

(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
19 novembre 2009 (19.11.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/138609 A2

- (51) Classification internationale des brevets : Non classée
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR2009/050684
- (22) Date de dépôt international : 14 avril 2009 (14.04.2009)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : 0852771 24 avril 2008 (24.04.2008) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : SAIPEM S.A. [FR/FR]; 1/7 avenue San Fernando, F-78180 Montigny Le Bretonneux (FR).
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : PIONETTI, François-Régis [FR/FR]; Le Haut Bosc, F-50450 La Baleine (FR).
- (74) Mandataires : DOMANGE, Maxime et al.; Cabinet Beau De Lomenie, 232 Avenue du Prado, F-13295 Marseille Cedex 08 (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : BED-TO-SURFACE CONNECTOR INSTALLATION OF A RIGID TUBE WITH A FLEXIBLE DUCT HAVING POSITIVE FLOTATION

(54) Titre : INSTALLATION DE LIAISON FOND-SURFACE D'UNE CONDUITE RIGIDE AVEC UNE CONDUITE FLEXIBLE A FLOTTABILITE POSITIVE

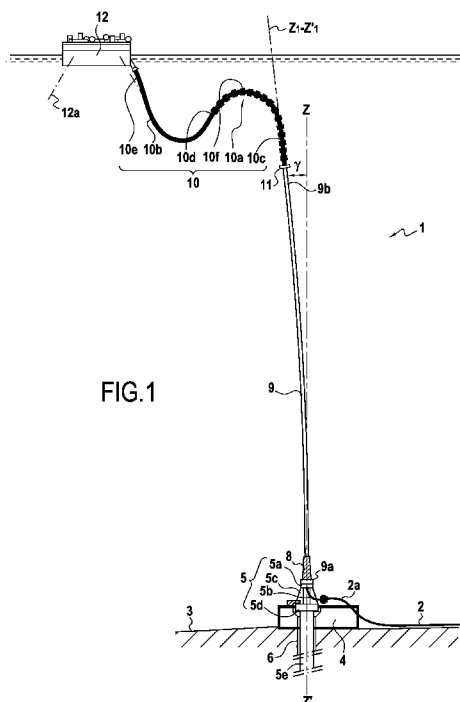


FIG.1

(57) Abstract : The invention relates to a bed-to-surface connector installation with at least two submarine pipes (10a, 10b) lying on the bed of the sea, comprising : 1) a first hybrid tower with: a) a vertical riser (1a) anchored (3a) to a first base and connected to one of the submarine pipes (10a) lying on the sea bed the upper end of which is connected to a first float (2a) at the sub-surface and b) a first connector pipe (4a), preferably a flexible pipe, providing the connection between a floating support (11) and the upper end of said riser and 2) at least one second rigid pipe (1b) rising from the seabed where said pipe rests (10b) or from a second submarine pipe resting on the seabed to which the lower end which isn't anchored at the depth of the first base is connected, extending to the sub-surface where the upper end thereof is connected to a second float (2b) arranged essentially at the same depth as said first float (2a) and fixed to said first float by a second flexible connector pipe (2b), providing connection to said support float (11).

(57) Abrégé : Installation de liaisons fond - surface d'au moins deux conduites sous-marines (10a, 10b) reposant au fond de la mer, comprenant : 1) une première tou

[Suite sur la page suivante]



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :
— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)*

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)*

hybride comprenant : a) un riser vertical (1a) ancré (3a) à une première embase et relié à une dite conduite sous-marine (10a) reposant au fond de la mer et dont l'extrémité supérieure est reliée à un premier flotteur (2a) en sub-surface, et b) une première conduite de liaison (4a), de préférence une conduite flexible, assurant la liaison entre un support flottant (11) et l'extrémité supérieure du dit riser, et 2) au moins une deuxième conduite rigide (1b) remontant depuis le fond de la mer où elle repose (10b) ou depuis une deuxième conduite sous-marine reposant au fond de la mer à laquelle son extrémité inférieure qui n'est pas ancrée au niveau de ladite première embase est reliée, jusqu'en sub-surface où son extrémité supérieure est reliée à un deuxième flotteur (2b) situé sensiblement à même profondeur que ledit premier flotteur (2a) et fixé à un dit premier flotteur à au moins respectivement une deuxième conduite de liaison (2b), flexible, assurant sa liaison avec un même dit support flottant (11).

INSTALLATION DE LIAISON FOND-SURFACE D'UNE CONDUITE
RIGIDE AVEC UNE CONDUITE FLEXIBLE A FLOTTABILITE POSITIVE

La présente invention concerne une installation de liaison fond-surface entre une conduite sous-marine reposant au fond de la mer et
5 un support flottant en surface, comprenant une tour hybride constituée d'une conduite flexible reliée à une conduite rigide montante, ou riser vertical, dont l'extrémité inférieure comprend une pièce de transition d'inertie permettant son encastrement sur un dispositif d'ancrage comprenant une embase reposant au fond de la mer.

10 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,
15 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
20 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
25 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.

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

30 - 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 plongée, c'est-à-dire descendant largement en dessous du flotteur pour remonter ensuite jusqu'audit support flottant.

- 10 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 chaîne avec une courbure continûment variable dans toute leur longueur en
- 15 suspension, communément appelés « Steel Catenary Riser » (SCRs) signifiant « riser en acier en forme de chaîne » et aussi communément appelés « conduite rigide du type caténaire » ou « riser du type SCR ».

- Une telle conduite caténaire peut remonter jusqu'au support
- 20 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 plongée.

- Des risers caténaires à configuration renforcée sont décrits dans
- 25 WO 03/102350 de la demanderesse.

- Dans WO 00/49267, on a proposé comme conduite de liaison entre le riser dont le sommet est tensionné par un flotteur immergé en surface et le support flottant, des conduites rigides de type SCR et on installe le flotteur en tête du riser à une distance plus grande de la surface
- 30 notamment à au moins 300 m de la surface, de préférence au moins 500 m.

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.

5 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

10 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

15 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. 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

20 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-

25 marine étant en général réalisée par l'intermédiaire d'un connecteur automatique.

Ce mode de réalisation comprenant une multiplicité de risers maintenus par une structure centrale comportant des moyens de guidage est relativement coûteux et complexe à installer. D'autre part,

30 l'installation doit être préfabriquée à terre avant d'être remorquée en mer, puis une fois sur site, cabanée en vue d'être mise en place. En outre, sa maintenance requiert également des coûts d'exploitation relativement élevés.

De plus, le pétrole brut cheminant sur de très grandes distances, plusieurs kilomètres, on doit leur fournir un niveau d'isolation extrême coûteux pour, d'une part minimiser l'augmentation de viscosité qui conduirait à une réduction de la production horaire des puits, et d'autre
5 part d'éviter le blocage du flot par dépôt de paraffine, ou formation d'hydrates dès lors que la température descend aux alentours de 30-40°C. Ces derniers phénomènes sont d'autant plus critiques, particulièrement en Afrique de l'Ouest, que la température du fond de la mer est de l'ordre de 4°C et que les pétroles bruts sont de type
10 paraffiniques.

Il est donc souhaitable que les liaisons fond-surface soient de longueurs réduites et donc que l'encombrement des différentes liaisons reliées à un même support flottant soient limités.

C'est pourquoi on cherche à fournir des installations aptes à
15 exploiter depuis un même support flottant une pluralité de liaisons fond-surface de type tour-hybride d'encombrement réduit et plus simple à poser et pouvant être fabriquée en mer depuis un navire de pose de conduite.

Dans WO 02/066786 et WO 2003/095788, on a décrit des
20 installations de tours hybrides nécessitant la mise en œuvre d'articulations flexibles entre le riser vertical et l'embase car les variations angulaires, engendrées par les mouvements du FPSO et par l'action de la houle et du courant sur les conduites et sur le flotteur tensionnant la portion verticale de conduite, sont importantes,
25 atteignant 5 à 10° et ces variations empêchent l'utilisation de liaison rigide encastrée dans ladite embase. De telles articulations flexibles sont très délicates et coûteuses à fabriquer car elles sont constituées d'empilements de couches d'élastomère et de renforts acier et doivent résister à la fatigue pendant toute la durée de vie des installations qui
30 dépasse 20-25 ans voire plus. De plus, la présence du flotteur crée une discontinuité de tension au niveau de pièce en col de cygne, à l'interface entre la conduite rigide sensiblement verticale et la conduite flexible en

configuration de chaînette, ce qui nuit à la stabilité d'ensemble au niveau dudit interface et affecte la résistance mécanique de l'installation.

Dans WO 02/103153, on a cherché à fournir une installation qui
5 puisse être fabriquée intégralement à terre, notamment en ce qui concerne l'assemblage des conduites rigides reposant au fond de la mer et les risers verticaux assurant la liaison fond-surface. D'autre part, dans WO 02/103153, on a cherché à mettre en œuvre une installation dont la mise en place au fond de la mer ne requiert aucun joint flexible à rotule
10 dans la partie inférieure de la tour. Pour ce faire, la conduite sous-marine reposant au fond de la mer est reliée audit riser vertical par un élément de conduite flexible maintenu par une embase reposant au fond de la mer. L'assemblage de l'extrémité inférieure du riser vertical et l'extrémité de la conduite reposant au fond de la mer, par l'intermédiaire
15 dudit élément de conduite flexible solidaire et maintenu par ladite embase, est préassemblé à terre avant d'être remorqué en mer et déposé au fond de la mer où ladite embase est, ensuite, ancrée. Toutefois, ce mode de réalisation présente certains inconvénients car ce système d'ancrage nécessite, pour la phase de remorquage et de
20 cabanage des éléments de flottabilité considérables pour équilibrer le poids déjaugé de ladite structure embase, et les éléments de liaison flexibles sont soumis à une fatigue importante pendant toute la durée de vie des installations qui atteint et dépasse 25-30 ans.

En outre, dans toutes les installations décrites dans la technique
25 antérieure mentionnée ci-dessus, le riser vertical est tensionné par un flotteur en sub-surface et la liaison entre le riser vertical et le support flottant se fait par une conduite flexible en configuration de chaînette plongeante, dont l'extrémité est reliée à l'extrémité supérieure dudit riser vertical par un dispositif en col de cygne. Ce mode de liaison de
30 l'extrémité supérieure du riser vertical avec le support flottant présente certains inconvénients en termes de résistance mécanique, au niveau de la discontinuité de tension créée par la pièce de liaison en col de cygne, et du fait du tensionnement du riser vertical par un flotteur de très gros

volume, ce dernier est soumis à l'action des courants et de la houle, ce qui engendre, pour ce type de liaison des variations angulaires du sommet du riser, très importantes, ces dernières se répercutant en pied de riser, au niveau de l'articulation flexible ainsi fortement sollicitée.

5 Dans GB-2 024 766, on décrit un riser vertical relié à une conduite flexible en configuration de chaînette plongeante, l'extrémité de la conduite flexible reliée au dit riser présente une courbure imposée par une gouttière à section verticale de forme circulaire reposant au sommet d'un flotteur de forme torique, ladite gouttière faisant office de col de
10 cygne et évitant des rayons de courbure trop faibles pouvant conduire à un écrasement de ladite conduite flexible. Ce mode de réalisation ne permet pas d'éviter une usure de la conduite flexible au niveau de son interaction avec ladite gouttière, ce qui affecte la fiabilité intrinsèque de la liaison entre le riser vertical et la conduite flexible en termes de
15 résistance mécanique dans le temps.

Un but de la présente invention est donc de fournir une installation de liaisons fond-surface avec des tours hybrides, d'encombrement réduit, simple à poser et pouvant être fabriqué en mer depuis un navire de pose de conduite, mais dont le système d'ancrage
20 est d'une grande résistance et d'un faible coût, et dont les procédés de fabrication et mise en place des différents éléments constitutifs sont simplifiés et également d'un faible coût, et peuvent être réalisés en mer, également, depuis un navire de pose.

Un autre but est de fournir une installation qui ne requiert pas la
25 mise en œuvre d'articulations flexibles, notamment à la base du riser vertical.

Un autre but de la présente invention est de fournir une installation de liaison fond-surface telle que décrit ci-dessus, qui requiert la mise en œuvre d'un unique élément de raccordement,
30 notamment d'un unique connecteur automatique, entre l'extrémité inférieure du riser vertical et l'extrémité de la conduite reposant au fond

de la mer.

Pour ce faire, la présente invention fournit une installation de liaison fond-surface, notamment à grande profondeur de plus de 1 000 m, comprenant :

5 a- au moins une conduite rigide montante, sensiblement verticale, dénommée riser vertical, fixée à son extrémité inférieure à un dispositif d'ancrage au fond de mer, et

 b- au moins une conduite de liaison flexible assurant la liaison entre un support flottant et l'extrémité supérieure dudit riser vertical,

10 c- une extrémité de ladite conduite flexible est directement raccordée, de préférence par un système de brides, à l'extrémité supérieure dudit riser vertical, et

 d- l'extrémité inférieure dudit riser vertical comprend un élément de conduite terminal formant une pièce de transition d'inertie dont la
15 variation de l'inertie est telle que l'inertie dudit élément de conduite terminal, à son extrémité supérieure, soit sensiblement identique à celle de l'élément de conduite de la partie courante du riser vertical auquel elle est reliée, ladite inertie de l'élément de conduite terminal augmentant progressivement jusqu'à l'extrémité inférieure de ladite
20 pièce de transition d'inertie, comprenant une première bride de fixation permettant l'encastrement de l'extrémité inférieure dudit riser vertical au niveau dudit dispositif d'ancrage au fond de la mer, caractérisée en ce que :

 - une partie terminale de la conduite flexible, du côté de sa
25 jonction à l'extrémité supérieure dudit riser, présente une flottabilité positive, et au moins la partie supérieure dudit riser vertical présente également une flottabilité positive, de sorte que les flottabilités positives de ladite partie terminale de la conduite flexible et de ladite partie supérieure dudit riser vertical permettent le tensionnement dudit
30 riser en position sensiblement verticale et l'alignement ou la continuité de courbure entre l'extrémité de ladite partie terminale de la conduite

flexible et la partie supérieure dudit riser vertical au niveau de leur raccordement, ladite flottabilité positive étant apportée par une pluralité de flotteurs périphériques coaxiaux, régulièrement espacés et/ou un revêtement continu en matériau de flottabilité positive, et

- 5 - ladite partie terminale de conduite flexible présentant une flottabilité positive, s'étend sur une partie de la longueur totale de la conduite flexible, telle que la conduite flexible présente une configuration en S, avec une première portion de conduite flexible du côté dudit support flottant présentant une courbure concave en forme de
- 10 chaînette à configuration de chaînette plongeante et ladite partie terminale restante de ladite conduite flexible présentant une courbure convexe en forme de chaînette inversée de par sa flottabilité positive, l'extrémité de ladite partie terminale de conduite flexible, au niveau de l'extrémité supérieure dudit riser, étant située de préférence au dessus
- 15 et sensiblement dans l'alignement de l'axe $Z_1Z'_1$ dudit riser à son extrémité supérieure.

On utilise ici le terme "riser vertical" pour rendre compte de la position théorique du riser lorsque celui-ci est au repos étant entendu que l'axe du riser peut connaître des mouvements angulaires par rapport

20 à la verticale et se mouvoir dans un cône d'angle α dont le sommet correspond au point de fixation de l'extrémité inférieure du riser sur ladite embase. L'extrémité supérieure dudit riser vertical peut être légèrement incurvée. On entend donc par « partie terminale de conduite flexible sensiblement dans l'alignement de l'axe $Z_1Z'_1$ dudit riser

25 supérieur » que l'extrémité de la courbe de chaînette inversée de ladite conduite flexible est sensiblement tangente à l'extrémité dudit riser vertical. En tout état de cause, en continuité de variation de courbure, c'est-à-dire sans point singulier, au sens mathématique.

On entend ici par "inertie", le moment d'inertie dudit élément de

30 conduite de transition d'inertie par rapport à un axe perpendiculaire à l'axe dudit élément de conduite de transition d'inertie, lequel reflète la raideur en flexion dans chacun des plans perpendiculaires à l'axe XX' de

symétrie dudit élément de conduite, ce moment d'inertie étant proportionnel au produit de la section de matière par le carré de son éloignement par rapport au dit axe de l'élément de conduite.

On entend par "continuité de courbure" entre l'extrémité
5 supérieure du riser vertical et la partie du flexible présentant une flottabilité positive, que ladite variation de courbure ne présente pas de point singulier, tel une variation brusque de l'angle d'inclinaison de sa tangente ou un point d'inflexion.

De préférence, la pente de la courbe formée par la conduite
10 flexible est telle que l'inclinaison de sa tangente par rapport à l'axe $Z_1Z'_1$ de la partie supérieure dudit riser vertical augmente continûment et progressivement depuis le point de raccordement entre l'extrémité supérieure du riser vertical et l'extrémité de ladite partie terminale de conduite flexible de flottabilité positive, sans point d'inflexion et sans
15 point d'inversion de courbure.

L'installation selon la présente invention permet donc d'éviter le tensionnement du riser vertical par un flotteur en surface ou sub-surface, auquel son extrémité supérieure serait suspendue, d'une part, et, d'autre part, d'éviter la liaison à ladite conduite flexible plongeante
20 par l'intermédiaire d'un dispositif de col de cygne, tel que mis en œuvre dans la technique antérieure. Il en résulte non seulement une plus grande fiabilité intrinsèque en termes de résistance mécanique dans le temps de la liaison entre le riser vertical et la conduite flexible, car les dispositifs de type col de cygne sont fragiles. Mais surtout, ce type
25 d'installation confère une stabilité accrue en termes de variation angulaire (γ) de l'angle d'excursion de l'extrémité supérieure du riser vertical par rapport à une position théorique de repos vertical, car cette variation angulaire est réduite en pratique à un angle maximal ne dépassant pas 5° , en pratique de l'ordre de 1 à 4° avec l'installation
30 selon l'invention, alors que, dans les modes de réalisation de la technique antérieure, l'excursion angulaire pouvait atteindre 5 à 10° , voire plus.

Un autre avantage de la présente invention tient en ce que, du fait de cette faible variation angulaire de l'extrémité supérieure du riser vertical, il est possible de mettre en œuvre, au niveau de son extrémité inférieure, un encastrement rigide sur une embase reposant au fond de la mer, sans avoir recours à une pièce de transition d'inertie de dimension trop importante et donc trop coûteuse. Il est donc possible d'éviter la mise en œuvre d'une articulation flexible, notamment du type rotule sphérique flexible, pour autant que la jonction entre l'extrémité inférieure du riser et ledit encastrement comprenne une pièce de transition d'inertie.

Les flottabilités positives du riser et de la conduite flexible peuvent être apportées de façon connue par des flotteurs périphériques coaxiaux entourant lesdites conduites, ou, de préférence, s'agissant de la conduite rigide du riser vertical, d'un revêtement en matériau de flottabilité positive, de préférence constituant également un matériau isolant, tel que de la mousse syntactique, sous forme de coquille enveloppant ladite conduite. De tels éléments de flottabilité résistant à de très fortes pressions, c'est-à-dire à des pressions d'environ 10MPa par tranche de 1000m d'eau, sont connus de l'homme de l'art et sont disponibles auprès de la Société BALMORAL (UK).

Plus particulièrement, la flottabilité positive sera répartie régulièrement et uniformément sur l'ensemble de la longueur de ladite partie terminale 10a de la conduite flexible et d'au moins ladite partie supérieure 9b de ladite conduite rigide.

De préférence, pour donner le maximum de flexibilité à l'ensemble de la liaison fond-surface, ladite partie terminale de la conduite flexible présentant une flottabilité positive s'étend sur une longueur de 30 à 60% de la longueur totale de la conduite flexible, de préférence environ la moitié de la longueur totale de ladite conduite flexible.

Plus particulièrement, ladite conduite flexible présente une flottabilité positive sur une longueur correspondant à 30 à 60%, de sa longueur totale, de préférence environ la moitié de sa longueur totale.

La partie de conduite flexible plongeante, c'est-à-dire de
5 flottabilité négative pourra être d'autant plus courte que l'ancrage du support flottant en surface sera raide.

Plus particulièrement, pour donner à l'ensemble de la liaison fond-surface la souplesse appropriée, ladite flottabilité positive exercée sur la partie terminale de la conduite flexible et au moins la partie supérieure
10 dudit riser, doit exercer une tension verticale sur la fondation à l'extrémité inférieure de ladite conduite rigide en fonction de la profondeur d'eau selon la formulation suivante : $F = kH$, F étant ladite tension verticale exprimée en tonnes, H étant ladite profondeur exprimée en mètres, et k étant un facteur compris entre 0.15 et 0.05, de
15 préférence égal à environ 0.1.

Si la flottabilité positive globale est répartie uniformément et régulièrement sur toute la longueur de la conduite rigide et sur une dite partie terminale de conduite flexible, ladite flottabilité positive devant permettre d'obtenir une poussée résultante verticale de 50 à 150 kg/m,
20 c'est-à-dire que ladite flottabilité requise devra correspondre au poids apparent de ladite conduite rigide et ladite partie terminale de conduite flexible additionnée d'une flottabilité additionnelle de 50 à 150 kg/m.

Dans un mode préféré de réalisation d'une installation de liaison fond-surface, celle-ci comprend les caractéristiques suivantes, selon
25 lesquelles :

- ledit riser vertical est relié à son extrémité inférieure à au moins une conduite reposant au fond de la mer, et

- ledit dispositif d'ancrage comprend un dispositif de support et de raccordement fixé sur une embase posée et ancrée au fond de la mer, et

- ladite conduite reposant au fond de la mer comprend un premier élément de conduite rigide terminal solidaire de ladite embase reposant au fond de la mer et ledit premier élément de conduite terminal est et maintenu fixement par rapport à ladite embase, avec, à son extrémité, 5 une première partie d'élément de raccordement, de préférence un élément mâle ou femelle d'un connecteur automatique, et

- ladite première bride de fixation à l'extrémité inférieure de ladite pièce de transition d'inertie est fixée à une deuxième bride de fixation à l'extrémité d'un deuxième élément de conduite rigide coudé, solidaire 10 dudit dispositif de support et de raccordement fixé sur ladite embase et supportant, de façon fixe et rigide, ledit deuxième élément de conduite rigide coudé, dont l'autre extrémité comprend une deuxième partie d'élément de raccordement complémentaire de ladite première partie d'élément de raccordement et raccordée à celle-ci lorsque ledit élément 15 de support et de raccordement est fixé à ladite embase.

On comprend que la géométrie statique dudit premier élément de conduite rigide en terminaison de ladite conduite reposant au fond de la mer, par rapport à ladite embase, et la géométrie statique dudit deuxième élément de conduite rigide coudé, par rapport audit dispositif 20 de support et raccordement fixé à ladite embase, permettent de positionner les extrémités respectives desdits premier et deuxième éléments de conduites rigides, de manière à faciliter le raccordement des parties complémentaires de connecteurs automatiques une fois que le dispositif de support et de raccordement est fixé à ladite embase.

25 De préférence encore, l'installation de liaison fond-surface présente les caractéristiques selon lesquelles :

- ladite embase est ancrée au fond de la mer par un premier pieu tubulaire passant à travers un orifice traversant de ladite embase, ledit premier pieu étant enfoncé dans le sol au fond de la mer, et sa partie 30 supérieure coopérant avec l'embase de manière à permettre l'ancrage de ladite embase, et

- ledit dispositif de support et raccordement supportant ledit deuxième d'élément de conduite rigide coudé comporte un deuxième pieu tubulaire, dénommé insert tubulaire d'ancrage, inséré à l'intérieur dudit premier pieu tubulaire d'ancrage de ladite embase, ladite embase
5 comprenant un dispositif de blocage retenant ledit insert—tubulaire d'ancrage à l'intérieur dudit premier pieu tubulaire en cas de traction dudit deuxième pieu tubulaire vers le haut.

De préférence, lesdits premier et deuxième pieux sont des assemblages d'éléments unitaires standards de conduites rigides ou des
10 portions d'élément unitaire de conduites rigides, ledit deuxième pieu étant plus court que ledit premier pieu.

Ce système d'ancrage de l'embase et de fixation dudit dispositif de support et de raccordement, à l'extrémité inférieure de ladite pièce de transition d'inertie sur ladite embase, est particulièrement avantageux
15 pour les raisons suivantes.

Tout d'abord, la combinaison du premier pieu et de l'insert tubulaire d'ancrage constitue un système de guidage, qui permet de faire coïncider lesdites premières parties d'élément de raccordement et deuxième partie d'élément de raccordement aux extrémités, d'une part,
20 de l'élément de conduite terminal de la conduite reposant au fond de la mer qui est positionné fixement par rapport à ladite embase, et, d'autre part, de l'extrémité dudit élément de conduite rigide positionné fixement par rapport audit dispositif support.

Les efforts transversaux ou efforts tranchants résultant du moment de flexion se produisant au niveau du fond de la mer, au niveau
25 de l'encastrement de l'extrémité inférieure du riser vertical au niveau de ladite embase, résultant des variations angulaires du riser à son extrémité supérieure, ne sont pas transmis à ladite embase mais audit premier pieu d'ancrage, lequel s'étend profondément au fond de la mer
30 sur une longueur de 30 à 70 m. Ainsi il est possible de mettre en œuvre une dite embase de volume et de poids relativement réduits, ce qui

permet de pouvoir la descendre relativement aisément depuis la surface, solidaire dudit premier élément de conduite terminal de la conduite reposant au fond de la mer.

Plus particulièrement, ledit insert tubulaire d'ancrage est positionné dans l'axe de ladite pièce de transition d'inertie et ledit deuxième élément de conduite rigide supporté par ledit dispositif de support et de raccordement est incurvé ou coudé de manière à ce que ladite première partie d'élément de raccordement du type connecteur automatique soit dégagée latéralement par rapport au reste dudit dispositif de support et de raccordement, et ladite deuxième partie d'élément de raccordement du type connecteur automatique, à l'extrémité dudit premier élément de conduite rigide terminal de ladite conduite reposant au fond de la mer, solidaire de ladite embase, soit également dégagée par rapport à l'orifice de ladite embase et par rapport audit dispositif de support et de raccordement dont ledit insert d'ancrage est inséré à l'intérieur dudit premier pieu d'ancrage.

Dans ce mode de réalisation, ledit premier élément de conduite terminal de ladite conduite reposant au fond de la mer peut, de préférence, être également coudé pour bien coïncider avec l'extrémité dudit deuxième élément de conduite rigide coudé et permettre un raccordement aisé par un automate sous-marin de type ROV au fond de la mer.

Plus particulièrement encore, ledit élément de conduite de transition d'inertie présente une forme cylindro-conique dont :

- l'extrémité supérieure la plus mince de la pièce de transition présente un diamètre intérieur et une épaisseur sensiblement égaux aux diamètre intérieur et épaisseur de l'extrémité inférieure dudit riser vertical, auquel elle est fixée, et

- l'extrémité inférieure de la pièce de transition, du côté de ladite première bride de fixation, présente un diamètre intérieur sensiblement égal à celui de l'extrémité inférieure dudit riser vertical, mais une

épaisseur supérieure à, de préférence égale à 3 à 10 fois, celle de l'extrémité inférieure dudit riser vertical.

De tels éléments de conduite de transition d'inertie peuvent mesurer de 15 à 50 m de longueur. Plus particulièrement, la partie
5 cylindrique s'étendant sur une longueur de 3 à 5 m et la partie conique sur une longueur de 10 à 47 m. Ces pièces sont très coûteuses à fabriquer, car elles doivent être réalisées à l'aide de conduites très épaisses, mais d'épaisseurs variables, assemblées entre elles, puis usinées sur un tour de très grandes dimensions pour obtenir la forme
10 conique. De telles pièces sont très coûteuses à réaliser, car pour obtenir un bon résultat, il faut que la conduite assemblée par soudage avant usinage soit parfaitement rectiligne, et de plus les tours capables d'usiner avec précision des pièces de 20 à 30m de longueur sont difficiles à trouver et d'un coût opérationnel très élevé.

15 Dans certains cas extrêmes, les pièces de transition cylindro-coniques ne peuvent pas être réalisées en acier, et nécessitent l'utilisation de titane, ce qui augmente encore le coût et la complexité.

Selon une autre caractéristique originale de la présente invention, ledit élément de conduite terminal de transition d'inertie comprend un
20 élément de conduite rigide principale et au moins une, de préférence une pluralité n d'éléments de conduite de renfort coaxiaux disposés coaxialement au dit élément de conduite principale, chaque dit élément de conduite de renfort présentant un diamètre interne supérieur au diamètre externe de l'élément de conduite principal et le cas échéant
25 au(x) autre(s) élément(s) de conduite de renfort qu'il contient, les différents éléments de conduite principale et élément(s) de conduite de renfort étant positionné(s) avec une de leur extrémités située au même niveau selon la direction de l'axe de symétrie $Z_1Z'_1$ desdits éléments de conduite, et chaque dit élément de conduite de renfort présentant une
30 longueur (h_i , avec $i = 2$ à n) inférieure à celle de h_1 de l'élément de conduite principale et le cas échéant celle des autres éléments de conduite de renfort (h_{i-1}) qu'il contient, l'espace annulaire ($D_i - d_{i+1}$) entre

les différents éléments de conduite étant remplis d'un matériau de remplissage solide, et les différents éléments de conduite principale et conduite de renfort coaxiaux (8b-8d) sont fixés à une même platine inférieure constituée d'une dite première bride de fixation.

5 Avantageusement, selon l'invention, ledit espace annulaire est entièrement rempli par un même matériau solide de remplissage comprenant de préférence un matériau élastomère, de préférence encore à base de polyuréthane, présentant une dureté shore supérieure ou égale à A50, de préférence encore de A50 à D70, et ledit élément de
10 transition d'inertie est recouvert d'un matériau de couverture élastomère résistant à la corrosion, de préférence de type polyuréthane, ledit élément de conduite terminale de transition d'inertie présentant une forme sensiblement cylindro-conique de par son revêtement par ledit matériau de couverture.

15 Selon la présente invention, du fait l'espace annulaire est entièrement rempli d'un même matériau de remplissage et que le matériau de couverture confère une forme cylindro-conique à la pièce de transition, on obtient une variation continue du diamètre en section transversale de la pièce et avec un même matériau de remplissage sur
20 toute la hauteur de la pièce de transition, d'où il résulte une variation d'inertie progressive et continue, c'est-à-dire sans discontinuité d'inertie. En outre, la mise en œuvre d'un matériau de couverture élastomère apporte une protection à la corrosion garantissant une plus grande longévité à ladite pièce de transition, laquelle est soumise à une
25 importante contrainte mécanique et présenterait sans cette protection une longévité réduite.

On comprend que ledit matériau de remplissage solide doit présenter une résistance à la compression de manière à transférer les efforts tranchants vers l'élément de conduite de renfort d'ordre
30 supérieur « i+1 » de manière proportionnelle à la déformation d'un dit élément coaxial qu'il contient d'ordre « i » sous l'effet d'un effort de flexion subi. En pratique le matériau de remplissage solide doit

présenter un coefficient de Poisson de 0.3 à 0.49, de préférence de 0.4 à 0.45.

Ce matériau de remplissage peut être un élastomère tel un caoutchouc ou un polyuréthane seul ou en combinaison avec du sable.

5 On comprend que ce type d'élément de conduite de transition d'inertie est avantageux de par sa simplicité de fabrication et donc beaucoup moins coûteux que les éléments de conduite présentant une pièce de transition cylindro-conique à paroi d'épaisseur variable de la technique antérieure.

10 Selon d'autres caractéristiques particulières dudit élément de conduite terminal de transition d'inertie de la présente invention :

- pour des raisons pratiques de fabrication et de coût et aussi pour augmenter la flexibilité et donc la longévité de la pièce de transition, ledit matériau de couverture et ledit matériau de remplissage
15 comprennent un même matériau élastomère, de préférence à base de polyuréthane.

- ledit matériau solide de remplissage comprend un polyuréthane de dureté shore A90 ou A95.

- le matériau solide de remplissage comprend un élastomère
20 chargé en matériau particulaire, de préférence du sable.

Dans une variante de réalisation, le matériau solide de remplissage se présente sous forme d'un liant hydraulique tel que du ciment, éventuellement chargé en matériau particulaire, de préférence du sable.

25 Dans un autre mode de réalisation, ledit matériau solide de remplissage se présente sous forme de matériau particulaire de préférence du sable et/ou un liant hydraulique tel que du ciment :

- la différence entre le diamètre interne dudit élément de conduite principal et le diamètre externe dudit élément de conduite de renfort de
30 plus grand diamètre est égale à 3 à 10 fois, l'épaisseur dudit élément de

conduite principale, et le nombre desdits éléments de renfort coaxiaux est $n = 2$ à 4 ,

- la différence de longueur entre les différents éléments de conduite de renfort coaxiaux $(h_i - h_{i+1})$ est sensiblement constante et

5 égale à $(h_i \times \frac{1}{n})$,

- l'espace annulaire entre deux desdits éléments de conduite est supérieur ou égal à l'épaisseur dudit élément de conduite de plus petite épaisseur et inférieur ou égal à deux fois l'épaisseur dudit élément de conduite de plus grande épaisseur délimitant ledit espace annulaire,

10 - la longueur dudit élément de conduite principale est de 10 à 50 m de préférence de 20 à 30 m et il comprend 2 ou 3 desdits éléments de renfort coaxiaux,

- lesdits élément de conduite principale et éléments de conduite de renforts coaxiaux sont constitués chacun de tout ou partie d'un
15 élément unitaire de conduite standard, notamment conduite sous-marine standard en acier, ou constitué chacun de plusieurs éléments unitaires de conduite standard assemblés bout à bout et de préférence maintenus coaxialement par, des cales de centrage réparties régulièrement le long de leur direction longitudinale et sur la section circulaire dans leurs
20 espaces annulaires.

Un avantage important de l'installation de liaison fond-surface de la présente invention réside également dans la simplicité de sa mise en place au fond de la mer.

La présente invention fournit donc également un procédé de mise
25 en place au fond de la mer d'une installation de liaison fond-surface selon l'invention, comprenant les étapes successives suivantes dans lesquelles :

1/ on descend, au fond de la mer, un dit dispositif d'ancrage, et

2/- on descend une conduite rigide formant un riser vertical,
30 directement fixée, à son extrémité supérieure, à une extrémité de ladite

conduite flexible présentant une portion terminale de flottabilité positive, l'autre extrémité de ladite conduite flexible étant suspendue à un flotteur en sub-surface, et

3/- on fixe l'extrémité inférieure de ladite pièce de transition par
5 encastrement au niveau dudit dispositif d'ancrage, et

4/- on déplace l'extrémité de ladite conduite flexible suspendue audit flotteur et on la fixe ou relie à un dit support flottant.

De préférence, un procédé de mise en place d'une installation de liaison fond-surface selon l'invention, comprend les étapes successives
10 suivantes dans lesquelles :

1/- on descend, au fond de la mer, une dite embase solidaire d'un dit premier élément de conduite rigide, ladite embase comprenant un orifice traversant, et

2/- on descend au fond de la mer un dit premier pieu tubulaire
15 d'ancrage que l'on enfonce au fond de la mer à travers ledit orifice de l'embase, pour ancrer ladite embase au fond de la mer, et

3/- on descend au fond de la mer, depuis un navire de surface, ladite conduite rigide constituant ledit riser vertical, directement fixée à son extrémité supérieure à une dite conduite flexible, ladite pièce de
20 transition à l'extrémité inférieure dudit riser étant fixée à un dit dispositif de support et de raccordement, supportant un dit deuxième élément de conduite rigide coudé ainsi qu'un dit insert d'ancrage, et

4/- on fixe ledit dispositif de support et de raccordement sur ladite embase en insérant ledit insert d'ancrage à l'intérieur dudit premier pieu
25 tubulaire, et

5/- de préférence, on verrouille ledit insert d'ancrage à l'intérieur dudit premier pieu tubulaire à l'aide d'un dispositif de blocage, et

6/- on réalise le raccordement desdits premier élément de conduite rigide coudé et deuxième élément de conduite rigide coudé, et

7/- on finit de descendre ladite conduite flexible présentant une portion terminale de flottabilité positive, avec l'autre extrémité de ladite conduite flexible suspendue à un flotteur en sub-surface, et

8/- on déplace puis on fixe ou relie l'autre extrémité de ladite
5 conduite flexible à un dit support flottant.

Ce procédé selon l'invention est particulièrement simple et donc avantageux à mettre en place. Cette simplicité résulte du fait que la fonction d'ancrage sur ladite embase est remplie par ledit insert d'ancrage, en sous face dudit dispositif de support et de raccordement,
10 et que les moments de flexion subis par la pièce de transition d'inertie sont repris par le premier pieu d'ancrage enfoncé au fond de la mer et non par ladite embase, de sorte qu'il est possible de mettre en œuvre une embase relativement de faible poids et faible volume.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention
15 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 1 selon l'invention comportant une conduite rigide 9 de type
20 Riser encastrée en partie basse dans un premier pieu 6 traversant une embase 4 et reliée à son extrémité supérieure 9b à une conduite flexible 10 flottante sur une partie terminale 10a de sa longueur, l'autre extrémité de la conduite étant reliée à un FPSO ("Floating Production Storage Offloading") 12,

25 - la figure 2A est une vue de côté de l'installation de la liaison fond-surface dans son embase en cours de mise en place à partir d'un navire de travail 20,

la figure 2B est une vue de côté de la mise en place d'un dit premier pieu d'ancrage 6 dans une embase supportant l'extrémité d'un
30 conduite sous-marine reposant sur le fond de la mer,

- la figure 2C est une vue de côté de l'extrémité inférieure du riser 9 avec une pièce de transition d'inertie 8 au niveau de son raccordement avec un dispositif de support et de raccordement 5 comprenant un insert tubulaire d'ancrage 5e à l'intérieur dudit pieu d'ancrage 6,

5 - la figure 3 est une vue de côté de l'installation de la liaison fond-surface, en cours de mise en place, après engagement de l'insert d'ancrage 5e dans le pieu d'ancrage 6,

10 - les figures 3A et 3B représentent en vue de côté et en coupe deux variantes d'embase du raccordement à une conduite reposant au fond de la mer d'une installation de liaison fond-surface selon l'invention,

- la figure 4 est une vue en coupe et en vue de côté d'une pièce de transition 8 massive en acier, de forme conique, installée à l'extrémité inférieure du riser 9,

15 - les figures 5A-5B-5C sont des vues en coupe et en vue de côté, d'une version préférée de réalisation d'une pièce de transition constituée d'empilements de conduites acier coaxiales, les interstices étant remplis de matériaux plastiques sur les figures 5B et 5C,

20 - la figure 6 est un diagramme illustrant la variation de l'inertie des pièces de transition selon la figure 5C.

Dans la figure 1 on a représenté une installation de liaison fond-surface 1 reliant une conduite sous-marine 2 reposant sur le fond de la mer 3 à un support flottant de type FPSO 12 en surface amarré par des lignes d'ancre 12a.

25 Une installation selon l'invention comprend depuis le support 12 en surface jusqu'à une embase 4 au fond de la mer, les éléments suivants :

a) une conduite flexible 10 comprenant une première partie 10b concave qui s'étend depuis l'extrémité 10e de la conduite flexible fixée

au support flottant 12 jusqu'à environ la moitié de la conduite flexible sous forme d'une configuration en chaîne plongeante de par sa flottabilité négative jusqu'à un point d'inflexion en 10d sensiblement à la moitié de longueur de la conduite flexible, la partie terminale 10a s'étendant depuis le point central d'inflexion 10d jusqu'à l'extrémité 10c de la conduite flexible présentant une flottabilité positive de par une pluralité de flotteurs 10f de préférence régulièrement espacés le long et autour de ladite portion terminale 10a de conduite flexible, et

b) une conduite rigide montante en acier 9 ou « riser vertical » équipée de moyens de flottabilité, non représentés, tels des demi-coquilles de mousse syntactique réparties de préférence de manière uniforme sur tout ou partie de la longueur de ladite conduite rigide, et comprenant à son extrémité inférieure une pièce de transition d'inertie 8 équipé d'une première bride de fixation 9a à son extrémité inférieure. La première bride de fixation 9a est fixée sur une deuxième bride de fixation 5a constituant la partie supérieure d'un dispositif de support et de raccordement 5, lui-même ancré sur le premier pieu 6 solidaire de l'embase 4 reposant au fond de la mer, ledit dispositif de support et de raccordement 5 permettant le raccordement de l'extrémité inférieure du riser 9 à une conduite 2 reposant au fond de la mer, comme explicité ci-après.

La conduite flexible présente une variation de courbure continue, d'abord concave dans la partie configuration de chaîne plongeante 10b, puis convexe dans la portion terminale de flottabilité positive 10a avec un point d'inflexion 10d entre les deux, formant ainsi un S disposé dans un plan sensiblement vertical.

La courbe géométrique formée par une conduite de poids uniforme en suspension soumise à la gravité, appelée "chaîne" est une fonction mathématique de type cosinus hyperbolique ($\cosh x = (e^x + e^{-x})/2$), 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 le point de tangence horizontale et un point M de la courbe,
- 5 - 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 tangence)
- R_0 représente le rayon de courbure au dit point de tangence horizontale.
- 10 - R représente le rayon de courbure au point M (x, y)

Ainsi, la courbure varie le long de la chaînette depuis la surface (pour une chaînette plongeante) ou depuis sa partie terminale à l'extrémité supérieure du riser (pour une chaînette inversée) où son rayon a une valeur maximale $R_{\max}$, jusqu'au point de tangence
 15 horizontale (qui est le point bas de la chaînette plongeante 10b et le point haut de la chaînette inversée 10a), où son rayon a une valeur minimale $R_{\min}$ (ou R_0 dans la formule ci-dessus).

En opération, tel que représenté sur la figure 1, lorsque la partie supérieure de la conduite rigide 9 est inclinée selon une inclinaison γ par
 20 rapport à la verticale ZZ' , l'extrémité 10c de la portion terminale de la flottabilité positive 10a de la conduite flexible reste sensiblement dans l'alignement axial Z'_1Z' de l'extrémité supérieure 9b de la conduite rigide 9, et en tout état de cause en continuité de variation de courbure avec l'extrémité supérieure 9b de la conduite rigide, laquelle peut être
 25 également légèrement courbée. On entend ici par « variation continue de courbure » qu'il n'y a pas de point singulier au sens mathématique dans cette variation de courbure. Ceci confère une meilleure résistance mécanique à la fixation étanche 11 entre les deux conduites et permet
 30 œuvre dans la technique antérieure.

L'intérêt de cette conduite flexible est de permettre de par sa portion initiale 10b plongeante d'amortir les excursions des supports flottants 12 de façon à stabiliser l'extrémité 10c de la conduite flexible

reliée à une conduite rigide montante du riser vertical 1.

L'extrémité de la portion de la partie terminale flottante 10c de la conduite flexible porte un premier élément de bride de fixation 11 avec l'extrémité supérieure d'une conduite rigide s'étendant depuis le fond de la mer encastrée au niveau d'une embase 4 reposant au fond de la mer.

Le riser vertical 9 est « tensionné » d'une part par la flottabilité de la partie terminale 10a de la conduite flexible, mais d'autre part et surtout, par des flotteurs régulièrement répartis au moins sur la partie supérieure 9b, de préférence, tout le long de la conduite rigide, notamment sous forme de mousse syntactique faisant avantageusement fonction à la fois de système d'isolation et de flottabilité. Ces flotteurs et cette mousse syntactique peuvent être répartis le long et autour de la conduite rigide sur toute sa longueur ou, de préférence, seulement sur une portion de sa partie supérieure.

Ainsi, si l'embase 4 se trouve à une profondeur de 2500 mètres, on peut se borner à revêtir la conduite rigide 1 de mousse syntactique sur une longueur de 1000 m à partir de son extrémité supérieure, ce qui permet de mettre en œuvre une mousse syntactique qui doit résister à une pression moindre que si elle devait résister à des pressions allant jusqu'à 2500 m, et donc d'un coût radicalement réduit par rapport à une mousse syntactique devant résister à ladite profondeur de 2500 m.

La conduite rigide 1 selon l'invention est donc « tensionnée » sans mise en œuvre d'un flotteur en surface ou en sub-surface comme dans la technique antérieure, ce qui limite les effets du courant et de la houle, et de ce fait réduit radicalement l'excursion de la partie haute du riser vertical et donc les efforts en pied de riser au niveau de l'encastrement.

Pour donner à l'ensemble de la liaison fond-surface une grande souplesse, on exerce avantageusement une tension verticale sur la fondation fonction de la hauteur d'eau selon la formulation suivante : $F = kH$, F étant exprimé en tonnes, H étant exprimé en mètres, k étant tel que $0.15 > k > 0.05$, de préférence $k \approx 0.1$.

Si la flottabilité positive est répartie sur toute la longueur de la conduite rigide, elle représente ainsi de 50 à 150 kg de poussée résultante par mètre de conduite.

Elle est répartie, de préférence de manière continue, le long de la
5 conduite rigide, ainsi que le long de la partie terminale 10a de la conduite flexible. Sur cette dernière, la répartition se fait généralement au moyen de bouées 10f espacées les unes des autres et distribuées régulièrement sur la portion 10a, chacune représentant l'équivalent de
10 de 5 à 10 m, la poussée résultante requise pour chaque flotteur sera de 250 à 1500 kg par flotteur.

Il est bien entendu que la flottabilité globale correspond à ce qu'il est communément appelé la "Poussée d'Archimède" ou "Poids Apparent" sur chacune des parties de la liaison fond-surface : correspondant d'une
15 part à la flottabilité requise pour contrebalancer le poids apparent respectif de la conduite rigide et de la conduite flexible, et d'autre part à la flottabilité additionnelle nécessaire au tensionnement qui permet d'obtenir ainsi une poussée résultante verticale de 50 à 150kg/m comme précédemment décrit.

20 En procédant ainsi, la flottabilité globale au niveau de la transition entre conduite rigide et conduite flexible étant sensiblement constante, il en résulte une continuité de variation de courbure entre l'extrémité supérieure de ladite conduite rigide et l'extrémité de ladite conduite flexible qui lui est reliée, sans point singulier, au sens mathématique du
25 terme.

Le système bride de fixation 11 entre l'extrémité supérieure du riser vertical 9 et de la conduite flexible 10, et la connexion des brides de fixation 9a,5a entre l'extrémité inférieure à la pièce de transition d'inertie 8 et du dispositif de support à raccordement 5, réalisent des
30 connexions étanches entre les conduites concernées.

L'embase 4 reposant au fond de la mer supporte un premier

élément de conduite terminal 2a coudé ou incurvé de ladite conduite reposant au fond de la mer 2. Ce premier élément de conduite terminal coudé ou incurvé 2a comporte à son extrémité une première partie mâle ou femelle d'un connecteur automatique 7b, qui est dégagé latéralement
5 par rapport à un orifice traversant 4a de ladite embase, mais positionné de manière fixe et déterminée par rapport à l'axe ZZ' dudit orifice.

Le dispositif de support et de raccordement 5, supporte un deuxième élément de conduite rigide coudé 5b comportant à son extrémité supérieure ladite deuxième bride de fixation 5a et à son
10 extrémité inférieure, une deuxième partie femelle ou mâle d'un connecteur automatique 7a, complémentaire de la partie 7b.

Un premier pieu tubulaire d'ancrage 6 est descendu depuis un navire d'installation 20 en surface, puis enfoncé, de préférence battu de manière connue, à travers un orifice 4a traversant verticalement de part
15 en part l'embase 4 jusqu'à ce qu'une excroissance périphérique 6a à l'extrémité supérieure dudit premier pieu 6 vienne coopérer avec une forme complémentaire 4c en partie supérieure dudit orifice 4a de l'embase. L'orifice 4a est légèrement plus grand que le premier pieu 6 pour le laisser librement coulisser. Et lorsque le battage dudit premier
20 pieu est terminé, l'embase 4 se trouve ainsi clouée au sol sans pouvoir se déplacer latéralement ni pivoter autour d'un quelconque axe horizontal.

Eventuellement, on prévoit une pluralité d'orifices et de dits premiers pieux 6.

25 Dans le procédé de mise en place d'une installation de liaison fond-surface selon l'invention, la première étape consiste à descendre au fond de la mer depuis la surface, ladite embase équipée dudit premier élément de conduite terminal 2a de la conduite reposant au fond de la mer. Après ancrage de ladite embase par un dit premier pieu 6, on
30 réalise l'ancrage de la pièce de transition 8 à l'extrémité inférieure du riser vertical par fixation sur le dispositif de support et raccordement 5,

lui-même ancré sur ladite embase, formant ainsi un encastrement rigide de l'extrémité inférieure du riser vertical.

Le dispositif de support et de raccordement 5 est constitué d'éléments de structure rigide et raidisseur 5c supportant ladite
5 deuxième bride de fixation 5a et ledit deuxième élément de conduite rigide coudée 5b, lesdits éléments de structure rigide 5c assurant également la liaison entre ladite deuxième bride de fixation 5a et une platine inférieure 5d supportant en sous-face un deuxième pieu tubulaire 5e dénommé insert tubulaire d'ancrage.

10 Lorsque l'embase 4 est ancrée au fond de la mer 3 comme représenté sur la figure 2A, on fabrique à bord du navire de surface 20 les divers éléments de liaison fond-surface, notamment l'assemblage des rames constituées d'une pluralité d'éléments de conduites standard, que l'on descend progressivement. On descend tout d'abord ledit dispositif 5
15 connecté de manière étanche à l'extrémité inférieure du riser vertical 9 par l'intermédiaire de la pièce de transition conique 8, puis l'intégralité du riser vertical équipé de ses éléments de flottabilité, et enfin la conduite de liaison flexible équipé de ses éléments de flottabilité fixée en continuité directe de l'extrémité supérieure du riser vertical 9.

20 L'assemblage et la pose de la conduite rigide 9 se font de façon classique depuis le navire 20 par assemblage d'éléments de conduites unitaires ou rames d'éléments unitaires stockés sur le navire de surface 20, et descendus au fur et à mesure selon une technique connue de l'homme de l'art et décrite notamment dans des demandes de brevets
25 antérieures au nom de la demanderesse, à partir d'un navire de pose en J.

Lorsque l'intégralité de la conduite rigide 9 a été fabriquée et descendue au fond de la mer, on connecte de manière connue, par exemple au moyen de brides 11 l'extrémité supérieure de la conduite 9 à
30 l'extrémité d'une conduite flexible 10, laquelle au fur et à mesure de son dévirage depuis le navire de pose 20 se présente tout d'abord sous

forme verticale comme représenté sur la figure 2A de par le fait qu'elle est rendue flottante au moins dans sa partie terminale 10a par les éléments de flottabilité 10f régulièrement répartis sur la portion terminale 10a.

- 5 On notera également que la conduite rigide en acier 9 peut être de manière connue une conduite de type Pipe-in-Pipe comportant un système d'isolation dans l'espace annulaire entre les deux conduites coaxiales constituant le riser 9 et en outre un système d'isolation tel que de la mousse syntactique faisant office de système de flottabilité comme
10 décrit ci-dessus.

Lorsque l'extrémité inférieure de l'insert tubulaire d'ancrage 5e, de préférence présentant une forme légèrement conique 5f est positionnée à proximité et à l'aplomb de l'orifice 4a de l'embase 4, on dirige
15 avantageusement ledit insert tubulaire d'ancrage 5e, plus précisément grâce à un sous-marin automatique ou « ROV » 20a piloté depuis la surface. Ledit insert tubulaire 5e de longueur de 10 à 15 m rentre alors naturellement de par son propre poids dans ledit premier pieu tubulaire d'ancrage enfoncé au fond de la mer sur une profondeur de 30 à 70 m.

Le diamètre externe de l'insert tubulaire d'ancrage 5e peut être
20 légèrement inférieur au diamètre interne du premier pieu 6, par exemple inférieur de 5 cm, ce qui facilite le guidage de l'insert tubulaire 5 à l'intérieur dudit premier pieu 6, tout en empêchant les mouvements transversaux dans un plan horizontal une fois que l'insert tubulaire 5 est complètement inséré comme représenté sur la figure 3.

25 A ce moment, un verrou 4b représenté en position rétractée sur la figure 2A est déplacé en position engagée comme sur les figures 1 et 3 de manière à venir bloquer la platine supérieure 5d de l'insert tubulaire 5e, à l'intérieur dudit premier pieu 6, empêchant ainsi tout déplacement vers le haut de l'ensemble de liaison fond-surface 1 qui se trouve
30 encastré par l'intermédiaire du dispositif de support de raccordement 5 dans le premier pieu 6 solidaire de ladite embase 4.

Après avoir engagé le verrou 4b, on termine le dévirage de la conduite flexible comme représenté sur la figure 3 et l'on connecte l'extrémité supérieure de la conduite flexible à une bouée provisoire de sub-surface 21, elle-même reliée à un corps mort 21b reposant au fond de la mer par un câble 21a.

En procédant ainsi, on pré-installe avantageusement l'intégralité de la liaison fond-surface 1 avant la mise en place du FPSO 12, ce qui facilite grandement les opérations.

Une fois le support flottant 12 positionné en surface, on récupère l'extrémité 10e de la conduite flexible 10 que l'on vient alors connecter au dit support flottant FPSO 12 comme représenté sur la figure 1, et l'on récupère la bouée provisoire 21 ainsi que son corps mort 21b et son câble d'ancrage 21a.

L'insert tubulaire 5e transmet au dit premier pieu tubulaire 6, les moments de flexion dus aux efforts tranchants et transversaux subis au niveau de l'encastrement de la pièce 8 sur le dispositif 5.

Le système de fixation de l'extrémité supérieure de la conduite rigide 9 avec la conduite flexible 10 et le tensionnement desdites conduites confère une plus grande stabilité à l'extrémité supérieure de la conduite rigide 9 avec une variation angulaire γ ne dépassant pas en opération les 5°C.

Ainsi, il a été possible selon la présente invention de réaliser un encastrement rigide de l'extrémité inférieure de la conduite rigide en acier 9 sur l'embase 4 à l'aide du dispositif de support de raccordement 5. Pour ce faire, l'élément de conduite terminal inférieur de la conduite rigide 9 comprend une pièce de transition conique 8 dont l'inertie en section transversale augmente progressivement depuis une valeur sensiblement identique à l'inertie de l'élément de conduite du riser 9 auquel il est relié, dans la partie haute effilée de la pièce de transition 8, jusqu'à une valeur de 3 à 10 fois supérieure au niveau de sa partie basse reliée à ladite première bride de fixation 9a. Le coefficient de

variation d'inertie dépend essentiellement du moment de flexion que doit supporter le riser vertical au niveau de ladite pièce de transition, ledit moment étant fonction de l'excursion maximale de la partie supérieure de la conduite rigide en acier 9, donc de l'angle γ . Pour réaliser cette

5 pièce de transition 8 on utilise des aciers à haute limite élastique et dans les cas extrêmes de contrainte, on peut être amené à fabriquer des pièces de transition 8 en titane.

Sur la figure 4, on a représenté une pièce de transition cylindro-conique 8 présentant une épaisseur variable augmentant

10 progressivement depuis la partie haute effilée 81 jusqu'à la partie basse plus épaisse 82 avec un diamètre interne constant correspondant au diamètre interne d'une conduite rigide standard et en tout état de cause, au diamètre interne dudit deuxième élément de conduite rigide 6.

Dans une version préférée de l'invention, représentée en coupe et

15 en vue de côté sur les figures 5A-5B-5C, la pièce de transition 8 est constituée d'un élément de conduite principal en acier 8a, de préférence de diamètre interne d_1 identique à celui de la partie courante de la conduite 9, et de préférence d'épaisseur égale ou légèrement supérieure à celle de ladite partie courante de ladite conduite 9, et de préférence

20 d'épaisseur égale à celle dudit deuxième élément de conduite coudé 5b. Pour obtenir une augmentation de l'inertie au fur et à mesure que l'on se rapproche de la bride d'encastrement 9a, on dispose d'une succession d'éléments de conduites coaxiaux (8b-8d) de hauteurs (h_2, h_3, h_4) décroissantes, chacun des desdits éléments de conduites

25 coaxiaux ayant un diamètre interne (d_2-d_4) supérieur au diamètre externe D_1-D_3 de l'élément de conduite coaxial précédent qu'il contient et une longueur ou hauteur inférieure à la longueur de l'élément de conduite précédent, c'est-à-dire l'élément de conduite qu'il contient ou qu'il recouvre, et une épaisseur fonction de l'augmentation de raideur

30 recherchée.

Ainsi, sur la figure 5A, on a représenté une pièce de transition 8 comportant un premier élément de conduite interne 8a et trois élément

de conduite de renfort coaxiaux 8b-8c-8d de diamètres d_2 - d_3 - d_4 croissants et de longueurs h_2 - h_3 - h_4 décroissantes, chacun desdits éléments de conduite coaxiaux étant solidaire à son extrémité inférieure de la même dite première bride 9a. Pour assurer une variation
5 sensiblement continue de l'inertie entre la partie haute de faible inertie de la pièce de transition 8, et la partie basse de forte inertie située au raccordement avec la bride 9a, on injecte avantageusement dans les espaces annulaires entre lesdits éléments de conduites coaxiaux, un matériau 8e élastomère, de préférence tel un polyuréthane, dont on
10 ajuste la dureté shore pour obtenir la variation de raideur recherchée, notamment une dureté shore de A50 à D70.

On peut se contenter d'injecter ledit matériau rigide 8e seulement dans les interstices annulaires entre les éléments de conduite coaxiaux, comme représenté sur la figure 5C. Mais, selon l'invention on installe un
15 moule de manière à obtenir une pièce cylindro-conique telle que représentée sur la figure 5B, ce qui permet d'effectuer en une seule opération le renforcement de la pièce de transition et sa protection vis-à-vis de l'agression du milieu extérieur par un revêtement externe lui conférant ainsi une forme cylindro-conique avec une transition d'inertie
20 régulière et continue. On aura pris soin de ne pas recouvrir de résine thermodurcissable la partie supérieure de la pièce de transition sur une longueur de 20 à 50cm de manière à pouvoir l'assembler à bord du navire d'installation 20, par soudage à l'extrémité inférieure de la conduite rigide 9.

25 On comprend que pour fabriquer la pièce de transition 8 selon l'invention, on procède comme suit :

- on soude l'extrémité inférieure du premier élément de conduite principale 8a de plus grande longueur sur la bride 9a, et
- on insère autour dudit premier élément de conduite principal 8a
30 un premier élément de conduite de renfort 8b coaxial dont on soude l'extrémité inférieure sur la même bride 9a, et
- on insère la deuxième conduite de renfort 8c autour du premier

élément de conduite de renfort 8b, et on soude son extrémité inférieure sur la bride 9a, et

- on insère un troisième élément de conduite de renfort 8d de plus petite hauteur autour du deuxième élément de conduite de renfort 8c, et

5 on soude son extrémité inférieure sur la bride 9a, et

- on injecte un matériau thermoplastique ou thermodurcissable entre les divers éléments de conduites, et le cas échéant on revêt leur surface externe à l'aide d'un moule cylindro-conique pour obtenir la rigidité et variation d'inertie et protection contre la corrosion
10 recherchées.

Sur la figure 6, on a représenté le diagramme de variation de l'inertie I en ordonnée entre la bride 9 et l'extrémité supérieure de la pièce de transition 8 des figures 5B et 5C. L'escalier 30 en pointillé représente la variation de la section d'acier en l'absence de matériau de
15 couverture et remplissage au niveau de chacun des éléments de conduites de renfort. Les courbes 31-32-33 représentent la variation de l'inertie (ΣEI) de la pièce de transition 8 des figures 4 et 5C en fonction de sa longueur, selon le type de matériau de remplissage. La courbe 33, de forme parabolique est obtenue avec un matériau de remplissage de
20 type polyuréthane de dureté shore A90 ou A95, et constitue une version préférée de l'invention. La courbe 31 est obtenue avec un matériau beaucoup plus raide, tel un ciment à très hautes performances, seul ou en combinaison avec une charge pulvérulente, tel un sable.

La courbe intermédiaire 32 correspond à la pièce de transition en
25 acier de la figure 4.

La mise en œuvre d'un même matériau de remplissage et matériau de couverture selon le profil cylindro-conique de la figure 5B de type polyuréthane, tel que décrit précédemment, de préférence de dureté A90 ou A95 se rapproche davantage de la courbe 32 que des courbes 31
30 et 33 et constitue donc la version préférée de l'invention en termes de variation d'inertie.

A titre d'exemple, une pièce de transition de 18m de longueur h_1 est réalisée à l'aide d'une bride 9a de 200 mm d'épaisseur sur laquelle on soude un élément de conduite principale 8a de diamètre externe $d_1 = 323.85\text{mm}$, d'épaisseur 20.6mm et de longueur $h_1 = 18\text{m}$, d'un premier
5 renfort coaxial 8b de diamètre externe $d_2 = 457.20\text{mm}$, d'épaisseur 12.7mm et de longueur $h_2 = 12\text{m}$, d'un second renfort coaxial 8c de diamètre externe $d_3 = 609.6\text{mm}$, d'épaisseur 6mm et de longueur $h_3 = 6\text{m}$. Puis on surmoule le tout, soit en position verticale, soit en position oblique avec une pente de 5 à 30% pour faciliter le remplissage et éviter
10 les vides, à l'aide d'une résine polyuréthane 8e de dureté shore A90 ou A95. L'espace entre la première conduite 8a et le premier renfort 8b est de 53.98mm, et l'espace entre le second renfort et le premier renfort est de 70.2mm. L'augmentation de l'inertie est sensiblement d'un facteur $k=3$ au niveau du premier renfort 8b, et d'un facteur $k=5$ au niveau du
15 second renfort 8c. Lors de la coulée, on effectue avantageusement des cycles de dépression dans le moule en cours de remplissage de manière à éliminer au maximum les bulles d'air indésirables. En effet, du fait que la pièce de transition a pour vocation d'être installée à très grande profondeur, la pression hydrostatique peut avoir des effets
20 préjudiciables sur le fonctionnement mécanique d'ensemble suite à un effondrement sur elle-même desdites bulles due à ladite pression qui est sensiblement de 10MPa par tranche de 1000m d'eau.

Sur la figure 3A, on a décrit l'invention avec une embase 4 posée en même temps que la conduite sous-marine reposant sur le fond, ladite
25 embase étant stabilisée par un premier pieu 6 la traversant. Mais on reste dans l'esprit de l'invention en considérant comme sur la figure 3B une embase 4 constituée par une ancre à succion, présentant un orifice, de préférence circulaire intégré à ladite ancre à succion et jouant le rôle de pieu 6 et capable de recevoir l'insert d'ancrage 5e. Ainsi, le
30 dispositif de support et de raccordement 5 à l'extrémité inférieure de la liaison fond-surface se trouve encastré directement dans l'ancre à succion dont le poids atteint 25 à 50 tonnes pour un diamètre de 3 à 5m et une hauteur de 20-25m. Dans cette configuration, la conduite sous-

marine 2 est posée de manière indépendante et nécessite de ce fait une conduite de jonction 7 fabriquée à la demande après installation de la liaison fond-surface et de la conduite sous-marine 2. Ladite conduite de jonction 7 nécessite alors deux connecteurs automatiques 7a-7a₁, 7b₁-7b, un à chacune de ses extrémités, alors que la version décrite en référence à la figure 3A ne nécessite qu'un seul connecteur automatique 7a-7b.

L'invention a été décrite dans une version préférée fabriquée et simultanément installée sur site à partir d'un navire de pose 20, mais on reste dans l'esprit de l'invention avec une préfabrication de l'ensemble complet sur un chantier à terre, l'ensemble étant ensuite remorqué sensiblement à l'horizontale jusqu'au site, puis enfin cabané en vue de l'insertion de l'insert d'ancrage 5e dans le premier pieu tubulaire 6.

REVENDICATIONS

1. Installation de liaison fond-surface, notamment à grande profondeur de plus de 1 000 m, comprenant :

a- au moins une conduite rigide montante, sensiblement verticale,
5 dénommée riser vertical (9), fixée à son extrémité inférieure à un dispositif d'ancrage (4, 5, 6) au fond de mer (3), et

b- au moins une conduite de liaison flexible (10) assurant la liaison entre un support flottant (12) et l'extrémité supérieure dudit riser vertical (9),

10 c/ une extrémité de ladite conduite flexible est directement raccordée, de préférence par un système de brides (11), à l'extrémité supérieure dudit riser vertical (9), et

d/ l'extrémité inférieure dudit riser vertical comprend un élément de conduite terminal formant une pièce de transition d'inertie (8) dont la
15 variation de l'inertie est telle que l'inertie dudit élément de conduite terminal , à son extrémité supérieure, soit sensiblement identique à celle de l'élément de conduite de la partie courante du riser vertical auquel elle est reliée, ladite inertie de l'élément de conduite terminal (8) augmentant progressivement jusqu'à l'extrémité inférieure de ladite
20 pièce de transition d'inertie, comprenant une première bride de fixation (9a) permettant l'encastrement (5a-5e) de l'extrémité inférieure dudit riser vertical au niveau dudit dispositif d'ancrage (4, 5, 6) au fond de la mer,

caractérisée en ce que :

25 - une partie terminale (10a) de la conduite flexible, du côté de sa jonction à l'extrémité supérieure dudit riser, présente une flottabilité positive, et au moins la partie supérieure (9b) dudit riser vertical présente également une flottabilité positive, de sorte que les flottabilités positives de ladite partie terminale (10a) de la

- conduite flexible et de ladite partie supérieure (9a) dudit riser vertical (9) permettent le tensionnement dudit riser en position sensiblement verticale et l'alignement ou la continuité de courbure entre l'extrémité de ladite partie terminale (10a) de la conduite flexible et la partie supérieure (9b) dudit riser vertical au niveau de leur raccordement, ladite flottabilité positive étant apportée par une pluralité de flotteurs périphériques coaxiaux (10f), régulièrement espacés et/ou un revêtement continu en matériau de flottabilité positive, et
- 5
- 10 - ladite partie terminale (10a) de conduite flexible (10) présentant une flottabilité positive, s'étend sur une partie de la longueur totale de la conduite flexible, tel que la conduite flexible présente une configuration en S, avec une première portion (10b) de conduite flexible du côté dudit support flottant (12) présentant une courbure concave en forme de chaînette à configuration de chaînette plongeante et ladite partie terminale restante de ladite conduite flexible (10a) présentant une courbure convexe en forme de chaînette inversée de par sa flottabilité positive, l'extrémité (10c) de ladite partie terminale de conduite flexible (10b), au niveau de l'extrémité supérieure dudit riser, étant située au dessus et de préférence sensiblement dans l'alignement de l'axe ($Z_1Z'_1$) dudit riser à son extrémité supérieure (9b).
- 15
- 20

2. Installation de liaison fond-surface selon la revendication 1, caractérisée en ce que :

- 25 - ladite flottabilité positive est régulièrement et uniformément répartie sur l'ensemble de la longueur de ladite partie terminale (10a) de conduite flexible et au moins ladite partie supérieure (9b) de conduite rigide, de préférence sur toute la longueur de ladite conduite rigide, de façon à obtenir une poussée résultante verticale de 50 à 150 Kg/mètre sur l'ensemble de la longueur de ladite conduite rigide et la longueur de ladite partie terminale de conduite flexible, et
- 30

- ladite conduite flexible (10) présente une flottabilité positive (10a) sur une longueur correspondant à 30 à 60%, de sa longueur totale, de préférence environ la moitié de sa longueur totale.

3. Installation de liaison fond-surface selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que :

- ledit riser vertical (9) est relié à son extrémité inférieure à au moins une conduite reposant au fond de la mer (2), et
- ledit dispositif d'ancrage (4, 5, 6) comprend un dispositif de support et de raccordement (5) fixé sur une embase (4) posée et ancrée (6) au fond de la mer, et
- ladite conduite reposant au fond de la mer (2) comprend un premier élément de conduite rigide terminal (2a) solidaire de ladite embase (4) reposant au fond de la mer (3) et ledit premier élément de conduite terminal est maintenu fixement par rapport à ladite embase, avec, à son extrémité, une première partie d'élément de raccordement (7b), de préférence un élément mâle ou femelle d'un connecteur automatique, et
- ladite première bride de fixation (9a) à l'extrémité inférieure de ladite pièce de transition d'inertie (8) est fixée à une deuxième bride de fixation (5a) à l'extrémité d'un deuxième élément de conduite rigide coudé (5b), solidaire dudit dispositif de support et de raccordement (5a-5e) fixé sur ladite embase (4) et supportant, de façon fixe et rigide, ledit deuxième élément de conduite rigide coudé (5b), dont l'autre extrémité comprend une deuxième partie d'élément de raccordement (7a) complémentaire de ladite première partie d'élément de raccordement (7b) et raccordée à celle-ci lorsque ledit élément de support et de raccordement (5a-5e) est fixé à ladite embase.

4. Installation de liaison fond-surface selon la revendication 3, caractérisée en ce que :

- ladite embase (4) est ancrée au fond de la mer par un premier pieu tubulaire (6) passant à travers un orifice traversant (4a) de ladite embase, ledit premier pieu (6) étant enfoncé dans le sol au fond de la mer, et sa partie supérieure (60) coopérant avec l'embase de manière à
5 permettre l'ancrage de ladite embase, et

- ledit dispositif de support et raccordement (5a-5e) supportant ledit deuxième d'élément de conduite rigide coudé (5b) comporte un deuxième pieu tubulaire, dénommé insert tubulaire d'ancrage (5e), inséré à l'intérieur dudit premier pieu tubulaire d'ancrage de ladite
10 embase, ladite embase comprenant un dispositif de blocage (4a) retenant ledit insert-tubulaire d'ancrage (5e) à l'intérieur dudit premier pieu tubulaire (2b) en cas de traction dudit deuxième pieu tubulaire (5e) vers le haut.

5. Installation de liaison fond-surface selon la revendication 4,
15 caractérisée en ce que lesdits premier et deuxième pieux sont des assemblages d'éléments unitaires standards de conduites rigides ou des portions d'élément unitaire de conduites rigides, ledit deuxième pieu étant plus court que ledit premier pieu.

6. Installation de liaison fond-surface selon la revendication 4
20 ou 5, caractérisée en ce que ledit insert tubulaire d'ancrage (5e) est positionné dans l'axe de ladite pièce de transition d'inertie (8) et ledit deuxième élément de conduite rigide (6) supporté par ledit dispositif de support et de raccordement (5a-5e) est incurvé ou coudé de manière à ce que ladite première partie d'élément de raccordement (7a) du type
25 connecteur automatique soit également délogée latéralement par rapport au reste dudit dispositif de support et de raccordement (5), et ladite deuxième partie d'élément de raccordement (7b) du type connecteur automatique, à l'extrémité dudit premier élément de conduite rigide terminal (2a) de ladite conduite reposant au fond de la mer (2),
30 solidaire de ladite embase (4), soit également délogée par rapport à l'orifice (4a) de ladite embase et par rapport audit dispositif de support

et raccordement (5) dont ledit insert d'ancrage est inséré à l'intérieur dudit premier pieu d'ancrage (6).

7. Installation de liaison fond-surface selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que ledit élément de conduite terminal de transition d'inertie (8) présente une forme cylindro-conique dont :

- l'extrémité supérieure la plus mince de la pièce de transition présente un diamètre intérieur (d_1) et une épaisseur sensiblement égaux aux diamètre intérieur et épaisseur de l'extrémité inférieure dudit riser vertical, auquel elle est fixée, et
- l'extrémité inférieure de la pièce de transition, du côté de ladite première bride de fixation (9a), présente un diamètre intérieur (d_1) sensiblement égal à celui de l'extrémité inférieure dudit riser vertical, mais une épaisseur ($D_4 - d_1$) supérieure, de préférence égale à 3 à 10 fois, celle de l'extrémité inférieure dudit riser vertical.

8. Installation de liaison fond-surface selon la revendication 6 ou 7, caractérisée en ce que ledit élément de conduite terminal de transition d'inertie (8) comprend un élément de conduite rigide principale (8a) et au moins une, de préférence une pluralité (n) d'éléments de conduite de renfort coaxiaux (8b-8d) disposés coaxialement au dit élément de conduite principale (8a), chaque dit élément de conduite de renfort (8b-8d) présentant un diamètre interne (d_{i+1}) supérieur au diamètre externe (D_1, D_i) de l'élément de conduite principal et le cas échéant au(x) autre(s) élément(s) de conduite de renfort qu'il contient, les différents élément de conduite principale (8a) et élément(s) de conduite de renfort (8b-8d) étant positionné(s) avec une de leur extrémités située au même niveau selon la direction de l'axe de symétrie ($Z_1 Z'_1$) desdits éléments de conduite, et chaque dit élément de conduite de renfort (8b-8d) présentant une longueur (h_{i-1} , avec $i = 2$ à n) inférieure à celle de h_1 de l'élément de conduite principale et le cas échéant celle des autres éléments de conduite de renfort (h_{i+1}) qu'il

contient, l'espace annulaire ($D_i - d_{i+1}$) entre les différents éléments de conduite étant remplis d'un matériau de remplissage solide (8e), et les différents éléments de conduite principale (8a) et conduite de renfort coaxiaux (8b-8d) sont fixés à une même platine inférieure (9a)
5 constituée d'une dite première bride de fixation (9a).

9. Installation de liaison fond-surface selon la revendication 8, caractérisée en ce que :

- ledit espace annulaire est entièrement rempli par un même matériau solide de remplissage comprenant de préférence un
10 matériau élastomère, de préférence encore à base de polyuréthane, présentant une dureté shore supérieure ou égale à A50, de préférence encore de A50 à D70, et
- ledit élément de transition d'inertie est recouvert d'un matériau de couverture élastomère résistant à la corrosion, de préférence de
15 type polyuréthane, ledit élément de conduite terminale de transition d'inertie présentant une forme sensiblement cylindro-conique de par son revêtement par ledit matériau de couverture.

10. Installation de liaison fond-surface selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérisée en ce que ledit matériau de
20 couverture et ledit matériau de remplissage comprennent un même matériau élastomère de préférence à base de polyuréthane, de préférence ledit matériau solide de remplissage comprend un polyuréthane de dureté shore A90 ou A95.

11. Installation de liaison fond-surface selon l'une des
25 revendications 8 ou 10, caractérisée en ce que ledit matériau de remplissage comprend un élastomère chargé de matériau particulaire, de préférence du sable.

12. Installation de liaison fond-surface selon l'une des revendications 8 à 11, caractérisée en ce que la longueur dudit élément

de conduite principale (8a) est de 10 à 50 m de préférence de 20 à 30 m et il comprend 2 ou 3 desdits éléments de renfort coaxiaux (8b-8d).

13. Installation de liaison fond-surface selon l'une des revendications 8 à 12, caractérisée en ce que lesdits éléments de
5 conduite principale (8a) et éléments de conduite de renforts coaxiaux (8b-8d) sont constitués chacun de tout ou partie d'un élément unitaire de conduite standard, notamment conduite sous-marine standard en acier, ou constitué chacun de plusieurs éléments unitaires de conduite
10 coaxialement par, des cales de centrage réparties régulièrement le long de leur direction longitudinale et sur la section circulaire dans leurs espaces annulaires.

14. Procédé de mise en place au fond de la mer (3) d'une installation de liaison fond-surface selon l'une des revendications 1 à 13,
15 caractérisé en ce qu'elle comprend les étapes successives suivantes dans lesquelles :

1/ on descend, au fond de la mer, un dit dispositif d'ancrage (5), et

2/- on descend une conduite rigide (9) formant un riser vertical, directement fixée, à son extrémité supérieure, à une extrémité (10c) de
20 ladite conduite flexible (10) présentant une portion terminale (10a) de flottabilité positive, l'autre extrémité (10e) de ladite conduite flexible (10) étant suspendue à un flotteur en sub-surface (21), et

3/- on fixe l'extrémité inférieure de ladite pièce de transition (8) par encastrement au niveau dudit dispositif d'ancrage (5), et

25 4/- on déplace l'extrémité (10e) de ladite conduite flexible suspendue audit flotteur et on la fixe ou relie à un dit support flottant (12).

15. Procédé selon la revendication 15, pour mettre en place une installation de liaison fond-surface selon l'une des revendications 3 à 14,

caractérisé en ce que l'on réalise les étapes successives suivants dans lesquelles :

1/- on descend, au fond de la mer, une dite embase (4) solidaire d'un dit premier élément de conduite rigide (2a), ladite embase (4)
5 comprenant un orifice traversant (4a), et

2/- on descend au fond de la mer un dit premier pieu tubulaire d'ancrage (6) que l'on enfonce au fond de la mer à travers ledit orifice (4a) de l'embase, pour ancrer ladite embase au fond de la mer, et

3/- on descend au fond de la mer, depuis un navire de surface (20),
10 ladite conduite rigide (9) constituant ledit riser vertical, directement fixée à son extrémité supérieure à une dite conduite flexible, ladite pièce de transition (8) à l'extrémité inférieure dudit riser étant fixée à un dit dispositif de support et de raccordement (5), supportant un dit deuxième élément de conduite rigide coudé (5b) ainsi qu'un dit insert
15 d'ancrage (5e), et

4/- on fixe ledit dispositif de support et de raccordement (5) sur ladite embase en insérant ledit insert d'ancrage (5e) à l'intérieur dudit premier pieu tubulaire (6), et

5/- de préférence, on verrouille ledit insert d'ancrage (5e) à
20 l'intérieur dudit premier pieu tubulaire (6) à l'aide d'un dispositif de blocage (4b), et

6/- on réalise le raccordement desdits premier élément de conduite rigide coudé (5b) et deuxième élément de conduite rigide coudé (2a), et

7/- on finit de descendre ladite conduite flexible présentant une
25 portion terminale de flottabilité positive, avec l'autre extrémité (10e) de ladite conduite flexible suspendue à un flotteur en sub-surface (21), et

8/- on déplace puis on fixe ou relie l'autre extrémité (10e) de ladite conduite flexible à un dit support flottant (12).

1/6

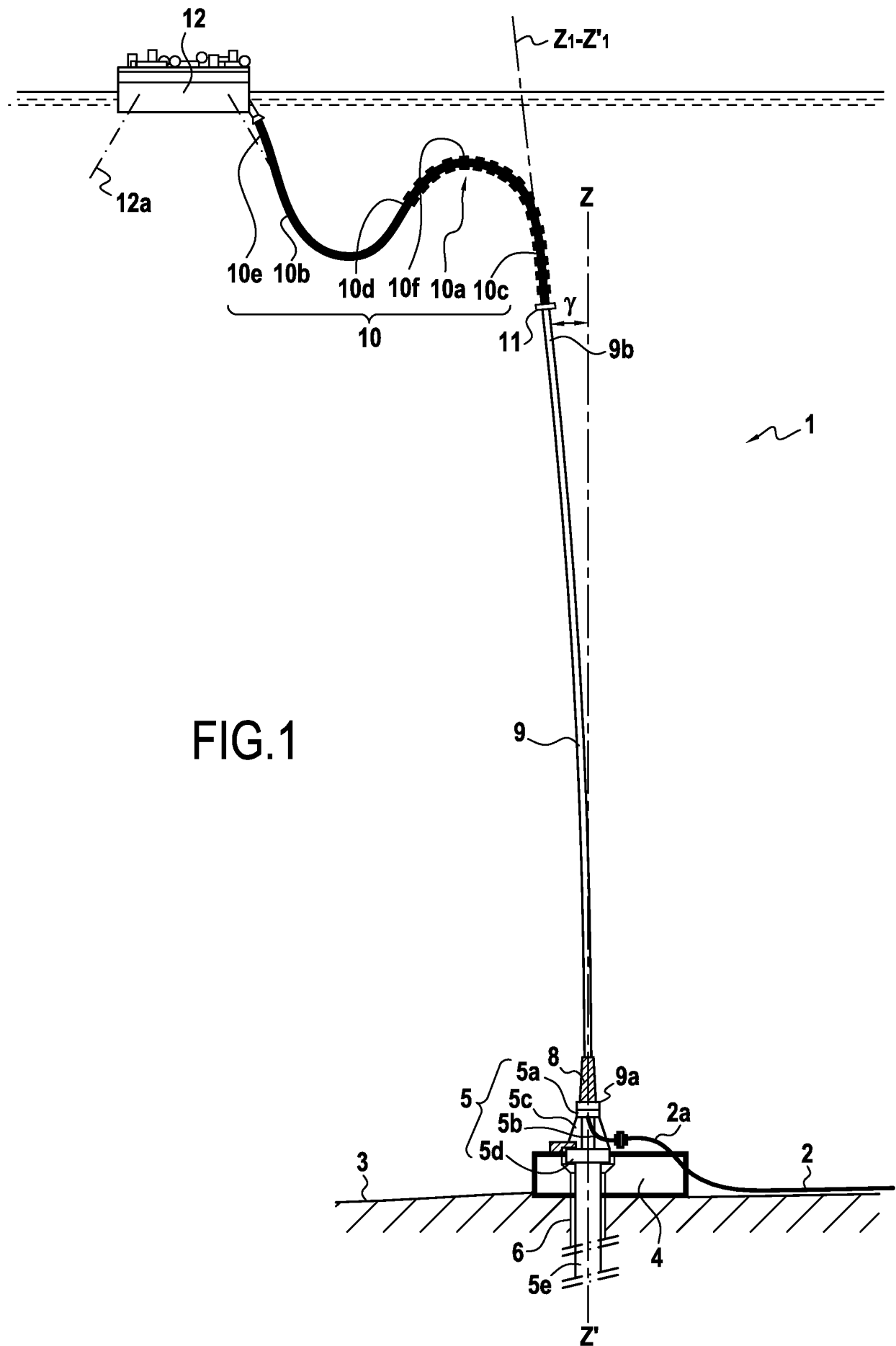
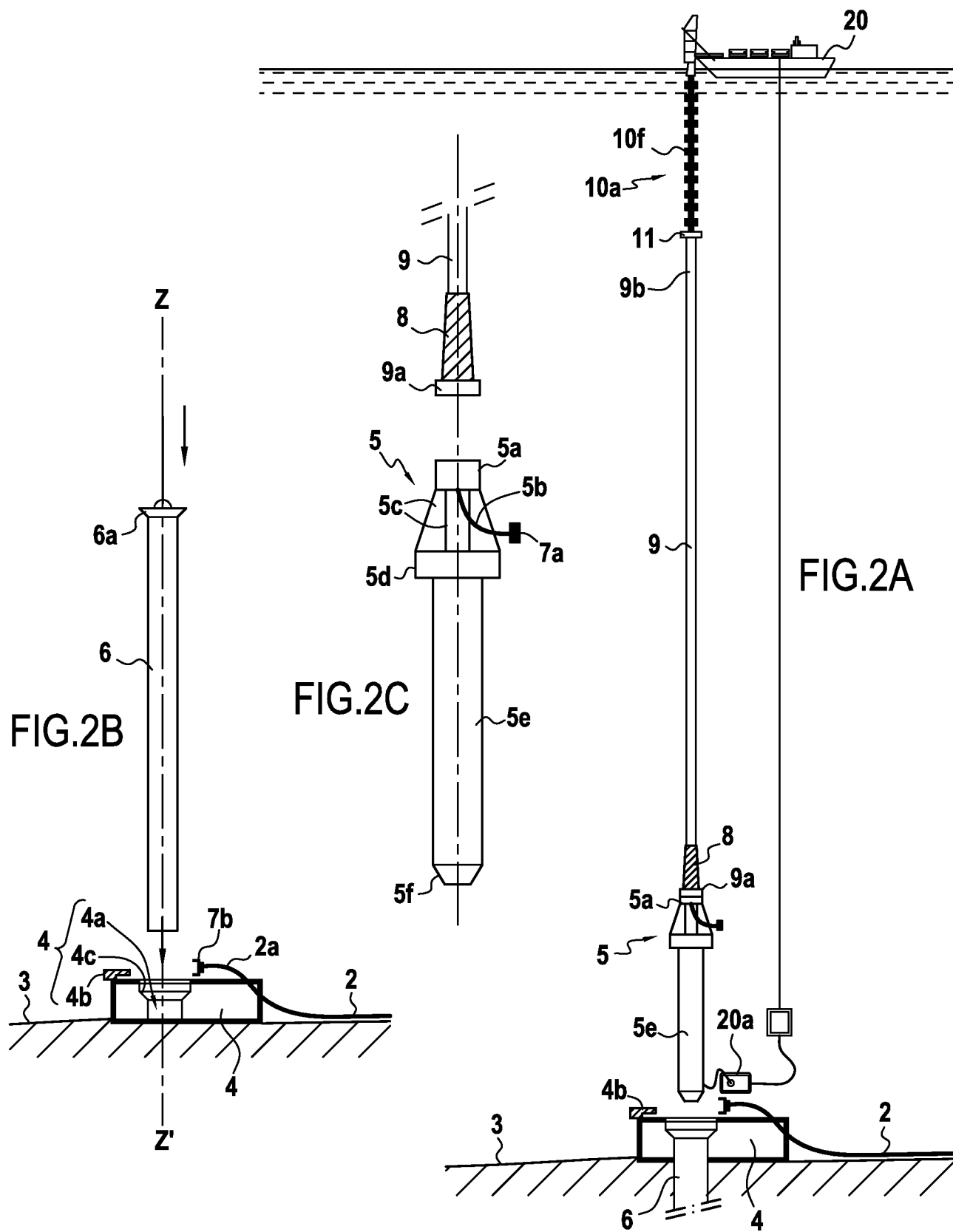
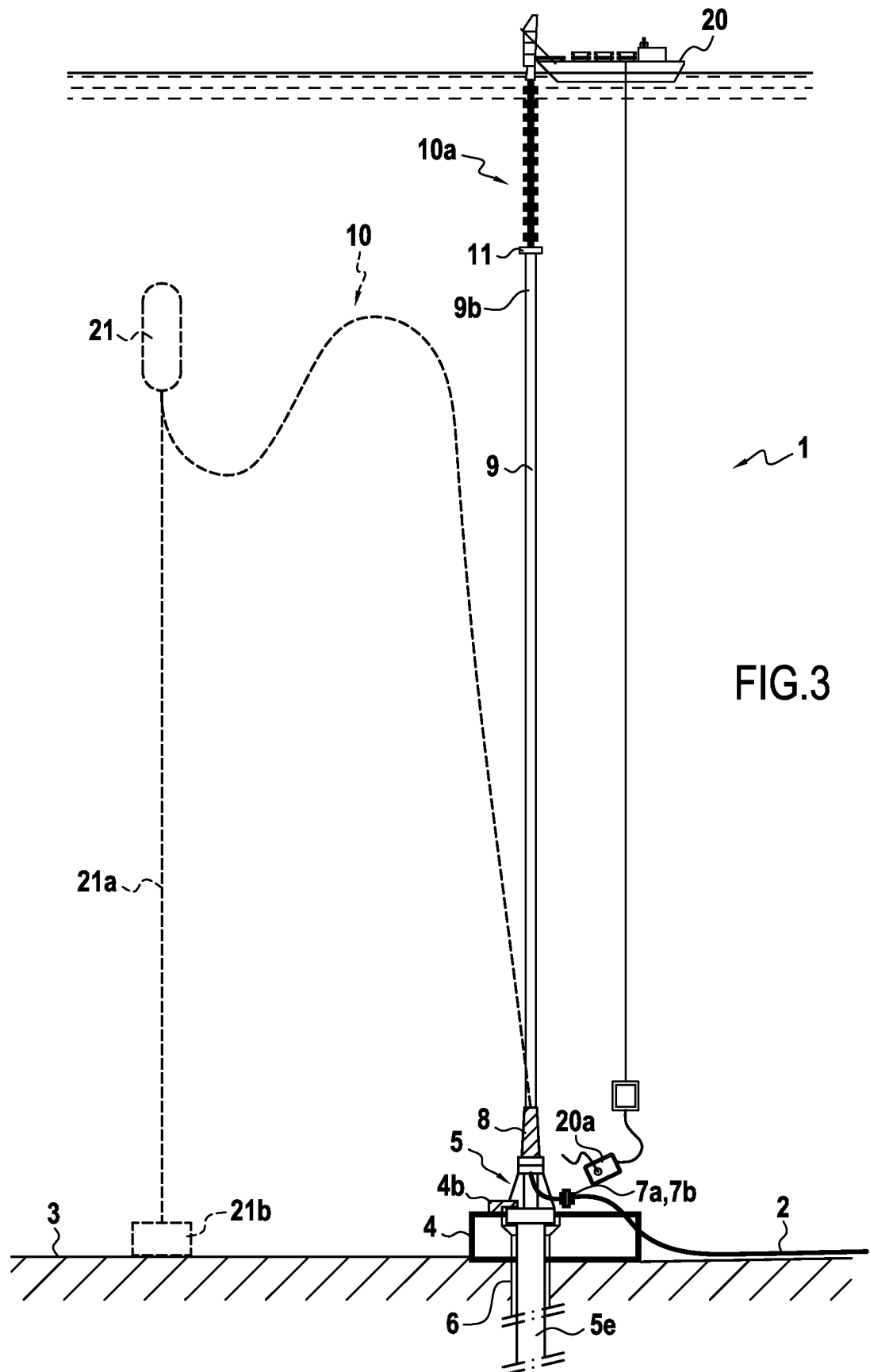


FIG.1



3/6



4/6

FIG.3A

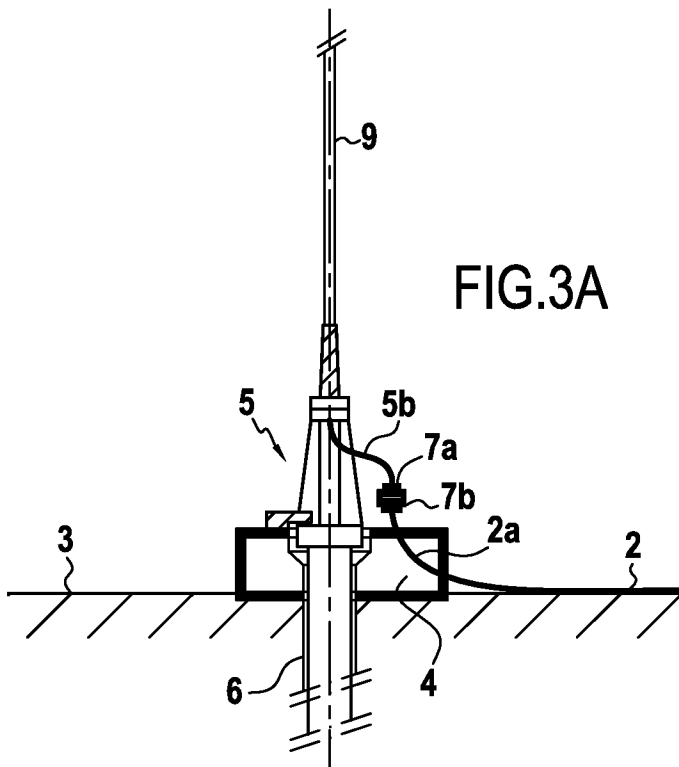
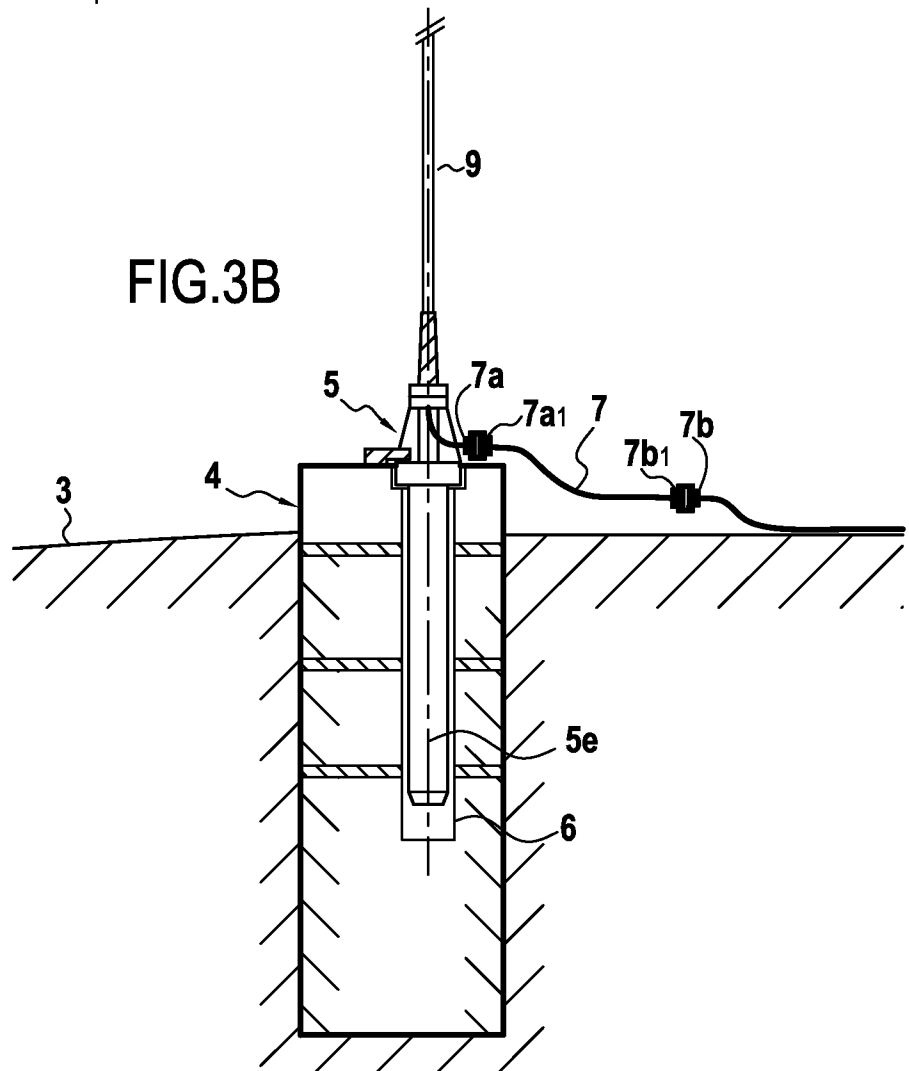


FIG.3B



5/6

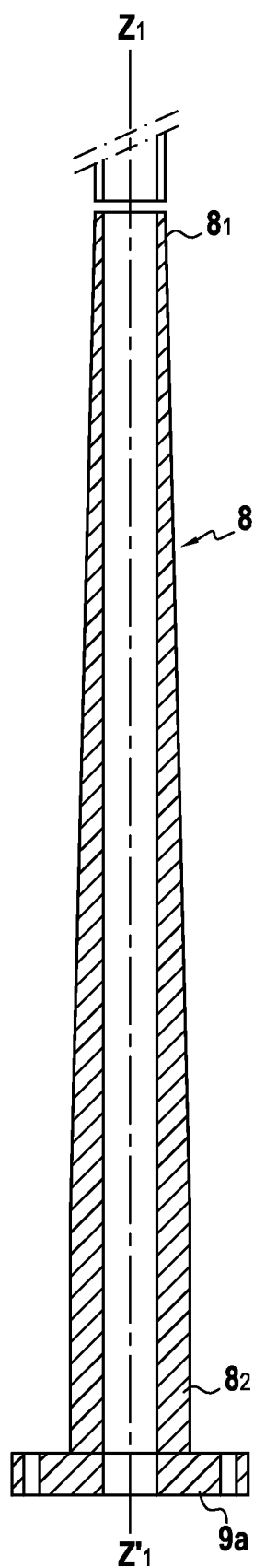


FIG. 4

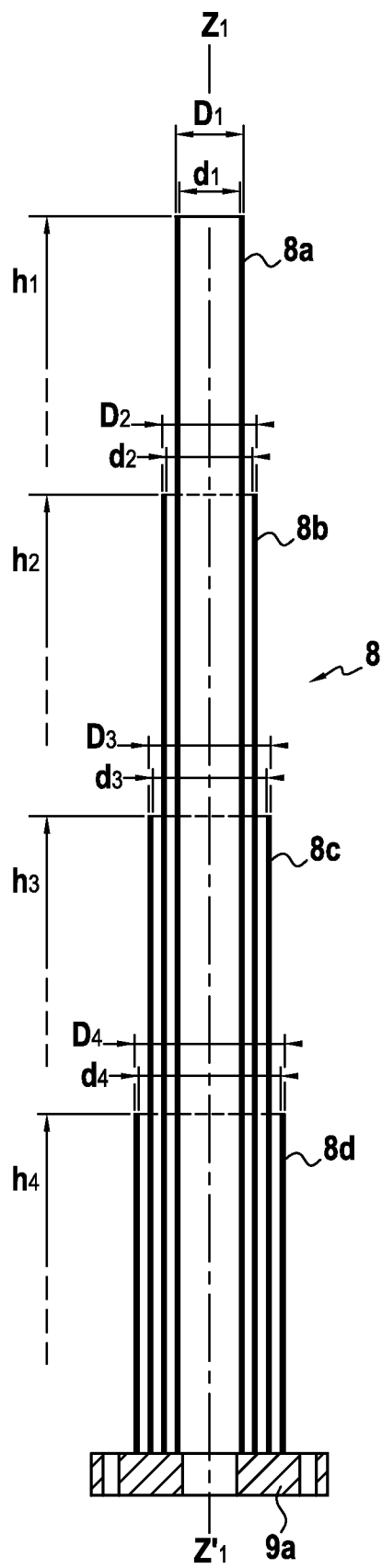


FIG. 5A

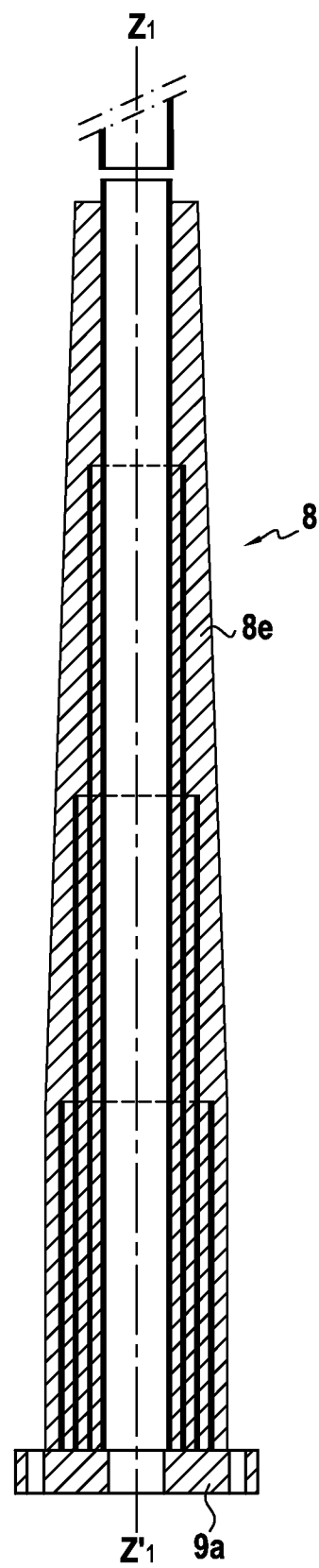


FIG. 5B

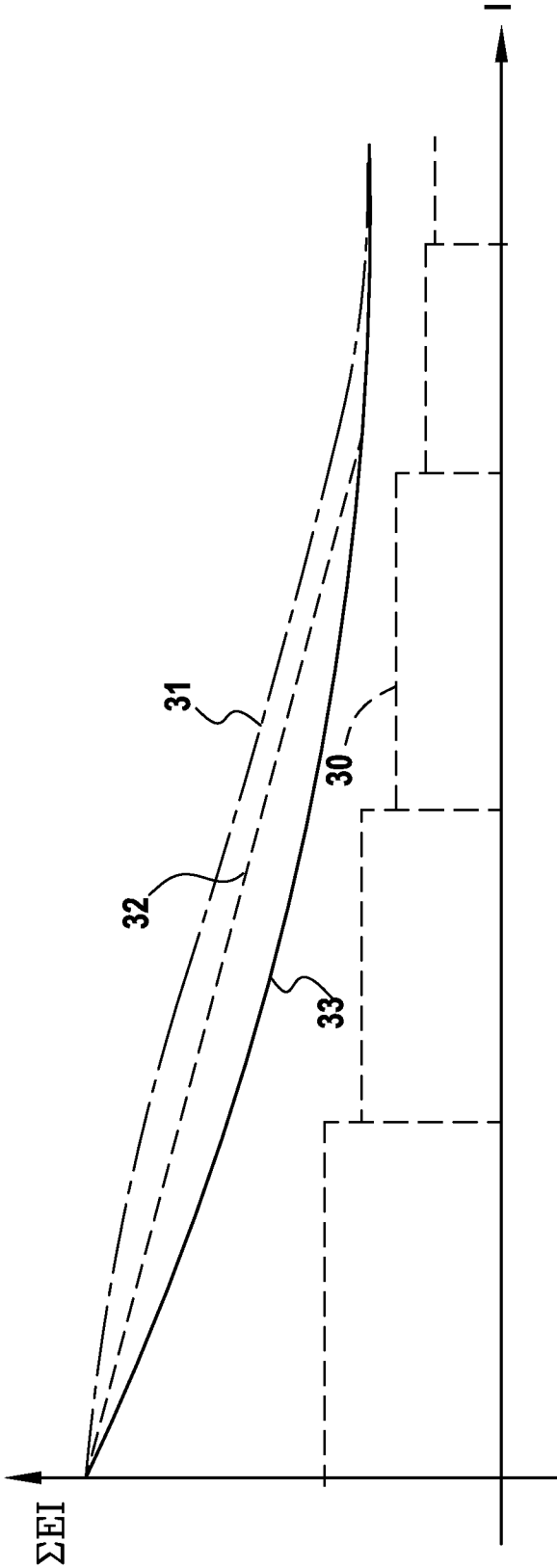
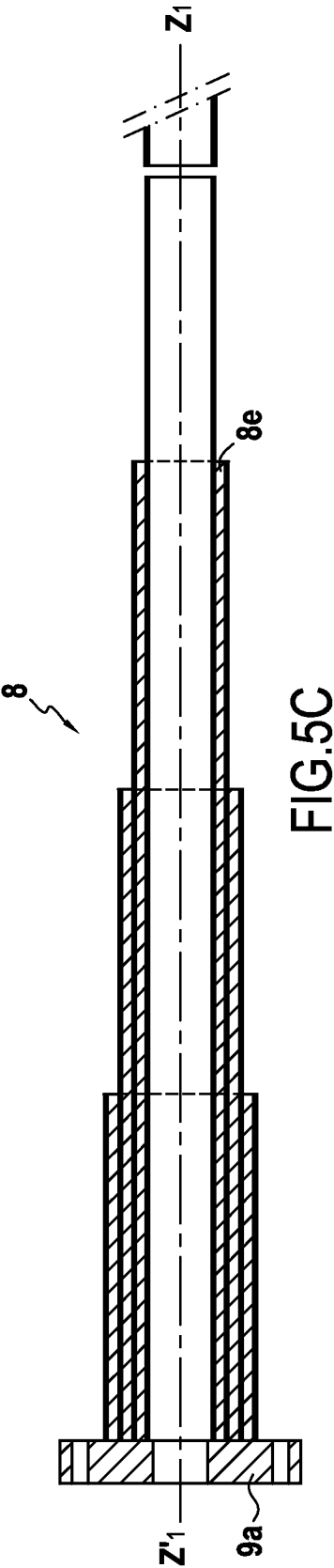


FIG. 6