-2) de dite structure support (5) comprenant au moins :

- deux points d'accroche supérieure (7a1-7a2, 7a5-7a6) disposés aux extrémités longitudinales de chaque dite partie articulée les plus éloignées dudit axe de rotation ($X_1 X'_1$), et
- un point d'accroche supérieure (7a3, 7a4) disposé plus proche dudit axe de rotation que d'une dite extrémité longitudinale.

6. Dispositif selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** les points d'accroche supérieure (7a1-7a2-7a3) de ladite première partie articulée de structure support (5-1) sont disposés symétriquement, aux trois points d'accroche supérieurs (7a4-7a5-7a6) de la deuxième partie articulée de structure support (5-2) par rapport au plan sensiblement vertical passant par ledit axe de rotation, de préférence en triangle isocèle.

7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6 **caractérisé en ce que** lesdits points d'accroche supérieure (7a) desdits p tendons sont disposés au niveau de ladite structure support (5) et lesdits points d'accroche inférieurs (7b) desdits p tendons sont disposés au niveau desdits dispositifs de variation de distance (10), lesdits dispositifs de variation de distance étant solidaires de ladite embase, de préférence fixées sur la surface supérieure de ladite embase (8), et chaque dit dispositif de variation de distance (10) permet de faire varier la distance entre ledit point d'accroche inférieur (7b) et ladite embase.

8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** lesdits tendons sont des câbles ou chaines.
9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins un dit dispositif de variation de distance (10) comprenant un vérin, de préférence un vérin mécanique ou de préférence hydraulique.
10. Dispositif selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** ledit point d'accroche inférieure est solidaire de la tige mobile (10b) d'un dit vérin hydraulique dont le corps de vérin (10a) est solidaire de l'embase (8).
11. Dispositif selon l'une des revendications 9 ou 10, **caractérisé en ce que** ledit vérin comprend un manomètre (11c) ou de préférence un capteur de pression au niveau d'un orifice (11) du corps de vérin et un dispositif de verrouillage (11b, 12) apte à verrouiller la tige en position, de préférence par fermeture étanche de la chambre de vérin.
12. Dispositif selon la revendication 9, 10 ou 11, **caractérisé en ce que** ledit vérin hydraulique (10) est relié (11a) ou apte à être relié à une centrale d'alimentation en fluide de pressurisation embarquée dans un robot sous-marin (13) de préférence piloté depuis un deuxième navire (14) en surface.
13. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** ladite structure de support (5) supporte de 5 à 11 goulottes en forme d'arche de 1.5 à 3 m de rayon de courbure, ladite structure de support mesurant de 3 à 5 m de large et 10 à 30 m de long de poids propre dans l'air de 30 à 50 T et ladite structure support (5) comprenant une flottabilité intégrée en sous face des goulottes de sorte que chaque dit tendon est soumis à une tension de 0,5 à 10 T, de préférence de 1 à 5T, ledit tendon étant dimensionné pour être apte à supporter une tension d'un multiple de 2 à 4 de ladite tension à laquelle il est soumis.
14. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** ladite structure support est une structure métallique en treillis s'étendant longitudinalement horizontalement.
15. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** ladite structure support rigide est suspendu à un au moins flotteur supérieur immergé (6b) auquel elle est relié par des éléments de liaison souples tels que des élingues (6c).
16. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que** ladite structure de support (5) supporte une pluralité de goulottes (4), de préférence au moins 5 goulottes décalées latéralement parallèlement dans une direction (YY' , $Y_1Y'_1$, $Y_2Y'_2$) de ladite structure de support (5), lesdites goulottes étant en forme d'arche de préférence disposées symétriquement par rapport à un plan axial longitudinal vertical (YZ) de ladite structure de support.
17. Installation de liaisons fond-surface entre un même support flottant (2) et le fond de la mer (3), comprenant une pluralité de lignes flexibles comprenant des conduites flexibles (1, 1a, 1b) s'étendant depuis ledit support flottant jusqu'au fond de la mer où elles sont connectées à des têtes de puits, équipements ou extrémités de conduites sous-marines reposant au fond de la mer, lesdites lignes flexibles étant supportées par respectivement une dite pluralité de goulottes délimitant chacune deux portions de conduite comprenant une première portion de ligne flexible (1-1) en configuration de chaînette double plongeante entre le support flottant (2) et ladite goulotte et une deuxième portion de ligne flexible (1-2) en configuration de chaînette simple entre ladite goulotte et le point de contact (1-2a, 1-2b) de la conduite flexible au fond de la mer, lesdites goulottes étant supportées par un dispositif selon l'une des revendications 1 à 16.
18. Méthode de modification des tensions auxquelles sont soumis les différents dits tendons d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 16, **caractérisée en ce qu'on** actionne un dit dispositif de variation de distance (10) de manière à ajuster la tension dudit tendon auquel il est relié à une valeur contrôlée souhaitée.
19. Méthode selon la revendication 18, **caractérisée en ce que** l'on diminue la tension d'un dit tendon en actionnant un dit dispositif de variation de distance auquel il est relié puis on effectue le remplacement du tendon.
20. Méthode selon la revendication 18, **caractérisée en ce que** la liaison mécanique des différents tendons au niveau de ladite structure support est rendu mécaniquement quasi isostatique en actionnant au moins un dit dispositif de variation de distance.

Patentansprüche

1. Vorrichtung, die eine steife Tragstruktur (5) umfasst, die durch Schwimmer (6) unterhalb der Wasseroberfläche eingetaucht und am Meeresgrund durch Spannglieder (7) verankert gehalten wird, und die nützlich ist, um mehrere Trag- und Führungselemente in Bogenform, die als Kabelrinnen (4) bezeichnet werden, in einer Installation von Verbindungen zwischen Grund und Oberfläche zwischen demselben

schwimmenden Träger (2) und dem Meeresgrund (3) zu tragen, umfassend mehrere flexible Leitungen, die flexible Kanäle (1, 1a, 1b) umfassen, die sich bis zum Meeresgrund erstrecken, wo sie mit Bohrlochköpfen, Ausrüstung oder Enden von unterseeischen Kanälen verbunden werden, die am Meeresgrund ruhen, wobei die flexiblen Leitungen jeweils durch die mehreren Kabelrinnen getragen werden, wobei in der Vorrichtung:

- die Kabelrinnen-Tragstruktur (5) mit einer Basis (8) verbunden ist, die am Meeresgrund ruht und/oder durch eine Vielzahl von n Spanngliedern verankert ist, die im Wesentlichen parallel, vorzugsweise im Wesentlichen vertikal, durch die Schwimmer verspannt sind, wobei n mindestens gleich 6 ist, wobei eine Vielzahl von p der Spannglieder (7) von den n Spanngliedern, wobei p mindestens gleich (n - 2) ist, an einem ihrer Enden (7a, 7b) jeweils mit einer Vorrichtung zur Veränderung des Abstands (10) verbunden ist, wobei die Vorrichtung zur Veränderung des Abstands mit der Basis (8) oder der Tragstruktur (5) verbunden oder mit der Basis (8) oder der Tragstruktur (5) einteilig ist, wobei das andere Ende des Spannglieds an einem Aufhängungspunkt fixiert ist, der jeweils mit der Tragstruktur (5) oder der Basis (8) einteilig ist, wobei die Vorrichtung zur Veränderung des Abstands (10) dazu geeignet ist, betätigt zu werden, um den Abstand zwischen ihrem Aufhängungspunkt an dem Spannglied und der Basis oder der Tragstruktur, an welcher sie fixiert oder mit welcher sie verbunden ist, zu verändern, und
- das obere Ende des Spannglieds an einem oberen Aufhängungspunkt (7a) fixiert ist, der jeweils mit der Tragstruktur (5) oder der Vorrichtung zur Veränderung des Abstands (10) einteilig ist, wobei das untere Ende des Spannglieds an einem unteren Aufhängungspunkt (7b) fixiert ist, der jeweils mit der Vorrichtung zur Veränderung des Abstands (10) oder der Basis (8) einteilig ist, wobei die Vorrichtung zur Veränderung des Abstands (10) dazu geeignet ist:
- den Abstand zwischen (i) dem oberen Aufhängungspunkt (7a) und der Tragstruktur zu verändern, wenn die Vorrichtung zur Veränderung des Abstands (10) mit der Tragstruktur (5) einteilig ist, oder
- den Abstand zwischen (i) einem unteren Aufhängungspunkt (7b) und der Basis (8) zu verändern, wenn die Vorrichtung zur Veränderung des Abstands (10) mit der Basis (8) einteilig ist,

dadurch gekennzeichnet, dass die Tragstruktur (5) eine längliche Form mit im Wesentlichen rechteckigem Querschnitt in der Horizontalen aufweist,

vorzugsweise im Wesentlichen symmetrisch in Bezug auf eine vertikale Längsmittlebene (YZ), wobei die Vorrichtung mindestens 6 Spannglieder beinhaltet, die jeweils mit einer Vorrichtung zur Veränderung des Abstands (10) verbunden sind, und die Tragstruktur (5) mindestens 6 obere Aufhängungspunkte (7a) beinhaltet, von welchen 4 obere Aufhängungspunkte (7a1, 7a2, 7a5, 7a6) die 4 Ecken eines Rechtecks definieren, und die zwei anderen oberen Aufhängungspunkte (7a3, 7a4) innerhalb eines Kreises (C), der das Rechteck umschreibt, an den oder in der Nähe der zwei langen Seiten des Rechtecks, angeordnet sind, wobei die 4 Eck-Aufhängungspunkte (7a1, 7a2, 7a5, 7a6) in der Nähe der Längsenden der Tragstruktur (5) angeordnet sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zwei anderen oberen Aufhängungspunkte (7a3, 7a4) innerhalb des Kreises (C), der das Rechteck umschreibt, an der Quermittelachse (XX') des Rechtecks angeordnet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur von mindestens einem integrierten unteren Schwimmer (6a) getragen wird, an welchem sie fixiert ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (5) zwei zur Drehung (5-1, 5-2) um eine im Wesentlichen horizontale, vorzugsweise mittlere Drehachse (X1 X'1) angelenkte Teile umfasst, die dazu geeignet ist, eine relative Drehung eines jeden der zwei angelenkten Teile in Bezug auf den jeweils anderen um einen Winkel von -10° bis +10°, vorzugsweise von -5° bis + 5°, zu erlauben, wobei die Drehung durch obere Anschläge (5a) und untere Anschläge (5b) eines jeden der zwei angelenkten Teile der Tragstruktur begrenzt wird, wobei die zwei angelenkten Teile der Tragstruktur vorzugsweise in Bezug auf eine vertikale Mittlebene symmetrisch sind, die durch die Drehachse (X1 X'1) hindurch verläuft, wobei jeder der zwei angelenkten Teile (5-1, 5-2) mit der Basis durch die mindestens drei Spannglieder verbunden ist, von welchen mindestens die drei an einem ihrer Enden mit einer Vorrichtung zur Veränderung des Abstands (10) verbunden sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder angelenkte Teil (5-1, 5-2) der Tragstruktur (5) eine längliche Form mit im Wesentlichen rechteckigem Querschnitt in der Horizontalen aufweist, vorzugsweise im Wesentlichen symmetrisch in Bezug auf eine vertikale Längsmittlebene (YZ), wobei die Vorrichtung mindestens 6 Spannglieder beinhaltet, die jeweils mit einer Vorrichtung zur Veränderung des Abstands (10) verbunden sind, und die Tragstruktur (5) mindestens 6 obere Aufhän-

gungspunkte (7a) beinhaltet, wobei jeder angelenkte Teil (5-1, 5-2) der Tragstruktur (5) mindestens umfasst:

- zwei obere Aufhängungspunkte (7a1-7a2, 7a5-7a6), die an Längsenden eines jeden angelenkten Teils, die am weitesten von der Drehachse ($X_1 X'_1$) entfernt sind, angeordnet sind, und
 - einen oberen Aufhängungspunkt (7a3, 7a4), der näher an der Drehachse angeordnet ist als ein Längsende.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oberen Aufhängungspunkte (7a1-7a2-7a3) des ersten angelenkten Teils der Tragstruktur (5-1) in Bezug auf die im Wesentlichen vertikale Ebene, die durch die Drehachse hindurch verläuft, symmetrisch zu den drei oberen Aufhängungspunkten (7a4-7a5-7a6) des zweiten angelenkten Teils der Tragstruktur (5-2) angeordnet sind, vorzugsweise in einem gleichschenkeligen Dreieck.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oberen Aufhängungspunkte (7a) der p Spannglieder an der Tragstruktur (5) angeordnet sind und die unteren Aufhängungspunkte (7b) der p Spannglieder an den Vorrichtungen zur Veränderung des Abstands (10) angeordnet sind, wobei die Vorrichtungen zur Veränderung des Abstands einteilig mit der Basis sind, vorzugsweise an der oberen Oberfläche der Basis (8) fixiert sind, und jede Vorrichtung zur Veränderung des Abstands (10) es erlaubt, den Abstand zwischen dem unteren Aufhängungspunkt (7b) und der Basis zu verändern.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spannglieder Seile oder Ketten sind.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mindestens eine Vorrichtung zur Veränderung des Abstands (10) umfasst, die einen Zylinder, vorzugsweise einen mechanischen oder vorzugsweise einen hydraulischen Zylinder umfasst.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der untere Aufhängungspunkt mit der beweglichen Stange (10b) eines Hydraulikzylinders einteilig ist, dessen Zylinderkörper (10a) einteilig mit der Basis (8) ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zylinder ein Manometer (11c) oder vorzugsweise einen Drucksensor an einer Öffnung (11) des Zylinderkörpers
- sowie eine Sperrvorrichtung (11b, 12) umfasst, die dazu geeignet ist, die Stange in ihrer Position festzulegen, vorzugsweise durch dichtes Verschließen der Zylinderkammer.
12. Vorrichtung nach Anspruch 9, 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hydraulikzylinder (10) mit einer Zentrale zur Versorgung mit Fluid zur Druckbeaufschlagung, die auf einem Unterwasser-Roboter (13) mitgeführt wird, der vorzugsweise von einem zweiten Schiff (14) an der Oberfläche gesteuert wird, verbunden (11a) ist oder geeignet ist, damit verbunden zu werden.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (5) von 5 bis 11 Kabelrinnen in Bogenform mit einem Krümmungsradius von 1,5 bis 3 m trägt, wobei die Tragstruktur in der Breite 3 bis 5 m und in der Länge 10 bis 30 m misst und ein Eigengewicht an der Luft von 30 bis 50 T aufweist, und die Tragstruktur (5) eine solche integrierte Aufschwimmfähigkeit der Kabelrinnen unter der Oberfläche umfasst, dass jedes Spannglied einer Spannung von 0,5 bis 10 T, vorzugsweise von 1 bis 5 T ausgesetzt ist, wobei das Spannglied so dimensioniert ist, dass es dazu geeignet ist, eine Spannung eines Mehrfachen von 2 bis 4 Mal der Spannung, der es ausgesetzt ist, auszuhalten.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur eine Metallstruktur in Fachwerkform ist, die sich der Länge nach horizontal erstreckt.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die steife Tragstruktur an mindestens einem oberen eingetauchten Schwimmer (6b) angehängt ist, mit welchem sie durch nachgiebige Verbindungselemente wie Schlingen (6c) verbunden ist.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (5) mehrere Kabelrinnen (4), vorzugsweise mindestens 5 Kabelrinnen trägt, die seitlich versetzt und in einer Richtung (YY' , $Y_1Y'_1$, $Y_2Y'_2$) der Tragstruktur (5) parallel sind, wobei die Kabelrinnen eine Bogenform aufweisen und vorzugsweise symmetrisch in Bezug auf eine vertikale axiale Längsebene (YZ) der Tragstruktur angeordnet sind.
17. Installation von Verbindungen zwischen Grund und Oberfläche zwischen demselben schwimmenden Träger (2) und dem Meeresgrund (3), umfassend mehrere flexible Leitungen, die flexible Kanäle (1, 1a, 1b) umfassen, die sich von dem schwimmenden Träger bis zum Meeresgrund erstrecken, wo sie mit

Bohrlochköpfen, Ausrüstung oder Enden von unterseischen Kanälen verbunden werden, die am Meeresgrund ruhen, wobei die flexiblen Leitungen jeweils von den mehreren Kabelrinnen getragen werden, die jeweils zwei Kanalsektionen begrenzen, die eine erste Sektion der flexiblen Leitung (1-1) in Doppelkettenkonfiguration, die zwischen dem schwimmenden Träger (2) und der Kabelrinne eingetaucht ist, und eine zweite Sektion der flexiblen Leitung (1-2) in einfacher Kettenkonfiguration zwischen der Kabelrinne und dem Kontaktpunkt (1-2a, 1-2b) des flexiblen Kanals mit dem Meeresgrund umfassen, wobei die Kabelrinnen von einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16 getragen werden.

18. Verfahren zur Veränderung der Spannungen, welchen die verschiedenen Spannglieder einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16 ausgesetzt sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Vorrichtung zur Veränderung des Abstands (10) auf eine Weise betätigt wird, um die Spannung des Spannglieds, mit welchem sie verbunden ist, auf einen gewünschten gesteuerten Wert einzustellen.
19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spannung eines Spannglieds verringert wird, indem eine Vorrichtung zur Veränderung des Abstands, mit welcher es verbunden ist, betätigt wird und anschließend der Austausch des Spannglieds erfolgt.
20. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mechanische Verbindung der verschiedenen Spannglieder an der Tragstruktur mechanisch quasiisostatisch gemacht wird, indem mindestens eine Vorrichtung zur Veränderung des Abstands betätigt wird.

Claims

1. A device comprising a rigid support structure (5) held immersed in the subsurface by floats (6) and anchored to the bottom of the sea by tension legs (7), for the purpose of supporting a plurality of arch-shaped support and guide elements, referred to as "troughs" (4), in a bottom-to-surface connection installation between a single floating support (2) and the bottom of the sea (3), the installation having a plurality of flexible lines comprising flexible pipes (1, 1a, 1b) extending to the bottom of the sea where they are connected to wellheads, to equipment, or to the ends of undersea pipes resting on the sea bottom, said flexible lines being supported respectively by said plurality of troughs, in which device:
- said trough support structure (5) is connected to a base (8) resting on and/or anchored to the

sea bottom by a plurality of n tension legs tensioned substantially in parallel, preferably substantially vertically, by said floats, where n is not less than six, each of a plurality of p said tension legs (7) from the n tension legs, where p is not less than $(n-2)$, being connected at one of its ends (7a, 7b) to a distance-varying device (10), said distance-varying device being connected to said base (8) or to said support structure (5) or being integral with said base (8) or said support structure (5), the other end of said tension leg being fastened to an attachment point secured to said support structure (5) or respectively to said base (8), said distance-varying device (10) being suitable for being actuated to vary the distance between its attachment point to said tension leg and said base or said support structure to which it is fastened or connected; and

- the top end of said tension leg is fastened at a top attachment point (7a) secured to said support structure (5) or respectively to said distance-varying device (10), the bottom end of said tension leg being fastened at a bottom attachment point (7b) secured to said distance-varying device (10) or respectively to said base (8), said distance-varying device (10) being suitable for:

- varying the distance between (i) said top attachment point (7a) and said support structure when said distance-varying device (10) is secured to said support structure (5); or
- varying the distance between (i) a said bottom attachment point (7b) and said base (8) when said distance-varying device (10) is secured to said base (8);

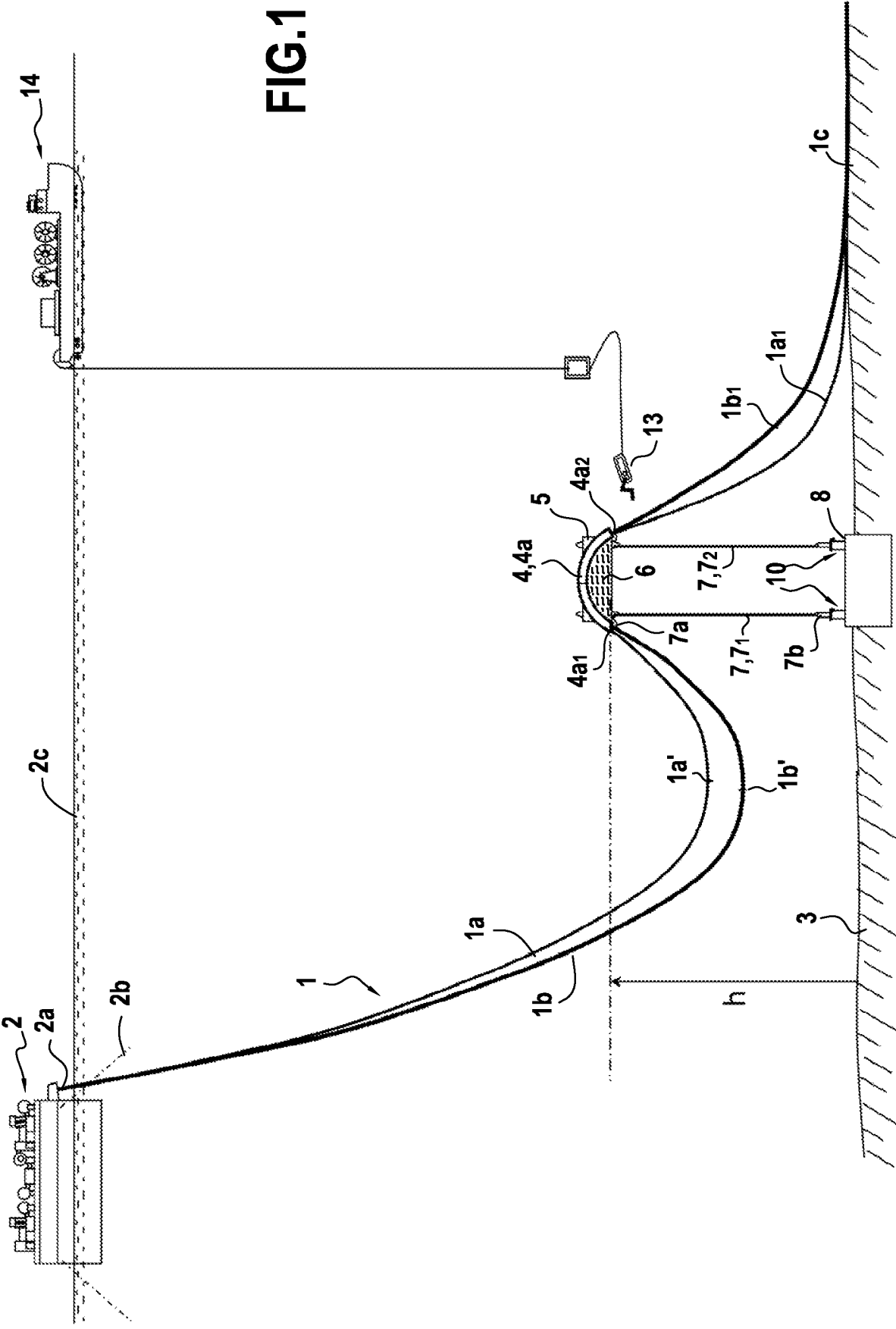
the device being **characterized in that** said support structure (5) presents a longitudinal shape of substantially rectangular horizontal section, that is preferably substantially symmetrical about a longitudinal vertical midplane (YZ), the device having at least six tension legs, each connected to a said distance-varying device (10), and said support structure (5) has at least six top attachment points (7a), with four of the top attachment points (7a1, 7a2, 7a5, 7a6) defining the four corners of a rectangle, the other two top attachment points (7a3, 7a4) being arranged inside a circle (C) that circumscribes said rectangle, at or in the vicinity of two long sides of the rectangle, the four corner attachment points (7a1, 7a2, 7a5, 7a6) being arranged in the proximity of the longitudinal ends of said support structure (5).

2. A device according to claim 1, **characterized in that** said other two top attachment points (7a3, 7a4) are arranged inside said circle (C) that circumscribes said rectangle, at the transverse middle axis (XX')

of said rectangle.

3. A device according to claim 1 or claim 2, **characterized in that** said support structure is supported by at least one incorporated bottom float (6a) to which it is fastened. 5
4. A device according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** said support structure (5) comprises two portions (5-1, 5-2) that are hinged to pivot about a pivot axis ($X1X'_1$) that is substantially horizontal, and preferably in the middle, suitable for allowing each of said two hinged portions to pivot relative to the other through an angle of -10° to $+10^\circ$, preferably of -5° to $+5^\circ$, said pivoting being limited by top abutments (5a) and bottom abutments (5b) of each of said two hinged support structure portions, said two hinged support structure portions preferably being symmetrical about a vertical midplane containing said pivot axis ($X1X'_1$), each of said two hinged portions (5-1, 5-2) being connected to said base by at least three said tension legs, of which all three are connected at one of their ends to a distance-varying device (10). 10 15 20
5. A device according to claim 4, **characterized in that** each said hinged portion (5-1, 5-2) of said support structure (5) presents a longitudinal shape of substantially rectangular horizontal section, preferably substantially symmetrical about a longitudinal vertical midplane (YZ), the device having at least six tension legs, each connected to a said distance-varying device (10), and said support structure (5) has at least six top attachment points (7a), each said hinged portion (5-1, 5-2) of said support structure (5) comprising at least: 25 30 35
 - two top attachment points (7a1-7a2, 7a5-7a6) arranged at the longitudinal ends of each said hinged portion that are further from said pivot axis ($X1X'_1$); and
 - one top attachment point (7a3, 7a4) arranged closer to said axis of rotation than a said longitudinal end. 40 45
6. A device according to claim 5, **characterized in that** the top attachment points (7a1-7a2-7a3) of said first hinged support structure portion (5-1) are arranged symmetrically to the three top attachment points (7a4-7a5-7a6) of the second hinged support structure portion (5-2) about the substantially vertical plane containing said pivot axis, preferably as an isosceles triangle. 50
7. A device according to any one of claims 1 to 6, **characterized in that** said top attachment points (7a) of said p tension legs are arranged at said support structure (5) and said bottom attachment points (7b) of said p tension legs are arranged at said distance-varying devices (10), said distance-varying devices being secured to said base, preferably being fastened to the top surface of said base (8), and each said distance-varying device (10) serves to vary the distance between said bottom attachment point (7b) and said base. 55
8. A device according to any one of claims 1 to 7, **characterized in that** said tension legs are cables or chains.
9. A device according to any one of claims 1 to 8, **characterized in that** it includes at least one said distance-varying device (10) comprising an actuator, preferably an actuator that is mechanical or preferably hydraulic.
10. A device according to claim 9, **characterized in that** said bottom attachment point is secured to the movable rod (10b) of said hydraulic actuator having its actuator cylinder (10a) secured to the base (8).
11. A device according to claim 9 or claim 10, **characterized in that** said actuator includes a pressure gauge (11c) or preferably a pressure sensor at an orifice (11) of the actuator cylinder, and a locking device (11b, 12) suitable for locking the rod in position, preferably by closing the actuator chamber in leaktight manner.
12. A device according to claim 10 or claim 11, **characterized in that** said hydraulic actuator (10) is connected (11a) or suitable for being connected to a pressurized fluid feeder unit on board an undersea robot (13), preferably under control from a second vessel (14) on the surface.
13. A device according to any one of claims 1 to 12, **characterized in that** said support structure (5) supports five to 11 arch-shaped troughs having a radius of curvature in the range 1.5 m to 3 m, said support structure having a width lying in the range 3 m to 5 m, and a length lying in the range 10 m to 30 m, and dead weight in air lying in the range 30 t to 50 t, and said support structure (5) has buoyancy incorporated under the troughs so that each said tension leg is subjected to tension lying in the range 0.5 t to 10 t, preferably in the range 1 t to 5 t, said tension leg being dimensioned to be suitable for supporting a tension that is two to four times said tension to which it is subjected.
14. A device according to any one of claims 1 to 13, **characterized in that** said support structure is a metal lattice structure extending longitudinally in a horizontal direction.

15. A device according to any one of claims 1 to 14, **characterized in that** said rigid support structure is suspended from at least one immersed top float (6c) to which it is connected by flexible connection elements such as slings (6c). 5
16. A device according to any one of claims 1 to 15, **characterized in that** said support structure (5) supports a plurality of troughs (4), preferably at least five troughs that are laterally offset in parallel in one direction (YY' , $Y_1Y'_1$, $Y_2Y'_2$) of said support structure (5), said trough being arch-shaped and preferably arranged symmetrically about a vertical longitudinal axial plane (YZ) of said support structure. 10
15
17. A bottom-to-surface connection installation between a single floating support (2) and the sea bottom (3), the installation comprising a plurality of flexible lines comprising flexible pipes (1, 1a, 1b) extending from said floating support to the sea bottom, where they are connected to wellheads, to equipment, or to the ends of undersea pipes resting on the sea bottom, said flexible lines being supported respectively by a said plurality of troughs, each defining two pipe portions comprising a first flexible line portion (1-1) in a hanging double catenary configuration between the floating support (2) and said trough, and a second flexible line portion (1-2) in a single catenary configuration between said trough and the point of contact (1-2a, 1-2b) of the flexible pipe with the sea bottom, said troughs being supported by a device according to any one of claims 1 to 16. 20
25
30
18. A method of modifying the tensions to which various said tension legs of a device according to any one of claims 1 to 16 are subjected, the method being **characterized in that** a said distance-varying device (10) is actuated so as to adjust the tension of said tension leg to which it is connected to have a desired controlled value. 35
40
19. A method according to claim 18, **characterized in that** the tension of a said tension leg is decreased by actuating said distance-varying device to which it is connected, and then the tension leg is replaced. 45
20. A method according to claim 18, **characterized in that** the mechanical connection between the various tension legs and said support structure is made mechanically quasi-isostatic by actuating at least one said distance-varying device. 50
55



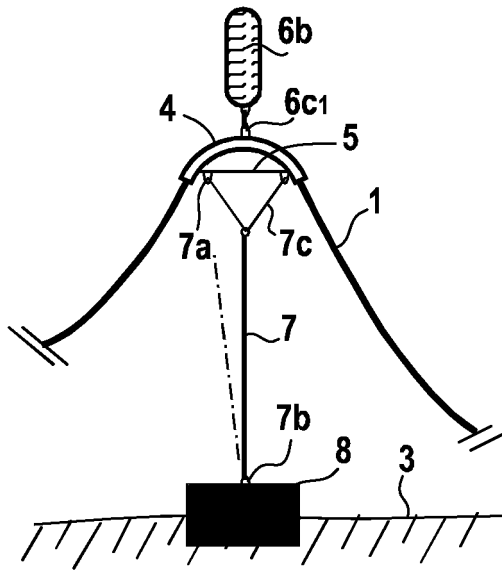


FIG. 2A

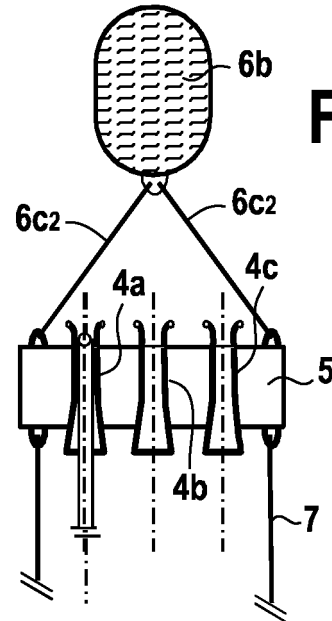


FIG. 2B

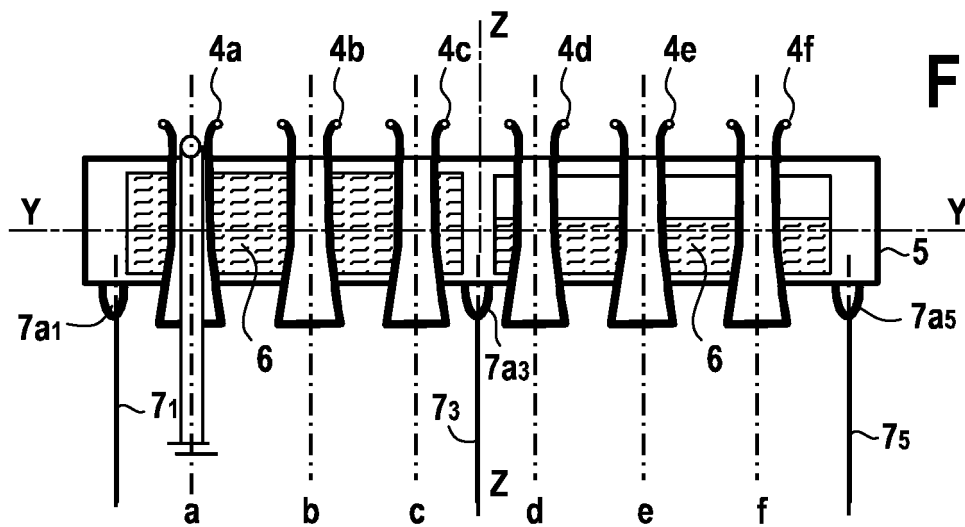


FIG. 3A

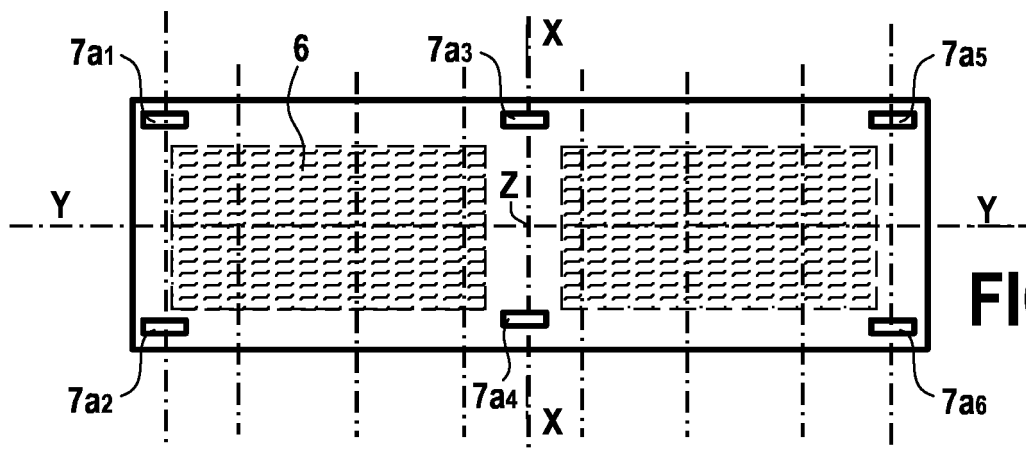


FIG. 3B

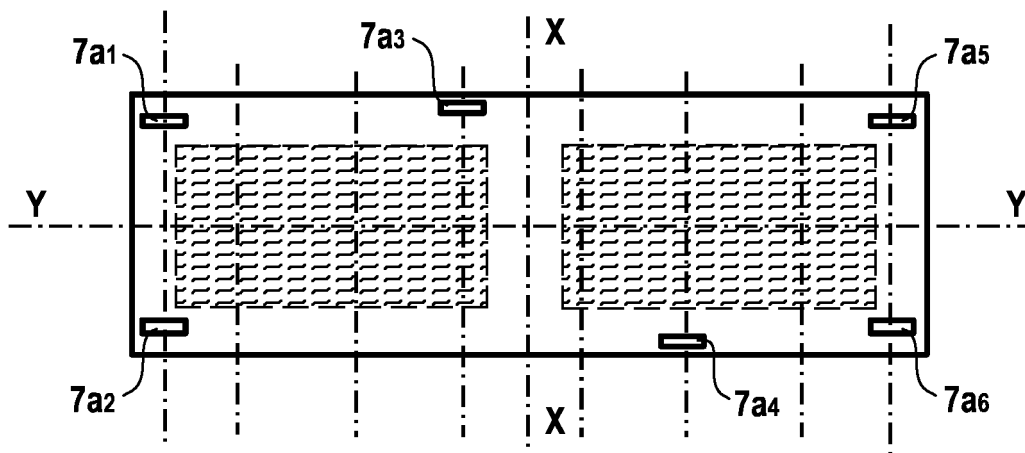


FIG.3C

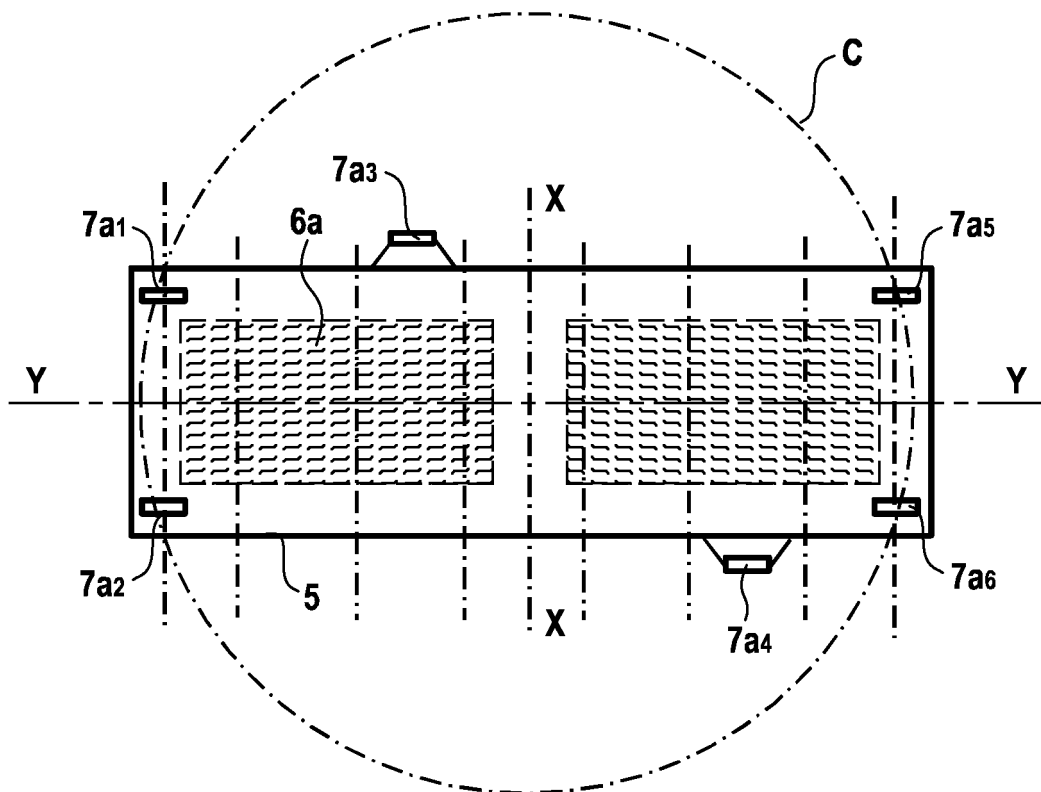


FIG.3D

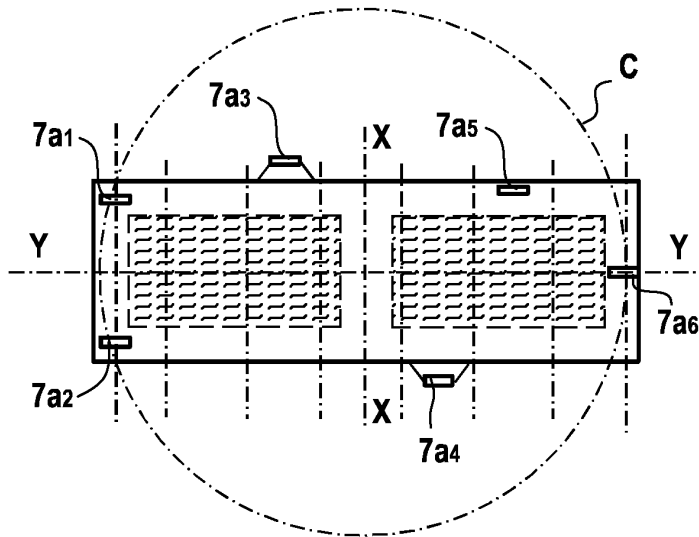


FIG.3E

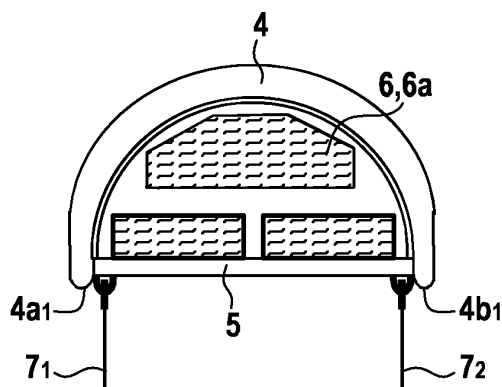


FIG.4A

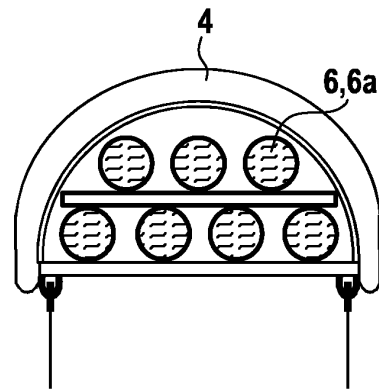


FIG.4B

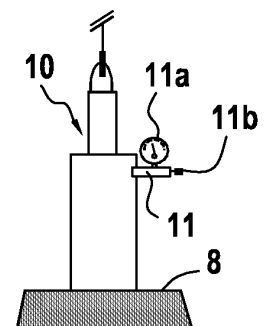
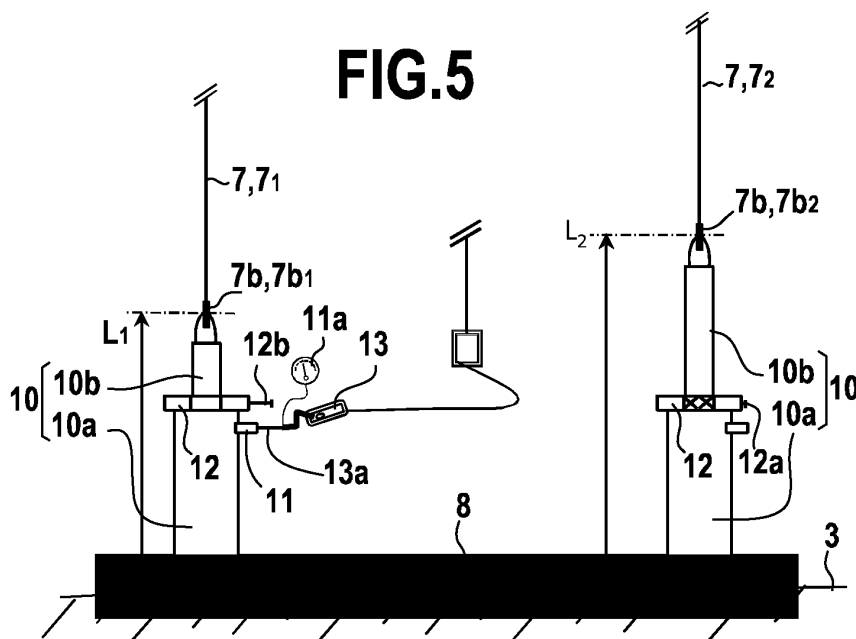


FIG.6

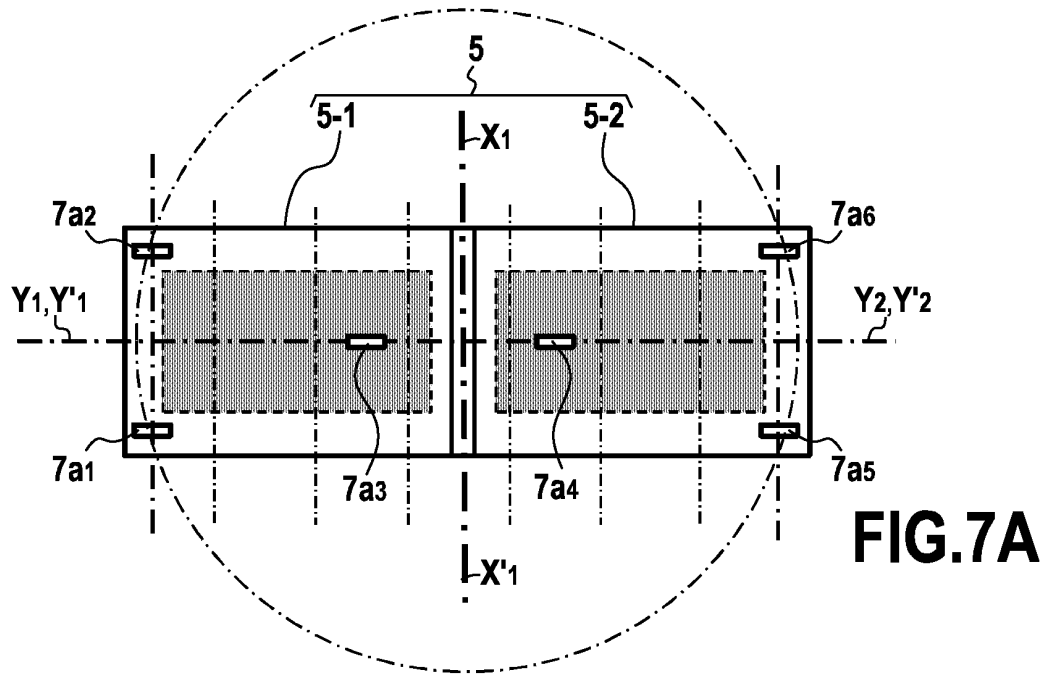


FIG. 7A

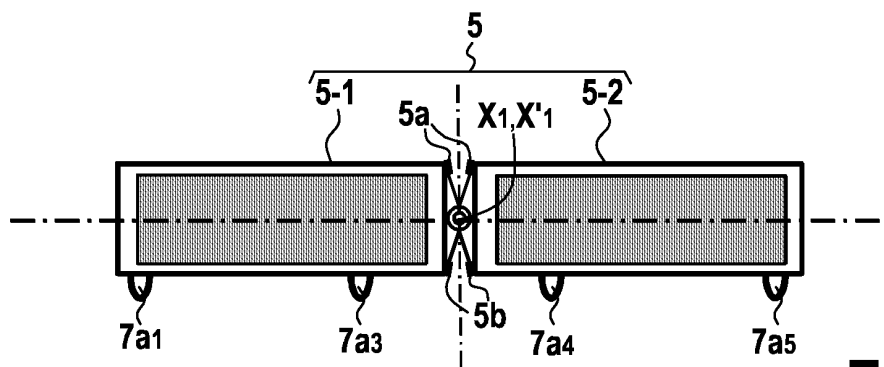


FIG. 7B

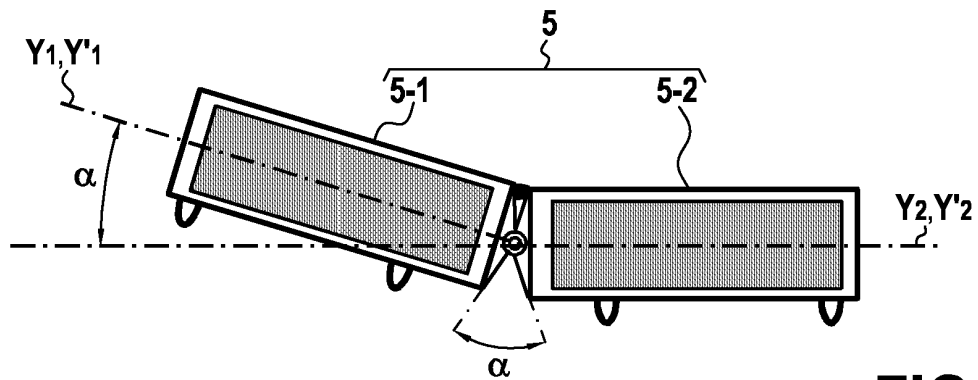


FIG. 7C

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

- WO 0266786 A [0014]
- WO 02103153 A1 [0014]
- WO 2011061422 A1 [0014]
- WO 0031372 A [0030]
- EP 0251488 A2 [0030]
- FR 2954966 [0055]