

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 30.11.11.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 31.05.13 Bulletin 13/22.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : SAIPEM S.A. Société anonyme — FR.

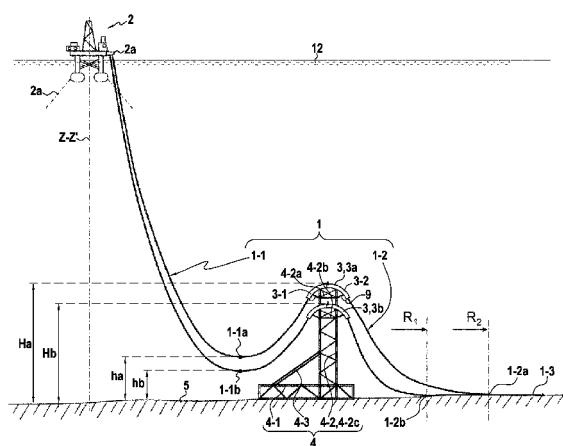
⑦2 Inventeur(s) : PIONETTI FRANCOIS REGIS.

⑦3 Titulaire(s) : SAIPEM S.A. Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE
Société civile.

⑤4 INSTALLATION DE LIAISONS FOND-SURFACE FLEXIBLES MULTIPLES SUR AU MOINS DEUX NIVEAUX.

⑤7 La présente invention concerne une installation de liaisons fond-surface entre un même support flottant (2) et le fond de la mer, comprenant une pluralité de lignes flexibles comprenant des conduites flexibles (1) s'étendant depuis ledit support flottant et le fond de la mer, lesdites lignes flexibles sont supportées par respectivement une pluralité de goulottes (3, 3a-3b) délimitant chacune deux portions de conduite comprenant une première portion de ligne flexible (1-1) en configuration de chaînette double plongeante entre le support flottant (2) et ladite goulotte et une deuxième portion de ligne flexible (1-2) en configuration de chaînette simple entre ladite goulotte et le point de contact (1-2a, 1-2b) de la conduite flexible au fond de la mer. L'installation comprend au moins une structure de support (4) comprenant une partie inférieure formant embase (4-1) reposant et/ou ancrée ou enfoncée au fond de la mer et une partie supérieure (4-2, 4-2a - 4-2b) supportant au moins deux goulottes inférieure (3b) et respectivement supérieure (3a) disposées à des hauteurs différentes (Ha, Hb) de telle sorte que le point bas (1-1b) de la première portion (1-1) de ligne flexible passant par la goulotte inférieure (1b) est situé au-dessous du point bas (1-1a) de la première portion (1-1) de ligne flexible passant par la goulotte supérieure (3a).



INSTALLATION DE LIAISONS FOND-SURFACE FLEXIBLES MULTIPLES SUR AU MOINS DEUX NIVEAUX

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

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

Le secteur technique de l'invention est plus particulièrement le domaine de la fabrication et de l'installation de liaisons fond-surfaces pour l'extraction sous-marine de pétrole, de gaz ou autre matériau
25 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.

30 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.

Mais il peut s'agir également de plateforme flottante semi-submersible installée de manière provisoire pour quelques années, par exemple en attente de la construction et de l'installation définitive d'un support flottant de type FPSO.

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

- un riser vertical dont l'extrémité inférieure est ancrée au fond de la mer par le biais d'une articulation flexible, et relié à une dite conduite reposant au fond de la mer, et l'extrémité supérieure est tendue par un flotteur immergé en sub-surface auquel elle est reliée, et

- une conduite de liaison, en général une conduite de liaison flexible, entre l'extrémité supérieure dudit riser et un support flottant en surface, ladite conduite de liaison flexible prenant, le cas échéant, de par son propre poids la forme d'une courbe en chaîne plongeante, c'est-à-dire descendant largement en dessous du flotteur pour remonter ensuite jusqu'audit support flottant.

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 suspension, communément appelés « Steel Catenary Riser » (SCR) 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 flottant en surface ou seulement jusqu'à un flotteur en sub-surface qui tensionne son extrémité supérieure, laquelle extrémité
5 supérieure est alors reliée à un support flottant par une conduite de liaison flexible plongeante.

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

La présente invention concerne des moyens de support de conduites flexibles d'installation de liaison fond/surface multiples
15 comprenant des conduites flexibles multiples disposées sur au moins 2 niveaux en hauteur.

On rappelle qu'on entend ici par « conduite flexible » les conduites connues sous la dénomination « flexibles », bien connues de l'homme de l'art et qui ont été décrites dans les documents normatifs
20 publiés par l'American Petroleum Institute (API), plus particulièrement sous les références API 17J et API RP 17 B. De tels flexibles sont notamment fabriqués et commercialisés par la Société TECHNIP-COFLEXIP France. Ces conduites flexibles comportent en général des couches d'étanchéité internes en matériaux thermoplastiques associées
25 à des couches résistantes à la pression interne à la conduite, en général en acier ou en matériaux composites réalisés sous forme de bandes spiralées, jointives à l'intérieur de la conduite thermoplastique pour résister à la pression interne d'éclatement et complétés par des armatures externes au-dessus de la couche tubulaire thermoplastique
30 également sous forme de bandes spiralées jointives, mais avec un pas plus long, c'est-à-dire un angle d'inclinaison de l'hélice inférieur, notamment de 15° à 55°.

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

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

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

25 Dans WO02/66786, WO02/103153 et WO2011/061422 au nom de la demanderesse, on a décrit des tours-hybrides à risers et conduites flexibles multiples disposées en éventails permettant d'associer un grand nombre de liaisons à un même support flottant, en dépit du problème de l'interférence des mouvements desdits risers qui sont
30 soumis au même mouvement que leur flotteur de tensionnement en tête sous l'effet des déplacements du support flottant en surface soumis à la houle, au vent et aux courants.

Dans ces installations, on a proposé de disposer 2 conduites flexibles superposées ou disposées cote à cote entre le support flottant et les extrémités supérieures de riser ou SCR, les 2 conduites flexibles étant guidées en subsurface par respectivement 2 goulottes fixées de façon superposée ou décalée latéralement à un flotteur de tensionnement d'un troisième riser disposé plus proche du support flottant que les 2 premiers risers, chaque dite goulotte délimitant ainsi 2 portions de conduite flexible en chainette double plongeante de part et d'autre de la goulotte. Cette configuration présente l'avantage de pouvoir acheminer la conduite flexible jusqu'à l'extrémité supérieure du riser relativement éloigné du support flottant sans que le point bas desdites portions de conduite de chainette double plongeante ne soit trop profond.

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

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

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

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

- une section longitudinale de forme incurvée en section dans le plan longitudinal vertical axial de la goulotte, de préférence une section de forme circulaire à concavité tournée vers le fond de la mer et une surface extérieure convexe sur la quelle est disposé la conduite, et

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

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

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

- 30 Une dite ligne flexible sous-marine suspendue à ses deux extrémités prend de par son propre poids la forme d'une courbe dite en chaînette double plongeante, connue de l'homme de l'art, c'est-à-dire

descendant en configuration de chaînette jusqu'à un point bas de tangente horizontale (voir ci-après) pour remonter ensuite jusqu'audit support flottant, laquelle chaînette plongeante autorise des déplacements importants de ses extrémités absorbés par les déformations de la conduite flexible, notamment la montée ou la descente dudit point bas de la chaînette plongeante.

On rappelle que la portion de conduite flexible entre une extrémité à laquelle elle est suspendue et le point bas de tangence horizontale à savoir dans le cas de ladite deuxième portion de conduite flexible le point de contact au fond de la mer, adopte une courbe géométrique formée par une portion de conduite de poids uniforme en suspension soumise à la gravité, appelée "chaînette" est une fonction mathématique de type cosinus hyperbolique $\text{Cosh}x = (e^x + e^{-x})/2$, reliant l'abscisse et l'ordonnée d'un point quelconque de la courbe selon les formules suivantes :

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

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

dans lesquelles :

- x représente la distance dans la direction horizontale entre ledit point de contact et un point M de la courbe,

- y représente l'altitude du point M (x et y sont donc les abscisses et ordonnées d'un point M de la courbe par rapport à un repère orthonormé dont l'origine est audit point de contact),

- R_0 représente le rayon de courbure au dit point de contact, c'est à dire au point de tangence horizontale,

- R représente le rayon de courbure au point M (x, y).

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

valeur minimale R_{min} (ou R_0 dans la formule ci-dessus). Sous l'effet des vagues, du vent et du courant, le support de surface se déplace latéralement et verticalement, ce qui a pour effet de soulever ou de reposer la conduite en forme de chaînette, au niveau du fond de la mer.

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

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

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

Ces contraintes impliquent un étalement de la zone d'exploitation et une limitation du nombre de liaisons fond-surface flexibles pouvant

être reliées sur un même support flottant, au niveau des bordés, pour éviter les interférences entre les différentes liaisons flexibles et les différents flotteurs.

C'est pourquoi on cherche à fournir une installation apte à
5 exploiter depuis un même support flottant une pluralité de liaisons fond-surface de type flexible d'encombrement et mouvement réduits et qui soit aussi plus simple à poser et pouvant être fabriquée en mer depuis un navire de pose de conduite.

Un but de la présente invention est donc de fournir une
10 installation d'une grande quantité de liaisons fond-surface flexibles permettant de relier un support flottant avec une pluralité de têtes de puits et/ou d'installations sous-marines installées au fond de la mer, notamment à moyenne ou grande profondeur, c'est-à-dire au-delà de 300m de profondeur d'eau, voire jusqu'au-delà de 500-1000m de
15 profondeur.

Plus particulièrement encore, le problème posé selon la présente invention est donc de fournir une installation avec une multiplicité de liaisons fond-surface de conduite flexible à partir d'un même support flottant, dont les procédés de pose et de mise en place de l'installation
20 permettent à la fois :

- de réduire la distance d'implantation entre les différentes liaisons fond-surface flexibles, c'est-à-dire permettent d'installer un grand nombre de liaisons fond-surface flexibles dans un espace le plus réduit possible ou en d'autres termes avec une emprise au sol réduite,
25 ceci afin, entre autre, d'augmenter le nombre de liaisons fond-surface qu'il est possible d'installer le long du bordé d'un FPSO ou d'une plateforme, sans que lesdites liaisons fond-surface n'interfèrent entre elles, et,

- une fabrication et mise en place aisée par fabrication et pose
30 séquentielle des différentes conduites à partir d'un navire de pose en surface, et enfin

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

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

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

30 Un autre but de la présente invention est de fournir une installation avec un nombre réduit de flotteur de support ou tensionnement desdites conduites flexibles notamment au niveau des

goulottes intermédiaires.

Pour ce faire la présente invention fournit une installation de liaisons fond-surface entre un même support flottant et le fond de la mer, comprenant une pluralité de lignes flexibles comprenant des conduites flexibles s'étendant depuis ledit support flottant et le fond de la mer où elles sont connectées à des têtes de puits, équipements ou extrémités de conduites sous-marines reposant au fond de la mer de ladite installation, lesdites lignes flexibles étant supportées par respectivement une pluralité d'éléments de support et guidage en forme d'arche dénommés goulottes délimitant chacune deux portions de conduite comprenant une première portion de ligne flexible en configuration de chainette double plongeante entre le support flottant et ladite goulotte et une deuxième portion de ligne flexible en configuration de chainette simple entre ladite goulotte et le point de contact de la conduite flexible au fond de la mer. Selon la présente invention, ladite installation comprend au moins une structure de support de goulottes comprenant une partie inférieure formant embase reposant et/ou ancrée ou enfoncée au fond de la mer et une partie supérieure supportant au moins deux goulottes inférieure et respectivement supérieure disposées à des hauteurs différentes de telle sorte que le point bas de la chainette double plongeante de la première portion de ligne flexible passant par la goulotte inférieure est situé au-dessous du point bas de la chainette double plongeante de ladite première portion de ligne flexible passant par la goulotte supérieure, et de préférence le point de contact avec le sol marin de la ligne flexible passant par la goulotte inférieure est plus proche de ladite embase que le point de contact avec le sol marin de la ligne flexible passant par la goulotte supérieure.

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

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

- une section longitudinale de forme incurvée en section dans le plan longitudinal vertical axial de la goulotte, de préférence une section de forme circulaire à concavité tournée vers le fond de la mer et une surface extérieure convexe sur la quelle est disposé la conduite, et

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

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

- Les avantages de l'installation selon la présente invention sont
- 15 notamment les suivants :

- la mise en œuvre d'une structure de support de goulottes supportant une pluralité de goulottes permet de réduire relativement le nombre de flotteurs conformément au but de la présente invention, et

- la disposition des goulottes et des conduites flexibles avec leur
- 20 point bas de tangence de la chainette double plongeante à des hauteurs différentes d'une part et la disposition des points de contact avec le sol de conduites flexibles à des distances différentes contribue à réduire voire éliminer les risques de contact et choc entre lesdites conduites flexibles notamment de leur dite première portion de conduite en
- 25 chainette plongeante.

- Plus particulièrement, ladite partie supérieure de ladite structure de support de goulottes comprend au moins deux éléments de support rigides inférieure et respectivement supérieure disposés à des hauteurs différentes et supportant chacun une pluralité de goulottes décalées
- 30 latéralement dans une direction (YY') dans un plan vertical perpendiculaire au plan axial vertical de ladite structure de support et

desdits éléments de support rigides et/ou perpendiculaire aux plans axiaux longitudinaux verticaux des dites goulottes, de préférence parallèles entre eux, lesdites goulottes étant de préférence disposées symétriquement par rapport à un plan axial vertical de ladite structure de support et desdits éléments de support rigides.

Ce mode de réalisation est particulièrement avantageux dans la mesure où il est possible à partir de ladite structure de support de goulottes d'écarter angulairement d'un angle α_2 de deuxième portion de conduite flexible adjacente passant par 2 goulottes adjacentes supportées par un même élément de support rigide inférieur ou supérieur, d'un angle α_2 supérieur à l'angle α_1 entre les 2 premières portions de conduites flexibles correspondantes des 2 mêmes conduites flexibles.

Il est donc ainsi possible d'étendre le spectre angulaire de l'éventail desdites conduites flexibles à partir de ladite structure support et ainsi d'étendre la zone géographique d'implantation des têtes de puits ou extrémités de conduites sous-marines pouvant être reliées par lesdites conduites flexibles à un même support flottant.

En conséquence, plus particulièrement, les deux deuxièmes portions de lignes flexibles de deux lignes flexibles passant par deux goulottes adjacentes supportées par un même élément de support rigide décalées latéralement sont disposées angulairement l'une par rapport à l'autre d'un angle (α_2) supérieur à l'angle (α_1) des deux première portions de lignes flexibles des mêmes deux lignes flexibles.

De préférence, une installation de liaison fond-surface selon l'invention, on comprend qu'elle comprend au moins deux dites structures de support de goulottes dont lesdits plans axiaux verticaux sont disposés angulairement α .

Plus particulièrement, le nombre de goulottes supportées par un même élément de support rigide de goulotte inférieure ou supérieure peut-être plus particulièrement de 10 à 30.

Dans un mode de réalisation particulier, une dite conduite flexible est maintenue dans une dite goulotte par des moyens de retenue et/ou des moyens d'accrochage.

5 Cette caractéristique vise à stabiliser la conduite flexible et à favoriser les sollicitations et déplacements dans ladite première portion de conduite flexible.

Plus particulièrement, lesdits moyens de retenue ou moyens d'accrochage sont constitués par un dispositif tubulaire formant un anneau pré positionné autour de ladite conduite à une distance
10 prédéterminée par rapport à l'extrémité de la conduite fixée au support flottant, ledit anneau étant apte à être bloqué et/ou verrouillé dans ladite goulotte, de préférence ladite goulotte comportant une première partie de canal interne contenant ou étant apte à contenir une dite conduite flexible mais ne pouvant contenir ladite conduite entourée
15 dudit anneau, ladite première partie de goulotte étant située du côté de la goulotte le plus proche du support flottant, la largeur, notamment le diamètre, en section transversale du canal interne de ladite première partie de goulotte étant plus petite que celle de la section transversale du canal interne d'une deuxième partie de goulotte disposée du côté de la goulotte le plus éloigné du support flottant, le canal interne de ladite
20 deuxième partie de goulotte interne contenant ou étant apte à contenir une dite conduite flexible entourée dudit anneau, ledit anneau étant retenu par un épaulement au niveau de la zone de variation de largeur, de préférence variation discontinue de largeur, entre les deux canaux
25 internes des deux première et deuxième parties de goulotte.

Ledit anneau peut être formé de deux demi anneaux à section semi circulaire appliqués contre la conduite et assemblés entre eux, par exemple par boulonnage.

On comprend que le positionnement dudit anneau est déterminé
30 par la longueur de première portion de conduite flexible souhaitée en fonction de la hauteur du point bas de ladite première portion de conduite flexible en double chainette plongeante, laquelle dépend aussi

de la hauteur de la goulotte et sa distance par rapport au support flottant.

Dans une première variante de réalisation particulière, les dits éléments de support rigides de goulottes forment des poutres horizontales. Les goulottes supportées par un même élément de support rigide sont disposées à une même hauteur.

Dans une autre variante de réalisation, les goulottes supportées par un même élément de support rigide sont disposées à des hauteurs différentes, de préférence ledit élément de support rigide définissant une surface de support de goulottes plane et inclinée.

Dans tous les cas, de préférence, les points bas de deux premières portions de lignes flexibles passant par des goulottes adjacentes supportées par un même élément de support rigide sont à des hauteurs différentes.

Dans un mode de réalisation préféré, ladite structure de support de goulottes est une structure rigide comportant une tour rigide s'élevant au-dessus d'une dite embase reposant et/ou ancrée au fond de la mer à laquelle elle est fixée rigidement.

Plus particulièrement, ladite embase est une structure métallique en treillis s'étendant horizontalement reposant au fond de la mer et ladite tour rigide est une structure métallique en treillis s'élevant verticalement supportant au moins deux éléments de support rigides supérieur et inférieur formant des poutres s'étendant, de préférence symétriquement, de part et d'autre de la tour sur au moins deux niveaux en hauteur, poutres au-dessus desquelles sont fixées des dites goulottes, ladite tour étant fixée à ladite structure métallique en treillis de ladite embase par des éléments de liaison et de renfort rigides inclinés.

On comprend que la structure métallique en treillis de ladite embase une distance suffisante pour faire contrepoids suffisant pour stabiliser la tour.

Dans ce mode de réalisation de la structure de support rigide, la symétrie de positionnement des goulottes et des conduites flexibles et plus généralement de la structure de support elle-même par rapport à un dit plan axial longitudinal vertical vise à ce que ladite structure
5 supporte essentiellement des efforts en compression, les efforts en flexion étant équilibrés de part et d'autre de la tour rigide verticale.

Dans une autre variante de réalisation, ladite structure de support de goulottes est une structure articulée comportant au moins deux éléments de support rigides supérieur et inférieur formant des poutres
10 disposées l'une au-dessus de l'autre et reliées l'une à l'autre par des premiers éléments de liaison souples tels que des premiers haubans, ledit élément de support de goulottes inférieur étant relié à ladite embase par des deuxièmes éléments de liaison souples tels que des deuxièmes haubans, lesdits éléments de support rigides supérieur et
15 inférieur étant maintenus au-dessus l'un de l'autre et au-dessus d'une dite embase par au moins un élément de flottabilité immergé fixé à au moins ledit élément de support de goulottes supérieur apte à tensionner lesdits premiers et deuxièmes haubans, ladite embase étant de préférence enfoncée au fond de la mer.

20 Plus particulièrement, ledit élément de support rigide supérieur est suspendu à un flotteur supérieur immergé auquel il est relié par des troisièmes éléments de liaison souples tels que des élingues, et de préférence ledit dit élément de support rigide supérieur est supporté par un flotteur inférieur sur lequel il est fixé.

25 Dans les 2 modes de réalisations de structure de support rigide, on préfère que le plan axial longitudinal vertical des goulottes supérieure et inférieure les plus proches soient coaxiaux et coplanaires pour les 2 goulottes pour éviter ou réduire des efforts de flexion sur ladite structure de support.

30 Dans la variante de réalisation dans laquelle la structure de support de goulottes est une structure articulée, la deuxième portion de conduite flexible en chaînette simple est moins stabilisée que dans le

cas d'une structure de support rigide mais ces sollicitations et déplacements notamment au niveau du point de contact avec le sol marin sont néanmoins considérablement réduits du fait du tensionnement de ladite structure de support par lesdits flotteurs.

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

De préférence encore, ladite goulotte supérieure est à une hauteur au-dessus de la goulotte inférieure la plus proche telle que le segment passant par l'extrémité longitudinale de la goulotte supérieure et le sommet du fond de la goulotte inférieure forme un angle α d'au
15 moins 30°, de préférence au moins 45° par rapport à l'horizontale.

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

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

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

25 - la figure 1 est une vue de côté d'une installation de liaisons fond-surface selon l'invention entre une plateforme flottante ancrée 2 et une structure de support métallique 4 supportant deux séries de goulottes en forme d'arches 3, 3a-3b, reposant sur le fond de la mer 5,

- la figure 2 est une vue de côté d'une installation de la figure 1
30 illustrant les déformations des conduites flexibles 1 en fonction de

l'excursion de ladite plateforme flottante ancrée, au plus loin 1b et au plus près 1a par rapport à ladite structure de support 4,

5 - la figure 3 est une vue de dessus d'une installation du type de celle de la figure 1 mais avec deux structures de support 4, illustrant la disposition en éventail d'une pluralité de liaisons fond-surface flexibles entre une plateforme 2 et deux structures de support métalliques 4 reposant sur le fond de la mer,

10 - la figure 4 est une vue de côté d'une installation de liaisons fond-surface selon la figure 1 entre une plateforme flottante ancrée et deux éléments de support rigides 4-2a, 4-2b, supportant respectivement deux séries de goulottes en forme d'arches, lesdites éléments de support rigides étant reliés entre eux par une première série de haubans, et reliés à une fondation 4-1 reposant sur le fond de la mer 5 par une seconde série de haubans, l'ensemble étant tensionné vers le haut au moyen d'un flotteur 4-4a,

- la figure 5A illustre en vue de côté la première étape de l'installation d'une conduite flexible sur la goulotte inférieure 3b,

20 - la figure 5B illustre en vue de côté les deuxième, troisième et quatrième étapes de l'installation d'une dite conduite flexible sur la goulotte inférieure 3b,

- la figure 6A est une vue de dessus d'une goulotte 3 détaillant les sections transversales respectives d'une partie avant 3-1 et d'une partie arrière 3-2 de la goulotte dont les canaux internes 3-4 présentent des diamètres différents, donc des largeurs différentes,

25 - la figure 6B est une vue de dessus d'une conduite flexible équipée d'un anneau 7 rapporté destiné au blocage de ladite conduite flexible au sein de ladite goulotte de la figure 6A,

30 - la figure 6C est une vue de dessus de la conduite flexible de la figure 6B installée dans la goulotte de la figure 6A, un verrou 8 étant en position ouverte,

- la figure 6D est une vue de dessus relative à la figure 6C, le verrou de blocage 8 de l'anneau 7 rapporté étant en position fermée,

5 - la figure 7A est une vue en coupe verticale transversale de la conduite 1 avec deux portions semi-tubulaires 7a, 7b formant ledit anneau 7 une fois appliquées contre la conduite 1 et le verrou 8 en position d'ouverture, la figure 7B montre le verrou 8 en position fermé (dans l'absence de conduites et d'anneau 7 à l'intérieur),

10 - la figure 8A est une section verticale transversale au niveau du sommet des goulottes supérieures 3a d'une structure support rigide 4 comportant deux poutres horizontales 4-2a et 4-2b, supportant une pluralité de goulottes supérieures 3a et goulottes inférieures 3b, montrant en pointillés les premières portions de conduites flexibles 1-1 avec leur point bas 1-1a, et montrant en pointillés les goulottes inférieures 3b,

15 - la figure 8B est une vue similaire à la figure 8A, mais la coupe verticale transversale étant au niveau des sommets des goulottes inférieures 3b et montrant en pointillés les premières portions de lignes flexibles 1-1 et en pointillés les goulottes supérieures 3a,

20 - la figure 9 est une vue de côté d'une structure de support dans laquelle les goulottes supérieures sont décalées, par rapport aux goulottes inférieures, vers le support flottant,

25 - la figure 10 est une variante de réalisation d'une structure de support de goulottes 4, dans lesquelles les éléments de support rigide supérieur 4-2a et inférieur 4-2b sont des poutres inclinés symétriquement par rapport à la tour centrale verticale 4-2c.

30 Sur la figure 1 on a représenté une installation de liaisons fond-surface comprenant deux conduites flexibles 1 reliées à une extrémité 2a à une plateforme flottante semi-submersible 2, maintenue en position par des lignes d'ancrage 2a, l'autre extrémité desdites conduites flexibles reposant en 1-3 au fond de la mer 5. Les deux conduites flexibles 1 s'étendent à des hauteurs différentes et arrivent en contact

avec le sol marin 5 à des points de contact 1-2a et 1-2b à des distances différentes de l'axe ZZ' du support flottant 2.

L'installation de liaisons fond-surface comporte une structure de support rigide 4, comprenant une tour verticale rigide 4-2c, constituée d'une structure métallique en treillis, supportant à son sommet deux éléments de support rigides supérieur 4-2a et inférieur 4-2b formant des poutres horizontales, s'étendant symétriquement de part et d'autre de la tour 4-2c. Des goulottes supérieures 3a sont fixées par-dessus la poutre supérieure 4-2a et des goulottes inférieures 3b sont fixées par-dessus la poutre inférieure 4-2b. Les goulottes supérieures 3a et goulottes inférieures 3b sont toutes, de préférence, de même longueur et de même rayon de courbure et sont disposées parallèlement les unes aux autres, décalées latéralement dans la direction transversale YY' perpendiculaire à la direction longitudinale des goulottes XX'.

Sur les figures 1 à 3, les goulottes supérieures 3a et goulottes inférieures 3b d'une même structure support 4 sont superposées, c'est-à-dire ne sont pas décalées les unes par rapport aux autres dans la direction longitudinale XX' des goulottes, contrairement au mode de réalisation de la figure 9, où les goulottes inférieures 3b sont décalées vers l'avant ou en aval, c'est-à-dire légèrement plus éloignées du support flottant 2 par rapport aux goulottes supérieures 3a.

Sur la figure 3, on a représenté deux installations avec deux structures support 4 disposées à une distance différente du support flottant 2, mais ayant toutes les deux la même forme, l'une des deux structures, la plus proche du support flottant, étant montrée en coupe juste au-dessus de la poutre inférieure 4-2b et des goulottes inférieures 3b, tandis que l'autre structure support 4 la plus éloignée du support flottant 2 est montrée en vue de dessus au-dessus des goulottes et poutres supérieures 3a, 4-2a. Les deuxièmes portions de conduite flexible 1-2, passant par les goulottes supérieures 3a, ont un point de contact 1-2a avec le sol marin 5, situé sensiblement sur un cercle de rayon R2 (pour la structure support 4 de la figure 3 la plus éloignée du

support flottant 2) ou R4 (pour la structure support 4 de la figure 3 la plus proche du support flottant 2). Le point de contact 1-2b des deuxièmes portions de conduites 1-2 passant par les goulottes inférieures 3b est également situé sensiblement sur un cercle de rayon

5 R1 (pour la structure support 4 de la figure 3 la plus éloignée du support flottant 2) ou R3 (pour la structure support 4 de la figure 3 la plus proche du support flottant 2), avec $R1 < R2$ et $R3 < R4$.

Sur cette même figure 3, la poutre supérieure 4-2a supporte dix goulottes supérieures 3a, dont les sommets arrivent à une même

10 hauteur H_a , comme représenté sur la figure 1, et sur lesquelles quatre conduites flexibles seulement sont disposées sur les deux goulottes aux extrémités latérales dans la direction YY' de la poutre supérieure 4-2a. La poutre inférieure 4-2b supporte neuf goulottes inférieures 3b à une même hauteur H_b sur lesquelles ont également été installées quatre

15 conduites flexibles, à savoir deux conduites flexibles aux deux goulottes des deux extrémités dans la direction latérale YY' de la poutre.

Les différentes conduites flexibles 1, passant par les goulottes 3a et 3b, comprennent chacune une première portion de conduite flexible 1-1 en configuration de chainette double plongeante entre le support

20 flottant 2 et ladite goulotte, et une deuxième portion de conduite flexible 1-2 en configuration de chainette simple entre ladite goulotte et le point de contact 1-2a et 1-2b de la conduite flexible ou 1-2a et 1-2b de la conduite flexible au fond de la mer.

Sur les figures 1, 2 et 4, le point bas 1-1a de la première portion

25 de conduite 1-1 passant par la goulotte supérieure 3a est situé au-dessus du point bas 1-1b de la première portion de conduite 1-1 passant par la goulotte inférieure 3b, les deuxièmes portions de conduite flexible 1-2, passant par les goulottes supérieures 3a, ont un point de contact 1-2a avec le sol marin 5, situé sensiblement sur un cercle de

30 rayon R2 (pour la structure support 4 de la figure 3 la plus éloignée du support flottant 2) ou R4 (pour la structure support 4 de la figure 3 la plus proche du support flottant 2). Le point de contact 1-2b des

deuxièmes portions de conduites 1-2 passant par les goulottes inférieures 3b est également situé sensiblement sur un cercle de rayon R1 (pour la structure support 4 de la figure 3 la plus éloignée du support flottant 2) ou R3 (pour la structure support 4 de la figure 3 la plus proche du support flottant 2), avec $R1 < R2$ et $R3 < R4$.

Sur les figures 1 à 3, on a représenté des conduites flexibles 1 continues depuis leur point d'accroche 2b sur la plateforme 2 jusqu'au-delà de leur point de contact 1-2a, 1-2b sur le sol marin dans la portion de conduite 1-3 reposant sur le fond de la mer 5. Toutefois, il est également possible que lesdites conduites flexibles soient constituées d'une pluralité de conduites flexibles raccordées les unes aux autres par des embouts intermédiaires de type bride 1-4 notamment ou autres moyens de raccordement, lesdits moyens de raccordement pouvant d'ailleurs être situés avantageusement en aval desdites goulottes comme représenté sur la figure 4.

La plateforme 2 est soumise aux effets de la houle, du vent et du courant et de ce fait peut se déplacer dans toutes les directions. Le système d'ancrage 2a limitant les excursions de la plateforme 2 a tendance à la ramener dans la position neutre de la figure 1. Sur la figure 2 on a représenté en vue de côté les déformations des conduites flexibles 1, selon que la plate-forme se rapproche de la structure 4 (configuration 1a) ou s'en éloigne (configuration 1b). On notera que les deuxièmes portions de conduites flexibles 1-2 restent sensiblement fixes quelque soient les déplacements de la plateforme en surface comme explicité précédemment.

Du fait que les points bas 1-1a et 1-2b des deux premières portions de conduites 1-1 des deux conduites soient à des hauteurs différentes h_a , h_b d'une part, et que, d'autre part, deux deuxièmes portions de conduites 1-2 des deux conduites passant par les deux goulottes supérieures 3a et inférieures 3b soient également à des hauteurs différentes du fait qu'elles ont des points de contact 1-2a et 1-2b à des distances différentes de la structure 4, les portions 1-1 et 1-2

de conduite supérieures et inférieures en suspension ne peuvent pas interférer entre elles.

Ladite structure de support de goulotte 4 comprend une partie inférieure 4-1 servant d'embase, constituée d'une structure métallique en treillis s'étendant horizontalement reposant ou ancrée au fond de la mer sur une distance suffisante pour faire contrepoids et stabiliser la tour rigide 4-2c qui lui est fixée à sa base. La tour rigide 4-2c est une structure métallique en treillis fixée à sa base à la structure en treillis 4-1 formant embase et supportée par des éléments de liaison et de renfort rigides inclinés 4-3.

Sur la figure 3, les deux poutres horizontales 4-2a et 4-2b supportant les goulottes supérieures 3a et respectivement goulottes inférieures 3b, sont superposées et disposées à une même distance de l'axe ZZ' du support flottant 2. En revanche, sur la figure 9, les goulottes inférieures 3b sont décalées légèrement vers l'avant, c'est-à-dire à une plus grande distance de l'axe ZZ' du support flottant 2 que les goulottes supérieures 3a, afin de faciliter la pose d'une conduite flexible sur la goulotte inférieure 3b, comme explicité ci-après.

Sur les figures 8A et 8B, on montre que les goulottes 3a et 3b peuvent avoir des diamètres, ou des largeurs, en coupe transversale verticale variables adaptés aux diamètres des conduites ou lignes flexibles qui sont destinées à maintenir.

Sur la figure 8A, on montre que les différents points bas 1-1a des premières portions de conduites flexibles en amont des goulottes supérieures 3a sont disposées à des hauteurs variables de manière à ce que les points bas 1-1a de deux premières portions de conduites flexibles supportées par des goulottes supérieures 3a adjacentes supportées par la poutre supérieure 4-2a sont à des hauteurs différentes H1 et H2. Sur la figure 8B, les points bas 1-1b de deux premières portions de conduites flexibles 1-1 supportées par des goulottes inférieures 3b adjacentes sur la poutre inférieure 4-2b sont également à des hauteurs différentes H1' et H2'.

Sur les figures 3, 8A et 8B, les différentes conduites des différentes lignes flexibles assurant les liaisons flexibles fond-surface entre le support 2 et des équipements d'une même tête de puits sont regroupés par des goulottes supérieures 3a et inférieures 3b situées dans un même corridor angulaire le plus étroit possible de l'éventail de l'ensemble des conduites flexibles assurant la jonction entre le même support flottant 2 et une pluralité de têtes de puits. Ce regroupement de conduites flexibles, assurant la jonction d'une même tête de puits avec le support flottant, est rendu possible de par la pluralité de hauteurs des goulottes installées au moins sur deux niveaux d'une part, et, d'autre part, de par la possibilité d'installer les points bas 1-1a et 1-1b des premières portions de conduites à des hauteurs différentes d'une part, et, d'autre part, les points de contact 1-2a et 1-2b des deuxièmes portions de conduites avec le sol à des distances différentes de la structure support 4.

Sur la figure 10, on a représenté un deuxième mode de réalisation de structure support rigide, dans lequel les éléments de support de goulottes supérieures 4-2a et inférieures 4-2b sont constitués chacun de deux poutres rectilignes 4-2a'/4-2a'' et 4-2b'/4-2b'', inclinées symétriquement par rapport à la tour verticale centrale rigide 4-2c. Ce mode de réalisation présente l'intérêt additionnel que les différentes goulottes supérieures 3a et goulottes inférieures 3b peuvent être à des hauteurs différentes sur leurs poutres inclinées respectives, de sorte que la disposition des différents points bas 1-1a et 1-2b des premières portions de conduites flexibles 1-1 adjacentes peut être plus facilement disposé à des hauteurs différentes H1 et H2.

Sur les figures 4 et 5, ladite structure de support de goulottes 4 est une structure articulée comportant deux poutres horizontales supérieures 4-2a et inférieures 4-2b, constituées de structures métalliques en treillis, reliées entre elles par des premiers haubans 4-3a. L'ensemble des deux poutres 4-2a et 4-2b forme la partie supérieure de la structure support 4. La poutre inférieure 4-2b est reliée à une embase 4-1 enfoncée au fond de la mer 5 par des deuxièmes haubans 4-

3b. La poutre supérieure 4-2a est suspendue à un flotteur supérieur immergé 4-4a, auquel elle est reliée par des élingues 4-3c. Le flotteur 4-4a assure le tensionnement des premiers et deuxièmes haubans 4-3a et 4-3b, de manière à les maintenir en position verticale et à assurer le
5 maintien de la poutre supérieure 4-2a à une hauteur donnée H_a , au-dessus de la poutre inférieure 4-2b à une hauteur inférieure H_b , comme représenté sur la figure 1.

Les goulottes supérieures 3a, fixées à la poutre supérieure 4-2a, sont elles-mêmes supportées par des flotteurs additionnels 4-4b
10 intégrées à ladite poutre pour compléter le tensionnement des premiers et deuxièmes haubans 4-3a et 4-3b.

De la même manière, on intègre avantageusement des éléments de flottabilité à la structure de la poutre inférieure 4-2b.

Les poutres supérieure 4-2a et inférieure 4-2b supportent, comme
15 dans les figures 3 et 8, une pluralité de goulottes supérieures 3a et respectivement goulottes inférieures 3b.

Pour des profondeurs d'eau de 500 à 1000m, et pour une grande quantité de conduites flexibles, par exemple 18 ou 24 conduites flexibles, une structure de support rigide 4 selon le mode de réalisation
20 des figures 1, 2 et 3 pourra mesurer de 100 à 150m de hauteur (H_a) et représenter un poids de plusieurs milliers de tonnes, par exemple 5 à 6000 tonnes. En revanche, une structure de support 4 de type articulé conformément aux figures 4 et 5, présente un poids considérablement diminué par rapport au poids de la structure rigide 4 des figures 1 à 3.
25 Toutefois, les éléments de flottabilité 4-4a et 4-4b restent relativement plus coûteux qu'une construction en structure métallique en treillis.

Ainsi, le choix d'une solution de type structure rigide 4 telle que décrite en référence à la figure 1, ou d'une solution de structure de type flottant et articulé telle que décrite en référence à la figure 4, dépendra
30 essentiellement des moyens et des coûts de préfabrication, de transport et d'installation disponibles : la construction, le transport et

l'installation de structures unitaires de plusieurs milliers de tonnes requiert en effet des moyens considérables et spécifiques qui ne sont pas toujours disponibles dans certaines régions du monde.

Dans la configuration articulée de la figure 4, lorsque la
 5 plateforme 2 se déplace, comme représenté en référence à la figure 2, les éléments 4-1, 4-2a et 4-2b étant articulés entre eux, il en résulte un mouvement dans la même direction que ladite plateforme 2, mais fortement atténué, ce qui implique une déformation des deuxièmes
 10 portions de chaîne 1-2 dans le même sens que la déformation des premières portions de chaîne 1-1, et un déplacement des points de contact 1-2a et 1-2b dans une même direction, à savoir la direction opposée de celle de la plateforme 2 et la partie supérieure 4-2. Ainsi, chacune des variantes de structure de support rigide 4 de l'invention présente des avantages et des inconvénients par rapport à l'autre.

15 Sur cette même figure 4, on a représenté un navire d'installation 10 en surface 12 équipé d'un ROV 11 (sous-marin automatique d'intervention piloté depuis la surface), à proximité des goulottes supportant les conduites flexibles. On dispose avantageusement les niveaux de goulottes supérieures 3a et inférieures 3b à une distance
 20 verticale h_0 de 10 à 20m l'une de l'autre, de manière à ce que ledit ROV 11 puisse passer entre les deux niveaux de goulottes sans interférer avec les conduites flexibles pour intervenir le cas échéant.

Sur les figures 5A et 5B, on a représenté en vue de côté une installation d'une conduite flexible sur une goulotte inférieure 3b. Sur la
 25 figure 5A, le navire d'installation 10 se positionne à une distance L_a de l'axe vertical Z_1Z_1' de la structure de support 4, puis transfère de manière connue la conduite flexible vers la plateforme 2 en passant entre les goulottes supérieures 3a et les goulottes inférieures 3b.

En résumé, la liaison de l'extrémité 14 de la conduite flexible 1 en
 30 2b sur un bordé de la plateforme 2 se réalise selon les étapes suivantes :

- étape 1 : un câble 13 est suspendu à la verticale depuis le navire de pose 10, lequel navire est positionné à proximité de l'axe Z1Z1' de la structure support 4 à une distance L_a réduite, et

5 - étape 2 : le ROV 11 saisit l'extrémité inférieure du câble 13 et la passe entre les deux goulottes 3a et 3b pour venir l'accrocher en 2b sur la plateforme 2, et

- étape 3 : le cas échéant, on remplace le câble 13 par un câble renforcé de traction, et

10 - étape 4 : on positionne le navire à la distance L_a de l'axe Z1Z1' et l'on accroche l'extrémité 14 d'une conduite flexible stockée sur le navire 10 à l'extrémité libre du câble 13, et

- étape 5 : on transfère l'extrémité 14 de la conduite 1 vers le support flottant 2 et on l'accroche en 2b sur un bordé 2.

15 Lorsque l'extrémité 14 de la conduite flexible est sécurisée à la plateforme 2, le navire d'installation 10 se rapproche de l'axe Z1Z1' et se trouve à la distance $L_b < L_a$ comme détaillé sur la figure 5B. La conduite flexible se trouve alors en configuration 1-1c et 1-2c dans laquelle la portion supérieure en aval 1-2c vient buter contre un déflecteur 9 à l'extrémité de la partie avant 3-2 de la goulotte
20 supérieure 3a. Seule la partie arrière 3-1 de la goulotte inférieure 3b supporte la conduite flexible 1, l'extrémité inférieure de la portion 1-2c de la conduite 1 ne reposant pas sur la partie avant 3-2 de la goulotte inférieure 3b.

25 Les deux parties 3-1 et 3-2 de la goulotte 3 présentent, comme représenté sur les figures 6A à 6D, des canaux internes de largeur en section transversale différente, la partie 3-1 de goulotte, présentant un canal interne 3-4 de plus petite largeur que celle de la section transversale du canal interne 3-4 de la deuxième partie de goulotte 3-2, disposée du côté de la goulotte le plus éloigné du support flottant 2.

30 Le canal interne 3-4 de plus grande largeur de la deuxième partie de goulotte 3-2 est apte à contenir une conduite flexible entourée d'un

anneau 7, tandis que le canal interne 3-4 de la première partie 3-1 de goulotte est apte à contenir la conduite flexible 1 et ne peut pas contenir la conduite entourée dudit anneau 7. Ainsi, l'anneau 7 est retenu par un épaulement 3-3 au niveau de la zone de variation
5 discontinue de largeur entre les deux parties 3-1 et 3-2.

L'anneau 7 est constitué par exemple de deux demi-coquilles 7a et 7b semi-tubulaires, assemblées entre elles par des boulons de manière à venir en butée contre la conduite 1 à une position prédéterminée par rapport à son extrémité 14, comme représenté sur la figure 7A.

10 Au stade de la pose de la conduite 1 telle que représentée sur la figure 5B, l'anneau 7 se trouve à proximité du déflecteur 9 de l'extrémité de la partie avant 3-2 de la goulotte supérieure 3 en contact avec la portion de conduite 1-2c.

Du fait de l'écart de hauteur h_0 entre la goulotte supérieure 3a et
15 la goulotte inférieure 3b, on conserve un angle α_3 d'au moins 30° , de préférence environ 45° par rapport à l'horizontale du segment entre le point de contact de la conduite 1-2c avec le déflecteur 9 à l'extrémité de la portion 3-2 de la goulotte supérieure 3a et le sommet de la goulotte inférieure 3b correspondant à l'épaulement 3-3 entre les
20 parties 3-1 et 3-2 de la goulotte inférieure 3b. Cet angle α_3 permet d'éviter une courbure excessive de la portion de conduite 1-2c et la présence des déflecteurs évite d'endommager la conduite flexible même en cas de contact insistant.

Ainsi, comme illustré sur la figure 5B, lorsque le navire 10
25 continue à dérouler la conduite flexible, du fait qu'il se trouve à la distance L_b de l'axe Z_1Z_1' , donc plus proche de l'axe de la structure 4, ladite conduite flexible glisse naturellement sur la goulotte inférieure 3b, principalement sur sa partie gauche 3-1, et l'anneau 7 vient alors en butée en 3-3 au niveau de la transition de diamètre entre les partie gauche 3-1 et partie droite 3-2 de goulotte, comme illustré sur la figure
30 6C.

Lorsque l'on continue la descente de la portion de conduite 1-2c, l'anneau 7 se rapproche de l'épaule 3-3 jusqu'à y être bloqué par retenu.

Dans cette position, la conduite flexible 1 vers la plateforme 2 est en configuration définitive 1-1d et ne bouge alors sensiblement plus. Le navire 10 continue alors à dérouler la conduite flexible 1 de sorte que la portion de conduite en aval adopte la configuration 1-2d. Puis, le navire continue à avancer de manière à ajuster le point de contact 1-2b avec le fond de la mer 5 pour qu'il soit sensiblement à une distance R_1 de l'axe Z_1Z_1' . Enfin, le navire 10 poursuit de manière connue sa pose courante de la conduite en configuration 1-2e vers les têtes de puits, non représentées.

Sur la figure 6B, on a représenté en vue de dessus la conduite flexible 1 équipée de son anneau de blocage 7.

Sur la figure 6C, on a représenté en vue de dessus la conduite flexible 1 équipée de son anneau de blocage 7 en position de butée sur la zone de transition 3-3 de la goulotte 3, un verrou 8 étant en position ouverte.

Sur la figure 6D, le verrou 8 est actionné par le ROV 11, interdisant alors tout mouvement de la conduite flexible 1, tant vers le haut, que vers la droite par rapport à la goulotte 3.

Pour éviter d'endommager la conduite flexible lors de l'installation sur les goulottes inférieures 3b, les goulottes supérieures 3a sont équipées comme mentionné précédemment d'un déflecteur 9, dont le profil externe est apte à éviter d'endommager une portion de conduite flexible pouvant rentrer en contact avec ledit déflecteur en cours de pose de la conduite. Le déflecteur avantageusement est présent à chacune des extrémités des deux parties 3-1 et 3-2. Le déflecteur à l'extrémité de la partie 3-1 est plus particulièrement utile lors de la phase initiale de transfert de l'extrémité 14 de la conduite vers la plateforme 2 et de son accrochage en 2b à ladite plateforme.

Sur les figures 7A et 7B, on a détaillé un verrou 8 comprenant deux portions semi-tubulaires 8a et 8b, articulées entre elles par une charnière 8c, la partie inférieure 8b étant solidaire de la goulotte 3 et la partie supérieure 8a étant apte à pivoter et venir se plaquer contre la face supérieure de l'anneau 7 une fois en place au niveau de la transition de la position de retenu et de blocage 3-3.

Pour la clarté des figures, les goulottes ont été décrites comme étant des portions de tore tronqué présentant une section transversale circulaire dont le diamètre est légèrement supérieur au diamètre de la conduite flexible (portion de goulotte 3-1), ou de celui de l'anneau (portion de goulotte 3-2), mais la forme de l'arche dans le plan XX' peut tout aussi bien être de type ellipse, parabolique ou toute autre forme à courbure variable, dont la courbure maximale est inférieure à la courbure critique limite de ladite conduite flexible. De même, la section transversale de la goulotte peut être de forme quelconque, par exemple en forme de U, étant entendu que la largeur intérieure du U dans la portion de goulotte 3-1 est légèrement supérieure au diamètre de la conduite flexible, et que la largeur intérieure du U dans la portion de goulotte 3-2 est légèrement supérieure au diamètre de l'anneau. De ce fait, le flexible sera correctement guidé entre les parois du U, et l'anneau se bloquera alors naturellement au niveau de la zone de changement de largeur de la forme en U de la goulotte, comme expliqué précédemment.

Le rayon de courbure des diverses goulottes a été représenté dans les diverses figures comme étant identiques, mais on adoptera avantageusement des rayons de courbure adaptés à chacune des conduites, ce qui permettra de minimiser le poids de l'ensemble et ainsi de réduire la flottabilité nécessaire, plus particulièrement dans les variantes du dispositif décrites en référence aux figures 4, 5A et 5B.

Dans la version flottante et articulée en référence à la figure 4, les chaînettes simples 1-2a et 1-2b se déforment de manière significative lorsque le support flottant se déplace au gré de la houle,

du vent et des courants, et il est alors important que les rayons R1 et R2, respectivement R3 et R4 soient très différents avec $R2 > R1$, respectivement $R4 > R3$, de manière à éviter tout contact entre les conduites flexibles supportées respectivement par les goulottes 3a et 3b. Par contre, dans le cas d'une structure 4 fixe, comme décrite en référence aux figures 1, 2 et 3, les portions de chaînette simples 1-2a et 1-2b restent sensiblement fixes quelque soient les déplacements du support flottant au gré de la houle, du vent et des courants : les valeurs des rayons R1-R2, respectivement R3-R4 ne sont alors plus vraiment critiques, mais on préférera quand même, pour des considérations d'inspection futures par ROV répartir les conduites comme indiquées dans l'invention de manière à éviter de confondre des conduites flexibles en provenance des goulottes supérieures avec des conduites en provenance des goulottes inférieures, étant entendu que les conduites flexibles quittent le fond de la mer vers leurs goulottes respectives situées 100 à 200m plus haut, et que la visibilité dans les grands fonds est limité à quelques mètres, voire quelques dizaines de mètres au plus.

REVENDEICATIONS

1. Installation de liaisons fond-surface entre un même support flottant (2) et le fond de la mer, comprenant une pluralité de lignes flexibles comprenant des conduites flexibles (1) s'étendant depuis ledit support flottant et le fond de la mer où elles sont connectées à des têtes de puits, équipements ou extrémités de conduites sous-marines reposant au fond de la mer de ladite installation, lesdites lignes flexibles étant supportées par respectivement une pluralité d'éléments de support et guidage en forme d'arche dénommés goulottes (3, 3a-3b) délimitant chacune deux portions de conduite comprenant une première portion de ligne flexible (1-1) en configuration de chainette double plongeante entre le support flottant (2) et ladite goulotte et une deuxième portion de ligne flexible (1-2) en configuration de chainette simple entre ladite goulotte et le point de contact (1-2a, 1-2b) de la conduite flexible au fond de la mer,

caractérisé en ce qu'elle comprend au moins une structure de support de goulottes (4) comprenant une partie inférieure formant embase (4-1) reposant et/ou ancrée ou enfoncée au fond de la mer et une partie supérieure (4-2, 4-2a – 4-2b) supportant au moins deux goulottes inférieure (3b) et respectivement supérieure (3a) disposées à des hauteurs différentes (Ha, Hb) de telle sorte que le point bas (1-1b) de la chainette double plongeante de la première portion (1-1) de ligne flexible passant par la goulotte inférieure (3b) est situé au-dessous du point bas (1-1a) de la chainette double plongeante de ladite première portion (1-1) de ligne flexible passant par la goulotte supérieure (3a), et, de préférence, le point de contact (1-2a) avec le sol marin (5) de la ligne flexible (1) passant par la goulotte inférieure (3b) est plus proche de ladite embase que le point de contact (1-2a) avec le sol marin (5) de la ligne flexible (1) passant par la goulotte supérieure (3a).

2. Installation de liaisons fond-surface selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite partie supérieure (4-2) de ladite structure de support de goulottes (4) comprend au moins deux éléments

de support rigides inférieure (4-2b) et respectivement supérieure (4-2a) disposés à des hauteurs différentes (H_a , H_b) et supportant chacun une pluralité de goulottes décalées latéralement dans une direction (YY') dans un plan vertical perpendiculaire au plan axial vertical (P) de ladite structure de support (4) et desdits éléments de support rigides (4-2a, 4-2b) et/ou perpendiculaire aux plans axiaux longitudinaux verticaux des dites goulottes, de préférence parallèles entre eux, lesdites goulottes étant de préférence disposées symétriquement par rapport à un plan axial vertical (P) de ladite structure de support (4) et desdits éléments de support rigides (4-2a, 4-2b).

3. Installation de liaisons fond-surface selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'elle comprend au moins deux dites structures de support de goulottes (4) dont lesdits plans axiaux verticaux (P) sont disposés angulairement α .

4. Installation de liaisons fond-surface selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les deux deuxièmes portions de lignes flexibles (1-2) de deux lignes flexibles passant par deux goulottes adjacentes supportées par un même élément de support rigide décalées latéralement sont disposées angulairement l'une par rapport à l'autre d'un angle (α_2) supérieur à l'angle (α_1) des deux première portions de lignes flexibles (1-2) des mêmes deux lignes flexibles.

5. Installation de liaisons fond-surface selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'une dite conduite flexible est maintenue dans une dite goulotte par des moyens de retenue et/ou des moyens d'accrochage (7,8).

6. Installation de liaisons fond-surface selon la revendication 5, caractérisé en ce que lesdits moyens de retenue ou moyens d'accrochage sont constitués par un dispositif tubulaire formant un anneau (7) pré positionné autour de ladite conduite à une distance prédéterminée par rapport à l'extrémité de la conduite fixée au support flottant, ledit anneau étant apte à être bloqué (3-1, 3-2) et/ou verrouillé (8) dans ladite goulotte, de préférence ladite goulotte

comportant une première partie (3-1) de canal interne (3-4) contenant ou étant apte à contenir une dite conduite flexible mais ne pouvant contenir ladite conduite entourée dudit anneau, ladite première partie de goulotte étant située du côté de la goulotte le plus proche du support flottant, la largeur en section transversale du canal interne (3-4) de ladite première partie (3-1) de goulotte étant plus petite que celle de la section transversale du canal interne (3-4) d'une deuxième partie (3-2) de goulotte disposée du côté de la goulotte le plus éloigné du support flottant, le canal interne de ladite deuxième partie de goulotte interne contenant ou étant apte à contenir une dite conduite flexible entourée dudit anneau, ledit anneau étant retenu par un épaulement (3-3) au niveau de la zone de variation de largeur, de préférence variation discontinue de largeur, entre les deux canaux internes des deux première et deuxième parties de goulotte (3-1, 3-2).

7. Installation de liaisons fond-surface selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que lesdits éléments de support rigides (4-2a, 4-2b) de goulottes forment des poutres horizontales.

8 Installation de liaisons fond-surface selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les goulottes supportées par un même élément de support rigide (4-2a, 4-2b) sont disposées à des hauteurs différentes, de préférence ledit élément de support rigide définissant une surface de support de goulottes plane et inclinée.

9. Installation de liaisons fond-surface selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les points bas (1-1a, 1-1b) de deux premières portions de lignes flexibles (1-1) passant par des goulottes adjacentes supportées par un même élément de support rigide (4-2a, 4-2b) sont à des hauteurs différentes (H_1-H_2 , $H_1'-H_2'$).

10. Installation de liaisons fond-surface selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que ladite structure de support de goulottes (4) est une structure rigide comportant une tour rigide (4-2c) s'élevant au-dessus d'une dite embase (4-1) reposant et/ou ancrée au fond de la mer (5) à laquelle elle est fixée rigidement.

11. Installation de liaison fond-surface selon la revendication 10, caractérisé en ce que ladite embase est une structure métallique en treillis s'étendant horizontalement reposant au fond de la mer et ladite tour rigide (4-2c) est une structure métallique en treillis s'élevant
5 verticalement supportant au moins deux éléments de support rigides supérieur (4-2a) et inférieur (4-2b) formant des poutres s'étendant, de préférence symétriquement, de part et d'autre de la tour sur au moins deux niveaux en hauteur, poutres au-dessus desquelles sont fixées des dites goulottes (3a, 3b), ladite tour étant fixée à ladite structure
10 métallique en treillis de ladite embase (4-1) par des éléments de liaison et de renfort rigides inclinés (4-3).

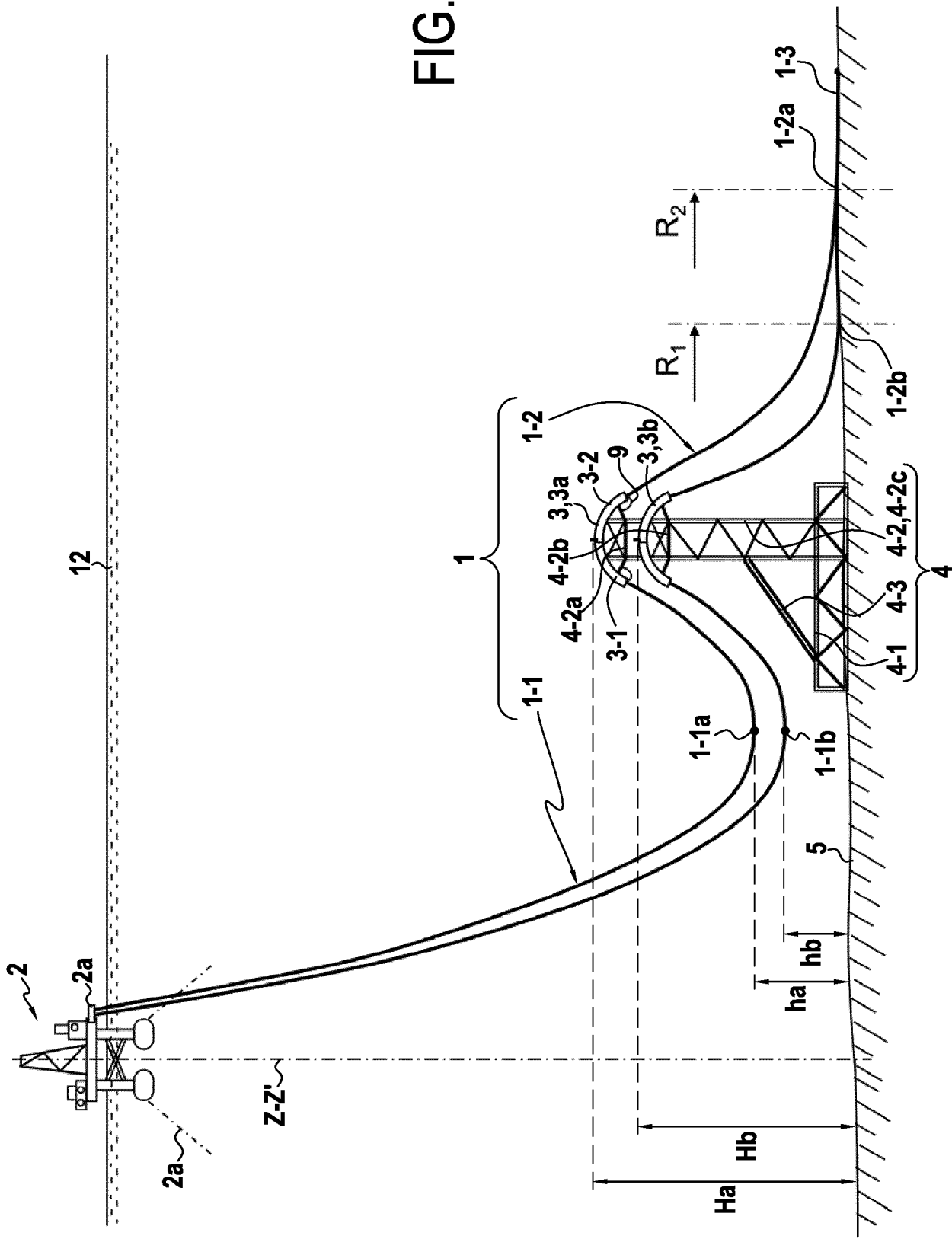
12. Installation de liaisons fond-surface selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que ladite structure de support de goulottes (4) est une structure articulée comportant au moins deux
15 éléments de support rigides supérieur (4-2a) et inférieur (4-2b) formant des poutres disposées l'une au-dessus de l'autre et reliées l'une à l'autre par des premiers éléments de liaison souples tels que des premiers haubans (4-3a), ledit élément de support de goulottes inférieur (4-2b) étant relié à ladite embase par des deuxièmes éléments de
20 liaison souples tels que des deuxièmes haubans (4-3b), lesdits éléments de support rigides supérieur (4-2a) et inférieur (4-2b) étant maintenus au-dessus l'un de l'autre et au-dessus d'une dite embase (4-1) par au moins un élément de flottabilité immergé (4-4) fixé à au moins ledit élément de support de goulottes supérieur (4-2a) apte à tensionner
25 lesdits premiers et deuxièmes haubans, ladite embase étant de préférence enfoncée au fond de la mer (5).

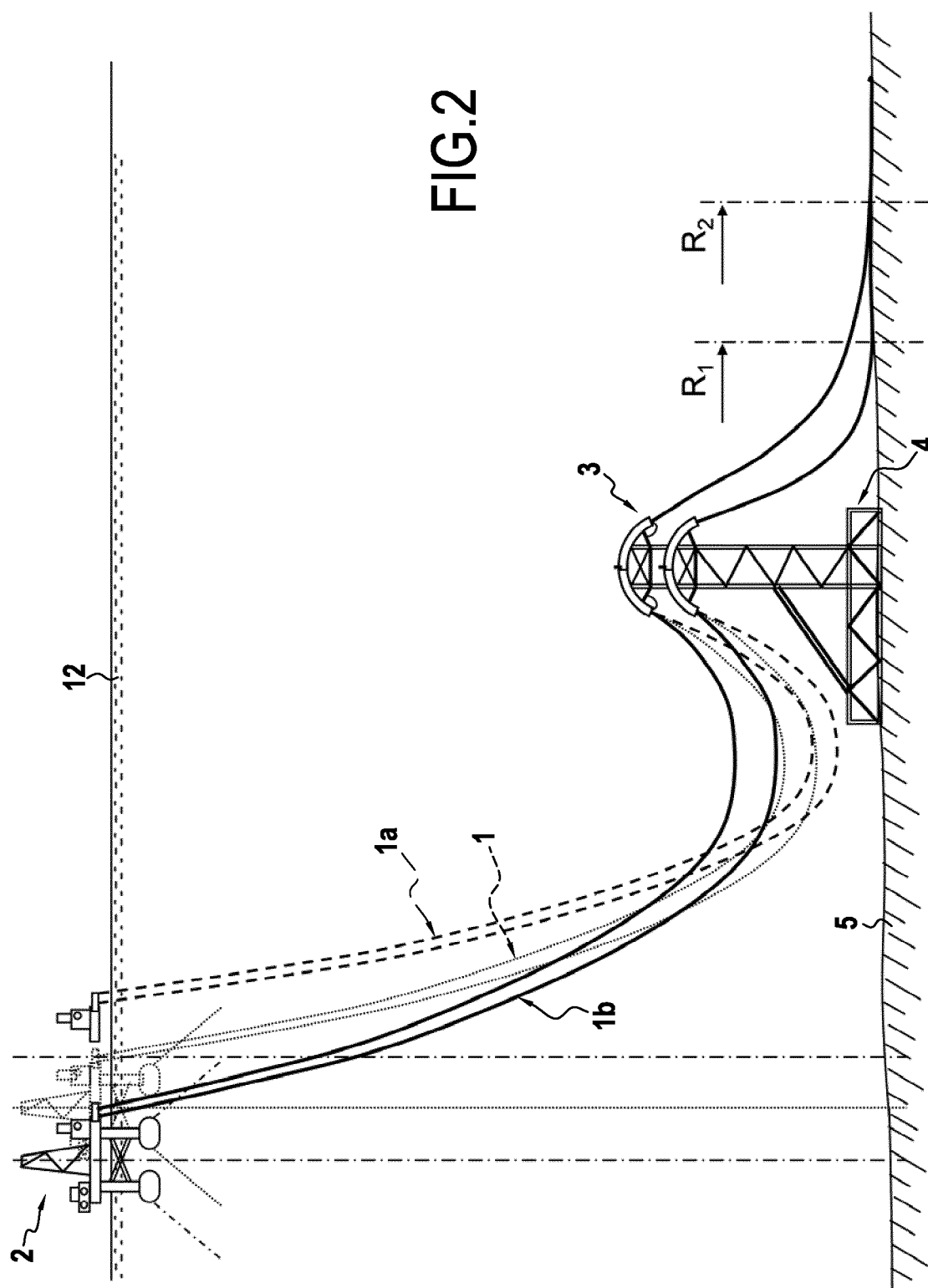
13. Installation de liaisons fond-surface selon la revendication 12, caractérisé en ce que ledit élément de support rigide supérieur (4-2a) est suspendu à un flotteur supérieur immergé (4-4a) auquel il est
30 relié par des troisièmes éléments de liaison souples tels que des élingues (4-3c), et de préférence ledit dit élément de support rigide supérieur (4-2a) est supporté par un flotteur inférieur (4-4b) sur lequel il est fixé.

14. Installation de liaisons fond-surface selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que ledit élément de support de goulottes supérieur (4-4a) ou les extrémités des goulottes qu'il supporte comprennent un déflecteur (9) dont le profil est apte à éviter
5 d'endommager la portion de conduite flexible pouvant rentrer en contact avec ledit déflecteur en cours de pose de la conduite sur une dite goulotte inférieure.

15. Installation de liaisons fond-surface selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que ladite goulotte supérieure
10 (3a) est à une hauteur (h_0) au-dessus de la goulotte inférieure (3b) la plus proche telle que le segment passant par l'extrémité longitudinale de la goulotte supérieure et le sommet du fond de la goulotte inférieure forme un angle α_3 d'au moins 30° , de préférence au moins 45° par rapport à l'horizontale.

FIG.1





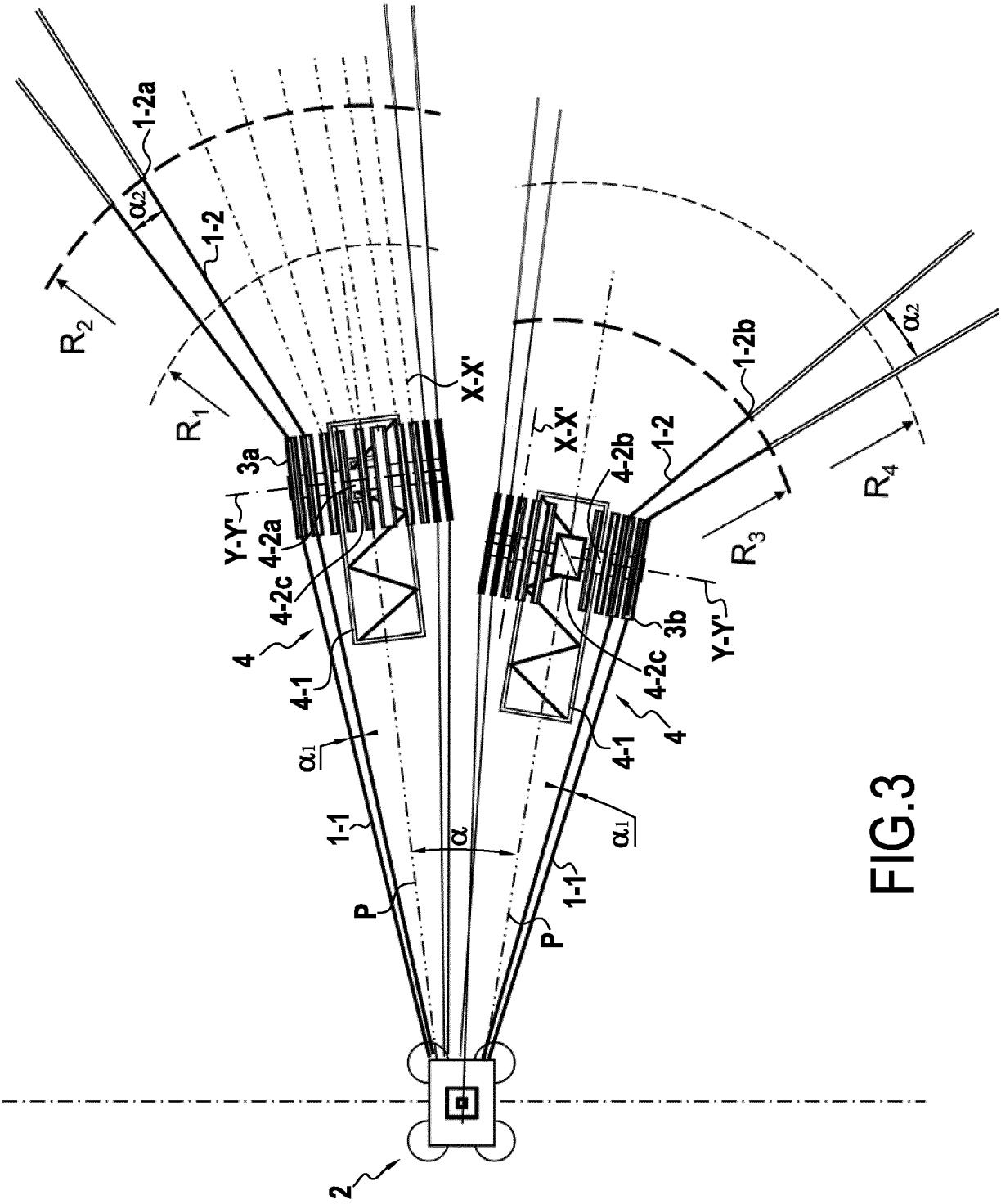
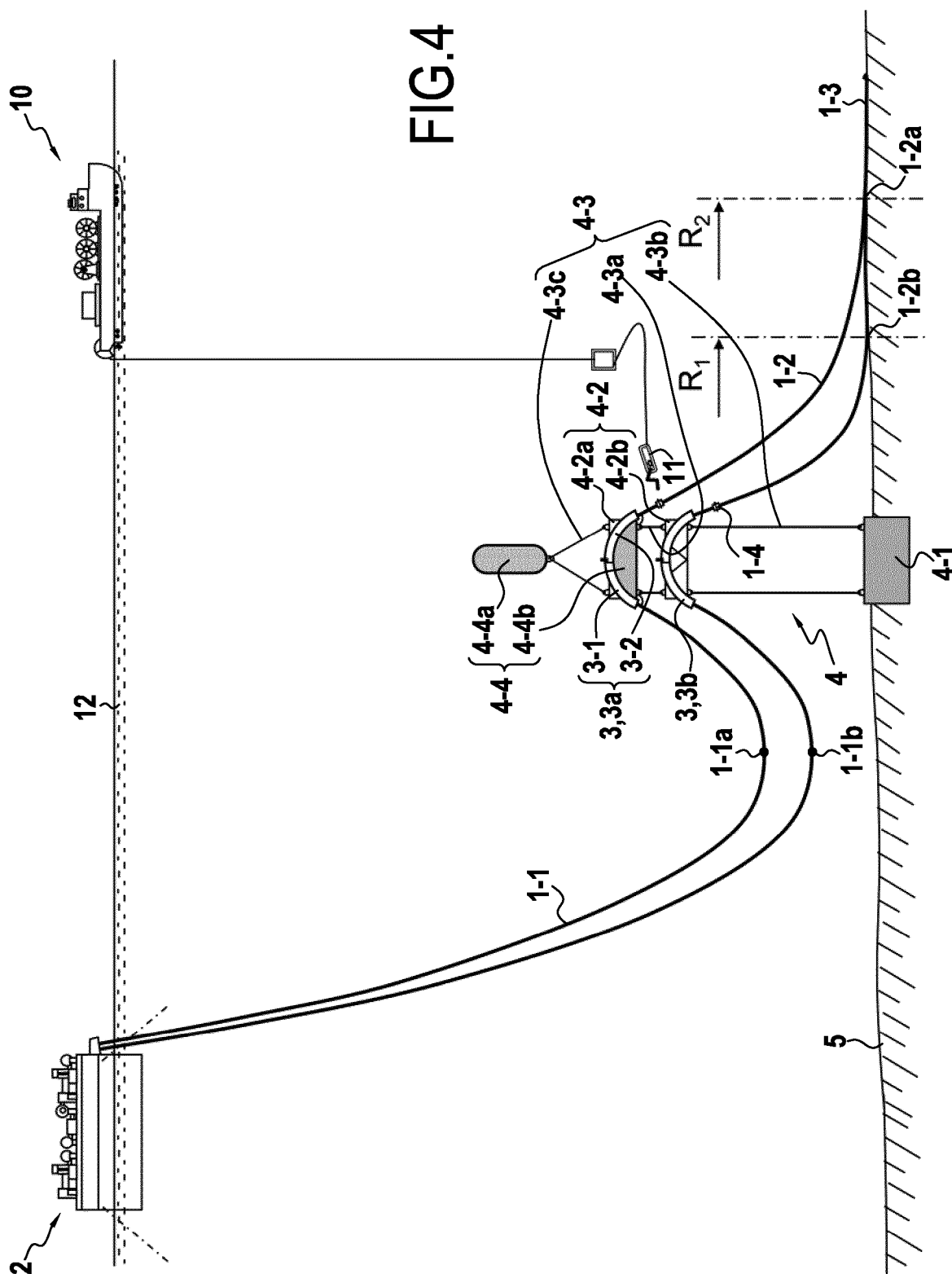


FIG.3

FIG.4



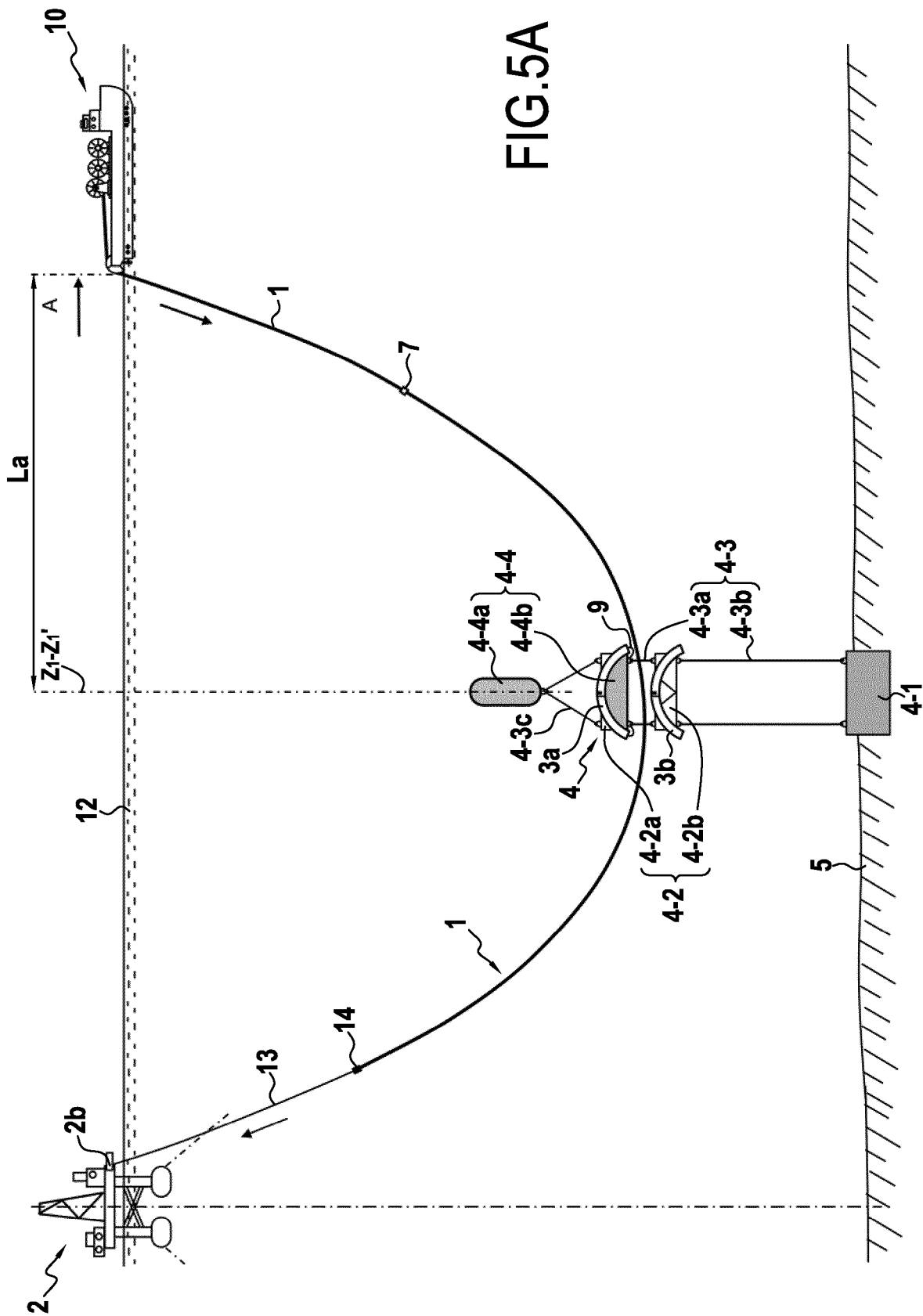
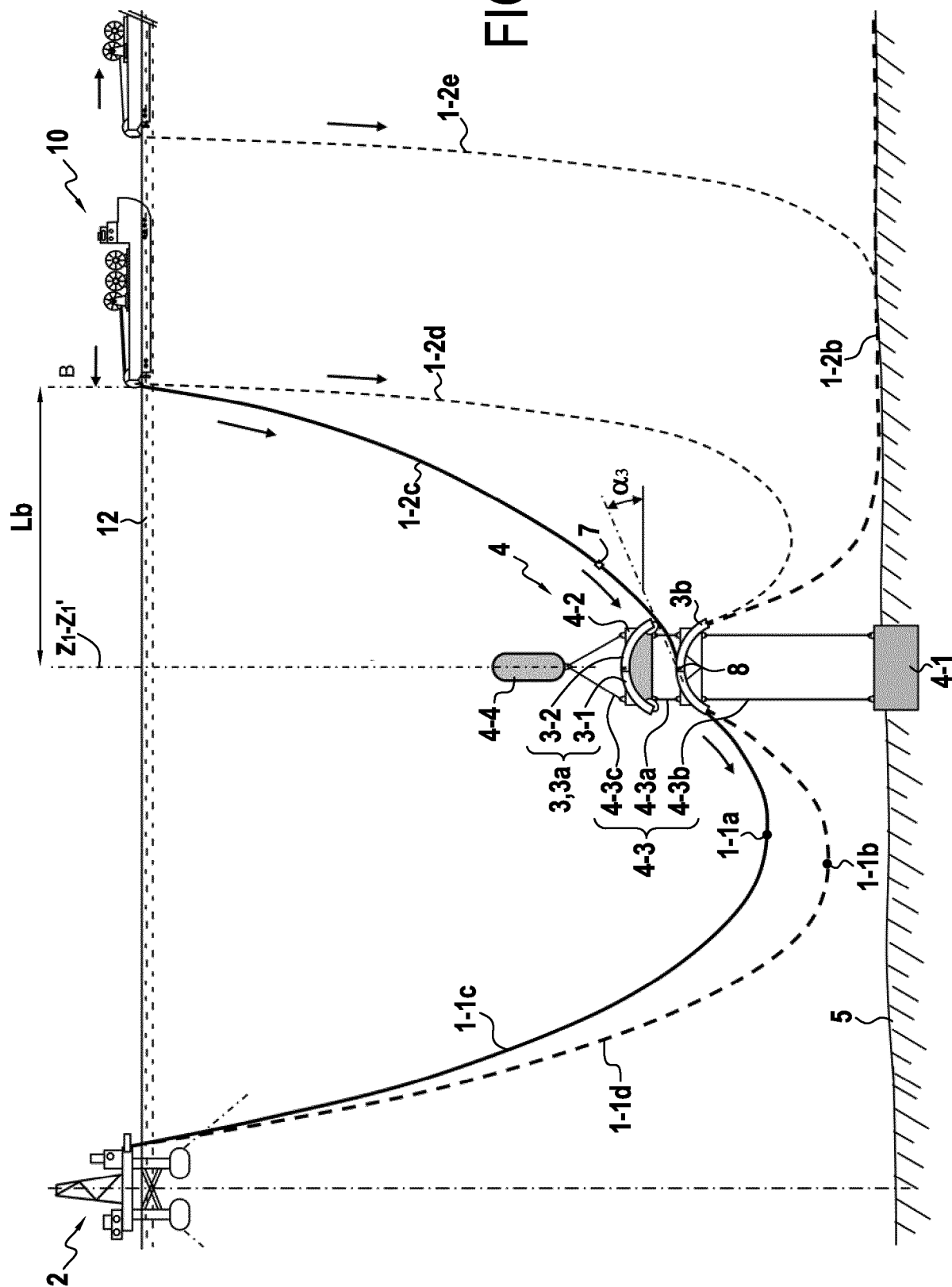


FIG. 5B



7/8

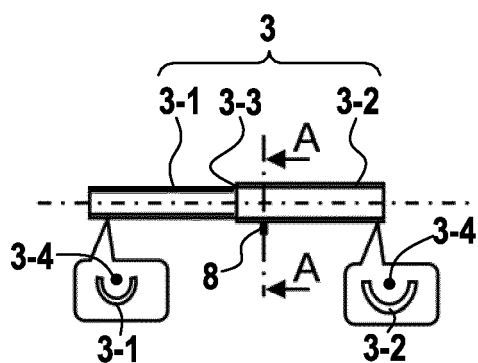


FIG. 6A



FIG. 6B

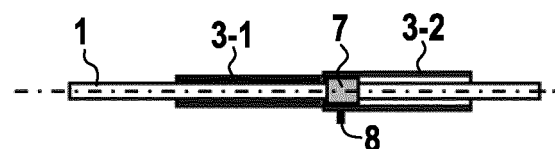


FIG. 6C

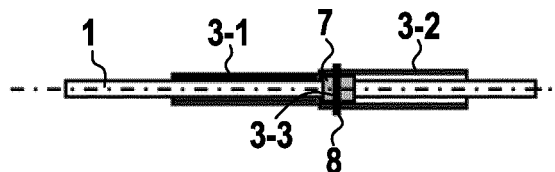


FIG. 6D

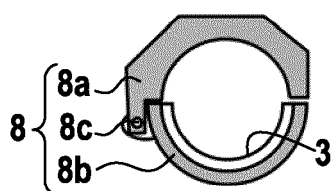


FIG. 7B

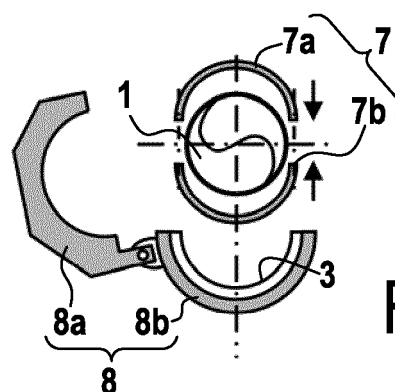


FIG. 7A

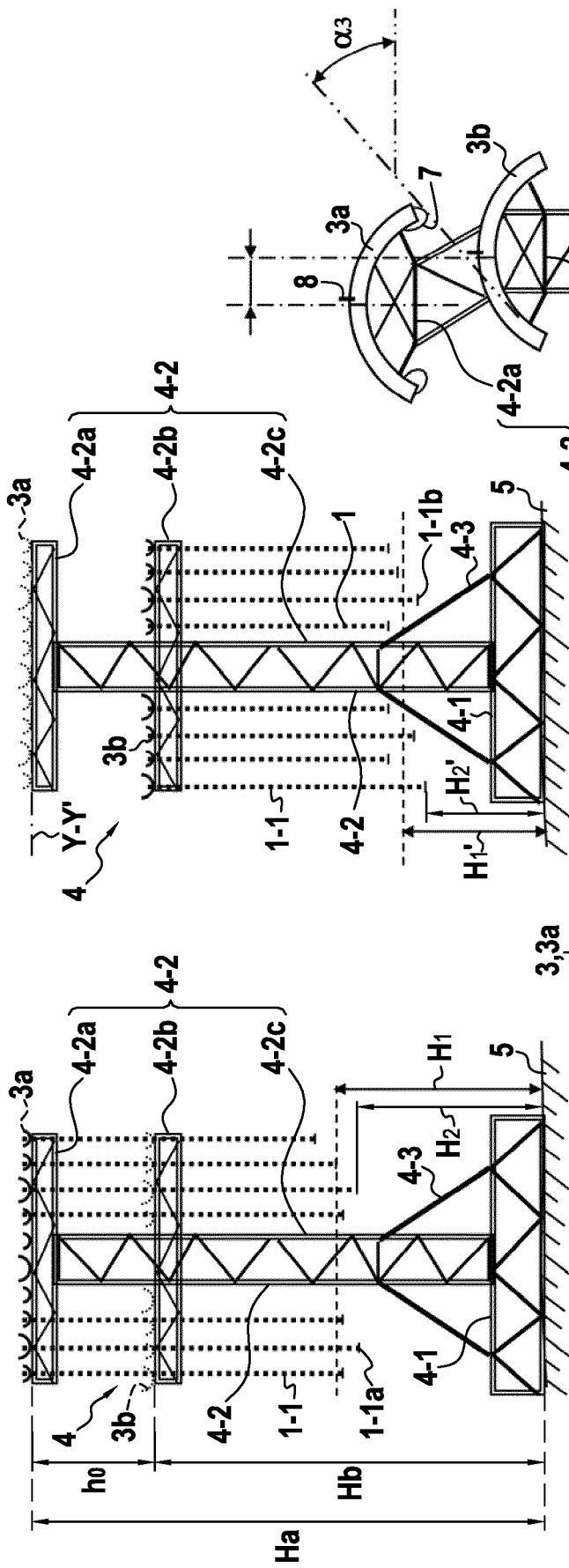


FIG. 8B

FIG. 8A

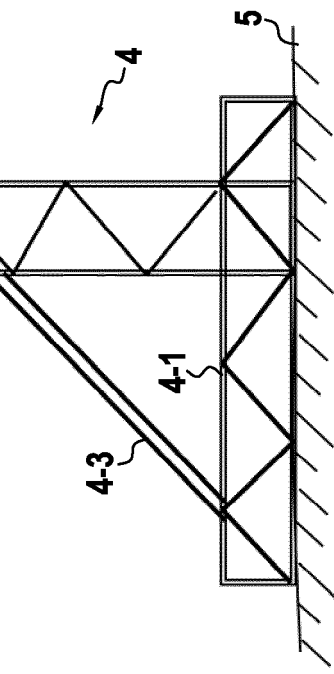


FIG. 9

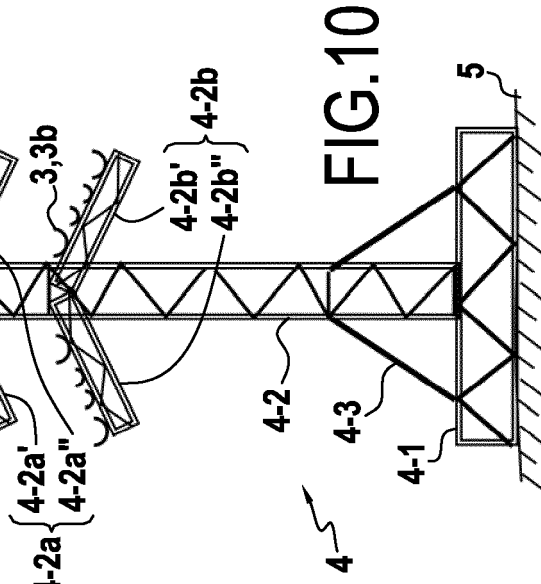


FIG. 10



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 761278
FR 1160934

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y,D	WO 2011/061422 A1 (SAIPEM SA [FR]; SINTINI GIANLUCA [FR]; ROTA GIANMARCO [IT]; CASOLA FLO) 26 mai 2011 (2011-05-26) * page 6, ligne 28 - page 7, ligne 20 * * page 30, ligne 21 - page 31, ligne 10; figures 1, 3, 3b * -----	1-15	E21B43/013
Y	WO 00/31372 A1 (FOSTER WHEELER ENERGY LTD [GB]; SHOTBOLT KEITH [GB]) 2 juin 2000 (2000-06-02) * abrégé; figure 2 * -----	1-15	
Y	EP 0 251 488 A2 (BECHTEL LTD [GB]) 7 janvier 1988 (1988-01-07) * figure 5 * -----	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			E21B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
28 juin 2012		Ott, Stéphane	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1160934 FA 761278

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **28-06-2012**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2011061422 A1	26-05-2011	FR 2952671 A1	20-05-2011
		WO 2011061422 A1	26-05-2011

WO 0031372 A1	02-06-2000	AT 265611 T	15-05-2004
		AU 1283600 A	13-06-2000
		BR 9915562 A	13-11-2001
		DE 69916880 D1	03-06-2004
		DK 1133615 T3	30-08-2004
		EP 1133615 A1	19-09-2001
		ES 2217835 T3	01-11-2004
		NO 20012497 A	13-07-2001
		US 6595725 B1	22-07-2003
		WO 0031372 A1	02-06-2000

EP 0251488 A2	07-01-1988	BR 8702838 A	01-03-1988
		CA 1287568 C	13-08-1991
		EP 0251488 A2	07-01-1988
		NO 872328 A	07-12-1987
		US 4793737 A	27-12-1988
