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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
24 novembre 2011 (24.11.2011)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/144864 A1

(51) Classification internationale des brevets :
*B63B 21/50* (2006.01) *E21B 17/01* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2011/051118

(22) Date de dépôt international :
18 mai 2011 (18.05.2011)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1053909 20 mai 2010 (20.05.2010) FR

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

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **PIONETTI, François-Régis** [FR/FR]; Le Haut Bosc, F-50450 La Baleine (FR). **SZYSZKA, Damien** [FR/FR]; 68, rue du Gouverneur Général Eboué, F-92130 Issy Les Moulineaux (FR). **CHKIR, Rami** [TN/FR]; 4 terrasse Boieldieu, F-92800 Puteaux (FR).

(74) Mandataires : **DOMANGE, Maxime** et al.; Cabinet Beau De Loménie, 232, avenue du Prado, F-13295 Marseille Cedex 08 (FR).

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

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

*[Suite sur la page suivante]*

(54) Title : SEABED-TO-SURFACE LINKING EQUIPMENT INCLUDING A FLEXIBLE PIPE GUIDING STRUCTURE

(54) Titre : INSTALLATION DE LIAISON FOND-SURFACE COMPRENANT UNE STRUCTURE DE GUIDAGE DE CONDUITE FLEXIBLE

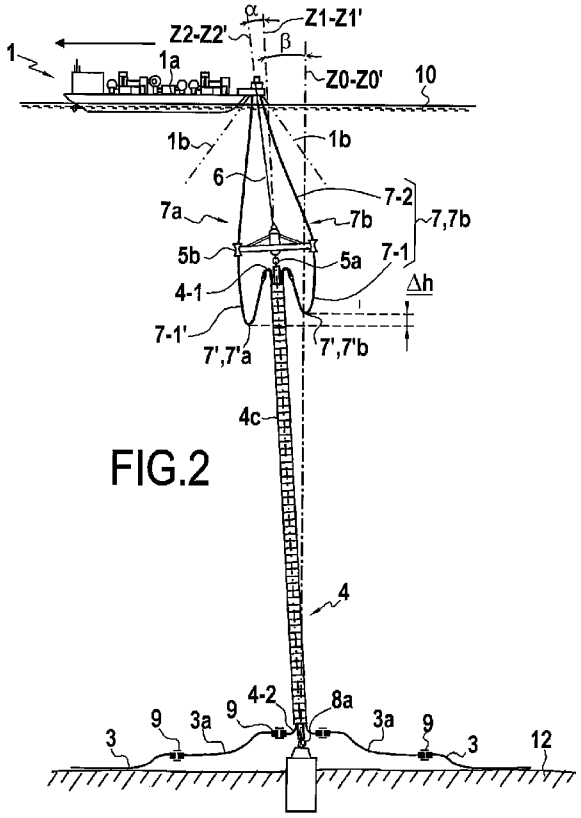



FIG.2

(57) Abstract : The present invention relates to a piece of seabed-to-surface linking equipment between a plurality of submarine pipes (3) resting on the seabed (12) and a support (1) floating on the surface (10) and anchored (1a) to the seabed, including: a) a so-called floating support including a turret (2), and b) a plurality of flexible pipes (7, 7a-7b) extending from said turret to a respective plurality of rigid pipes (4a), said rigid pipes (4a) providing the link between said flexible pipes (7, 7a, 7b) and said respective plurality of submarine pipes (3) resting on the seabed, said equipment being characterised in that it includes a guide structure (5) held under the surface (H 1) between said turret (2) and the top of said rigid pipes (4a), said guide structure (5) being suitable for guiding said flexible pipes (7), said guide structure (5) including a plurality of first guide elements (5b) respectively crossed by said plurality of flexible pipes, such that one such flexible pipe includes at least one lower flexible pipe portion (7-1) in catenary curve configuration, and a second flexible pipe portion (7-2) extending entirely above the contact point (5b1) between the flexible pipe and said first curve guide element (5b) forming a chain from said guide element (5b) which said flexible pipe crosses in the direction of said turret (2) to which the top end of the latter (7-2') is connected.

(57) Abrégé :

*[Suite sur la page suivante]*

WO 2011/144864 A1

GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée** :

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

La présente invention concerne une installation de liaison fond-surface entre une pluralité de conduites sous-marines (3) reposant au fond de la mer (12) et un support flottant (1) en surface (10) et ancré (la) au fond de la mer, comprenant : a) un dit support flottant comprenant un touret (2), et b) une pluralité de conduites flexibles (7,7a-7b) s'étendant depuis ledit touret, jusqu'à une respectivement pluralité de conduites rigides (4a), lesdites conduites rigides (4a) assurant la liaison entre lesdites conduites flexibles (7, 7a, 7b) et respectivement ladite pluralité de conduites sous- marines (3) reposant au fond de la mer, ladite i nstallation étant caractérisée en ce qu'elle comprend une structure de guidage (5) maintenue en subsurface (H l) entre ledit touret (2) et au sommet desdites conduites rigides (4a), ladite structure de guidage (5) étant apte à guider lesdites conduites flexibles (7), ladite structure de guidage (5) comprenant une pluralité de premiers éléments de guidage (5b) traversés respectivement par ladite pluralité de conduites flexibles, de telle sorte qu'une dite conduite flexible comprend au moins une portion inférieure de conduite flexible (7-1) en configuration de chaînette plongeante, et une deuxième portion de conduite flexible (7-2) s'étendant entièrement au-dessus du point de contact (5bl) de la conduite flexible avec ledit premier élément de guidage (5b) en courbure en forme de chaînette depuis ledit élément de guidage (5b) qu'elle traverse en direction dudit touret (2) auquel son extrémité supérieure (7-2') est reliée.

# Installation de liaison fond-surface comprenant une structure de guidage de conduite flexible

La présente invention concerne une installation de liaison fond-surface entre une pluralité de conduites sous-marine reposant au fond de la mer et un support flottant en surface, comprenant une tour hybride constituée d'une pluralité de conduites flexibles reliées à des conduites rigides montantes, ou risers verticaux, l'extrémité supérieure desdites conduites flexibles étant solidaire d'un touret pivotant librement à l'avant du navire ou au sein du navire, en général dans le tiers avant dudit navire.

Le secteur technique de l'invention est plus particulièrement le domaine de la fabrication et de l'installation de colonnes montantes (« riser ») de production pour l'extraction sous-marine de pétrole, de gaz ou autre matériau soluble ou fusible ou d'une suspension de matière minérale à partir de tête de puits immergé 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.

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.

Les supports flottants sont :

- soit du type à cap fixe, c'est-à-dire qu'ils possèdent une pluralité d'ancres, en général situées à chacun des angles dudit support flottant maintenant ce dernier dans un cap fixe et n'autorisant alors que le roulis le tangage et limitant les embardées et le lacet ;

- soit du type à touret, c'est-à-dire que toutes les ancres convergent vers une structure cylindrique solidaire du navire, mais libre en rotation selon l'axe vertical ZZ, le support flottant étant alors libre de tourner autour dudit touret et se positionner dans la direction de moindre effort de la résultante des effets du vent, du courant et de la houle sur le support flottant et ses superstructures.

Les supports flottants de type à cap fixe sont plus particulièrement destinés à des environnements pas trop agités et présentant des houles d'ampleur moyennes en provenance d'une seule direction, telles que rencontrées en Afrique de l'ouest. On installe alors le support flottant face à cette direction privilégiée de la houle pour en minimiser les effets. Ce type de support flottant présente l'avantage de pouvoir d'installer simplement un très grand nombre de liaisons fond-surface sur un bordé dudit support flottant, voire sur les deux bordés bâbord et tribord.

Lorsque les conditions sont plus sévères, voire extrêmes comme en Mer du Nord, on a proposé dans WO 2009/150142 un support flottant du type à cap fixe, à savoir une plateforme du type SPAR equipée d'une structure inférieure déconnectable à laquelle sont reliées les extrémités supérieures de conduites flexibles assurant des liaisons fond-surface. Mais, pour ces conditions extrêmes, un support flottant avantageux est alors du type à touret dans lequel toutes les liaisons fond-surface doivent converger vers un touret avant de rejoindre le FPSO proprement dit, par l'intermédiaire d'un raccord à joint tournant situé à l'axe dudit touret. En général les conduites de liaisons fond-surface sont réalisées par des conduites flexibles reliant directement les conduites reposant sur le fond de la mer au touret, lesdites conduites flexibles étant en général organisées radialement ou en étoile uniformément réparties tout autour de l'axe dudit touret.

De nombreuses configurations ont été développées et l'on connaît le brevet WO-2009-122098 de la demanderesse qui décrit un FPSO équipé d'un tel touret et de conduites flexibles associées, plus particulièrement destiné aux conditions extrêmes rencontrées en arctique. Une telle

configuration est intéressante pour les profondeurs d'eau moyenne, c'est-à-dire de 100 à 350m, voire 500-600m. En particulier, la mise en œuvre de conduites flexibles sur toute la hauteur de tranche d'eau entre les conduites rigides reposant au fond de la mer et le support flottant autorise des déplacements du support flottant plus importants que lorsque l'on met en œuvre des conduites rigides. Toutefois, il n'est pas possible dans ce type de liaison fond-surface entre le touret d'un support flottant et des conduites reposant au fond de la mer, de mettre en œuvre lesdites conduites flexibles sous forme de chaînette plongeante, c'est-à-dire avec un point bas d'inflexion comme décrit dans les liaisons fond-surface de 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 subsurface auquel elle est reliée, et

- 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 chaînette plongeante, c'est-à-dire descendant largement en dessous du flotteur pour remonter ensuite jusqu'audit support flottant, laquelle chaînette plongeante autorise des déplacements importants du support flottant absorbés par les déformations de la conduite flexible, notamment la montée ou la descente dudit point bas d'inflexion de la chaînette plongeante.

Mais, dès que la profondeur d'eau atteint 1000-1500m, voire 2000-3000m, le coût de cette multiplicité de conduites flexibles devient très élevé en raison de la longueur développée de chacune desdites conduites flexibles, car ces conduites flexibles sont très complexes et très délicates à fabriquer pour atteindre des niveaux de sûreté de fonctionnement requis pour rester en opération sur des durées pouvant atteindre et dépasser 20-25 ans, voire plus.

En particulier, les conduites flexibles risquent d'interférer entre elles et s'entrechoquer.

Le but de la présente invention est de fournir un nouveau mode d'installation de liaison fond-surface d'un support flottant équipé d'un touret sur lequel des conduites flexibles sont fixées et arrimées pour assurer au moins en partie la liaison du support flottant avec des conduites reposant au fond de la mer.

Plus précisément, le but de la présente invention est de fournir un nouveau type de liaison fond-surface qui soit à la fois moins encombrant, plus fiable mécaniquement en termes de tenue dans le temps tout en étant moins coûteux et plus simple à réaliser.

Pour ce faire, la présente invention fournit une installation de liaison fond-surface entre une pluralité de conduites sous-marines reposant au fond de la mer et un support flottant en surface et ancré au fond de la mer, comprenant :

a) un dit support flottant comprenant un touret comprenant une cavité au sein d'une structure déportée à l'avant du support flottant ou intégrée dans ou dessous la coque du support flottant, de préférence ladite cavité traversant la coque du support flottant sur toute sa hauteur, ledit touret comprenant en outre une partie interne cylindrique apte à rester sensiblement fixe par rapport au fond de la mer à l'intérieur de ladite cavité lorsque ledit support flottant est entraîné en rotation autour de l'axe vertical ZZ' de ladite partie interne ou dite cavité du touret, ledit support flottant étant ancré au fond de la mer par des lignes fixées à leurs extrémités supérieures à ladite partie interne cylindrique du touret, et

b) une pluralité de conduites flexibles s'étendant depuis ledit touret auquel leurs extrémités supérieures sont reliées, jusqu'aux extrémités supérieures d'une respectivement pluralité de conduites rigides auxquelles les extrémités inférieures desdites conduites flexibles sont reliées, lesdites conduites rigides assurant la liaison entre lesdites conduites flexibles et respectivement ladite pluralité de conduites sous-marines reposant au fond de la mer, lesdites conduites rigides étant réunies entre elles et/ou guidées

au moins à leurs sommets par une structure porteuse tensionnée par des éléments de flottabilité, ladite structure porteuse étant reliée à une embase reposant ou enfoncée au fond de la mer, de préférence par l'intermédiaire d'une articulation mécanique flexible, et ladite structure porteuse comprenant de préférence un tendon vertical s'étendant jusqu'à ladite articulation mécanique flexible,

ladite installation étant caractérisée en ce qu'elle comprend une structure de guidage maintenue en subsurface H entre ledit touret et ladite structure porteuse, de préférence solidaire de ladite structure porteuse au sommet desdites conduites rigides, ladite structure de guidage étant apte à guider lesdites conduites flexibles entre d'une part, leurs extrémités supérieures reliée à ladite partie interne cylindrique du touret et d'autre part, leurs extrémités inférieures reliées aux extrémités supérieures desdites conduites rigides, de préférence par l'intermédiaire de dispositifs en col de cygne, ladite structure de guidage comprenant une pluralité de premiers éléments de guidage traversés respectivement par ladite pluralité de conduites flexibles, de telle sorte qu'une dite conduite flexible comprend au moins une première portion de conduite flexible en configuration de chaînette plongeante, comprenant un point bas d'inflexion intermédiaire entre d'une part l'extrémité inférieure de ladite conduite flexible reliée à l'extrémité supérieure d'une dite conduite rigide, et d'autre part, le point de contact de ladite conduite flexible au niveau dudit premier élément de guidage qu'elle traverse, et une deuxième portion de conduite flexible s'étendant entièrement au-dessus dudit point de contact de la conduite flexible avec ledit premier élément de guidage, selon une courbure en forme de chaînette depuis ledit élément de guidage qu'elle traverse jusqu'au dudit touret auquel son extrémité supérieure est reliée.

La structure de guidage selon l'invention permet de créer une pluralité de chaînettes plongeantes s'étendant (en ce qui concerne le centre de la conduite) dans des plans sensiblement verticaux passant par l'axe vertical $Z_1Z_1'$ de ladite structure de guidage et de préférence, le cas échéant, dans le même plan que celui desdits dispositifs de type col de cygne d'une part, et d'autre part, d'espacer lesdites chaînettes plongeantes

les unes des autres dans un plan perpendiculaire horizontal de manière à créer un dièdre d'un angle donné minimal entre deux plans sensiblement verticaux adjacents dans lesquels s'étendent les axes desdites chaînettes plongeantes.

Lesdites chaînettes plongeantes desdites premières portions de conduite flexible constituent une réserve de flexibilité autorisant des déformations contrôlées, tolérables desdites conduites flexibles lorsque celles-ci sont déformées de par les mouvements du support flottant. D'autre part, la structure de guidage permet de garantir que la courbure desdites chaînettes plongeantes au niveau de leur point bas d'inflexion reste toujours avec un rayon de courbure supérieur à un rayon de courbure minimal en deçà duquel la déformation de la conduite flexible deviendrait irréversible et/ou l'endommagerait.

Cet effet technique avantageux de ladite structure de guidage est très important dans le cas de la mise en œuvre de conduites flexibles, car le point de fragilité de celles-ci qui commande la durée de tenue dans le temps de l'installation et se situe essentiellement dans la zone des dits points bas desdites chaînettes plongeantes où le rayon de courbure est minimal.

Au total, la structure de guidage selon l'invention permet de mettre en œuvre avec un encombrement réduit optimal, un plus grand nombre de conduites flexibles sans que celles-ci n'interfèrent les unes avec les autres et notamment ne s'entrechoquent, en cas de mouvement dudit support flottant lié à la houle, au courant et/ou aux vagues.

On comprend que l'axe vertical ZZ' de ladite structure interne cylindrique du touret et celui de ladite cavité du touret coïncident.

D'autre part, de manière connue, ladite structure interne cylindrique du touret est articulée en rotation relative à l'intérieur de ladite cavité par rapport à ladite structure déportée à l'avant du support et/ou par rapport à la coque de dit support flottant par l'intermédiaire d'au moins un palier de roulement ou de frottement situé au-dessus de la ligne de flottaison et/ou

hors d'eau, de préférence un palier de roulement, de manière à autoriser la rotation dudit support flottant autour dudit axe sensiblement vertical ZZ' du touret, sans entraîner la rotation de ladite structure interne cylindrique du touret.

De façon connue, ladite structure interne cylindrique du touret est une structure tubulaire étanche, comportant une paroi de fond assemblée de manière étanche à l'extrémité inférieure de la paroi tubulaire latérale de ladite structure interne cylindrique du touret et des secondes conduites assurent la liaison entre l'extrémité supérieure desdites conduites flexibles, au niveau de ladite paroi de fond de la structure interne pivotante du touret et le pont du support flottant, en remontant au sein de ladite structure interne du touret et de ladite cavité, jusqu'à un raccord de type raccord à joint tournant solidaire dudit support flottant.

La configuration dite en « chaînette plongeante » de ladite première portion de conduite flexible est bien connue de l'homme de l'art et décrite dans les demandes de brevets antérieures au nom de la demanderesse. Elle est constituée de deux courbes en chaînettes de courbure similaire et disposées symétriquement par rapport à un axe vertical $Z_0Z_0'$ et à un plan vertical $P_0$ de symétrie passant au dit point bas.

On comprend que lesdites deuxièmes portions de conduites flexibles s'éloignent de plus en plus de l'axe vertical du touret et de celui de ladite structure de guidage qui se trouve en alignement de l'axe du touret lorsque l'installation est au repos, depuis leur extrémité supérieure reliée au dit touret jusque vers ledit élément de guidage à travers lequel elle passe, tandis que, au contraire, lesdites premières portions de conduites flexibles se rapprochent de plus en plus de l'axe de ladite structure porteuse et des extrémités supérieures desdites conduites rigides, depuis ledit élément de guidage jusqu'aux dites extrémités supérieures desdites conduites rigides auxquelles elles sont reliées.

Plus particulièrement, ladite structure de guidage comporte de préférence au moins 4, de préférence encore 6 à 12 dits premiers éléments de guidage répartis, de préférence symétriquement et régulièrement, de

préférence encore circulairement, en périphérie de ladite structure de guidage, et dont les axes $Z_3Z_3'$ sont situés à une distance R1 d'au moins 3m, de préférence de 3 à 25 m, de l'axe $Z_1Z_1'$ de ladite structure de guidage.

On comprend que l'axe $Z_1Z_1'$ de la structure de guidage et celui de la structure porteuse sont sensiblement alignés entre eux et avec l'axe ZZ' du touret lorsque l'installation est au repos.

Selon une autre caractéristique avantageuse, ladite structure de guidage comporte au moins un élément de flottabilité apte à maintenir ladite structure de guidage au-dessus de ladite structure porteuse des conduites rigides, à une profondeur H d'au moins 25 m, de préférence de 50 à 250 m de la surface.

On comprend que ledit élément de flottabilité exerce une tension verticale, donc sensiblement dans l'axe de ladite structure de guidage lorsque l'installation est au repos

Ledit élément de flottabilité de la structure de guidage est particulièrement avantageux en ce qu'il permet de contribuer au fonctionnement de ladite structure porteuse et au tensionnement, donc au raidissement de sa liaison avec l'embase au fond de la mer, mais également en ce qu'il facilite la pose de ladite structure de guidage et sa connexion avec ladite structure porteuse et conduite rigide lors du procédé de pose de l'installation.

Plus particulièrement encore, ledit élément de flottabilité est constitué par au moins un bidon dont on peut faire varier la force de tensionnement par ballastage ou déballastage dudit bidon.

On comprend qu'en jouant sur la flottabilité dudit bidon, que l'on déballaste par des moyens connus, on pourra augmenter (déballastage) ou réduire (ballastage) le tensionnement de ladite structure porteuse et la raideur de sa liaison avec l'embase au fond de la mer.

Avantageusement, ladite structure de guidage est reliée à ladite structure porteuse par un lien constituant une articulation mécanique souple entre ladite structure de guidage et ladite structure porteuse.

Avantageusement encore ladite structure de guidage comporte au moins un premier étage $P_1$ de dits premiers éléments de guidage situés à une profondeur H1 et au moins un deuxième étage $P_2$ de deuxièmes éléments de guidage situés au-dessus desdits premiers éléments de guidage à une profondeur H2 inférieure à la profondeur H1 desdits premiers éléments de guidage et à travers lesquels passent lesdites deuxièmes portions de conduites flexibles, l'axe $Z_4Z_4'$ de chaque dit deuxième élément de guidage étant positionné sensiblement dans un même plan vertical, mais à une distance R2 plus proche de l'axe $Z_1Z'_1$ de ladite structure de guidage que celui $Z_3Z_3'$ dudit premier élément de guidage au-dessus duquel ledit deuxième élément de guidage est situé et à travers lequel passe une même conduite flexible.

Cette configuration à au moins 2 étages de répartition desdits premiers et deuxièmes éléments de guidage présente l'avantage d'améliorer considérablement le guidage desdites conduites flexibles en évitant notamment les risques d'endommagement des conduites flexibles par coincement de la conduite flexible, créant des courbures excessives et/ou une compression axiale de celles-ci au niveau d'un dit premier ou deuxième élément de guidage et surtout au niveau desdits premiers éléments de guidage, phénomène redouté et dangereux surtout en cas de tempête et/ou de conditions océano-météorologiques sévères.

Ainsi, cette caractéristique vise à prémunir l'intégrité des conduites flexibles, notamment en pression et d'éviter leur éclatement et donc la ruine de l'installation et les pollutions considérables qui pourraient en résulter.

Selon un mode préféré de réalisation de l'invention que ladite structure de guidage est reliée au dit touret par au moins un câble de liaison et de tensionnement.

On entend ici par « câble de tensionnement », un câble sous tension dont la tension s'exerce sensiblement dans l'axe de la structure de guidage en l'absence d'autre contrainte. Il peut s'agir aussi d'une pluralité de câbles ou d'un câble combiné à une pluralité d'élingues, de préférence 3 élingues disposés en patte d'oie, dont les points de fixation sont disposés uniformément autour de l'axe de la structure de guidage, et dont le point de suspension de ladite patte d'oie est relié à l'extrémité inférieure dudit câble de tensionnement, de manière à ce que la tension résultante du ou des câbles ou élingues s'exerce sensiblement dans l'axe de la structure de guidage en l'absence d'autre contrainte.

La mise en œuvre de ce câble de tensionnement vise à minimiser les déformations des chaînettes plongeantes des conduites flexibles en entraînant l'extrémité supérieure de la tour constituée par l'ensemble de ladite structure porteuse et desdites conduites rigides lors des déplacements extrêmes du support flottant sous l'effet de la houle, du vent et du courant, forçant ainsi ladite tour à s'incliner de manière sensiblement proportionnelle au déplacement dudit support flottant en translation horizontale par rapport à la verticale passante par ladite embase.

La limitation des déformations des chaînettes plongeantes permet de réduire les différences de hauteur entre les différents points bas d'inflexion de celles-ci en cas de mouvements du support flottant.

Dans un autre mode de réalisation, la structure de guidage est encastrée au sommet de la tour et se trouve donc en continuité du sommet de la tour.

Plus particulièrement ledit câble de tensionnement est tensionné de manière à ce que l'angle $\alpha$ entre l'axe $Z_2Z_2'$ dudit câble de tensionnement et l'axe $Z_1Z_1'$ de ladite structure porteuse, et de préférence ledit tendon, reste inférieur à 5°, ledit support flottant étant ancré au fond de la mer de telle manière que l'angle ß d'inclinaison entre l'axe $Z_1Z'_1$ de ladite structure porteuse et de préférence dudit tendon vertical et la verticale $Z_0Z_0'$ passant par ladite embase, reste inférieur à 10° lorsque le support flottant est

mouvementé de par l'agitation de la mer et/ou la force du vent en dépit de son ancrage.

Dans une variante de réalisation ledit câble de tensionnement traverse ledit touret, de préférence sensiblement à l'axe ZZ' dudit touret, puis est tourné sur des poulies solidaires dudit touret et/ou de la structure du support flottant, de préférence du pont de support flottant, avant d'être tensionné à son extrémité libre par un contrepoids se déplaçant parallèlement à l'axe ZZ' dudit touret dans un puits de guidage à l'intérieur dudit touret ou respectivement à l'intérieur de la coque dudit support flottant.

Dans ce mode de réalisation, il suffit de modifier le poids dudit contrepoids pour modifier ledit tensionnement, qui est relativement simple et requiert un minimum d'entretien.

Dans une autre variante de réalisation que ledit câble est tensionné à l'aide d'un tensionneur hydraulique solidaire du touret ou du pont du support flottant, ledit tensionneur hydraulique comportant au moins un vérin hydraulique coopérant avec un moufflage de poulie, l'extrémité dudit câble de tensionnement étant liée à un point fixe solidaire du support dudit vérin hydraulique, et un groupe hydraulique constitué d'accumulateurs et de pompes étant aptes à maintenir une pression donnée sensiblement constante dans ledit vérin permettant de fournir une tension donnée sensiblement constante dans ledit câble de tensionnement.

Ce mode de réalisation du tensionnement du câble de tensionnement est plus complexe que l'utilisation d'un contrepoids, mais présente l'avantage de pouvoir ajuster le tensionnement en temps réel en changeant simplement la consigne de pression au sein des accumulateurs, ce qui peut être fait avec une plus grande rapidité dans le cas de conditions océano-météorologiques sévères et nécessitant le cas échéant un ajustement fin du tensionnement dudit câble de tensionnement pour limiter au minimum les contraintes infligées aux conduites flexibles.

De préférence encore, ledit câble de tensionnement coopère avec un émerillon sur le parcours du câble, de préférence à l'intérieur du touret, de telle manière que la partie inférieure du câble dessous ledit émerillon reste sans torsion lorsque la partie supérieure dudit câble de tensionnement suit les mouvements en rotation relative dudit support flottant par rapport à ladite partie cylindrique interne du touret.

Selon une autre caractéristique particulière, l'installation comprend une structure d'amarrage fixée, de préférence de manière réversible, en sous-face de la paroi de fond, ladite partie cylindrique interne du touret, lesdites conduites flexibles étant amarrées à ladite structure d'amarrage au niveau de leurs dites extrémités supérieures et ledit support flottant étant ancré au fond de la mer par l'intermédiaire de lignes d'ancrage amarrées à ladite structure d'amarrage, de préférence une pluralité de secondes conduites de liaison s'étendant à travers ledit touret entre les extrémités supérieures desdites conduites flexibles et le pont du support flottant traversant la paroi de fond de la partie cylindrique interne du touret et remontant jusqu'à un raccord, de préférence de type à joint tournant, auquel sont raccordées lesdites secondes conduites de liaison, ledit raccord étant solidaire du support flottant, de préférence au niveau du pont du support flottant.

Ladite structure d'amarrage peut être connectée et/ou déconnectée rapidement du touret, ladite structure d'amarrage présente de préférence des éléments de flottabilité de manière à pouvoir rester en subsurface lorsque ladite structure d'amarrage est déconnectée du touret, ce qui est avantageux de réaliser en cas de forte tempête et que les mouvements du support flottant seraient trop importants en dépit de la mise en œuvre de l'installation selon l'invention telle que décrite ci-dessus.

Dans une mode particulier de réalisation, l'installation comporte une tour hybride multi-risers comprenant :

a) un tendon vertical suspendu à au moins un flotteur immergé en subsurface, de préférence par l'intermédiaire d'une chaîne ou câble, ledit tendon est fixé à son extrémité inférieure à une embase reposant au fond

de la mer et/ou enfoncée au fond de la mer, de préférence par l'intermédiaire d'une articulation mécanique flexible, et

b) une pluralité de conduites rigides verticales dénommées « riser », dont les extrémités inférieures sont reliées par l'intermédiaire d'éléments de conduites de coudées de jonction et des connecteurs automatiques à la pluralité de dites conduites reposant au fond de la mer, et

c) une pluralité de modules de flottabilité et de guidage supporté par ledit tendon, lesdits modules de flottabilité et de guidage supportant des éléments de flottabilité et guidant lesdits risers en position, de préférence régulièrement et symétriquement répartis autour dudit tendon, lesdits modules de flottabilité et de guidage constituant de préférence, une pluralité de structures indépendantes aptes à coulisser le long dudit tendon et le long desdits risers, ladite structure supportant des éléments de flottabilité et guidant lesdits risers en position, de préférence régulièrement et symétriquement répartis autour dudit tendon.

On pourra mettre en œuvre notamment des modules de flottabilité tel que décrit dans WO 2006/136960 et FR-09 51218 déposée le 26 février 2009 au nom de la demanderesse.

Dans WO 00/49267 de la demanderesse, on a décrit une tour hybride multiple comportant un système d'ancrage avec un tendon vertical constitué soit d'un câble, soit d'une barre métallique, soit encore d'une conduite tendue à son extrémité supérieure par un flotteur. L'extrémité inférieure du tendon est fixée à une embase reposant au fond. Ledit tendon comporte des moyens de guidage répartis sur toute sa longueur à travers lesquels passe une pluralité de dits risers verticaux. Ladite embase peut être posée simplement sur le fond de la mer et rester en place par son propre poids, ou rester ancrée au moyen de piles ou tout autre dispositif propre à la maintenir en place. Dans WO 00/49267, l'extrémité inférieure du riser vertical est apte à être connectée à l'extrémité d'une manchette coudée, mobile, entre une position haute et une position basse, par rapport à ladite embase, à laquelle cette manchette est suspendue et associée à un moyen de rappel la ramenant en position haute en l'absence

du riser. Cette mobilité de la manchette coudée permet d'absorber les variations de longueur du riser sous les effets de la température et de la pression du fluide le parcourant. En tête du riser vertical, un dispositif de butée, solidaire de celui-ci, vient s'appuyer sur le guide support installé en tête du flotteur et maintient ainsi la totalité du riser en suspension.

La liaison avec la conduite sous-marine reposant sur le fond de la mer est en général effectuée par une portion de conduite en forme de queue de cochon ou en forme de S, ledit S étant alors réalisé dans un plan soit vertical soit horizontal, la liaison avec ladite conduite sous-marine étant en général réalisée par l'intermédiaire d'un connecteur automatique.

Le tendon vertical est relié à son extrémité inférieure à l'embase par une articulation flexible de type à butée lamifiée commercialisée par la Société TECHLAM France ou du type roto-latch®, disponible chez OILSTATES USA, connu de l'homme de l'art.

Ce mode de réalisation comprenant une multiplicité de risers maintenus par une structure centrale comportant des moyens de guidage est intéressant lorsque l'on peut pré-fabriquer à terre l'intégralité de la tour, avant de la remorquer en mer, puis une fois sur site, la cabaner en vue de sa mise en place définitive.

Pour ce faire, la technique utilisée est similaire à celle décrite dans WO-2006-136960 et WO-2008-056185, et qui consiste à suspendre les extrémités supérieures de conduites à une structure supérieure porteuse et à solidariser une pluralité de modules de flottabilité ou d'isolation-flottabilité, au tendon central, par l'intermédiaire d'une pluralité d'éléments de structure solidaires du tendon et jouant aussi le rôle de guidage des diverses conduites verticales, leur permettant ainsi de s'allonger librement vers le bas lorsqu'elles sont pressurisées ou/et soumise à une température élevée (pétrole brut en provenance des puits).

Les différents éléments de structure et éléments de flottabilité sont régulièrement espacés sur toute la longueur du tendon vertical, ce qui permet de remorquer la tour en mer, laquelle flotte grâce à ses éléments

de flottabilité ainsi répartis sur toute sa longueur.

La présente invention fournit également un procédé de remorquage en mer d'une tour et mise en place d'une installation selon l'invention, caractérisé en ce que ladite tour comprend les étapes successives suivantes dans lesquelles :

1) on préfabrique à terre une dite tour, et

2) ladite tour est remorquée en mer par un navire de pose en position horizontale, ladite tour flottant en surface grâce à ses dits éléments de flottabilité répartis le long de ladite tour, et

3) on installe un corps mort à l'extrémité inférieure de ladite tour et,

4) on cabane ladite tour dont on connecte l'extrémité inférieure à ladite articulation mécanique flexible au niveau de ladite embase, et

5) on descend ladite structure de guidage depuis le navire de pose (11) et on la connecte au sommet de ladite tour, et

6) de préférence, on déballaste un bidon de flottabilité de ladite structure de guidage, puis on déconnecte le câble de descente de ladite structure de guidage, de telle sorte que par sa flottabilité propre ladite structure de guidage reste alors en position sensiblement verticale au-dessus de ladite tour, et

7) on éloigne le navire de pose et on déplace le support flottant en surface jusqu'à arriver au niveau de ladite structure de guidage, puis l'on ancre au fond de la mer le support flottant avec des lignes d'ancrage, et

8) de préférence, on installe un câble de liaison et de tensionnement entre le support flottant et la structure de guidage, et on tensionne ledit câble pour maintenir ladite structure de guidage et ladite tour qui lui est reliée suffisamment raide pour permettre la pose subséquente desdites conduites flexibles, et

9) on rapproche le navire de pose et on descend chaque extrémité inférieure de conduite flexible à l'aplomb et à travers lesdits éléments de guidage, puis on réalise la connexion des extrémités inférieures des

conduites flexibles au niveau des extrémités supérieures desdits risers, puis

10) on réalise la connexion des extrémités inférieures des risers avec les extrémités des conduites reposant au fond de la mer.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront mieux à la lumière de la description détaillée qui va suivre, faite de manière illustrative et non limitative, en référence aux dessins sur lesquels :

- la figure 1 est une vue de côté d'une installation de liaison fond-surface selon l'invention, reliée à un FPSO 1 équipé d'un touret 2 en porte à faux sur l'avant, l'ensemble étant au repos, en configuration sensiblement verticale,

- la figure 1A est une vue présentant des courbes en chaînette symétriques et inversées au-dessus et respectivement en dessous des éléments de guidage 5b de la structure de guidage 5.

- la figure 2 est une vue de côté similaire à celle de la figure 1, dans laquelle le vent et le courant ont fait pivoter le navire de 180°, l'axe $Z_1Z'_1$ de la tour 4 étant alors inclinée de ß vers la gauche par rapport à l'axe $Z_0Z_0'$, vertical passant par l'embase,

- la figure 3 est une vue de côté détaillant le remorquage sur site d'une tour 4 puis son cabanage et sa solidarisation à une embase 8 reposant sur le fond de la mer 12,

- la figure 4 est une vue de côté de la tour de la figure 3, détaillant la mise en place à partir d'un navire de pose 11 d'une structure de guidage 5 au sommet de ladite tour,

- la figure 5 est une vue de côté relative à la figure 4 montrant la mise en place d'un FPSO ancré sur touret en porte à faux sur l'avant, un câble de tensionnement 6 reliant le sommet de ladite structure de guidage 5 au dit touret, et détaillant l'installation d'un flexible de liaison 7,

- la figure 6 est une vue de côté d'un FPSO ancré sur un touret interne audit FPSO, les conduites flexibles 7 passant depuis leur extrémité inférieure 7-1' au sommet de la tour 4 successivement dans des premiers éléments de guidage 5b, puis des seconds éléments de guidage 5b' avant d'atteindre le touret 2,

- la figure 6A est une vue de côté détaillant un risque d'endommagement d'une conduite flexible 7 par blocage et mise en compression de cette dernière à l'entrée 5b1 où elle rentre en contact avec un élément de guidage 5b qu'elle traverse,

- la figure 7A est une vue de côté en arraché détaillant un premier moyen d'assurer le tensionnement du câble de liaison et tensionnement 6 avec le sommet de la tour 4, à l'aide d'un contrepoids 23, ledit contrepoids étant situé dans la structure même du touret,

- la figure 7B est une variante de la figure 7A, dans laquelle le contrepoids 23 est situé à l'extérieur dudit touret, et à l'intérieur de la structure du FPSO,

- la figure 8 est un deuxième moyen d'assurer le tensionnement du câble de liaison 6 avec le sommet de la tour, à l'aide d'un tensionneur hydraulique 30 associé à des accumulateurs hydrauliques,

- la figure 8A détaille le moufflage du câble de tensionnement 6 à chacune des extrémités du vérin du tensionneur de la figure 8,

- la figure 9A est une vue en coupe médiane verticale d'une structure de guidage 5,

- la figure 9B est une vue de dessus d'une structure de guidage de la figure 9A, comportant 12 éléments de guidage 5b répartis circulairement et régulièrement sur la périphérie 5-1 de la structure de guidage 5.

- la figure 10 représente une vue schématique d'une tour équipée de modules de flottabilité et de guidage $4c_i$.

Sur la figure 1 on a représenté en vue de côté un support flottant de

type « FPSO » 1 solidaire d'un touret 2 situé en porte à faux sur l'avant dudit FPSO, ledit touret étant ancré par une pluralité de lignes d'ancrage 1b reliés à des ancres non représentées plantées dans le sol sous-marin 12. Le touret, connu de l'homme de l'art, est représenté sur les figures 7A-7B et présente une partie cylindrique centrale 2a sensiblement fixe en rotation par rapport au sol marin 12, à l'intérieur d'une cavité 2d traversant la coque 1c du support flottant 1. Ladite partie cylindrique centrale 2a et la coque 1c coopèrent en rotation relative grâce à des paliers de roulement supérieur 2a1 et inférieur 2a2, dont les parties externes 2a' sont solidaires de la coque 1c et/ou du pont 1a du support flottant 1. Ceci permet au FPSO de pivoter librement autour d'un axe vertical ZZ' du touret et de se positionner dans une direction correspondant à la résultante des efforts engendrés par la houle, le vent et le courant sur le FPSO et ses superstructures, sans que la partie cylindrique centrale 2a du touret 2 ne pivote sensiblement.

L'axe vertical ZZ' correspond à l'axe de la cavité 2d et de la partie cylindrique centrale 2a du touret 2 ci-après.

Au repos, l'axe ZZ' du touret 2 est situé à la verticale de l'axe $Z_0Z_0'$ de l'embase 8 d'une tour hybride multi-riser 4. La tour 4 comporte une pluralité de conduites rigides verticales ou riser en acier 4a organisé(e)s en faisceaux tout autour d'un tendon central 4b relié à ladite embase 8 par une articulation mécanique, de préférence une articulation à joints flexibles 8a. Des éléments de flottabilité 4c sont répartis le long de la tour 4 et donnent à l'ensemble une flottabilité positive, ce qui permet de tensionner verticalement la tour 4, dont l'axe $Z_1Z_1'$ peut toutefois adopter une inclinaison angulaire ß par rapport à la verticale $Z_0Z_0'$ pouvant aller jusqu'à 10 à 15° au maximum lorsque le support flottant est soumis à des mouvements extrêmes dus au vent, à la houle ou au courant. La valeur de l'angle ß dépend de la raideur de l'ancrage 1b du FPSO. Chacune des conduites rigides 4a est équipée, en tête d'un dispositif appelé « col de cygne » 4-1 assurant la liaison avec l'extrémité d'une conduite flexible 7. Et, chacune desdites conduites rigides 4a est équipée en pied d'un coude, notamment d'un élément de conduite coudée 4-2 à l'extrémité duquel est

installée la partie mâle/femelle d'un connecteur 9 coopérant avec la partie femelle/mâle dudit connecteur automatique 9 solidaire d'une pièce de jonction 5a constituée également d'un élément de conduite comprenant plusieurs courbures, reliant de manière connue une conduite 3 reposant sur le fond de la mer 12. Les éléments de flottabilité 4c, répartis le long de la tour 4 donnant à l'ensemble une flottabilité positive, permet en outre d'effectuer le remorquage sur site et les premières phases de dépose d'installation selon l'invention dans d'excellentes conditions de sécurité, comme il sera expliqué plus avant en référence à la figure 3.

Au sommet de la tour 4, on installe une structure de guidage 5 reliée audit sommet de la tour par une articulation mécanique souple de type chaîne 5a, et au touret 2 par un câble de tensionnement 6 relié en 5d à ladite structure 5, par exemple au sommet d'un bidon de flottabilité 5c intégré axialement à ladite structure de guidage 5 disposée dans l'alignement $Z_1Z_1'$ de la tour 4. En cas de mouvement du FPSO 1, une inclinaison angulaire $\alpha$ peut se créer entre l'axe $Z_2Z_2'$ du câble de tensionnement 6 relié au touret 2 en surface et l'axe $Z_1Z_1'$ de la tour 4 et correspondant sensiblement à celui de la structure de guidage 5. Une pluralité d'éléments de guidage 5b sont répartis circulairement, de préférence régulièrement à la périphérie 5-1 de ladite structure de guidage 5, chacun d'eux recevant, c'est-à-dire étant traversé par une conduite flexible 7 reliant à son extrémité inférieure 7-1' le dispositif col de cygne 4-1 et à son extrémité supérieure 7-2', la structure d'amarrage 2c accrochée à la paroi de fond 2c-1 de ladite partie centrale cylindrique 2a, qui constitue la partie interne du touret 2. La ligne centrale virtuelle de chacune des conduites flexibles 7 est situé sensiblement dans le même plan que le plan axial vertical dudit col de cygne 4-1, lequel plan axial vertical comporte aussi les axes verticaux $Z_3Z_3'$ et $Z_4Z_4'$ des éléments de guidage 5b et 5b'. Les cols de cygne et conduites flexibles 7 sont reliées à un raccord 2b à joint tournant sur le pont 1a par l'intermédiaire de secondes conduites 14 traversant la partie interne centrale cylindrique 2a du touret 2 de façon connue.

Sur les figures 9A et 9B, les éléments de guidage 5b au nombre de

12 sont disposés régulièrement, symétriquement et circulairement autour d'un bidon axial 5c central, lesdits éléments de guidage 5b étant supportés par des éléments de structure 5-2 disposés radialement assurant la jonction des éléments de guidage 5b avec le bidon 5c d'une part, et d'autre part, par des éléments de structure périphériques 5-1 assurant la jonction entre deux éléments de guidage 5b successifs en périphérie de la structure de guidage 5. Les conduites flexibles 7 adoptent des courbures en configuration géométrique de chaînette, c'est-à-dire dont le rayon de courbure augmente continûment depuis son point bas jusqu'à un point haut selon une formule connue intégrant une fonction Cosinus hyperbolique.

Ladite première portion de conduite flexible 7-1 adopte dessous l'élément de guidage 5b qu'elle traverse une configuration dite en chaînette plongeante avec un point bas 7', ladite chaînette plongeante étant composée des deux courbes en chaînette respectivement descendante C1a et remontante C'1a symétriques par rapport à l'axe vertical $D_0$ passant par le point bas 7', comme représenté sur la figure 1A.

Ce type de courbe en chaînette, et notamment en chaînette plongeante est bien connu de l'homme de l'art et est décrit dans les brevets antérieurs de la demanderesse.

Sur la figure 1A, on voit également que la portion supérieure de conduite flexible 7-2 de courbe en chaînette C1b' au-dessus de l'élément de guidage 5b ne se poursuit pas en suivant la même courbe en chaînette C1a' dans la portion inférieure de conduite flexible 7-1 après son contact en 5b1 avec l'élément de guidage 5b qu'elle traverse, la portion de courbe C1a' étant la courbe naturelle que suivrait la conduite flexible 7-1 en dessous de l'élément de guidage 5b si son extrémité 7-1' n'était pas rapprochée du sommet de la tour pour y être fixée. En effet, pour rapprocher l'extrémité inférieure 7-1' de la portion de conduite 7-1 jusqu'au sommet de la tour 4, à partir de son passage en 5b1 à travers d'éléments de guidage 5b, la courbe C1b' de la conduite flexible 7-2 s'inverse, c'est-à-dire se poursuit en suivant une courbe en chaînette C1a sensiblement symétrique de la portion de courbe en chaînette C1a' par

rapport à l'axe vertical $Z_3Z_3'$ des éléments de guidage 5b au niveau du point de contact 5b1. La courbe de la conduite flexible 7 subit donc au point de contact 5b1 avec l'élément de guidage 5b, une quasi-inversion du sens de variation de sa courbure.

En jouant sur la flottabilité du bidon 5c, que l'on déballaste par des moyens connus mais non représentés, on augmente la raideur de la tour 4, c'est-à-dire la capacité de la tour à revenir vers sa position verticale naturelle. Ainsi, en augmentant la flottabilité du bidon 5c, on augmentera la tendance de la tour à rester verticale lorsque le FPSO se trouve entraîné par la houle, le vent et le courant, par exemple vers la gauche comme représenté sur la figure 2. De la même manière, en augmentant la tension dans le câble 6, la tour aura une tendance plus prononcée à suivre de plus près les mouvements du FPSO, et donc prendre une position plus ou moins inclinée ß selon l'ampleur du déplacement dudit FPSO.

Lorsque l'axe $Z_2Z_2'$ du câble de tensionnement 6 s'écarte de sa position verticale ZZ' compte tenu du déplacement du FPSO 1, un angle $\alpha$ commence par se créer entre le câble 6 et l'axe $Z_1Z_1'$ de la tour 4. Ceci provoque la déformation des deux chaînettes plongeantes. Le point bas 7a' de la portion 7-1 de chaînette plongeante la plus éloignée de l'axe vertical $Z_0Z_0'$ de l'embase 8, descend par rapport à sa position $7a_0'$ initiale de repos lorsque l'ensemble de la tour et de la structure de guidage 5 sont sensiblement à la verticale dans l'axe du touret 2. Et, le point bas d'inflexion 7b' de la première portion de conduite flexible 7-1 la plus proche de l'axe ZZ' de l'embase 8 passant au pied de la tour 4, monte par rapport à sa position initiale de repos $7b'_0$ lorsque la tour 4 et la structure de guidage 5 étaient à la verticale dans l'axe ZZ' du touret 2. On règle le tensionnement du câble 6 de manière à ce que l'angle $\alpha$ entre l'axe $Z_2Z_2'$ du câble de tensionnement 6 et l'axe $Z_1Z_1'$ de la tour 4 ne dépassent pas 5°, l'axe $Z_1Z_1'$ de la tour 4 sensiblement aligné avec celui de la structure de guidage ne dépassant pas 5°.

On comprend qu'à excursion identique du FPSO 1 (pour une valeur d'angle ß donné), lié essentiellement à la raideur du système d'ancrage 1b,

la variation de hauteur $\Delta h$ entre les pieds 7a' et 7b' des chaînettes plongeantes de 7a et 7b, sera diminuée si l'angle $\alpha$ est diminué et si le tensionnement du câble 6 est augmenté.

Les deux conduites flexibles 7a-7b coulissent librement dans leurs premiers éléments de guidage respectifs 5b (représentés sur les figures 1 et 2) et gardent toujours naturellement des configurations de chaînette tel que décrit ci-dessus grâce aux dits éléments de guidage 5b avec lesquels elles sont en contact 5b-1, garantissant ainsi une réserve de flexibilité liée à un fonctionnement optimal de la liaison fond-surface.

Sur les figures 3, 4 et 5, on a détaillé les différentes phases d'installation sur site de la tour. Dans un premier temps, on préfabrique la tour à terre en position horizontale, puis on la remorque sur site toujours en position horizontale ; elle flotte grâce à l'ensemble des éléments de flottabilité 4c répartis le long de ladite tour. Puis on installe un corps mort 13 en pied de tour et on cabane, de manière connue ladite tour que l'on connecte alors à l'embase 8 au niveau de l'articulation mécanique flexible 8a. De par sa flottabilité propre, la tour reste alors naturellement en position verticale comme représenté sur la figure 3.

Un navire d'installation 11 descend alors la structure de guidage 5 et la connecte avec la chaîne 5a au sommet de la tour, comme représenté sur la figure 4. Le bidon 5c est alors déballasté, puis le câble de descente 11a est déconnecté. De par sa flottabilité propre 5c, la structure de guidage 5 reste alors en position sensiblement verticale, de la même manière que la tour 4.

On vient alors installer le FPSO que l'on ancre sur place avec des lignes d'ancrage 1b, comme représenté sur la figure 5, puis on installe le câble de tensionnement 6 que l'on prétensionne à une valeur adéquate. Il ne reste alors plus qu'à installer chacune des conduites flexibles 7 depuis un navire de pose 11 de manière connue, en la faisant passer à travers les éléments de guidage 5b, puis en connectant son extrémité inférieure 7-1' à l'extrémité du col de cygne 4-1 et enfin en transférant l'extrémité supérieure 7-2' de ladite conduite flexible 7 à la structure d'amarrage 2c

du touret 2 pour obtenir finalement la configuration de la figure 1.

Sur la figure 6 on a représenté une variante de l'invention installée sur un FPSO possédant un touret interne situé dans la partie tiers avant du navire 1. La structure de guidage présente avantageusement un premier étage de premiers éléments de guidage 5b situés au niveau d'un premier plan inférieur de guidage P1 à une profondeur H1 répartis sur une circonférence de rayon R1 de 5 à 25m, et un second étage de deuxièmes éléments de guidage 5b' situés à un plan supérieur de guidage P2 situé à une profondeur H2 entre le touret 2 et le premier plan de guidage P1. Lesdits deuxièmes éléments de guidage 5b' sont répartis en périphérie du deuxième étage de la structure de guidage 5b, avec leurs axes $Z_4Z_4$'situés dans un même plan vertical que les axes $Z_3Z_3$' des premiers éléments de guidage. Ainsi, une conduite flexible 7 passera par les deux éléments de guidage 5b' et 5b disposés dans un même plan passant par lesdits axes $Z_3Z_3$', $Z_4Z_4$', ainsi que l'axe $Z_1Z_1$' de la structure de guidage 5, de sorte que les courbes de chaînette des différentes portions 7-1,7-2a,7-2b sont situées sensiblement dans un même plan vertical. La portion de conduite flexible 7-2a est située entre un premier élément de guidage 5b et un deuxième élément de guidage 5b', tandis que la deuxième portion 7-2b de deuxième portion de conduite 7-2 est située entre le deuxième élément de guidage 5b' et l'extrémité supérieure 7-2' de la conduite flexible 7.

En pratique, on installe la structure de guidage 5b à l'abri des effets de la houle et la hauteur H2 de l'étage supérieur P2 des éléments de guidage 5b' sera de 40 à 200 m et la hauteur H1 du premier étage de premiers éléments de guidage 5b la plus profonde sera située à une profondeur H1 de 45 à 250 m.

Cette configuration présente l'avantage d'améliorer considérablement le guidage de chacune des conduites flexibles 7, évitant ainsi les risques d'endommagement des conduites flexibles par coincement de la conduite excessivement courbée en son point de contact 5b-1 dans les éléments de guidage 5b, phénomène redouté surtout en cas de tempête ou de conditions océano-météo sévères. Sur la figure 6A on a illustré un tel

coincement, redouté principalement au niveau du premier plan de guidage P1. En effet, une telle configuration de coincement à l'entrée de l'élément de guidage met localement la conduite flexible 7 en compression axiale au niveau 5b-1 du premier élément de guidage 5b, ce qui est préjudiciable à l'intégralité de la conduite flexible en pression et risque de conduire à son éclatement, donc à sa ruine et des pollutions considérables.

Sur la figure 7A on a représenté en coupe et en arraché un premier mode de tensionnement du câble 6 en référence au touret interne de la figure 6. Ledit câble 6 rentre dans le touret 2 de préférence à l'axe dudit touret et est guidé par un chaumard ou des galets 20. Il est tourné sur un dispositif à poulies 21 solidaire en 22 de la structure dudit touret puis est relié à son extrémité à un contrepoids 23 se déplaçant selon un axe vertical parallèle à l'axe ZZ' dans un puits de guidage non représenté, solidaire dudit touret. Ce moyen présente l'avantage d'être très simple et ne demande qu'un minimum d'entretien. Par contre, pour changer la valeur de la tension, il convient de modifier le poids dudit contrepoids, soit en ajoutant/enlevant des masses, soit en remplissant/vidant un réservoir, par exemple simplement avec de l'eau de mer, ledit réservoir étant solidaire dudit contrepoids. Un autre avantage de cette disposition est que le câble, le contrepoids et le touret restent dans une position sensiblement fixe en rotation vis-à-vis du fond marin 3. Par contre cette disposition nécessite une grande hauteur de débattement pour le contrepoids, ce qui ne pose pas de problème dans le cas de touret intégré tel que décrit en référence à la figure 6. Cette disposition n'est en général pas envisageable dans le cas de touret externe en raison de la faible hauteur de la structure d'ensemble.

Sur la figure 7B on a représenté en coupe un second mode de tensionnement du câble 6 en référence au touret interne de la figure 6. Ledit câble 6 rentre dans le touret 2 de préférence à l'axe dudit touret et est guidé par un chaumard ou des galets 20. Il traverse complètement le touret ainsi que le raccord à joint tournant 2b auquel sont raccordées les conduites flexibles 14, et ressort au dessus du pont 1a du FPSO, puis est tourné sur un dispositif à poulies 24a-24b solidaire de la structure du

pont 1a du FPSO, puis son extrémité est reliée à un contrepoids 23 se déplaçant selon l'axe vertical parallèle à l'axe ZZ' dans un puits de guidage 25 intégré dans la coque du FPSO. Ce moyen présente lui aussi l'avantage d'être très simple et ne demande qu'un minimum d'entretien. Par contre, pour changer la valeur de la tension, il convient de modifier le poids dudit contrepoids 23, soit en ajoutant/enlevant des masses, soit en remplissant/vidant un réservoir, par exemple simplement avec de l'eau de mer, ledit réservoir étant solidaire dudit contrepoids.

Du fait que le câble 6 connecté au sommet de la tour 4 est sensiblement fixe en rotation par rapport au fond marin, et que le contrepoids 23, qui se trouve solidaire du navire 1, est entraîné en rotation relative avec celui-ci par rapport à la partie du câble à l'intérieur du touret 2, on dispose avantageusement un tourillon ou émerillon 6b sur le parcours du câble, de préférence à l'intérieur du touret 2, par exemple à mi-hauteur dudit touret, de telle manière que la partie inférieure 6c du câble 6 reste sensiblement fixe en rotation sans torsion vis-à-vis du fond marin, et que la partie supérieure 6a dudit câble de tensionnement 6 au dessus de l'émerillon 6b suive les mouvements du FPSO sans engendrer de torsion dans le câble, quelque soit le nombre de tours effectué par le navire autour de son axe vertical ZZ'. Cette disposition est applicable dans le cas de touret intégré tel que décrit en référence à la figure 6 ou dans le cas d'un touret en porte à faux sur l'avant tel que décrit en référence à la figure 1. Dans le cas du touret en porte à faux, l'émerillon 6b sera installé préférentiellement entre la poulie 24a et la paroi de fond 2c-1 du touret. Mais, dans certains cas, on ne disposera d'un débattement vertical suffisant de l'émerillon 6b, en cas de mouvements extrêmes du FPSO. On installera alors, le tourillon ou émerillon 6b, soit dans l'eau à bonne distance dessous du touret, soit en position axiale horizontale entre les poulies 24a et 24b.

Sur la figure 8 on a représenté un troisième mode de tensionnement du câble 6 basé sur l'utilisation d'un tensionneur hydraulique 30 solidaire du touret 2 ou du pont 1a du FPSO. Ce type de tensionneur, connu de l'homme de l'art est constitué d'un vérin hydraulique simple effet 30a muni

en pied et en tête de tige de vérin d'un moufflage de poulie 30b, le câble 6 étant moufflé de manière connue autour desdites poulies et son extrémité étant reliée à un point fixe solidaire du support dudit vérin. Un groupe hydraulique 30c constitué d'accumulateurs et de pompes maintient une pression donnée sensiblement constante dans le vérin 30a, donc une tension donnée sensiblement constante dans le câble 6, quelque soit la quantité de câble enroulé ou déroulé. Ce mode de tensionnement est plus complexe que l'utilisation d'un contrepoids, mais il présente l'avantage de pouvoir être ajusté en temps réel, en changeant simplement la consigne de pression au sein des accumulateurs, ce qui présente un grand avantage dans le cas de conditions océano-météo sévères, nécessitant le cas échéant un ajustement fin de la rigidité de la tour pour limiter au minimum les contraintes infligées aux flexibles de liaison qui restent les éléments sensibles de ce type de liaison fond-surface.

Sur la figure 10, on a représenté un mode de réalisation dans lequel les éléments de flottabilité 4c de la tour 4 sont constitués par des modules de flottabilité et de guidage $4c_i$ coulissant le long du tendon vertical 4b et des risers 4a, ces derniers étant solidarisés à leurs sommets par une structure porteuse 4b1, et symétriquement répartis autour du tendon vertical 4b. Lesdits modules de flottabilité et de guidage $4c_i$ coopérant également en coulissement avec les risers 4a et tendon vertical 4b de manière à maintenir les risers uniformément et régulièrement répartis autour du tendon vertical 4b.

REVENDICATIONS

1). Installation de liaison fond-surface entre une pluralité de conduites sous-marines (3) reposant au fond de la mer (12) et un support flottant (1) en surface (10) et ancré (1a) au fond de la mer, comprenant :

a) un dit support flottant comprenant un touret (2) comprenant une cavité (2d) au sein d'une structure déportée à l'avant du support flottant ou intégrée dans ou dessous la coque du support flottant, de préférence ladite cavité traversant la coque du support flottant sur toute sa hauteur, ledit touret (2) comprenant en outre une partie interne cylindrique (2a) apte à rester sensiblement fixe par rapport au fond de la mer à l'intérieur de ladite cavité (2d) lorsque ledit support flottant (1) est entraîné en rotation autour de l'axe vertical (ZZ') de ladite partie interne (2a) ou dite cavité (2d) du touret, ledit support flottant étant ancré (1b) au fond de la mer par des lignes (1b) fixées à leurs extrémités supérieures à ladite partie interne cylindrique (2a) du touret (2), et

b) une pluralité de conduites flexibles (7,7a-7b) s'étendant depuis ledit touret auquel leurs extrémités supérieures (7-2') sont reliées, jusqu'aux extrémités supérieures d'une respectivement pluralité de conduites rigides (4a) auxquelles les extrémités inférieures (7-1') desdites conduites flexibles sont reliées, lesdites conduites rigides (4a) assurant la liaison entre lesdites conduites flexibles (7,7a,7b) et respectivement ladite pluralité de conduites sous-marines (3) reposant au fond de la mer, lesdites conduites rigides (4a) étant réunies entre elles et/ou guidées au moins à leurs sommets par une structure porteuse (4b,4b1) tensionnée par des éléments de flottabilité (4c,5c), ladite structure porteuse (4b,4b1) étant reliée à une embase (8) reposant ou enfoncée au fond de la mer, de préférence par l'intermédiaire d'une articulation mécanique flexible (8a), et ladite structure porteuse comprenant de préférence un tendon vertical (4b) s'étendant jusqu'à ladite articulation mécanique flexible (8a),

**ladite installation étant caractérisée** en ce qu'elle comprend une structure de guidage (5) maintenue en subsurface (H) entre ledit touret (2) et ladite structure porteuse (4b,4b1), de préférence solidaire (5a) de ladite

structure porteuse (4b) au sommet desdites conduites rigides (4a), ladite structure de guidage (5) étant apte à guider lesdites conduites flexibles (7) entre d'une part, leurs extrémités supérieures (7-2') reliée à ladite partie interne cylindrique (2a) du touret (2) et d'autre part, leurs extrémités inférieures (7-1') reliées aux extrémités supérieures desdites conduites rigides (4a), de préférence par l'intermédiaire de dispositifs en col de cygne (4-1), ladite structure de guidage (5) comprenant une pluralité de premiers éléments de guidage (5b) traversés respectivement par ladite pluralité de conduites flexibles, de telle sorte qu'une dite conduite flexible comprend au moins une première portion de conduite flexible (7-1) en configuration de chaînette plongeante, comprenant un point bas d'inflexion (7',7a',7b') intermédiaire entre d'une part l'extrémité inférieure (7-1') de ladite conduite flexible reliée à l'extrémité supérieure d'une dite conduite rigide (4a), et d'autre part, le point de contact (5b1) de ladite conduite flexible (7,7a,7b) au niveau dudit premier élément de guidage (5b) qu'elle traverse, et une deuxième portion de conduite flexible (7-2) s'étendant entièrement au-dessus dudit point de contact (5b1) de la conduite flexible avec ledit premier élément de guidage (5b), selon une courbure en forme de chaînette depuis ledit élément de guidage (5b) qu'elle traverse jusqu'au dudit touret (2) auquel son extrémité supérieure (7-2') est reliée.

2. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que ladite structure de guidage (5) comporte de préférence au moins 4, de préférence encore 6 à 12 dits premiers éléments de guidage (5b) répartis, de préférence symétriquement et régulièrement, de préférence encore circulairement, en périphérie de ladite structure de guidage, et dont les axes ($Z_3Z_3'$) sont situés à une distance (R1) d'au moins 3m, de préférence de 3 à 25 m, de l'axe ($Z_1Z_1'$) de ladite structure de guidage.

3. Installation selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que ladite structure de guidage (5) comporte au moins un élément de flottabilité (5c) apte à maintenir ladite structure de guidage au-dessus de ladite structure porteuse (4b,4b1) des conduites rigides, à une profondeur (H) d'au moins 25 m, de préférence de 50 à 250 m de la surface (10).

4. Installation selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que ledit élément de flottabilité (5c) est constitué par au moins un bidon dont on peut faire varier la force de tensionnement par ballastage ou déballastage dudit bidon.

5. Installation selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que ladite structure de guidage (5) est reliée à ladite structure porteuse (4b) par un lien constituant une articulation mécanique souple (5a) entre ladite structure de guidage (5) et ladite structure porteuse (4b,4b1).

6. Installation selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que ladite structure de guidage (5) comporte au moins un premier étage ($P_1$) de dits premiers éléments de guidage (5b) situés à une profondeur (H1) et au moins un deuxième étage ($P_2$) de deuxièmes éléments de guidage (5b') situés au-dessus desdits premiers éléments de guidage à une profondeur (H2) inférieure à la profondeur (H1) desdits premiers éléments de guidage (5b) et à travers lesquels passent lesdites deuxièmes portions de conduites flexibles (7-2), l'axe ($Z_4Z_4'$) de chaque dit deuxième élément de guidage étant positionné sensiblement dans un même plan vertical, mais à une distance (R2) plus proche de l'axe ($Z_1Z'_1$) de ladite structure de guidage que celui ($Z_3Z_3'$) dudit premier élément de guidage au-dessus duquel ledit deuxième élément de guidage est situé et à travers lequel passe une même conduite flexible (7).

7. Installation selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que ladite structure de guidage est reliée au dit touret (2) par au moins un câble de liaison et de tensionnement (6).

8. Installation selon la revendication 7, caractérisée en ce que ledit câble de tensionnement (6) est tensionné de manière à ce que l'angle $\alpha$ entre l'axe ($Z_2Z_2'$) dudit câble de tensionnement et l'axe ($Z_1Z_1'$) de ladite structure porteuse, et de préférence ledit tendon (4b,4b'), reste inférieur à 5°, ledit support flottant étant ancré (1b) au fond de la mer de telle manière que l'angle ß d'inclinaison entre l'axe ($Z_1Z'_1$) de ladite structure porteuse et de préférence dudit tendon vertical (4b) et la verticale ($Z_0Z_0'$)

passant par ladite embase, reste inférieur à 10° lorsque le support flottant est mouvementé de par l'agitation de la mer et/ou la force du vent en dépit de son ancrage (1b).

9. Installation selon la revendication 7 ou 8, caractérisée en ce que ledit câble de tensionnement (6) traverse ledit touret (2) de préférence sensiblement à l'axe (ZZ') dudit touret, puis est tourné sur des poulies (21,24a-24b) solidaires dudit touret et/ou de la structure (1a,1c) du support flottant, de préférence du pont (1a) de support flottant, avant d'être tensionné à son extrémité libre par un contrepoids (23) se déplaçant parallèlement à l'axe ZZ' dudit touret dans un puits de guidage (25) à l'intérieur dudit touret (2) ou respectivement à l'intérieur de la coque (1c) dudit support flottant.

10. Installation selon la revendication 7 ou 8, caractérisée en ce que ledit câble (6) est tensionné à l'aide d'un tensionneur hydraulique (30) solidaire du touret (2) ou du pont (1a) du support flottant, ledit tensionneur hydraulique (30) comportant au moins un vérin hydraulique (30a) coopérant avec un mouflage de poulie (30b), l'extrémité dudit câble de tensionnement (6) étant liée à un point fixe solidaire du support dudit vérin hydraulique (30a), et un groupe hydraulique (30c) constitué d'accumulateurs et de pompes étant aptes à maintenir une pression donnée sensiblement constante dans ledit vérin permettant de fournir une tension donnée sensiblement constante dans ledit câble de tensionnement (6).

11. Installation de guidage selon l'une des revendications 7 à 10, caractérisée en ce que ledit câble de tensionnement (6) coopère avec un émerillon (6b) sur le parcours du câble (6), de préférence à l'intérieur du touret (2), de telle manière que la partie inférieure (6c) du câble dessous ledit émerillon (6b) reste sans torsion lorsque la partie supérieure (6a) dudit câble de tensionnement (6) suit les mouvements en rotation relative (1) dudit support flottant par rapport à ladite partie cylindrique interne du touret (2).

12. Installation selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisée en ce qu'elle comprend une structure d'amarrage (2c) fixée, de préférence de manière réversible, en sous-face de la paroi de fond (2c1), ladite partie cylindrique interne (2a) du touret (2), lesdites conduites flexibles (7) étant amarrées à ladite structure d'amarrage (2c) au niveau de leurs dites extrémités supérieures (7-2') et ledit support flottant (1) étant ancré au fond de la mer par l'intermédiaire de lignes d'ancrage (1b) amarrées à ladite structure d'amarrage (2c), de préférence une pluralité de secondes conduites de liaison (14) s'étendant à travers ledit touret (2) entre les extrémités supérieures (7-2') desdites conduites flexibles (7) et le pont (1a) du support flottant traversant la paroi de fond (2c1) de la partie cylindrique interne (2a) du touret et remontant jusqu'à un raccord (2b), de préférence de type à joint tournant, auquel sont raccordées lesdites secondes conduites de liaison (14), ledit raccord (2b) étant solidaire du support flottant, de préférence au niveau du pont (1a) du support flottant.

13. Installation selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisée en ce qu'elle comporte une tour hybride multi-risers (4) comprenant :

a) un tendon vertical (4b) suspendu à au moins un flotteur (5b) immergé en subsurface, de préférence par l'intermédiaire d'une chaîne ou câble (5a), ledit tendon est fixé à son extrémité inférieure à une embase (8) reposant au fond de la mer et/ou enfoncée au fond de la mer (12), de préférence par l'intermédiaire d'une articulation mécanique flexible (8a), et

b) une pluralité de conduites rigides verticales (4a) dénommées « riser », dont les extrémités inférieures sont reliées par l'intermédiaire d'éléments de conduites de coudées de jonction (5a,4-2) et des connecteurs automatiques (9) à la pluralité de dites conduites reposant au fond de la mer (3), et

c) une pluralité de modules de flottabilité et de guidage (4c,$4c_i$ avec i = 1 à n), supporté par ledit tendon (4b), lesdits modules de flottabilité et de guidage supportant des éléments de flottabilité et guidant lesdits risers en position, de préférence régulièrement et symétriquement répartis autour dudit tendon (4b), lesdits modules de flottabilité et de guidage constituant

de préférence, une pluralité de structures indépendantes aptes à coulisser le long dudit tendon (4b) et le long desdits risers (4a), ladite structure (4c) supportant des éléments de flottabilité et guidant lesdits risers en position, de préférence régulièrement et symétriquement répartis autour dudit tendon.

14. Procédé de remorquage en mer d'une tour (4) et mise en place d'une installation selon la revendication 13, caractérisé en ce que ladite tour (4) comprend les étapes successives suivantes dans lesquelles :

1) on préfabrique à terre une dite tour (4), et

2) ladite tour (4) est remorquée en mer par un navire de pose (11) en position horizontale, ladite tour (4) flottant en surface (10) grâce à ses dits éléments de flottabilité (4c) répartis le long de ladite tour, et

3) on installe un corps mort (13) à l'extrémité inférieure de ladite tour et,

4) on cabane ladite tour dont on connecte l'extrémité inférieure à ladite articulation mécanique flexible (8a) au niveau de ladite embase (8), et

5) on descend ladite structure de guidage (5) depuis le navire de pose (11) et on la connecte (5a) au sommet de ladite tour (4), et

6) de préférence, on déballaste un bidon (5c) de flottabilité de ladite structure de guidage (5), puis on déconnecte le câble de descente (11a) de ladite structure de guidage, de telle sorte que par sa flottabilité propre (5c) ladite structure de guidage (5) reste alors en position sensiblement verticale au-dessus de ladite tour (4), et

7) on éloigne le navire de pose (11) et on déplace le support flottant (1) en surface jusqu'à arriver au niveau de ladite structure de guidage (5), puis l'on ancre au fond de la mer le support flottant avec des lignes d'ancrage (1b) et,

8) de préférence, on installe un câble de liaison et de tensionnement (6) entre le support flottant (1) et la structure de guidage (5), et on tensionne ledit câble pour maintenir ladite structure de guidage (5) et

ladite tour qui lui est reliée suffisamment raide pour permettre la pose subséquente desdites conduites flexibles (7), et

9) on rapproche le navire de pose (11) et on descend chaque extrémité inférieure (7-1') de conduite flexible (7) à l'aplomb et à travers lesdits éléments de guidage (5b,5b'), puis on réalise la connexion des extrémités inférieures (7-1) des conduites flexibles (7) au niveau des extrémités supérieures (4-1) desdits risers (4a), puis

10) on réalise la connexion des extrémités inférieures des risers (4a) avec les extrémités des conduites (3) reposant au fond de la mer (12).

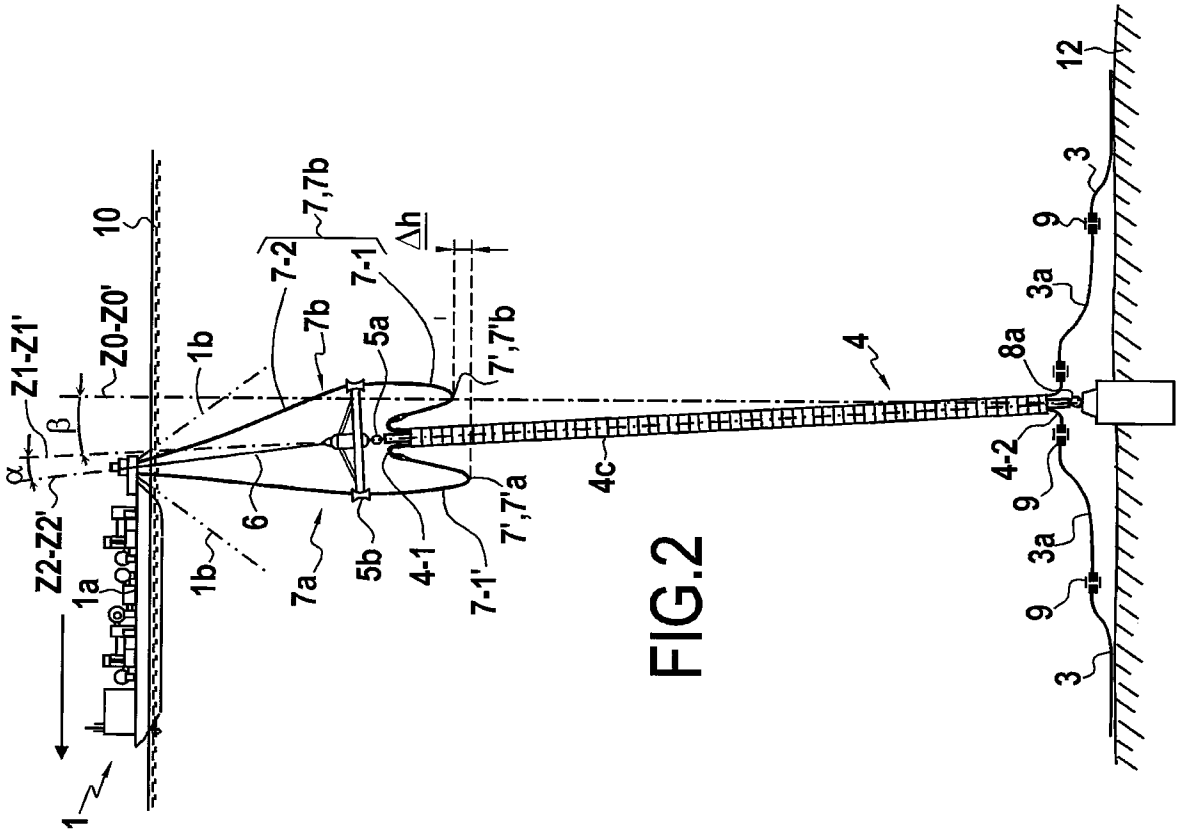

Z1-Z1'
Z0-Z0'
Z2-Z2'
α
β
Δh
7,7b
7-2
7-1
7b
5a
7',7'b
7',7'a
7-1'
1b
6
7a
5b
4-1
4c
4
8a
3a
9
3
12
4-2
1a
1

FIG.2

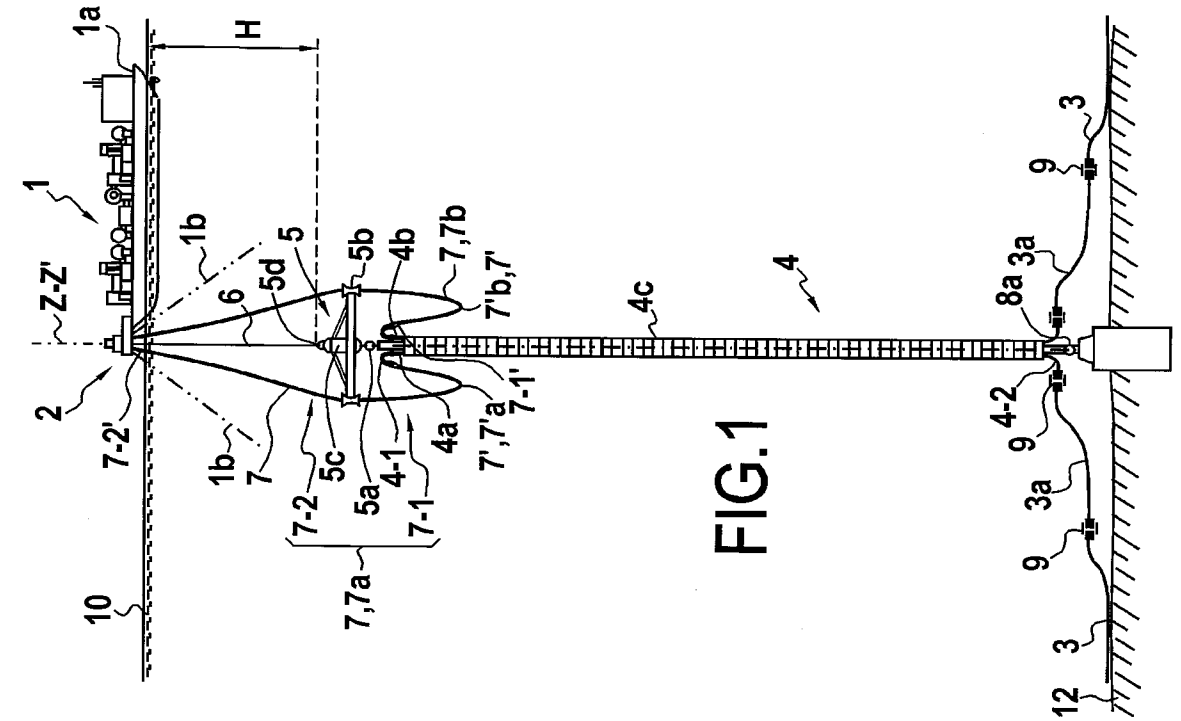

Z-Z'
H
1a
1
1b
6
5d
5
5b
4b
7,7b
7'b,7'
4c
4
8a
3a
9
3
4-2
2
7-2'
7
5c
5a
4-1
7-1
4a
7',7'a
7-1'
7-2
7-1
7,7a
10
12

FIG.1

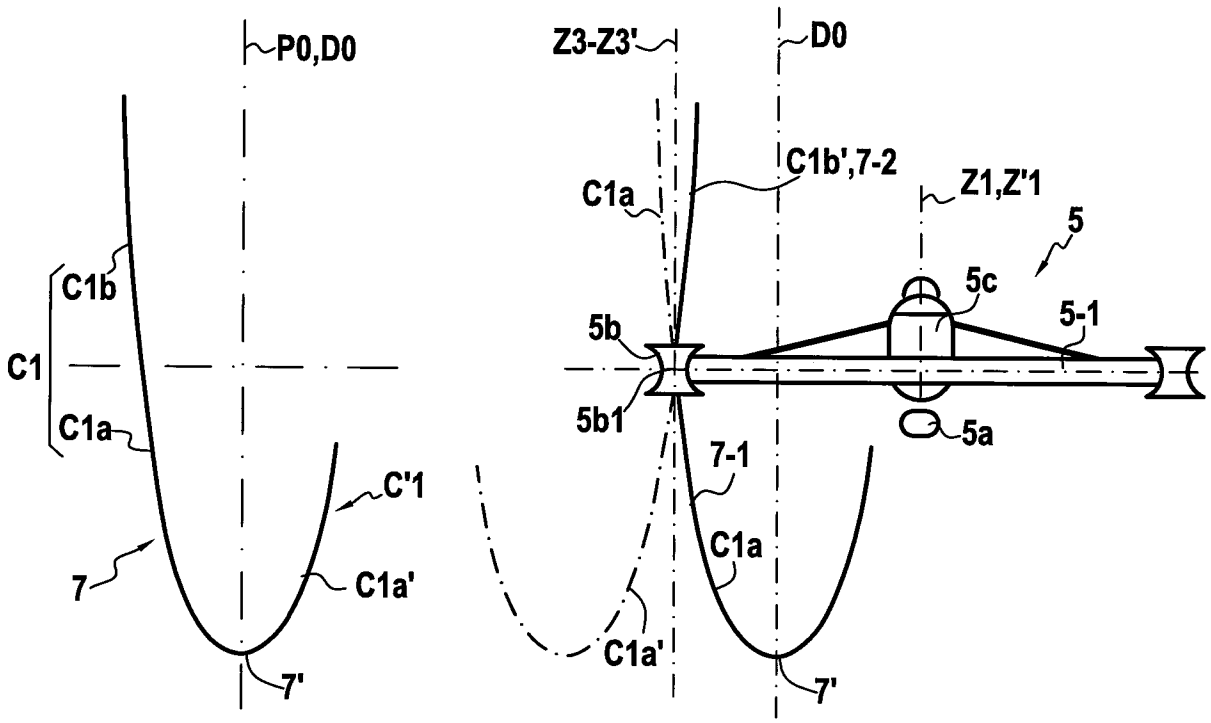

P0,D0
C1b
C1
C1a
C'1
7
C1a'
7'
Z3-Z3'
D0
C1a
C1b',7-2
Z1,Z'1
5
5c
5-1
5b
5b1
5a
7-1
C1a
C1a'
7'

FIG.1A

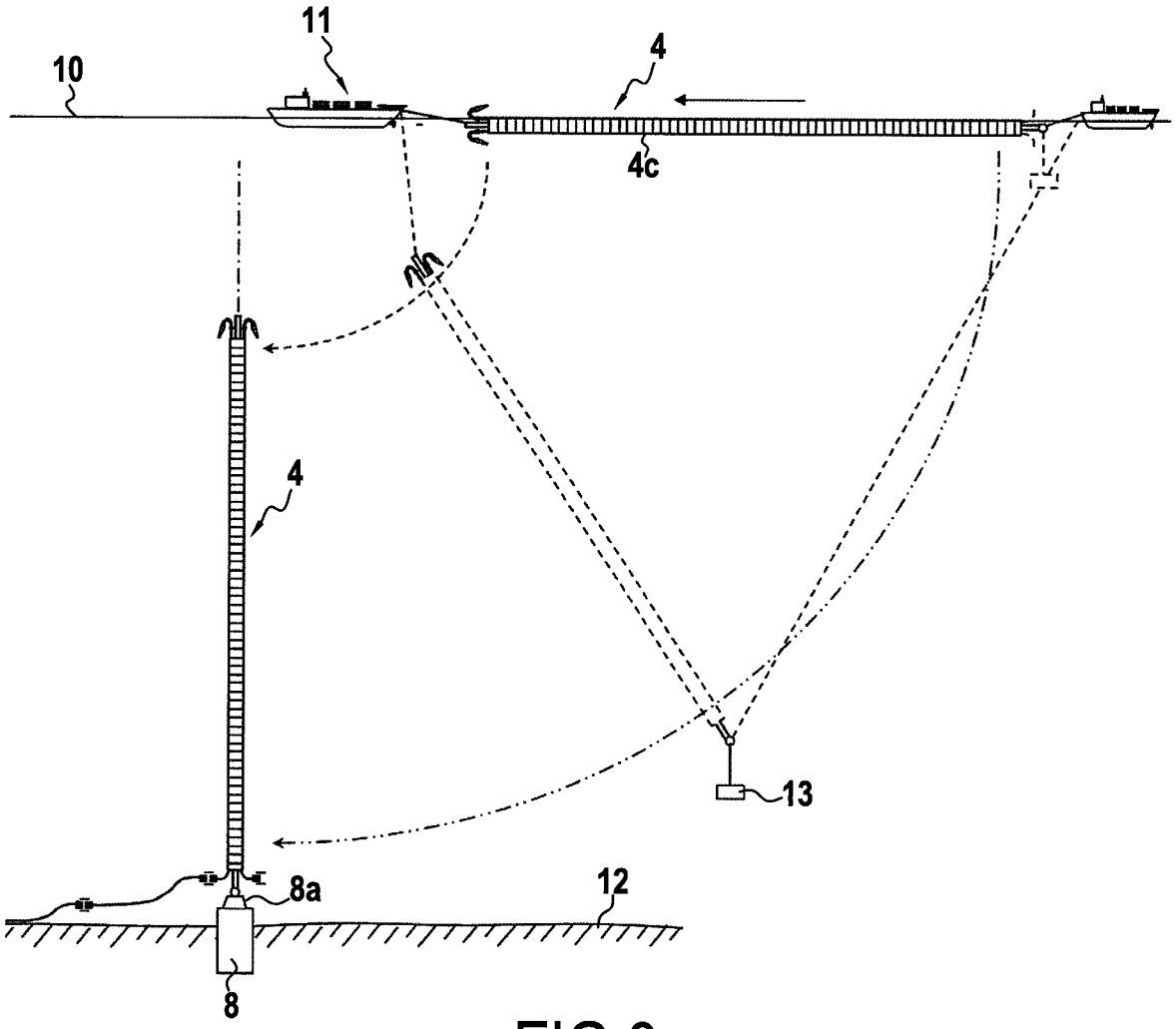



FIG.3

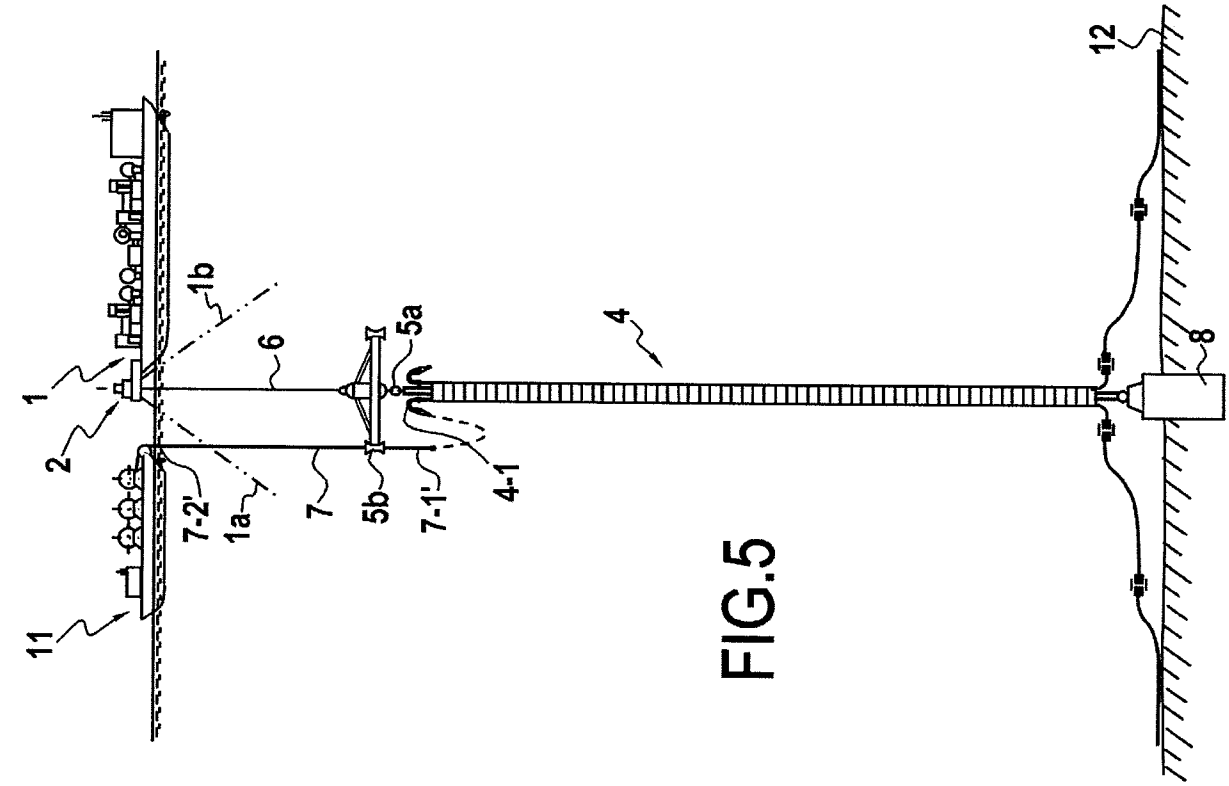



FIG.5

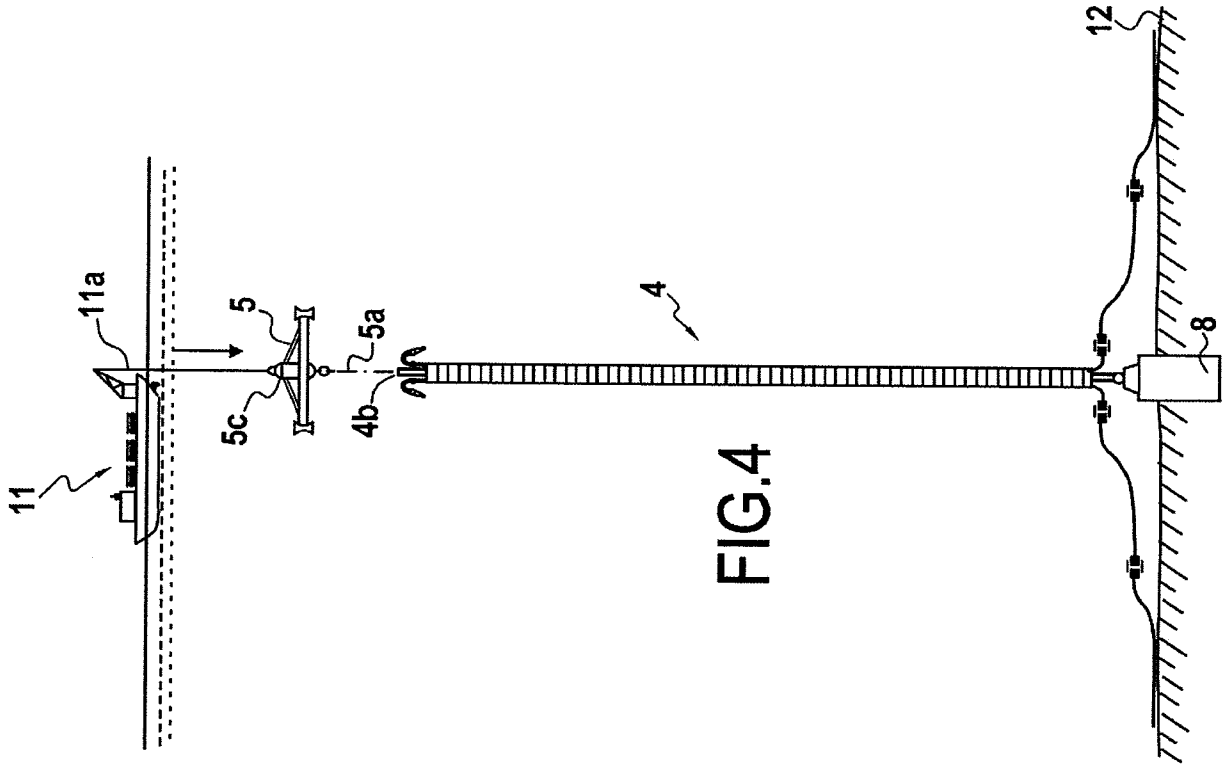



FIG.4

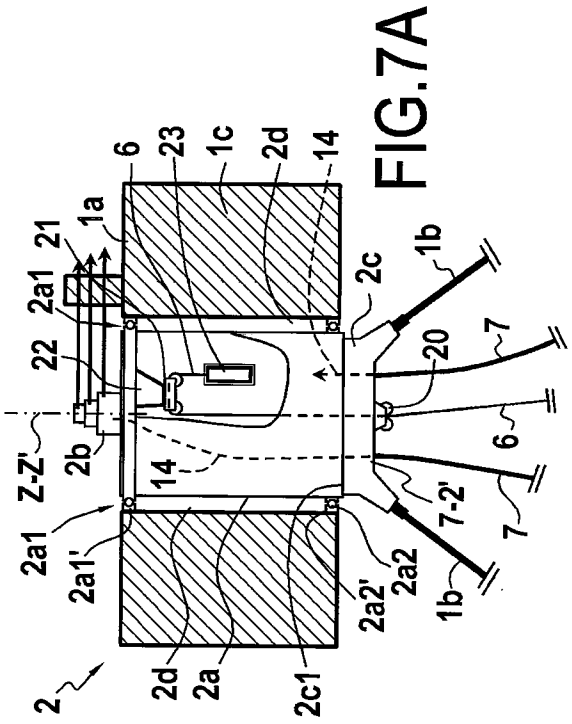



FIG.7A

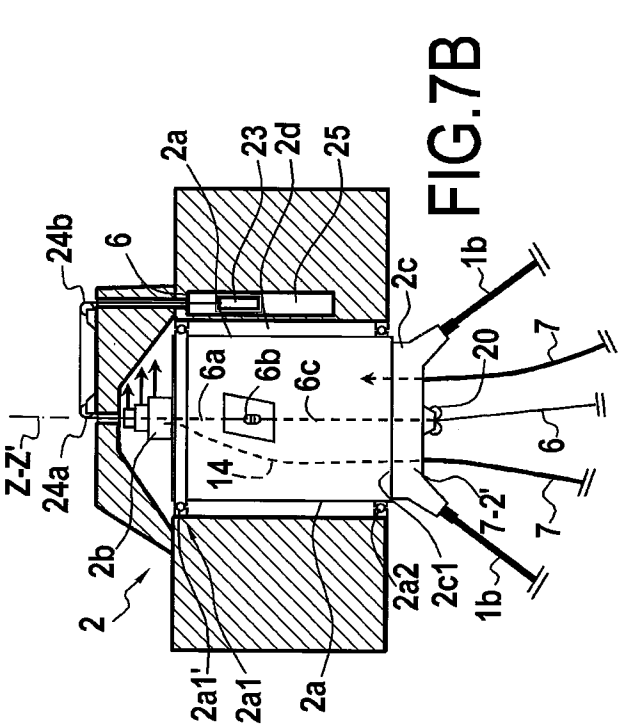



FIG.7B

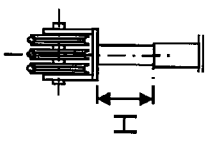



FIG.8A

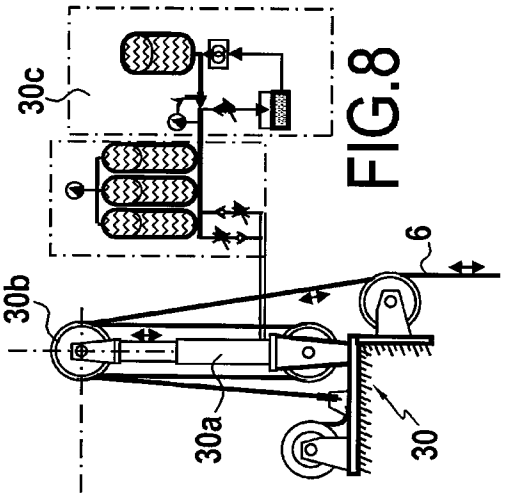



FIG.8

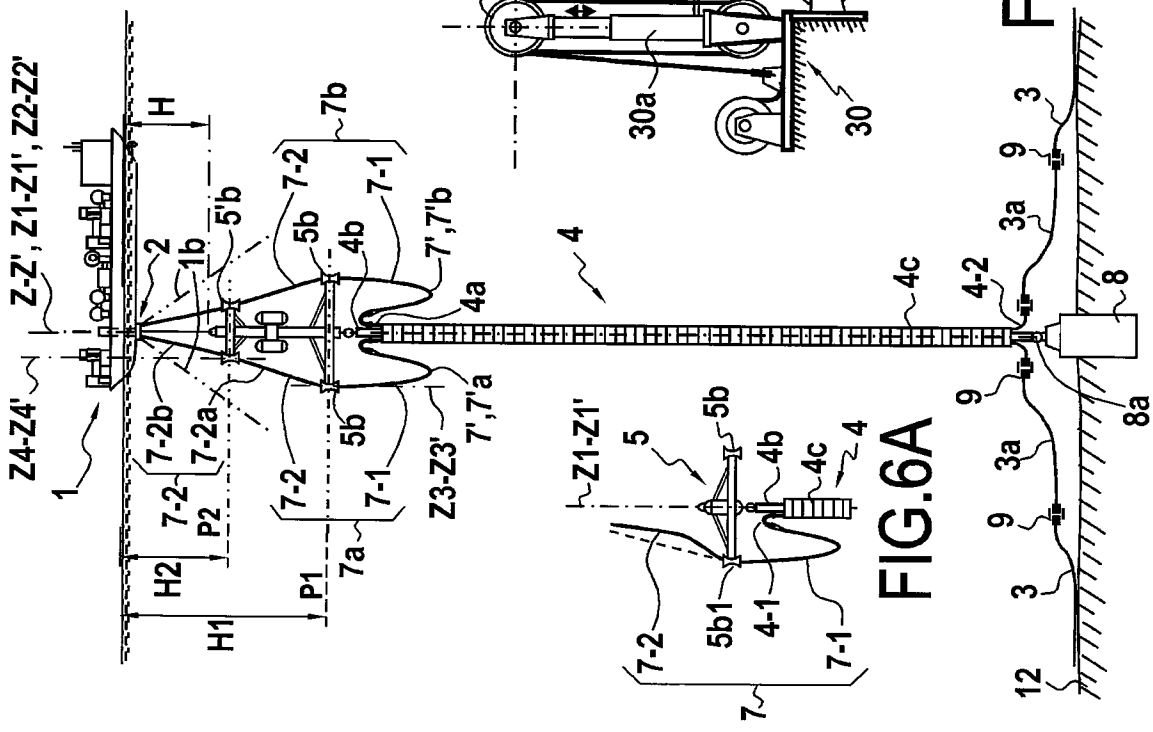



FIG.6




FIG.6A

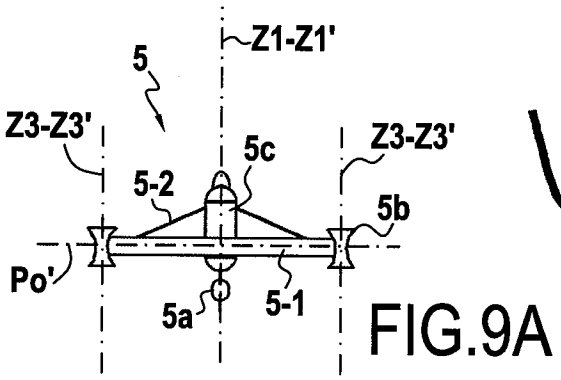



FIG.9A

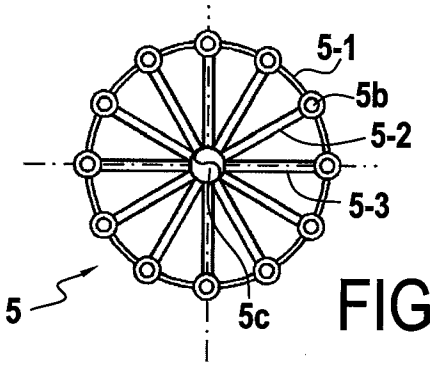



FIG.9B

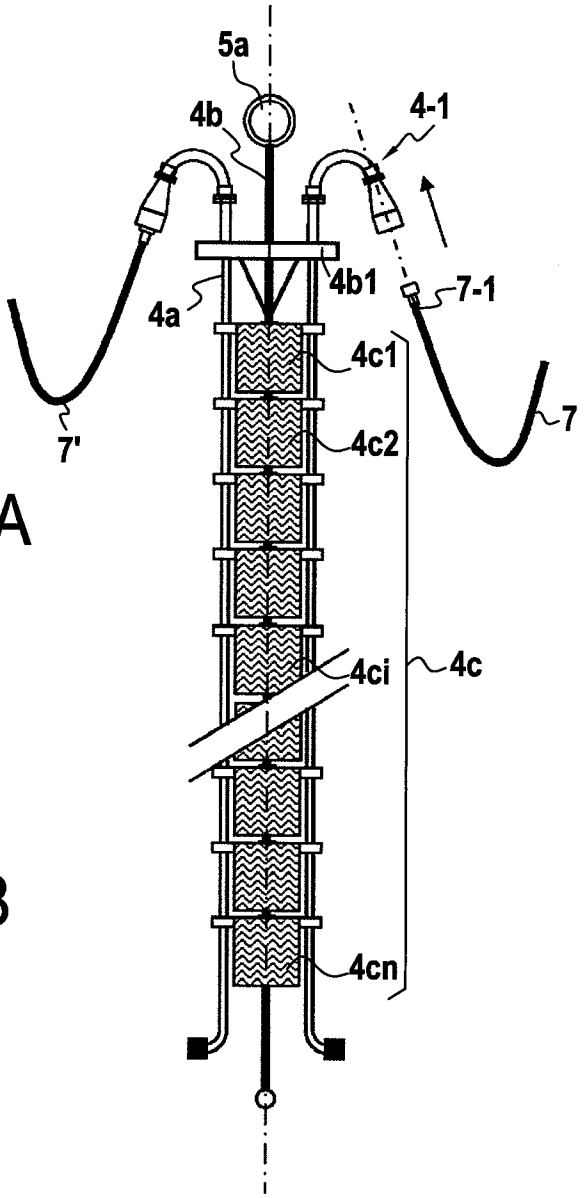



FIG.10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2011/051118

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B63B21/50 E21B17/01
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B63B E21B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| A | WO 2009/150142 A1 (TECHNIP FRANCE [FR]; CROME TIMOTHY JOHN [NO]; BOE JOHAN KRISTIAN [NO];) 17 December 2009 (2009-12-17) the whole document | 1 |
| A | US 4 470 722 A (GREGORY EDWARD W [CA]) 11 September 1984 (1984-09-11) the whole document | 1 |
| A | WO 2009/122098 A2 (SAIPEM SA [FR]; BAYLOT MICHEL [FR]; DENISE JEAN-PAUL [FR]; MARTY THOMA) 8 October 2009 (2009-10-08) cited in the application the whole document | 1 |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 26 July 2011 | 03/08/2011 |

| Name and mailing address of the ISA/ | Authorized officer |
|---|---|
| European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016 | Lindner, Volker |

1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/FR2011/051118

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---|---|
| WO 2009150142 A1 | 17-12-2009 | CA 2727288 A1 | 17-12-2009 |
| | | EP 2318649 A1 | 11-05-2011 |
| | | FR 2932215 A1 | 11-12-2009 |
| US 4470722 A | 11-09-1984 | NONE | |
| WO 2009122098 A2 | 08-10-2009 | CA 2714625 A1 | 08-10-2009 |
| | | EP 2252501 A2 | 24-11-2010 |
| | | FR 2928899 A1 | 25-09-2009 |
| | | KR 20100124733 A | 29-11-2010 |
| | | US 2011017117 A1 | 27-01-2011 |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2011/051118

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. B63B21/50 E21B17/01
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
B63B E21B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie* | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|---|---|---|
| A | WO 2009/150142 A1 (TECHNIP FRANCE [FR]; CROME TIMOTHY JOHN [NO]; BOE JOHAN KRISTIAN [NO];) 17 décembre 2009 (2009-12-17) le document en entier | 1 |
| A | US 4 470 722 A (GREGORY EDWARD W [CA]) 11 septembre 1984 (1984-09-11) le document en entier | 1 |
| A | WO 2009/122098 A2 (SAIPEM SA [FR]; BAYLOT MICHEL [FR]; DENISE JEAN-PAUL [FR]; MARTY THOMA) 8 octobre 2009 (2009-10-08) cité dans la demande le document en entier | 1 |

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

| Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée | Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale |
|---|---|
| 26 juillet 2011 | 03/08/2011 |

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

1

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

**Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets**

**Demande internationale n°**
PCT/FR2011/051118

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|---|---|---|
| WO 2009150142 A1 | 17-12-2009 | CA 2727288 A1 | 17-12-2009 |
| | | EP 2318649 A1 | 11-05-2011 |
| | | FR 2932215 A1 | 11-12-2009 |
| US 4470722 A | 11-09-1984 | AUCUN | |
| WO 2009122098 A2 | 08-10-2009 | CA 2714625 A1 | 08-10-2009 |
| | | EP 2252501 A2 | 24-11-2010 |
| | | FR 2928899 A1 | 25-09-2009 |
| | | KR 20100124733 A | 29-11-2010 |
| | | US 2011017117 A1 | 27-01-2011 |