



(11) **EP 1 651 840 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
15.03.2017 Bulletin 2017/11

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

(21) Numéro de dépôt: **04767764.6**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2004/001968

(22) Date de dépôt: **23.07.2004**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2005/021925 (10.03.2005 Gazette 2005/10)

(54) **DISPOSITIF DE LIAISON FOND-SURFACE COMPORTANT UNE ARTICULATION FLEXIBLE
ETANCHE ENTRE UN RISER ET UN FLOTTEUR**

VORRICHTUNG ZUR BILDUNG EINER VERBINDUNG ZWISCHEN MEERESGRUND UND
OBERFLÄCHE, MIT BIEGSAMER DICHTUNG ZWISCHEN EINEM STEIGROHR UND EINEM
SCHWIMMER

SEAFLOOR-SURFACE COUPLING DEVICE COMPRISING A FLEXIBLE, LEAK-TIGHT
CONNECTION BETWEEN A RISER AND A FLOAT

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorité: **08.08.2003 FR 0309798**

(43) Date de publication de la demande:
03.05.2006 Bulletin 2006/18

(73) Titulaires:
• **SAIPEM S.A.**
78180 Montigny-le-Bretonneux (FR)
• **Techlam S.A.**
68700 Cernay (FR)

(72) Inventeurs:
• **STASSENS, Yves**
F-92130 Issy les Moulineaux (FR)

• **GASSERT, Michael**
F-92300 Levallois Perret (FR)
• **MOOG, Olivier**
F-68200 Mulhouse (FR)
• **SKRABER, Alain**
F-68290 Masevaux (FR)

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

(56) Documents cités:
WO-A-01/04454 US-A- 4 078 605
US-B1- 6 193 441

EP 1 651 840 B1

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

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine connu des liaisons fond-surface du type comportant une conduite sous-marine verticale, appelée riser, reliant le fond de la mer à la surface, de préférence jusqu'à un support flottant installé en surface.

[0002] Dès que la profondeur d'eau devient importante l'exploitation des champs de production notamment des champs pétroliers s'effectue en général à partir d'un support flottant. Ce 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. L'appellation de ces supports flottants est le terme anglo-saxon "Floating Production Storage Offloading" (signifiant "moyen flottant de stockage, de production et de déchargement") abrégé par "FPSO". De nombreuses variantes ont été développées tels les SPARS, longs cigares flottants maintenus en position par des ancrages caténaires, ou encore les TLPs, plates-formes à lignes d'ancrage tendues, lesdites lignes étant en général verticales.

[0003] Les têtes de puits sont souvent réparties sur la totalité du champ et les conduites de production, ainsi que les lignes d'injection d'eau et les câbles de contrôle commande, sont déposées sur le fond de la mer en direction d'un emplacement fixe, à la verticale duquel le support flottant est positionné en surface.

[0004] Certains puits sont situés à la verticale du support flottant et l'intérieur du puits est alors accessible directement depuis la surface. Dans ce cas, la tête de puits équipée de son "arbre de Noël" peut être installée en surface, à bord du support flottant. On peut alors effectuer, à partir d'un derrick installé sur ledit support flottant, toutes les opérations de forage, de production et de maintenance du puits pendant toute la durée de vie dudit puits. On parle alors de tête de puits sèche.

[0005] Pour maintenir le riser équipé de sa tête de puits sèche en position sensiblement verticale il convient d'exercer une traction vers le haut qui peut être appliquée, soit par un système de tensionnement à câbles à l'aide de treuils ou de vérins hydrauliques installés sur le support flottant, soit à l'aide de flotteurs répartis le long du riser et installés à diverses profondeurs, soit encore par une combinaison des deux.

[0006] Le riser est mis en tension par ces flotteurs et se trouve guidé, de préférence au niveau du support flottant, par des guidages à rouleaux situés dans un plan, de préférence unique, permettant le maintien et le guidage d'un riser par rapport au support flottant. Des moyens de tensionnement à câbles jouant le rôle de guidage peuvent être utilisés.

[0007] On connaît dans FR 2 754 021 un dispositif de guidage d'un riser muni de flotteurs en tête comprenant des roulettes permettant le coulisement vertical du riser, ainsi que sa rotation autour d'un axe horizontal et guidant

ses déplacements horizontaux, de sorte que les mouvements de translation horizontale du riser suivent substantiellement ceux du support flottant. On connaît aussi dans FR 99 10417 et WO/2001-11184 un dispositif de guidage perfectionné comprenant des roulettes et des patins de frottement disposés radialement autour de la conduite. Ce dispositif de maintien et de guidage de la partie immergée en surface d'un riser vertical, notamment au sein d'une baie de forage, permet de minimiser les efforts de réaction entre ledit riser et la structure de supportage solidaire de la barge. On connaît enfin divers systèmes de guidage impliquant des tensionnements par câble.

[0008] La profondeur d'eau de certains champs pétroliers dépassant 1 500m et pouvant atteindre 3 000m, le poids des risers sur de telles hauteurs nécessite, pour leur maintien en position, des efforts pouvant atteindre et dépasser plusieurs centaines de tonnes. On utilise des éléments de flottabilité de type "bidon" rajoutés à des structures immergées, principalement sur les risers reliant la surface aux ultra grands fonds (1000-3000m). La conduite sous-marine consiste alors en une colonne montante comportant une conduite sous-marine assemblée à au moins un flotteur comportant un bidon coaxial entourant ladite conduite et traversé par ladite conduite.

[0009] Les flotteurs concernés sont de grandes dimensions avec notamment un diamètre supérieur à 5m, et une longueur de 10 à 20m et possèdent des flottabilités pouvant atteindre 100 tonnes, et ils sont en général disposés en chapelet l'un en dessous de l'autre.

[0010] Le flotteur et la conduite sont soumis aux effets de la houle, du courant, mais étant raccordés au FPSO en surface, sont aussi indirectement soumis aux effets du vent. Il en résulte des mouvements latéraux et verticaux importants (plusieurs mètres) de l'ensemble riser-flotteur-barge, surtout dans la zone sujette à la houle. Ces mouvements engendrent des efforts différentiels importants entre le riser et le flotteur. De plus les courbures prises par le riser créent des moments de flexion extrêmement importants dans la zone de changement d'inertie consistant dans le raccordement entre le riser et le flotteur.

[0011] De manière à minimiser les efforts engendrés par le courant et la houle agissant sur l'ensemble riser-flotteur, les flotteurs sont en général circulaires et sont installés autour du riser et coaxialement à ce dernier.

[0012] En outre les flotteurs sont en général fixés sur le riser de manière à ce que la liaison riser-flotteur assure l'étanchéité du dit flotteur et puisse confiner le gaz de remplissage. La solution couramment employée consiste à encastrier par soudage, en partie haute comme en partie basse, le flotteur au riser. De multiples renforts sont rajoutés pour assurer la résistance de l'ensemble.

[0013] Au niveau de cette liaison entre le riser et le flotteur, l'inertie de l'ensemble varie de manière considérable lorsque l'on passe de la section du riser à la section du flotteur.

[0014] Ces variations importantes d'inertie conduisent

à des mauvaises répartitions de contraintes, ce qui engendre des zones très localisées où les contraintes peuvent devenir inadmissibles et engendrer, soit des phénomènes de rupture brutale, soit des phénomènes de fatigue conduisant à l'apparition de fissures puis à la ruine. Ces contraintes localisées nécessitent pour renforcer la zone sensible, l'utilisation de pièces de transition, en général de forme conique et de grandes dimensions, appelées "tapered joints". Ces pièces peuvent atteindre dans certains cas 10m de longueur et nécessitent dans le meilleur des cas l'utilisation d'aciers à très hautes performances. Mais bien souvent, il faut avoir recours à l'utilisation du titane qui est environ 5 à 10 fois plus coûteux que les meilleurs aciers. De plus les pièces sont en général de formes complexes et la qualité de réalisation doit être extrême de manière à fournir le service attendu pendant toute la durée de vie de ces équipements qui dépasse couramment 25 ans.

[0015] On connaît dans US 3 952 526 et US 3 981 357 des systèmes de jonction entre des réservoirs-flotteurs et risers, dans lesquels on utilise des pièces en matériau élastomère.

[0016] Ces systèmes de flottabilité permettent de réduire le système de tensionnement situé à bord du support flottant et ils sont en général répartis sur une grande hauteur de la tranche d'eau, de plus ils présentent une flottabilité réduite de quelques centaines de kg, voire d'une tonne ou deux.

[0017] Les jonctions sont situées dans la partie haute du flotteur, la partie basse du flotteur étant en général ouverte. De tels dispositifs peuvent transférer des charges correspondant à l'allègement d'une longueur limitée de conduite, mais ils ne conviennent pas pour des flotteurs destinés à supporter, seuls sans l'adjonction de systèmes de tensionnement complémentaires solidaires du support flottant, une très grande longueur de riser, par exemple 500 à 1000 m, voire plus, tels qu'on les rencontre sur les champs pétroliers en mer par grande profondeur, c'est à dire notamment au-delà de 1000 m. En effet, la flottabilité nécessaire pour assurer un tensionnement exclusivement par flotteurs, nécessite de transférer des efforts considérables verticalement et transversalement, lesdits efforts verticaux appliqués en tête de riser pouvant atteindre plusieurs centaines de tonnes, notamment de 300 à 500 tonnes.

[0018] Dans WO/2001-04454 au nom de la demanderesse, il est décrit un nouveau type de jonction entre le riser et le bidon qui permette de supporter et de transférer de fortes charges tout en palliant les inconvénients des flotteurs précités assemblés autour de ladite conduite par encastrage.

[0019] Ce moyen de jonction (riser-flotteur) est simple, flexible et fiable mécaniquement et réduit les phénomènes de fatigue et d'usure dus aux contraintes agissant au niveau de la jonction soumise à des charges de plusieurs centaines de tonnes.

[0020] Plus particulièrement, le brevet WO-2001-04454 de la demanderesse, décrit un chapelets de

flotteurs entourant un riser vertical, lesdits flotteurs étant équipés à au moins l'une de ses extrémités d'un joint flexible comprenant des butées lamifiées permettant, tout en assurant l'étanchéité et le transfert de charges, de découpler les inerties de la structure dudit flotteur et dudit riser, de telle manière qu'il n'y a quasiment plus de zone d'accumulation de contrainte dans la zone de transition entre ledit flotteur et ledit riser, permettant ainsi de réduire la complexité de la structure de raccordement ainsi que son poids propre, améliorant alors de manière considérable le rendement du flotteur, c'est à dire sa flottabilité propre par rapport à son poids propre.

[0021] Plus précisément encore, dans WO/2001-04454, on décrit des dispositifs de jonction entre riser et flotteur comprenant des butées lamifiées constituées de couches élastomères en sandwich entre des renforts rigides, supportées par des platines dont une première platine est solidaire de la conduite et une deuxième platine est solidaire du flotteur, et lesdites couches d'élastomère et renforts rigides sont ;

- soit en forme de rondelles superposées,
- soit de forme tubulaire ou cylindrique, coaxiale adjacente.

[0022] Dans WO/2001-04454, la liaison fond-surface est donc continue dans la zone d'installation du flotteur et l'articulation flexible sert à découpler l'inertie dudit flotteur de l'inertie dudit riser.

[0023] Le courant agit sur la hauteur totale du riser, depuis le fond de la mer jusqu'au niveau de la surface, mais la houle n'agit que dans une zone proche de la surface et décroît de manière sensiblement exponentielle pour devenir quasiment nulle vers 80-120m de profondeur. Ainsi, dans le cas d'un chapelet de flotteurs indépendants les uns des autres tel que décrit dans WO-2001-04454, les flotteurs supérieurs se trouvent soumis à des efforts considérables, tant latéraux que verticaux, car les effets de la houle sont très importants dans les zones proches de la surface, alors que les flotteurs inférieurs sont beaucoup moins sollicités. Les dimensions unitaires des flotteurs sont limitées car ils doivent pouvoir être manipulés à bord de la barge, puis introduits dans le derrick pour être descendus dans la baie de forage. Ainsi, dans les très grandes profondeurs, par exemple 2000 à 3000m, le poids du riser est tel qu'un nombre élevé de flotteurs est requis, par exemple 4 ou 5 flotteurs représentant une flottabilité globale de 400 à 500 tonnes et s'étendant sur une hauteur d'environ 100 m.

[0024] Chacun de ces flotteurs doit être équipé de butées lamifiées de manière à transférer un minimum de contraintes au riser vertical, qui est un élément très critique de la liaison fond surface, car il doit non seulement résister à des tensions très élevées, mais aussi résister à la pression d'éclatement créée par le fluide transporté, ainsi qu'à pression d'implosion créée par l'eau de mer.

[0025] Cette flottabilité répartie en une multitude de

flotteurs indépendants nécessite la mise en oeuvre de nombreuses butées lamifiées dont le coût est élevé. De plus, la houle crée des efforts différentiels entre deux flotteurs adjacents, efforts qui viennent s'ajouter aux efforts considérables que subit le riser à chaque discontinuité entre riser et flotteur.

[0026] On cherche ainsi à minimiser le nombre de flotteurs, mais, lorsqu'ils deviennent de dimensions importantes, la zone de transition entre l'extrémité inférieure du flotteur et le riser concentre des efforts de poussée horizontale considérables qui nécessitent le renforcement dudit riser par une pièce de transition constituée d'une pièce forgée renforcée conique de grande longueur, très difficile à fabriquer et donc très onéreuse, car réalisée en général en un métal à très hautes performances, tel le titane. Lorsque le flotteur est unitaire, cette pièce devient alors énorme lorsque la profondeur d'eau est importante, et les risques de défaillance liés à cette pièce de transition deviennent alors très élevés et donc inacceptables, en raison des risques considérables de pollution en cas de défaillance ou de rupture de ladite liaison fond-surface.

[0027] D'autre part, l'intégralité du riser se comporte comme une corde tendue entre le fond de la mer et le point situé à l'axe du système de guidage au niveau du support flottant avec des phénomènes vibratoires de type guitare-pendule. L'eau en mouvement dans la tranche d'eau crée des effets de traînée sur la structure du riser et de ses flotteurs, engendrant de ce fait des efforts importants de direction variable, ainsi que des phénomènes vibratoires créés par des décrochements tourbillonnaires des particules d'eau en mouvement.

[0028] On connaît le brevet WO-2001-53651 de la demanderesse qui décrit un dispositif stabilisateur d'une liaison fond-surface de type riser tensionné par un flotteur, ledit riser tendu étant guidé au niveau d'un support en surface, de préférence en un plan unique. Ce dit dispositif de stabilisation permet d'éviter l'apparition de phénomènes vibratoires de type guitare-pendule, évitant de ce fait les accumulations de fatigue localisée de l'acier rencontrés habituellement dans la zone de transition entre le flotteur inférieur et la portion de riser située juste en dessous dudit flotteur, lesdits phénomènes de fatigue conduisant rapidement à des fissurations puis à une rupture de l'installation.

[0029] Ce dit dispositif stabilisateur ne permet pas cependant d'éviter le recours à ces pièces de transition renforcées, en général forgées et de forme conique en acier ou en titane, ces dernières étant particulièrement performantes sur le plan résistance et fatigue, mais particulièrement onéreuses en raison du coût matière et de la complexité de réalisation.

[0030] Le but de la présente invention est donc de fournir un nouveau type de jonction entre un riser et un flotteur qui améliore le comportement à la fatigue au niveau de la zone la plus sollicitée à l'extrémité inférieure du flotteur en réduisant la probabilité d'occurrence d'un phénomène de destruction du riser et/ou du moyen de jonction à ce

niveau.

[0031] Un autre but de la présente invention est de fournir un nouveau type de jonction entre un riser et un flotteur qui soit simple à mettre en place lors de la pose d'un dispositif de liaison fond-surface.

[0032] Un autre but de la présente invention est de fournir un nouveau type de jonction entre un riser et un flotteur qui permette d'éviter le recours à une pièce de transition renforcée dans la zone entre l'extrémité inférieure du flotteur et la portion du riser située juste en-dessous.

[0033] Un autre but de la présente invention est la réalisation de la flottabilité d'un dispositif de liaison fond-surface à partir d'un flotteur unique.

[0034] Un autre but de la présente invention est de fournir un nouveau type de jonction entre un riser et un flotteur qui permette de pouvoir contrôler les fissurations éventuelles et donc la perte d'étanchéité au niveau du riser dans ladite zone de jonction et/ou au niveau des moyens de jonction eux-mêmes.

[0035] Pour ce faire, la présente invention fournit un dispositif de liaison fond-surface comportant au moins une conduite sous-marine ou riser comprenant au moins un flotteur et pouvant comprendre un flotteur unique, ledit flotteur étant relié à son extrémité inférieure à un dispositif de jonction créant une articulation flexible étanche entre l'extrémité inférieure du flotteur et ledit riser, caractérisé en ce que ledit dispositif de jonction est intercalé entre une partie inférieure de riser descendant vers le fond de la mer et une partie supérieure de riser traversant ledit flotteur et remontant en surface, et ledit dispositif de jonction comprenant au moins :

- une première pièce forgée de révolution solidarisée à l'extrémité supérieure de la partie inférieure du riser, et formant une section de conduite tubulaire interne sensiblement de même diamètre que celui de ladite partie inférieure de riser, et
- une deuxième pièce forgée de révolution solidarisée à l'extrémité inférieure de ladite partie supérieure de riser, et formant une section de conduite tubulaire interne sensiblement de même diamètre que celui de ladite partie supérieure de riser,
- les deux dites première et deuxième pièces forgées étant reliées de manière flexible et étanche par au moins une première bride de révolution solidarisée de manière étanche et réversible à ladite deuxième pièce forgée et reliée à ladite première pièce forgée par au moins une première butée lamifiée de révolution, comprenant une pluralité de couches d'élastomère intercalées entre des renforts rigides, de préférence métalliques, définissant des surfaces de révolution de même axe que l'axe longitudinal de révolution commun ZZ' desdites première et deuxième pièces forgées et dites première bride, lesdites surfaces de révolution étant de forme tronconique ou

des surfaces gauches telles que des surfaces de forme de section ellipsoïdale, de préférence sphérique, ou de section parabolique ou hyperbolique.

[0036] Cette identité d'axe de symétrie de révolution ZZ' s'entend lorsque le dispositif de jonction est en position de repos.

[0037] On entend ici par "surface de révolution de forme de section ellipsoïdale, parabolique ou hyperbolique", une surface de révolution respectivement ellipsoïdale, parabolique ou hyperbolique délimitée par deux plans de section parallèles et perpendiculaires au dit axe de révolution ZZ'.

[0038] De par la structure du dispositif de jonction, et notamment la forme des couches élastomères desdites butées lamifiées de forme tronconique ou sphérique, la liaison articulée selon la présente invention autorise des rotations avec un effet auto centreur. Il en résulte que, au total, les contraintes ainsi que les déformations engendrées au niveau desdites butées lamifiées et desdites pièces forgées, sont minimisées et permettent de maintenir ou rétablir en position sensiblement coaxiale, les parties supérieures et inférieures dudit riser.

[0039] Ainsi, le dispositif de jonction selon l'invention est apte à assurer la jonction entre le riser et un unique grand flotteur de tensionnement et ce, de manière fiable, alors que les dispositifs de jonction décrits dans WO/2001-04454, n'étaient appropriés que pour assurer la jonction entre des petits flotteurs disposés en chapelet.

[0040] Plus particulièrement, un dispositif de liaison fond-surface selon l'invention comporte une conduite sous-marine ou riser tensionné par au moins un flotteur constitué d'un bidon d'enveloppe cylindrique coaxial entourant ladite conduite, localisé dans la partie haute immergée de ladite conduite, ladite conduite étant de préférence maintenue et guidée par un dispositif de guidage en surface au niveau d'un support flottant, et comportant un dit dispositif de jonction dudit bidon, caractérisé en ce que :

- ladite première pièce forgée présente dans sa partie haute une première surface externe de révolution de préférence de forme tronconique ou de section ellipsoïdale, et
- ladite deuxième pièce forgée de révolution solidarisée à l'extrémité inférieure de ladite partie supérieure de riser, de préférence par une soudure, présente dans sa partie basse une première surface inférieure, et
- ladite première bride de révolution présente :
 - une première surface interne de révolution de forme tronconique ou respectivement de section ellipsoïdale, lesdites première surface interne de la première bride et première surface externe de la première pièce forgée étant situées

en vis-à-vis et coopérant élastiquement et de manière étanche par l'intermédiaire d'une dite première butée lamifiée de révolution tronconique ou respectivement de section ellipsoïdale comprenant une pluralité de couches d'élastomère en sandwich entre des renforts en matériau rigide en feuilles, notamment de feuilles d'acier, qui adhèrent aux dites première surface interne et première surface externe assurant ainsi la liaison entre ladite première bride de révolution et ladite première pièce forgée, et

- au moins une partie d'une surface supérieure de ladite première bride de révolution coopérant de manière étanche, de préférence par l'intermédiaire d'un joint torique, avec ladite surface inférieure de révolution de ladite deuxième pièce forgée de révolution, lesdites parties de surface supérieure de ladite première bride et dite surface inférieure de ladite deuxième pièce forgée étant solidarisées de manière étanche et réversible, de préférence par boulonnage, et

- ladite enveloppe externe du flotteur étant solidarisée à une surface supérieure de ladite deuxième pièce forgée ou à une surface supérieure d'une deuxième bride de révolution dont une surface inférieure est elle-même solidarisée de manière étanche et réversible, de préférence par boulonnage et par l'intermédiaire d'au moins un joint torique avec une partie de ladite surface supérieure de ladite première bride.

[0041] De préférence, lesdites surfaces supérieure et inférieure desdites première et deuxième brides de révolution et de ladite deuxième pièce forgée sont des surfaces planes annulaires ou des surfaces de révolution, et l'ensemble desdites première et deuxième pièces forgées et dites première, le cas échéant, deuxième bride et l'ensemble desdites surfaces planes annulaires ou de révolution ont le même dit axe de symétrie ou de révolution ZZ' en position de repos.

[0042] Plus particulièrement encore, ladite deuxième pièce forgée de révolution comprend dans sa partie basse une deuxième surface externe de révolution de forme tronconique ou de préférence de forme de section ellipsoïdale, et ladite deuxième surface externe de révolution est située en vis-à-vis et coopère élastiquement et de manière étanche avec une deuxième surface interne de révolution de forme tronconique ou respectivement de forme de section ellipsoïdale, ladite deuxième surface interne étant située dans la partie haute de ladite deuxième pièce forgée, et ladite deuxième surface interne étant reliée à ladite deuxième surface externe par l'intermédiaire d'une deuxième butée lamifiée de révolution constituée d'une pluralité de couches d'élastomère en sandwich entre des renforts rigides en feuilles notamment d'acier de forme tronconique ou respectivement de forme de section ellipsoïdale adhérant sur lesdites deuxième surface externe et deuxième surface interne.

[0043] Dans une première variante particulière, l'ensemble desdites première butée et, le cas échéant, deuxième butée de révolution, dite première surface externe de la première pièce forgée, dite première surface interne de la première bride et, le cas échéant, dite deuxième surface externe de révolution de la deuxième pièce forgée et dite deuxième surface interne de révolution de la première pièce forgée sont de forme tronconique de même dit axe de révolution ZZ' et dont l'angle au sommet β est de 30 à 80°, de préférence de 40 à 70°, les sommets des diverses surfaces tronconiques étant situés au-dessous desdites surfaces tronconiques, et les diverses surfaces tronconiques ayant soit un même angle au sommet β , soit un même sommet C.

[0044] On comprend donc que lesdits troncs de cônes sont évasés dans leur partie supérieure et que lesdits troncs de cônes soit convergent sensiblement en un point unique C, auquel cas ils présentent un angle au sommet β variable d'un cône à l'autre, soit leur angle au sommet est constant, leurs sommets étant alors répartis sensiblement le long dudit axe de révolution ZZ'.

[0045] Dans une seconde variante particulière et préférée, l'ensemble desdites première butée et, le cas échéant, deuxième butée de révolution, dite première surface externe de la première pièce forgée, dite première surface interne de la première bride et, le cas échéant, dite deuxième surface externe de révolution de la deuxième pièce forgée et dite deuxième surface interne de révolution de la première pièce forgée sont de forme de section ellipsoïdale, de préférence de section sphérique, toutes sensiblement centrées sur le même point O situé au-dessus desdites surfaces sur ledit axe de révolution ZZ'.

[0046] De par sa composition intercalée entre deux parties de riser d'une part et comprenant différentes pièces forgées et brides solidarisiées les unes aux autres, le dispositif de jonction selon la présente invention est particulièrement aisé à mettre en place lors de l'installation du dispositif de liaison fond-surface.

[0047] D'autre part et surtout, le dispositif de jonction selon la présente invention fournit une articulation flexible étanche particulièrement efficace, car lors des mouvements dus à la houle et aux courants du flotteur associé au riser 1, la liaison articulée entre le flotteur et le riser autorise des rotations tout en maintenant la partie inférieure du riser en tension. En effet, la forme selon l'invention, de préférence sphérique de ladite première butée lamifiée a un effet auto-centreur et l'intégralité de la force de tensionnement créée par le flotteur qui peut dépasser 500 tonnes, est transférée au riser de manière uniformément répartie, par simple déformation. Lorsque le dispositif de liaison prend un angle α , les déformations des butées lamifiées restent sensiblement uniformes et les contraintes engendrées au sein des divers éléments de la butée lamifiée reste elle aussi sensiblement uniforme.

[0048] De préférence, ledit angle α résultant de la déformation de la butée lamifiée est compris entre 0 et 5°.

[0049] On comprend que, lorsque l'on dit dans la présente demande que les axes de révolution des différentes pièces, brides et surfaces sont les mêmes, on entend que les axes de révolution desdites première et deuxième pièces forgées coïncident et partant ceux des brides et surfaces de révolution également, lorsque la structure est au repos, c'est-à-dire en l'absence de flexion autorisée par ledit dispositif d'articulation flexible selon l'invention.

[0050] Ladite deuxième butée lamifiée complète l'effet d'auto centrage et de reprise de charge de ladite première butée lamifiée tout en complétant également le rôle d'étanchéité primaire, de sorte que dans un mode de réalisation avantageux, lesdites première et deuxième pièces forgées et ladite première bride délimitent une première chambre interne qui, de préférence, coopère avec des moyens de contrôle de pression à l'intérieur de ladite chambre.

[0051] Plus précisément, ladite première chambre est délimitée par la partie haute de ladite première pièce forgée et par les parties libres desdites surfaces de révolution inférieure de ladite deuxième pièce forgée, dite première surface de révolution interne de ladite première bride, et dite deuxième surface de révolution externe de ladite deuxième pièce forgée.

[0052] Cette dite chambre interne équipée de moyens de contrôle de pression permet de contrôler les dégradations et/ou pertes d'étanchéité au niveau d'une desdites butées lamifiées, ou encore des fissurations d'une des pièces constitutives du dispositif de jonction par articulation étanche et/ou du riser. La pression de ladite chambre évoluant, les opérateurs sont alors avertis d'un danger imminent et peuvent intervenir de par la constitution générale dudit dispositif de jonction comprenant plusieurs pièces et brides solidarisiées de manière réversible.

[0053] Selon un mode de réalisation avantageux, ladite partie de surface supérieure de la première bride et ladite surface inférieure de la deuxième pièce forgée et, le cas échéant, ladite surface inférieure de la deuxième bride de révolution sont des surfaces planes annulaires.

[0054] Dans une version préférée de réalisation de l'invention, ladite enveloppe externe du flotteur est solidaire d'une deuxième conduite interne de plus grand diamètre que ledit riser, de préférence ladite deuxième conduite interne étant une conduite renforcée de plus grande épaisseur que ledit riser, et en ce qu'il comprend une dite deuxième bride de révolution à laquelle l'extrémité inférieure de ladite enveloppe extérieure du flotteur et l'extrémité inférieure de ladite deuxième conduite interne sont solidarisiées de préférence par des soudures, ladite deuxième bride entourant ladite deuxième pièce forgée de sorte qu'une deuxième chambre interne est délimitée par une surface interne de révolution de ladite deuxième bride, ayant le même dit axe de révolution ZZ', par ladite surface supérieure de révolution de ladite deuxième pièce forgée, par les surface externe cylindrique de ladite partie supérieure de riser et surface interne cylindrique

de ladite deuxième conduite interne, et par une bride de fermeture à l'extrémité supérieure desdites deuxième conduite interne et partie supérieure de riser, ladite deuxième chambre coopérant de préférence avec des moyens de contrôle de la pression à l'intérieur de ladite deuxième chambre.

[0055] Ce mode de réalisation permet de contrôler et mettre en évidence des fuites causées par des fissurations au niveau des différents constitutifs du dispositif de jonction et des risers et conduites, ou encore des simples défauts d'étanchéité tout en maintenant la flottabilité assurée par le flotteur.

[0056] De préférence encore, ladite deuxième conduite interne se prolonge au-dessus dudit flotteur, de préférence sous forme d'une conduite renforcée de plus grande épaisseur que ledit riser qu'elle entoure, et de préférence, un dispositif de maintien et de guidage assure le guidage de ladite deuxième conduite interne au niveau dudit support flottant.

[0057] D'autre part, ladite conduite interne renforcée se prolongeant au-dessus dudit riser coopère avec le dispositif de maintien et de guidage pour soulager ladite partie supérieure de riser en partie immergée et éviter notamment les phénomènes de flambage de celle-ci dus à la pression et à la température du fluide circulant à l'intérieur éventuellement.

[0058] Selon la présente invention, l'extrémité supérieure du flotteur peut être solidaire de la partie supérieure du riser ou de ladite deuxième conduite interne par l'intermédiaire d'une jonction rigide.

[0059] Dans un mode de réalisation avantageux, ledit flotteur est un flotteur unique et s'étend sur une longueur de 40 à 100 m pour conférer une flottabilité permettant de tensionner l'intégralité de la liaison fond-surface, de préférence ledit flotteur étant réalisé par des tronçons assemblés entre eux, constitués par des caissons cylindriques, de préférence individuellement hermétiques, et solidarisés mécaniquement l'un à l'autre dans la direction longitudinale ZZ'.

[0060] Avantageusement encore, la flottabilité de ladite conduite sous-marine est assurée par ledit flotteur sans adjonction de système de tensionnement complémentaire solidaire du support flottant.

[0061] L'introduction du dispositif de jonction à articulation flexible étanche selon la présente invention au bas du flotteur ne modifie pas sensiblement le comportement du dispositif de liaison en ce qui concerne les phénomènes de vibration de type pendule-guitare décrits dans WO/2001-53651, de sorte que l'on élimine avantageusement l'apparition de tels phénomènes si le dispositif selon l'invention comporte des moyens de stabilisation dans la partie basse du flotteur ayant pour effet d'augmenter la masse d'eau entraînée au cours de son mouvement, ou abaissant le centre de gravité de la partie supérieure de la conduite au niveau du flotteur.

[0062] Plus particulièrement, le dispositif selon l'invention comporte un moyen de stabilisation comprenant une rampe hélicoïdale entourant ledit flotteur dans sa partie

basse proche de son extrémité inférieure, et/ou une masse additionnelle périphérique située autour de la partie basse du flotteur.

[0063] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lumière de la description détaillée qui va suivre, en référence aux figures suivantes dans lesquelles :

- la figure 1 est une vue de côté d'un dispositif de liaison fond-surface selon l'invention,
- les figures 2 et 3 sont des vues en coupe au niveau de la partie basse du flotteur, détaillant les divers éléments constitutifs d'un dispositif de jonction à articulation étanche flexible selon l'invention,
- les figures 4 et 5 sont des vues en coupe de deux autres modes de réalisation d'un dispositif de jonction à articulation flexible et étanche selon la présente invention,
- la figure 6 est une vue en coupe d'un dispositif selon l'invention conforme à la figure 2, comportant en outre un train de tiges en cours d'opération de forage d'un puits,
- la figure 7 est une vue en coupe d'un dispositif selon l'invention conforme à la figure 2, comportant en outre un second riser de sécurité à l'intérieur duquel est installée une ligne de production,
- la figure 8 est une vue de côté similaire à la figure 1, le dispositif de liaison fond-surface étant équipé d'une masse complémentaire à la partie inférieure du flotteur à proximité du dispositif de jonction à articulation flexible étanche,
- la figure 9 est une vue de côté similaire à la figure 1, le dispositif de liaison fond-surface étant équipé d'aillettes anti-vortex installées dans la partie basse du flotteur caissonné à proximité du dispositif de jonction à articulation flexible étanche selon l'invention,
- la figure 10 représente une variante de liaison de la première butée lamifiée avec la première bride,
- la figure 11 représente une variante de réalisation avec des surfaces de forme tronconique.

[0064] Sur la figure 1, est représenté un dispositif de liaison fond-surface selon l'invention comprenant un riser 1 équipé d'un flotteur caissonné 2 réalisé en tronçons 2₁-2₇ aptes à être manipulés à bord d'une barge ou support flottant 10 en vue d'y être assemblés notamment au sein de la baie de forage 12 et constituant ainsi un flotteur unique. En effet, plus précisément, les tronçons sont constitués par des caissons cylindriques individuelle-

ment hermétiques 2₁-2₇, solidarisés mécaniquement les uns aux autres dans la direction longitudinale ZZ'. Ledit flotteur 2 s'étend sur une longueur de 40 à 100 m pour conférer une flottabilité permettant de tensionner l'intégralité de la liaison fond-surface.

[0065] Le flotteur 2 est donc constitué globalement d'un bidon d'enveloppe essentiellement cylindrique 20 coaxiale entourant la partie supérieure 1 b du riser 1, localisé dans la partie haute immergée de la conduite 1. Le riser débouche en surface à l'intérieur d'une baie de forage 2 d'un support flottant ou barge 10 supportant des équipements de traitement 11. La partie inférieure 1 a du riser 1 qui s'étend dessous le flotteur 2 est de diamètre sensiblement constant jusqu'au fond de la mer.

[0066] La partie supérieure 1 b de riser au-dessus du flotteur 2 est entourée d'une conduite renforcée 3 solidaire dudit flotteur 2. Ainsi, c'est ladite conduite renforcée 3 qui est maintenue et guidée par un système de guidage comprenant un dispositif connu à rouleau 4 solidaire d'une structure 6 assurant sa liaison avec ladite barge 10. Ce dispositif de guidage 4 permet le coulissement de la conduite renforcée 3 et donc dudit riser selon son axe longitudinal et guide ses déplacements latéraux dans un plan horizontal perpendiculaire audit axe longitudinal ZZ' du riser 1.

[0067] Sur la figure 1, on a schématisé un dispositif de jonction 8 créant une articulation flexible étanche entre l'extrémité inférieure du flotteur 2 et ledit riser 1. L'extrémité supérieure du flotteur 2 est elle solidaire de ladite conduite renforcée 3 par l'intermédiaire d'une jonction rigide 8₁.

[0068] Sur les figures 2 et 3, on a représenté un mode préféré de réalisation d'un dispositif de jonction 8 à articulation étanche et flexible selon l'invention.

[0069] Le dispositif de jonction 8 selon l'invention est intercalé entre une partie inférieure 1 a de riser descendant vers le fond de la mer et une partie supérieure 1 b de riser traversant le flotteur 2 et remontant en surface.

[0070] Ci-après, on entend par «forme de section sphérique centrée en O» une forme s'inscrivant dans une enveloppe de section sphérique constituée par la surface de révolution délimitée par deux plans de section horizontale parallèles et situés dans un même hémisphère d'une sphère de centre O, ledit centre O étant placé au-dessus desdits plans de section horizontale parallèles.

[0071] Le dispositif de jonction 8 sur les figures 2 et 3 comprend :

- une première pièce forgée de révolution 22 dont l'extrémité inférieure est solidarisée par soudure 22a à l'extrémité supérieure de la partie inférieure 1 a du riser, cette première pièce forgée de révolution 22 formant une section de conduite tubulaire interne 22₃ sensiblement de même diamètre que celui de ladite partie inférieure 1 a de riser à laquelle elle est solidarisée par soudure périphérique complète 22a ; ladite première pièce forgée 22 présente dans sa partie haute un évasement formant une surface exté-

rieure convexe de révolution 22₁ de forme de section sphérique centrée en un point O situé sensiblement sur l'axe longitudinal ZZ' dudit riser et une deuxième surface interne concave de révolution 22₂ de forme de section sphérique de plus grand diamètre que le diamètre interne du riser 1 et de plus petit diamètre que ladite surface extérieure convexe de révolution 22₁, sensiblement centrée sur le même point O,

- une deuxième pièce forgée de révolution 24 dont l'extrémité supérieure est soudée 24a sur toute sa périphérie à l'extrémité inférieure de ladite partie supérieure 1 b de riser, ladite deuxième pièce forgée de révolution 24 formant une section de conduite tubulaire interne 24₄, sensiblement de même diamètre que celui de ladite partie supérieure 1 b de riser ; ladite deuxième pièce forgée de révolution 24 présentant en outre dans sa partie basse une première surface inférieure 24₁, comprenant une partie annulaire plane, ainsi qu'une deuxième surface extérieure convexe 24₃ de forme de section sphérique de plus petit diamètre que celui de ladite section sphérique de ladite surface interne concave 22₂, sensiblement centrée sur le même point O que les autres dites surfaces de section sphérique 22₁, 22₂, ladite deuxième surface extérieure convexe 24₃ étant située à un niveau dessous ladite première surface inférieure 24₁ et constituant en fait l'extrémité inférieure de la surface extérieure de ladite deuxième pièce forgée 24.
- une première bride de révolution 23 qui présente une première surface interne concave 23₁ de révolution de section sphérique sensiblement centrée au même point O que lesdites autres surfaces de section sphérique 22₁, 22₂ et 24₃, et ladite première bride de révolution 23 comprend également une surface supérieure plane annulaire 23₂;
- une deuxième bride de révolution 21 comprenant une surface inférieure plane annulaire 21₂, ainsi qu'une surface extérieure supérieure plane annulaire 21₁ et une surface intérieure de révolution 21₃.

[0072] Ladite deuxième bride de révolution 21 assure la liaison entre l'extrémité inférieure de l'enveloppe externe cylindrique 20 du flotteur 2 et une conduite interne 3 du même flotteur qui renferme en son sein coaxialement ladite partie supérieure 1 b de riser 1. Ladite conduite interne 3 est une conduite renforcée de plus grand diamètre et de plus grande épaisseur que le riser 1 et se prolonge à son extrémité supérieure pour assurer la protection du riser 1 au niveau du dispositif de maintien et de guidage 4 dans la baie de forage 12. Ladite deuxième bride de révolution 21 est solidarisée à l'extrémité inférieure de l'enveloppe extérieure 20 par une soudure périphérique 21 b et à l'extrémité infé-

rieure de ladite deuxième conduite interne 3 par une soudure périphérique 21a. Ladite deuxième bride de révolution 21 entoure ladite deuxième pièce forgée 24.

[0073] Les différentes pièces forgées 22 et 24 et brides 21, 23 sont assemblées et coopèrent de la façon suivante pour réaliser un dispositif de jonction à articulation étanche et flexible :

- Lesdites premières surfaces internes concaves 23₁ de la première bride 23 et première surface externe convexe 22₁ de la première pièce forgée 22 coopèrent élastiquement et de manière étanche par l'intermédiaire d'une première butée lamifiée de révolution 30 de forme de section sphérique centrée sensiblement sur le même point O, comprenant une pluralité de couches d'élastomère en sandwich entre des renforts de feuilles d'acier dont les feuilles d'extrémité adhèrent aux dites première surface interne concave 23₁ et première surface externe convexe 22₁, assurant ainsi une liaison directe à articulation étanche et flexible entre ladite première bride de révolution 23 et ladite première pièce forgée 22 ;
- Ladite surface supérieure plane annulaire 23₂ de la première bride 23 est solidarisée de manière étanche et réversible avec la partie plane de la surface inférieure 24₁ de la deuxième pièce forgée 24 par boulonnage dans des perçages 27 dans lesdites premières brides 23 et pièces forgées 24, l'étanchéité étant assurée par des joints toriques intercalés 28.
- Ladite surface supérieure plane 23₂ de ladite première bride de révolution 23 est également solidarisée de manière étanche et réversible avec la surface inférieure plane annulaire 21₂ de ladite deuxième bride de révolution 21, par boulonnage dans des percements 25 dans lesdites première et deuxième brides 21 et 23, l'étanchéité étant réalisée par des joints toriques 28 intercalés entre lesdites surfaces 23₂ et 24₁.
- Ladite deuxième surface interne concave de révolution 22₂ de forme de section sphérique de ladite première pièce forgée 22 est reliée à ladite deuxième surface externe convexe 24₃ de ladite deuxième pièce forgée 24 par l'intermédiaire d'une deuxième butée lamifiée de révolution 31 constituée d'une pluralité de couches d'élastomère en sandwich entre des renforts rigides en feuilles d'acier, les renforts d'extrémité adhérant sur lesdites deuxième surface externe convexe 24₃ et surface interne concave 22₂, assurant ainsi une liaison directe flexible et étanche entre les deux pièces forgées 22 et 24.

[0074] Les butées lamifiées à couches d'élastomère et renforts rigides sont bien connues de l'homme de l'art.

[0075] On comprend que lesdites surfaces de section sphérique concaves et convexes sont à concavité tour-

née vers le haut et respectivement convexité tournée vers le bas, c'est-à-dire s'inscrivent dans une hémisphère à section horizontale inférieure.

[0076] Sur les figures 2 et 3, une première chambre interne étanche 40 est délimitée par la bordure supérieure 22₄ de ladite première pièce forgée 22 ainsi que les côtés desdites première et deuxième butées lamifiées 30 et 31 et les parties libres des surfaces inférieures 24₁ de la deuxième pièce forgée 24, dite première surface de révolution interne concave 23₁ de la première 23 et dite deuxième surface de révolution externe convexe 24₃ de la deuxième pièce forgée 24. La chambre 40 est équipée d'un contrôle de pression, par exemple un manomètre 42 extérieur relié à la chambre 40 par un conduit 41 à travers la bride 23 ou encore d'un capteur de pression relié à la cabine de contrôle de la barge.

[0077] Une deuxième chambre étanche 45 est délimitée par la bride de fermeture supérieure 5, les surface externe cylindrique 1₁ de la partie supérieure 1 b de riser, surface interne cylindrique 3₁ de la conduite interne renforcée 3 ainsi que les surfaces interne de révolution 21₃ de la deuxième bride 21 et surface externe supérieure 24₂ de la deuxième pièce forgée 24. La deuxième chambre 45 coopère également avec un manomètre ou capteur de pression extérieure relié à ladite chambre par un conduit 48 à travers la bride 21.

[0078] Lors des mouvements dus à la houle et aux courants du flotteur 2 associé au riser 1, le dispositif de liaison articulé 8 entre flotteur et riser autorise des rotations tout en maintenant la partie inférieure 1 a du riser en tension. En effet, la forme sphérique des dites première et deuxième butées lamifiées 30 et 31 a un effet auto centreur et l'intégralité de la force de tensionnement créée par le flotteur, qui peut déplacer 500 tonnes, est transférée au riser par simple déformation desdites butées lamifiées en compression.

[0079] La deuxième butée lamifiée 31 joue principalement un rôle d'étanchéité primaire, l'essentiel du transfert de charge verticale étant assuré par la première butée lamifiée 30.

[0080] Ladite conduite renforcée 3 au sommet du flotteur 2 peut être assemblée à une deuxième conduite interne 3 à l'intérieur du flotteur, celle-ci pouvant être non renforcée, l'assemblage étant effectué de manière conventionnelle avec des raidisseurs car les efforts dans cette zone sont beaucoup moins importants que dans la partie basse.

[0081] Dans une version simplifiée de l'invention détaillée sur la figure 4, la deuxième butée lamifiée d'étanchéité primaire 31 de la figure 3 a été supprimée. La première butée lamifiée 30 joue alors le rôle d'étanchéité principale et assure le transfert des charges verticales et horizontales entre le flotteur et le riser. Dans cette version simplifiée, la chambre de contrôle de pression 40 des figures 2 et 3 n'existe plus, et il n'est alors plus possible de détecter les fuites à ce niveau.

[0082] Dans une autre version simplifiée de l'invention détaillée sur la figure 5, les deuxième pièce forgée 24 et

deuxième bride de révolution 21 des figures 2 et 3 sont rassemblées en une unique pièce forgée 24 sur la surface supérieure 24₂ de laquelle sont soudées directement en 24b l'extrémité inférieure de l'enveloppe externe 20 du flotteur 2₇ et l'extrémité inférieure du riser 1 b ; dans cette configuration, il n'y a plus de deuxième conduite interne 3 entourant de manière coaxiale ladite partie supérieure 1 b du riser 1. Dans cette version simplifiée, la chambre de contrôle de pression 45 des figures 2 et 3 n'existe plus, et il n'est alors plus possible de détecter localement, et de manière simple, les éventuelles fuites du riser dans cette zone.

[0083] Dans la figure 3 on a représenté l'ensemble avec une inclinaison de valeur α entre la portion supérieure 1_b et la portion inférieure 1_a du riser.

[0084] Dans les descriptions des figures 2 à 4, on a décrit les butées lamifiées comme étant sphériques et comme collaborant avec les portées sphériques des brides et pièces forgées et usinées 22, 23 et 24, l'ensemble des sphères et portées sphériques étant alors décrites comme ayant un centre commun O.

[0085] En fait, lors de la fabrication de ces éléments, on peut considérer que ce point O est effectivement commun à chacune des portées sphériques précédemment décrite ; par contre lors de l'installation sur site, les butées lamifiées étant soumises à des forces considérables, pouvant atteindre et dépasser 500 tonnes, se déformeront de manière très significative, par exemple quelques centimètres, et en conséquence, le centre O de référence de certaines pièces se déplacera verticalement par rapport au centre de référence d'autres pièces. Toutefois, on peut considérer en fait que les centres de référence des diverses portées sphériques restent sensiblement centrés au point commun O. De même, lors des inclinaisons d'un angle α , tel qu'explicité sur la figure 3 les divers points de référence des portées sphériques se décaleront légèrement latéralement, mais resteront sensiblement centrées en O.

[0086] Dans la figure 6 on a représenté le dispositif selon l'invention lors d'une opération de forage dite en simple « casing ». Un train de tiges 50 à l'extrémité inférieure duquel l'outil de forage est installé, est mis en rotation. La boue de forage est injectée sous pression à l'intérieur du train de tige en 51, puis remonte avec les débris de sol dans l'espace annulaire 52 compris entre le riser 1 et le train de tige 50.

[0087] Dans la figure 7 on a représenté une variante, dite à « double casing ». A l'intérieur du riser 1, on installe avantageusement une conduite de sécurité 55, constituée de longueurs unitaires raboutées les unes aux autres par vissage. Une ligne de production ou train de tiges 50 est située à l'intérieur de ce casing supplémentaire.

[0088] Dans cette configuration, lors des opérations de forage, les boues chargées de débris de sol remontent alors en surface à l'intérieur de ladite conduite de sécurité 55 et ne sont donc pas en contact avec le riser 1, ni avec la butée lamifiée 31. Ce second casing constitue une

barrière primaire en cas de montée en pression due à une éruption de puits ou tout autre incident, le riser 1 constituant alors la barrière externe résistant principalement à la pression extérieure due à l'eau de mer, ainsi qu'à la traction exercée par les bouées de tensionnement. Cette disposition permet d'augmenter considérablement la sécurité de l'installation, par contre elle présente l'inconvénient d'augmenter le poids de l'ensemble qui doit être compensé par une augmentation du volume global de flottabilité.

[0089] Sur les figures 6 et 7, les trains de tige 50 et le casing complémentaire 55 sont continus dans la zone de l'articulation flexible située en partie basse du flotteur. En effet, les rotations d'angle α au niveau du bas du flotteur, tel qu'explicité sur la figure 3, sont très faibles, car elles sont de l'ordre de 2 à 4 degrés au maximum, et lesdits trains de tige 50 et casing complémentaire 55 peuvent, en raison du jeu existant avec le riser 1, prendre, sans contraintes inacceptables, la courbure nécessaire, car ils sont de diamètre beaucoup plus faible.

[0090] L'introduction d'une articulation étanche 8 au niveau du bas du flotteur ne modifie pas sensiblement le comportement de l'ensemble en ce qui concerne les phénomènes de vibration de type pendule-guitare décrits dans le brevet WO-2001-53651 de la demanderesse, et l'on élimine avantageusement l'apparition de tels phénomènes en installant au plus près de ladite articulation, soit une masse ajoutée périphérique 60 située autour de la partie basse de celle du flotteur 2 telle que décrite sur la figure 8, ou des ailes de type anti-vortex 61 constituant une rampe hélicoïdale 61 entourant ledit flotteur 2 dans sa partie basse 2₇ proche de son extrémité inférieure telles que décrites sur la figure 9.

[0091] A titre illustratif, les dimensions d'un dispositif de jonction 8 selon l'invention représentent :

- entre l'extrémité inférieure de la première pièce forgée 22 et l'extrémité supérieure de la deuxième pièce forgée 24 la distance est d'environ 60cm,
- le diamètre interne du riser 1 est d'environ 400mm,
- le diamètre extérieur des brides desdites première et deuxième brides 21 et 23 est d'environ 140 cm,
- le diamètre nominal de la sphère moyenne correspondant à la première butée étanche 30 est d'environ 70 à 90cm et son épaisseur est de 6 à 15cm selon la charge à transmettre et l'angle de débattement α .

[0092] De manière à simplifier la fabrication de la première butée lamifiée 30, la bride 23 sera avantageusement réalisée en deux portions 23_a et 23_b, comme explicité sur la figure 10. Un joint torique 23_c assurera l'étanchéité entre les deux pièces. La forme de révolution des butées lamifiées et des surfaces des diverses brides a été définie comme étant des sphères de centre O, mais on reste dans l'invention si l'on considère des formes coniques comme représenté sur la figure 11.

[0093] Dans la figure 11, on a représenté une variante

de réalisation avec des surfaces de forme sphérique changées en surfaces de forme tronconique.

[0094] Dans la partie droite de la figure 11, les sommets desdits cônes sont sensiblement convergents en un point unique C, les cônes étant alors tous différents les uns des autres, car ils présentent un angle au sommet β variable d'un cône à l'autre.

[0095] Dans la partie gauche de la même figure 11, lesdits cônes ont tous un angle au sommet constant β et sont donc tous identiques les sommets des divers cônes sont alors répartis sensiblement sur l'axe ZZ.

[0096] Toutefois, on préfère utiliser des formes sphériques, car dans le cas des formes coniques, lorsque l'articulation prend un angle α important, il peut en résulter des pincement de la butée lamifiée qui ne travaille plus alors de manière homogène.

[0097] Lesdites première et deuxième butées lamifiées 30 et 31 autorisent une flexion d'un angle α par rapport audit axe longitudinal ZZ' d'une valeur de 0 à 5°, le plus souvent de 0 à 2°.

[0098] Le dispositif de jonction 8, selon la présente invention, peut être fabriqué et mis en place selon la séquence suivante :

1- On colle une première couche d'élastomère non réticulé ou un premier renfort rigide, de préférence métallique sur ladite première surface interne 23₁ de ladite première bride 23,

2- On installe et on colle successivement les diverses couches d'élastomère non réticulé et renfort rigide de ladite première butée lamifiées 30, et

3- On met en place ladite première pièce forgée 22 que l'on colle au niveau de sa dite surface externe 21 sur la dernière couche ou dernier renfort rigide de ladite première butée lamifiée 30,

4- On met en place au moins un joint torique 28 sur une dite surface supérieure de révolution 23₂ de ladite première bride 23, et

5- On met en place ladite deuxième pièce forgée 24 en la faisant reposer par sa dite surface inférieure plane 24₁ sur ladite surface supérieure de révolution 23₂ de ladite première bride 23, et

6- Le cas échéant, on installe et l'on colle une première couche d'élastomère ou un renfort rigide sur ladite deuxième surface interne 22₂ de ladite première pièce forgée 22 puis on installe successivement les diverses couches d'élastomère non réticulé et divers renforts rigides de ladite seconde butée lamifiée 31, et

7- On colle, au niveau de sa dite deuxième surface externe 24₃, ladite deuxième pièce forgée 24 sur la dernière couche ou dernier renfort de ladite deuxième

me butée lamifiée 31, et

8- On solidarise lesdites première bride et deuxième pièces forgées 24 par boulonnage, et

9- On étuve l'ensemble pour obtenir la réticulation des diverses couches d'élastomère, et

10- On assemble, de manière conventionnelle par soudage, les portions de riser 1 a et 1 b, respectivement sur les pièces forgées 22 et 24, puis

11- L'extrémité inférieure de l'enveloppe du dernier flotteur 20 est soudée à une surface supérieure 24₂ de la deuxième pièce forgée 24 ou à une surface supérieure 21₁ d'une deuxième bride 21, cette dernière présentant une surface inférieure 21₂, elle-même boulonnée sur une partie périphérique de ladite surface supérieure 23₂ de ladite première bride 23, après mise en place préalable d'au moins un joint théorique 26 entre les deux surfaces.

[0099] Dans le cas de butées lamifiées tronconiques, c'est-à-dire avec des renforts métalliques et des couches d'élastomère tronconiques, celles-ci sont plus faciles à réaliser car la surface peut être développée sur un plan, ce qui n'est pas le cas des autres formes qu'elles soient elliptiques, sphériques, paraboliques ou hyperbolique qui nécessitent des opérations d'emboutissage de précision, plus délicates à réaliser.

[0100] Dans un mode de réalisation avantageux facilitant la mise en place et le montage du dispositif de jonction 8 selon l'invention, ladite première bride 23 comprend deux parties 23a - 23b dont la première partie 23a est une bride de révolution comprenant ladite première surface interne 23₁ et ladite deuxième partie 23b est une bride périphérique comprenant ladite surface supérieure 23₂, ladite deuxième partie 23b étant solidarisée de manière étanche et réversible avec ladite première partie 23a par l'intermédiaire d'au moins un joint torique 29 par solidarisation de manière étanche et réversible de ladite partie de surface supérieure 23₂ de la première bride 23 avec ladite surface inférieure 24₁ de ladite deuxième pièce forgée 24.

[0101] Dans un mode de réalisation avantageux, la mise en place et la fabrication du dispositif de jonction 8 sont réalisées en collant ou adhésant ladite première butée lamifiée 30 sur une première partie 23a de ladite première bride 23, ladite première partie 23a étant une platine de révolution comprenant une surface interne correspondant à ladite première surface interne 23₁ de révolution.

[0102] On réalise alors les étapes de montage suivantes :

1- On colle ladite première butée lamifiée 30 sur ladite platine 23a,

2- On colle la première pièce forgée 22 au niveau de sa site surface externe 22₁ sur la face libre de ladite butée lamifiée 30, et

3- On colle ladite deuxième butée lamifiée 32 sur ladite deuxième surface interne 22₂ de la deuxième pièce forgée 22, puis 5

4- On colle ladite deuxième surface externe de révolution 24₃ de la deuxième pièce forgée 24 sur la face libre de ladite deuxième butée lamifiée 31, 10

5- On passe à l'étuve l'ensemble pour obtenir la réticulation des diverses couches d'élastomère, et 15

5- On boulonne une deuxième partie 23b de ladite première bride 23 comprenant ladite partie de surface supérieure 23₂ coopérant de manière étanche par l'intermédiaire d'un joint torique 28 avec ladite surface inférieure 24₁ de la deuxième pièce forgée 24 et ladite deuxième partie 23b de la première bride 23 comprend également une surface concave 23c pouvant coopérer avec la face externe libre de ladite première partie 23a par l'intermédiaire d'un joint torique 29 de manière à ce que, par boulonnage de ladite deuxième partie 23b sur la deuxième pièce forgée 24 et, le cas échéant, sur une dite deuxième bride 21, la première partie 23a de la première bride 23 se trouve également bloquée et l'ensemble du dispositif de jonction 8 ainsi solidarisé. 20 25 30

[0103] L'intérêt de ce mode de réalisation est qu'il permet d'inspecter si la réticulation des couches des bords 30a et 31 a desdites premières et deuxièmes butées lamifiées 30 et 30 a été correctement réalisée. 35

[0104] On a décrit les pièces forgées 22 et 24 ainsi que les brides 21 et 23, comme étant des pièces de révolution, mais on reste dans l'invention si ces pièces présentent extérieurement des formes polygonales ou irrégulières, seules les surfaces 23₁-22₁-22₂-24₃, recevant les butées lamifiées doivent soit être sensiblement sphériques de centre O, ou ellipsoïdales, ou encore coniques telles que décrites précédemment. 40 45

Revendications

1. Dispositif de liaison fond-surface comportant au moins une conduite sous-marine ou riser (1, 1_a-1_b) comprenant au moins un flotteur et pouvant comprendre un flotteur unique (2, 2₁-2₇), ledit flotteur étant relié à son extrémité inférieure à un dispositif de jonction (8) créant une articulation flexible étanche entre l'extrémité inférieure du flotteur (2) et ledit riser (1a), **caractérisé en ce que** le dispositif de liaison fond-surface comporte ledit dispositif de jonction (8) qui est intercalé entre et solidarisé à une partie inférieure (1 a) de riser descendant vers le 50 55

fond de la mer et une partie supérieure (1b) de riser traversant ledit flotteur et remontant en surface, et ledit dispositif de jonction (8) comprenant au moins :

- une première pièce forgée de révolution (22) solidarisée à l'extrémité supérieure de la partie inférieure (1a) du riser, et formant une section de conduite tubulaire interne (22₃) sensiblement de même diamètre que celui de ladite partie inférieure de riser, et
- une deuxième pièce forgée de révolution (24) solidarisée à l'extrémité inférieure de ladite partie supérieure (1b) de riser, et formant une section de conduite tubulaire interne (24₄) sensiblement de même diamètre que celui de ladite partie supérieure (1b) de riser,
- les deux dites première et deuxième pièces forgées (22, 24) étant reliées de manière flexible et étanche par au moins une première bride de révolution (23) solidarisée de manière étanche et réversible à ladite deuxième pièce forgée (24) et reliée à ladite première pièce forgée (22) par au moins une première butée lamifiée de révolution (30), comprenant une pluralité de couches d'élastomère intercalées entre des renforts rigides, de préférence métalliques, lesdites couches élastomère définissant des surfaces de révolution de même axe que l'axe longitudinal de révolution commun ZZ' desdites première et deuxième pièces forgées (22, 24) et dites première bride (23, 23a - 23b), lesdites surfaces de révolution étant de forme tronconique ou des surfaces gauches, telles que des surface de forme de section ellipsoïdale ou de section parabolique ou hyperbolique, ou de préférence de section sphérique.

2. Dispositif de liaison fond-surface selon la revendication 1 comportant une conduite sous-marine ou riser (1, 1a-1b) tensionné par au moins un flotteur (2, 2₁, 2₇) constitué d'un bidon d'enveloppe cylindrique (20) coaxial entourant ladite conduite (1b), localisé dans la partie haute immergée de ladite conduite (1, 1a-1b), ladite conduite (1, 1a, 1b) étant de préférence maintenue et guidée par un dispositif de guidage (4, 6) en surface au niveau d'un support flottant (10), et comportant un dit dispositif de jonction (8) dudit bidon d'enveloppe cylindrique (20), **caractérisé en ce que :**

- ladite première pièce forgée (22) présente dans sa partie haute une première surface externe de révolution (22₁) de préférence de forme tronconique ou de section ellipsoïdale, et
- ladite deuxième pièce forgée de révolution (24) solidarisée à l'extrémité inférieure de ladite partie supérieure (1b) de riser, de préférence par une soudure (24a), présente dans sa partie bas-

se une première surface inférieure (24₁), et
- ladite première bride de révolution (23, 23a-23b) présente :

- une première surface interne (23₁) de révolution de forme tronconique ou respectivement de section ellipsoïdale, lesdites première surface interne (23₁) de la première bride (23, 23a-23b) et première surface externe (22₁) de la première pièce forgée (22) étant situées en vis-à-vis et coopérant élastiquement et de manière étanche par l'intermédiaire d'une dite première butée lamifiée de révolution (30) de forme tronconique ou respectivement de forme de section ellipsoïdale comprenant une pluralité de couches d'élastomère en sandwich entre des renforts en matériau rigide en feuilles, notamment de feuilles d'acier, qui adhèrent aux dites première surface interne (23₁) et première surface externe (22₁) assurant ainsi la liaison entre ladite première bride de révolution (23, 23a - 23b) et ladite première pièce forgée (22), et
- au moins une partie d'une surface supérieure (23₂) de ladite première bride (23, 23a - 23b) coopérant de manière étanche, de préférence par l'intermédiaire d'au moins un joint torique (28), avec ladite surface inférieure (24₁) de ladite deuxième pièce forgée de révolution (24), lesdites parties de surface supérieure (23₂) de ladite première bride (23, 23a-23b) et dite surface inférieure (24₁) de ladite deuxième pièce forgée (24) étant solidarisées de manière étanche et réversible, de préférence par boulonnage (27), et

- ledit bidon d'enveloppe cylindrique (20) du flotteur (2) étant solidarisée à une surface supérieure (24₂) de ladite deuxième pièce forgée (24) ou à une surface supérieure (21₁) d'une deuxième bride de révolution (21) dont une surface inférieure (21₂) est elle-même solidarisée de manière étanche et réversible, de préférence par boulonnage (25) et par l'intermédiaire d'au moins un joint torique (26) avec une partie de ladite surface supérieure de révolution (23₂) de ladite première bride (23, 23a - 23b).

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** ladite deuxième pièce forgée de révolution (24) comprend dans sa partie basse une deuxième surface externe (24₃) de forme tronconique ou de préférence de forme de section ellipsoïdale, et ladite deuxième surface externe de révolution (24₃) est située en vis-à-vis et coopère élastiquement et de ma-

nière étanche avec une deuxième surface interne de révolution (22₂) de forme tronconique ou respectivement de forme de section ellipsoïdale, ladite deuxième surface interne (22₂) étant située dans la partie haute de ladite deuxième pièce forgée (22), et ladite deuxième surface interne (22₂) étant reliée à ladite deuxième surface externe (24₃) par l'intermédiaire d'une deuxième butée lamifiée de révolution (31) constituée d'une pluralité de couches d'élastomère en sandwich entre des renforts rigides en feuilles notamment d'acier de forme tronconique ou respectivement de forme de section ellipsoïdale adhérent sur lesdites deuxième surface externe (24₃) et deuxième surface interne (22₂).

4. Dispositif selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** l'ensemble desdites première butée (30) et deuxième butée (31) de révolution, dite première surface externe (22₁) de la première pièce forgée (22), dite première surface interne (23₁) de la première bride (23, 23a - 23b) et, le cas échéant, dite deuxième surface externe de révolution (24₃) de la deuxième pièce forgée (24) et dite deuxième surface interne de révolution (22₂) de la première pièce forgée (22) sont de forme tronconique de même dit axe de révolution ZZ' et dont l'angle au sommet β est de 30 à 80°, de préférence de 40 à 70°, les sommets des diverses surfaces tronconiques étant situés au-dessous desdites surfaces tronconiques, et les diverses surfaces tronconiques ayant soit un même angle au sommet β , soit un même sommet C.
5. Dispositif selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'ensemble desdites première butée (30) et deuxième butée (31) de révolution, dite première surface externe (22₁) de la première pièce forgée (22), dite première surface interne (23₁) de la première bride (23, 23a - 23b) et, le cas échéant, dite deuxième surface externe de révolution (24₃) de la deuxième pièce forgée (24) et dite deuxième surface interne de révolution (22₂) de la première pièce forgée (22) sont de forme de section ellipsoïdale, de préférence de section sphérique, toutes sensiblement centrées sur le même point O situé au-dessus desdites surfaces sur ledit axe de révolution ZZ'.
6. Dispositif selon lune des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** lesdites première et deuxième pièces forgées (22, 24) et ladite première bride (23, 23a-23b) délimitent une première chambre interne (40) qui, de préférence, coopère avec des moyens de contrôle de pression (41, 42) à l'intérieur de ladite chambre (40).
7. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** ladite première chambre (40) est délimitée par la partie haute de ladite première pièce forgée

(22) et par les parties libres desdites surfaces de révolution inférieure (24₁) de ladite deuxième pièce forgée (24), dite première surface de révolution interne concave (23₁) de ladite première bride (23, 23a - 23b), et dite deuxième surface de révolution externe convexe (24₃) de ladite deuxième pièce forgée (24).

8. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 7, **caractérisé**

en ce que ledit bidon d'enveloppe cylindrique (20) du flotteur (2) est solidaire d'une deuxième conduite interne (3) de plus grand diamètre que ledit riser (1, 1b), de préférence ladite deuxième conduite interne (3) étant une conduite renforcée de plus grande épaisseur que ledit riser (1), et en ce qu'il comprend une dite deuxième bride de révolution (21) à laquelle l'extrémité inférieure dudit bidon d'enveloppe cylindrique (20) du flotteur (2) et l'extrémité inférieure de ladite deuxième conduite interne (3) sont solidarisées de préférence par des soudures (21a, 21b), ladite deuxième bride (21) entourant ladite deuxième pièce forgée (24) de sorte qu'une deuxième chambre interne (45) est délimitée par une surface interne de révolution (21₃) de ladite deuxième bride (21) de même axe de révolution ZZ', par ladite surface supérieure de révolution (24₂) de ladite deuxième pièce forgée (24), par les surface externe cylindrique (1₁) de ladite partie supérieure (1b) de riser et surface interne cylindrique (3₁) de ladite deuxième conduite interne (3), et par une bride de fermeture (5) à l'extrémité supérieure desdites deuxième conduite interne (3) et partie supérieure (1b) de riser, ladite deuxième chambre (45) coopérant de préférence avec des moyens de contrôle de la pression (47, 48) à l'intérieur de ladite deuxième chambre (45).

9. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 8, **caractérisé**

en ce que ladite partie de surface supérieure (23₂) de la première bride (23, 23a - 23b) et ladite surface inférieure (24₁) de la deuxième pièce forgée (24) et ladite surface inférieure (21₂) de ladite deuxième bride de révolution (21) sont des surfaces planes annulaires.

10. Dispositif selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce**

que ladite deuxième conduite interne (3) se prolonge au-dessus dudit flotteur (2), de préférence sous forme d'une conduite renforcée de plus grande épaisseur que ledit riser (1) qu'elle entoure, et de préférence, un dispositif de maintien et de guidage (4,6) assure le guidage de ladite deuxième conduite interne (3) au niveau dudit support flottant (10).

11. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** l'extrémité supérieure du flot-

teur (2) est solidaire de la partie supérieure (1b) du riser (1) ou de ladite deuxième conduite interne (3) par l'intermédiaire d'une jonction rigide (8₁).

12. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** ledit flotteur (2) est un flotteur unique s'étendant sur une longueur de 40 à 100 m pour conférer une flottabilité permettant de tensionner l'intégralité de la liaison fond-surface, de préférence ledit flotteur (2) étant réalisé par des tronçons assemblés entre eux, constitués par des caissons cylindriques, de préférence individuellement hermétiques (2₁, 2₇), et solidarisés mécaniquement l'un à l'autre dans la direction longitudinale ZZ'.

13. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** la flottabilité de ladite conduite sous-marine (1) est assurée par ledit flotteur sans adjonction de système de tensionnement complémentaire solidaire du support flottant (10).

14. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce qu'il** comporte des moyens de stabilisation (60, 61) dans la partie basse (2₇) du flotteur (2) ayant pour effet d'augmenter la masse d'eau entraînée au cours de son mouvement, ou abaissant le centre de gravité de la partie supérieure de la conduite au niveau du flotteur (2).

15. Dispositif selon la revendication 14, **caractérisé en ce** **qu'un** moyen de stabilisation comprend une rampe hélicoïdale (61) entourant ledit flotteur (2) dans sa partie basse (2₇) proche de son extrémité inférieure.

16. Dispositif selon la revendication 14, **caractérisé en ce qu'un** moyen de stabilisation comprend une masse additionnelle périphérique (60) située autour de la partie basse (2₇) du flotteur (2).

17. Dispositif selon l'une des revendications précédentes

caractérisé en ce que ladite première bride (23) comprend deux parties (23a - 23b) dont la première partie (23a) est une bride de révolution comprenant ladite première surface interne (23₁) et ladite deuxième partie (23b) est une bride périphérique comprenant ladite surface supérieure (23₂), ladite deuxième partie (23b) étant solidarisée de manière étanche et réversible avec ladite première partie (23a) par l'intermédiaire d'au moins un joint torique par solidari- sation de manière étanche et réversible de ladite partie de surface supérieure (23₂) de la première bride (23) avec ladite surface inférieure (24₁) de ladite deuxième pièce forgée (24).

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Grund-Oberflächen-Verbindung, umfassend wenigstens eine Unterwasserleitung oder Riser (1, 1 a-1 b), die/der wenigstens einen Schwimmer umfasst und einen einzigen Schwimmer (2, 2₁-2₇) umfassen kann, wobei der Schwimmer an seinem unteren Ende mit einer Verbindungsvorrichtung (8), die ein dichtes, flexibles Gelenk zwischen dem unteren Ende des Schwimmers (2) und dem Riser (1a) schafft, verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung zur Grund-Oberflächen-Verbindung die Verbindungsvorrichtung (8) umfasst, die eingefügt ist zwischen und fest verbunden ist mit einem unteren Riserteil (1 a), der zum Meeresgrund hinunter verläuft, und einem oberen Riserteil (1 b), der den Schwimmer durchgreift und zur Oberfläche hinauf verläuft, und wobei die Verbindungsvorrichtung (8) wenigstens umfasst:
 - ein erstes geschmiedetes Rotationsteil (22), das mit dem oberen Ende des unteren Teils (1a) des Risers fest verbunden ist und einen inneren Rohrleitungsabschnitt (22₃) im Wesentlichen mit gleichem Durchmesser wie der untere Riserteil bildet, und
 - ein zweites geschmiedetes Rotationsteil (24), das mit dem unteren Ende des oberen Riserteils (1 b) fest verbunden ist und einen inneren Rohrleitungsabschnitt (24₄) im Wesentlichen mit gleichem Durchmesser wie der obere Riserteil (1 b) bildet,
 - wobei die beiden ersten und zweiten Schmiedeteile (22, 24) durch wenigstens einen ersten Rotationsflansch (23) flexibel und dicht verbunden sind, der mit dem zweiten Schmiedeteil (24) auf dichte und reversible Weise fest verbunden ist und der mit dem ersten Schmiedeteil (22) durch wenigstens einen ersten Rotations-schichtanschlag (30), umfassend eine Vielzahl von Elastomerschichten, die zwischen starren Verstärkungen, vorzugsweise metallischen, eingefügt sind, verbunden ist, wobei die Elastomerschichten Rotationsflächen mit gleicher Achse wie die gemeinsame Rotationslängsachse ZZ' des ersten und des zweiten Schmiedeteils (22, 24) und des ersten Flansches (23, 23a - 23b) definieren, wobei die Rotationsflächen eine Kegelstumpfform aufweisen oder schräge Flächen, wie Flächen mit Ellipsoidquerschnitts- oder Parabel- oder Hyperbelquerschnitts- oder vorzugsweise Kugelquerschnittsform sind.
2. Vorrichtung zur Grund-Oberflächen-Verbindung nach Anspruch 1, umfassend eine Unterwasserleitung oder Riser (1, 1 a-1 b), die/der durch wenigstens einen Schwimmer (2, 2₁, 2₇), welcher von einem die Leitung (1b) umgebenden coaxialen, zylindrischen

Mantelkanister (20) gebildet, der in dem versenkten oberen Teil der Leitung (1, 1 a-1 b) gelegen ist, gespannt ist, wobei die Leitung (1, 1a, 1 b) vorzugsweise durch eine Führungsvorrichtung (4, 6) an der Oberfläche im Bereich eines schwimmenden Trägers (10) gehalten und geführt ist und eine Vorrichtung zur Verbindung (8) des zylindrischen Mantelkanisters (20) umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass:**

- das erste Schmiedeteil (22) in seinem oberen Teil eine erste äußere Rotationsfläche (22₁), vorzugsweise mit Kegelstumpf- oder Ellipsoidquerschnittsform, aufweist, und
- das zweite geschmiedete Rotationsteil (24), das mit dem unteren Ende des oberen Riserteils (1 b) fest verbunden ist, vorzugsweise durch eine Schweißnaht (24a), in seinem unteren Teil eine erste untere Fläche (24₁) aufweist, und
- der erste Rotationsflansch (23, 23a - 23b) aufweist:

- eine erste innere Rotationsfläche (23₁) mit Kegelstumpf- bzw. Ellipsoidquerschnittsform, wobei die erste Innenfläche (23₁) des ersten Flansches (23, 23a - 23b) und die erste Außenfläche (22₁) des ersten Schmiedeteils (22) gegenüberliegen und elastisch und dicht mittels eines ersten Rotationsschichtanschlages (30) mit Kegelstumpf- bzw. mit Ellipsoidquerschnittsform zusammenwirken, der eine Vielzahl von Elastomerschichten sandwichartig zwischen Verstärkungen aus starrem Folienmaterial, insbesondere Stahlfolien, umfasst, die an der ersten Innenfläche (23₁) und der ersten Außenfläche (22₁) haften, wodurch die Verbindung zwischen dem ersten Rotationsflansch (23, 23a - 23b) und dem ersten Schmiedeteil (22) sichergestellt ist, und
- wobei wenigstens ein Teil einer oberen Fläche (23₂) des ersten Flansches (23, 23a - 23b) auf dichte Weise, vorzugsweise mittels wenigstens einer O-Ring-Dichtung (28), mit der unteren Fläche (24₁) des zweiten geschmiedeten Rotationsteils (24) zusammenwirkt, wobei die Teile der oberen Fläche (23₂) des ersten Flansches (23, 23a - 23b) und der unteren Fläche (24₁) des zweiten Schmiedeteils (24) auf dichte und reversible Weise, vorzugsweise durch Verbolzen (27), fest verbunden sind, und

- wobei der zylindrische Mantelkanister (20) des Schwimmers (2) mit einer oberen Fläche (24₂) des zweiten Schmiedeteils (24) oder mit einer oberen Fläche (21₁) eines zweiten Rotations-

- flansches (21) fest verbunden ist, von dem eine untere Fläche (21₂) selbst auf dichte und reversible Weise, vorzugsweise durch Verbolzen (25) und mittels wenigstens einer O-Ring-Dichtung (26), mit einem Teil der oberen Rotationsfläche (23₂) des ersten Flansches (23, 23a - 23b) fest verbunden ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Rotationsschmiedeteil (24) in seinem unteren Teil eine zweite Außenfläche (24₃) mit Kegelstumpfform oder vorzugsweise mit Ellipsoidquerschnittsform aufweist, und die zweite äußere Rotationsfläche (24₃) einer zweiten inneren Rotationsfläche (22₂) mit Kegelstumpfform bzw. mit Ellipsoidquerschnittsform gegenüberliegt und mit dieser elastisch und dicht zusammenwirkt, wobei die zweite innere Fläche (22₂) im oberen Teil des zweiten Schmiedeteils (22) gelegen ist, und wobei die zweite innere Fläche (22₂) mit der zweiten äußeren Fläche (24₃) mittels eines zweiten Rotations-schichtanschlages (31) verbunden ist, der von einer Vielzahl von Elastomerschichten sandwichartig zwischen starren Verstärkungen aus Folien, insbesondere aus Stahl, mit Kegelstumpfform bzw. mit Ellipsoidquerschnittsform gebildet ist, die an der zweiten Außenfläche (24₃) und der zweiten Innenfläche (22₂) haften.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gesamtheit aus erstem Rotationsanschlag (30) und zweitem Rotationsanschlag (31), erster äußerer Fläche (22₁) des ersten Schmiedeteils (22), erster innerer Fläche (23₁) des ersten Flansches (23, 23a - 23b) und gegebenenfalls zweiter äußerer Rotationsfläche (24₃) des zweiten Schmiedeteils (24) und zweiter innerer Rotationsfläche (22₂) des ersten Schmiedeteils (22) eine Kegelstumpfform mit gleicher Rotationsachse ZZ' und deren Spitzenwinkel β 30 bis 80°, vorzugsweise 40 bis 70° beträgt, aufweisen, wobei die Spitzen der verschiedenen kegelstumpfförmigen Flächen unterhalb der kegelstumpfförmigen Flächen gelegen sind, und wobei die verschiedenen kegelstumpfförmigen Flächen entweder einen gleichen Spitzenwinkel β oder eine gleiche Spitze C aufweisen.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gesamtheit aus erstem Rotationsanschlag (30) und zweitem Rotationsanschlag (31), erster äußerer Fläche (22₁) des ersten Schmiedeteils (22), erster innerer Fläche (23₁) des ersten Flansches (23, 23a - 23b) und gegebenenfalls zweiter äußerer Rotationsfläche (24₃) des zweiten Schmiedeteils (24) und zweiter innerer Rotationsfläche (22₂) des ersten Schmiedeteils (22) eine Ellipsoidquerschnitts- vorzugsweise Kugelquerschnittsform aufweisen, alle im Wesentlichen um den gleichen Punkt O, welcher oberhalb der Flächen auf der Rotationsachse ZZ' gelegen ist, zentriert.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste und das zweite Schmiedeteil (22, 24) und der erste Flansch (23, 23a - 23b) eine erste Innenkammer (40) begrenzen, die vorzugsweise mit Druckkontrollmitteln (41, 42) innerhalb der Kammer (40) zusammenwirkt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Kammer (40) durch den oberen Teil des ersten Schmiedeteils (22) und durch die freien Teile der unteren Rotationsfläche (24₁) des zweiten Schmiedeteils (24), der ersten konkaven inneren Rotationsfläche (23₁) des ersten Flansches (23, 23a - 23b) und der zweiten konvexen äußeren Rotationsfläche (24₃) des zweiten Schmiedeteils (24) begrenzt ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zylindrische Mantelkanister (20) des Schwimmers (2) mit einer zweiten Innenleitung (3) mit größerem Durchmesser als der Riser (1, 1b) fest verbunden ist, wobei vorzugsweise die zweite Innenleitung (3) eine verstärkte Leitung mit größerer Dicke als der Riser (1) ist, und dass sie einen zweiten Rotationsflansch (21) umfasst, mit dem das untere Ende des zylindrischen Mantelkanisters (20) des Schwimmers (2) und das untere Ende der zweiten Innenleitung (3) vorzugsweise durch Schweißnähte (21a, 21b) fest verbunden sind, wobei der zweite Flansch (21) das zweite Schmiedeteil (24) umgibt, so dass eine zweite Innenkammer (45) durch eine innere Rotationsfläche (21₃) des zweiten Flansches (21) mit gleicher Rotationsachse ZZ', durch die obere Rotationsfläche (24₂) des zweiten Schmiedeteils (24), durch die äußere Zylinderfläche (1₁) des oberen Riserteils (1b) und innere Zylinderfläche (3₁) der zweiten Innenleitung (3) sowie durch einen Verschlussflansch (5) am oberen Ende der zweiten Innenleitung (3) und des oberen Riserteils (1 b) begrenzt ist, wobei die zweite Kammer (45) vorzugsweise mit Druckkontrollmitteln (47, 48) innerhalb der zweiten Kammer (45) zusammenwirkt.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der obere Flächenteil (23₂) des ersten Flansches (23, 23a - 23b) und die untere Fläche (24₁) des zweiten Schmiedeteils (24) und die untere Fläche (21₂) des zweiten Rotationsflansches (21) ringförmige, ebene Flächen sind.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Innenleitung (3) sich oberhalb des Schwimmers (2), vorzugsweise in Form einer verstärkten Leitung mit größerer Dicke als der Riser (1), den sie umgibt, fortsetzt, und vor-

zugsweise eine Halte- und Führungsvorrichtung (4, 6) die Führung der zweiten Innenleitung (3) im Bereich des schwimmenden Trägers (10) sicherstellt.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das obere Ende des Schwimmers (2) mit dem oberen Teil (1b) des Risers (1) oder der zweiten Innenleitung (3) mittels einer starren Verbindung (8₁) fest verbunden ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwimmer (2) ein einziger Schwimmer ist, der sich über eine Länge von 40 bis 100 m erstreckt, um einen Auftrieb zu verleihen, der ermöglicht, die gesamte Grund-Oberflächen-Verbindung zu spannen, wobei vorzugsweise der Schwimmer (2) durch Abschnitte ausgebildet ist, die untereinander zusammengefügt sind, durch vorzugsweise einzeln hermetisch verschlossene zylindrische Kästen (2₁, 2₇) gebildet sind und in Längsrichtung ZZ' mechanisch fest miteinander verbunden sind.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Auftrieb der Unterwasserleitung (1) durch den Schwimmer ohne Zufügen eines ergänzenden Spannungssystems, das mit dem schwimmenden Träger (10) fest verbunden ist, sichergestellt ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Stabilisierungsmittel (60, 61) in dem unteren Teil (2₇) des Schwimmers (2) umfasst, der bewirken, dass die bei seiner Bewegung mitgenommene Wassermasse erhöht wird, oder die den Schwerpunkt des oberen Teils der Leitung im Bereich des Schwimmers (2) herabsetzen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Stabilisierungsmittel eine spiralförmige Rampe (61) umfasst, die den Schwimmer (2) in seinem unteren Teil (2₇) nahe seines unteren Endes umgibt.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Stabilisierungsmittel eine zusätzliche Umfangsmasse (60), welche um den unteren Teil (2₇) des Schwimmers (2) herum gelegen ist, umfasst.

17. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Flansch (23) zwei Teile (23a - 23b) umfasst, von denen der erste Teil (23a) ein Rotationsflansch ist, welcher die erste Innenfläche (23₁) umfasst, und der zweite Teil (23b) ein Umfangsflansch ist, welcher die obere Fläche (23₂) umfasst, wobei der zweite Teil

(23b) auf dichte und reversible Weise mit dem ersten Teil (23a) mittels wenigstens einer O-Ring-Dichtung, durch dichtes und reversibles festes Verbinden des oberen Flächenteils (23₂) des ersten Flansches (23) mit der unteren Flächen (24₁) des zweiten Schmiedeteils (24), fest verbunden ist.

Claims

1. A bottom-to-surface connection device comprising at least one undersea pipe or riser (1, 1a-1b) including at least one float and possibly including only one float (2, 2₁-2₇), said float being connected at its bottom end to a junction device (8) creating a leaktight flexible joint between the bottom end of the float (2) and said riser (1a), **characterized in that** the bottom-to-surface connection device comprises said junction device (8) which is interposed between and secured to a bottom portion (1a) of the riser going down to the sea bottom and a top portion (1b) of the riser passing through said float and rising to the surface, said junction device (8) comprising at least:

- a first forged body of revolution (22) secured to the top end of said bottom portion (1a) of the riser, and forming an internal tubular duct section (22₃) having substantially the same diameter as said bottom portion of the riser; and
- a second forged body of revolution (24) secured to the bottom end of said top portion (1b) of the riser, and forming an internal tubular duct section (24₄) having substantially the same diameter as said top portion (1b) of the riser;
- said first and second forged bodies (22, 24) being interconnected in flexible and leaktight manner by at least a first flange (23) in the form of a body of revolution secured in leaktight and reversible manner to said second forged body (24) and connected to said first forged body (22) by at least a first laminated abutment (30) in the form of a body of revolution, comprising a plurality of elastomer layers interposed between rigid reinforcements preferably made of metal defining surfaces of revolution having the same axis as the common longitudinal axis of revolution ZZ' of said first and second forged bodies (22, 24) and said first flange (23, 23a-23b), said surfaces of revolution being frustoconical in shape or skew surfaces, such as surfaces of sections that are ellipsoidal or parabolic or hyperbolic or preferably spherical in shape.

2. A bottom-to-surface connection device according to claim 1, comprising an undersea pipe or riser (1, 1a-1b) tensioned by at least one float (2, 2₁, 2₇) constituted by a can presenting a cylindrical casing (20) surrounding said pipe (1b) coaxially, located on the

high underwater portion of said pipe (1, 1a-1b), said pipe (1, 1a, 1b) preferably being held and guided by a surface guide device (4, 6) located at a floating support (10) and including a said junction device (8) for said can presenting a cylindrical casing (20), **characterized in that:**

- said first forged body (22) presents in its top portion an outer first surface of revolution (22₁) that is preferably frustoconical in shape or of ellipsoidal section; and
- said second forged body of revolution (24) secured to the bottom end of said top portion (1b) of the riser, preferably by welding (24a), presents in its bottom portion a bottom first surface (24₁); and
- said first flange (23, 23a-23b) presents:
 - an inner first surface of revolution (23₁) of frustoconical shape or of ellipsoidal section, said inner first surface (23₁) of the first flange (23, 23a-23b) and said outer first surface (22₁) of the first forged body (22) being situated facing each other and co-operating elastically and in leaktight manner via a said first laminated abutment (30) in the form of a body of revolution that is frustoconical in shape or respectively of ellipsoidal section, comprising a plurality of layers of elastomer sandwiched between reinforcing sheets of rigid material, in particular steel sheets, bonded to said inner first surface (23₁) and said outer first surface (22₁) thus bonding together said first flange (23, 23a-23b) and said first forged body (22); and
 - at least a portion of a top surface (23₂) of said first flange (23, 23a-23b) co-operating in leaktight manner, preferably via at least one O-ring (28), with said bottom surface (24₁) of said second forged body of revolution (24), said top surface portion (23₂) of said first flange (23, 23a-23b) and said top surface (24₁) of said second forged body (24) being secured to each other in leaktight and reversible manner, preferably by bolting (27); and
- said can presenting a cylindrical casing (20) of the float (2) being secured to a top surface (24₂) of said second forged body (24) or to a top surface (21₁) of a second flange (21) in the form of a body of revolution having a bottom surface (21₂), itself bonded in leaktight and reversible manner, preferably by bolting (25) and via at least one O-ring (26), to a portion of said top surface of revolution (23₂) of said first flange (23, 23a-23b).

3. A device according to claim 1 or claim 2, **characterized in that** said second forged body of revolution (24) includes in its bottom portion an outer second surface (24₃) of frustoconical shape or preferably of ellipsoidal section, and said outer second surface of revolution (24₃) is situated facing and co-operates elastically and in leaktight manner with an inner second surface of revolution (22₂) of frustoconical shape or respectively of ellipsoidal section, said inner second surface (22₂) being situated in the top portion of said second forged body (22), and said inner second surface (22₂) being connected to said outer second surface (24₃) via a second laminated abutment (31) in the form of a body of revolution constituted by a plurality of elastomer layers sandwiched between rigid reinforcing sheets, in particular of steel, that are frustoconical in shape or respectively of ellipsoidal section, and that are bonded to said outer second surface (24₃) and to said inner second surface (22₂).
4. A device according to claim 2 or claim 3, **characterized in that** said first abutment (30) and said second abutment (31), said outer first surface (22₁) of the first forged body (22), said inner first surface (23₁) of the first flange (23, 23a-23b), and, where appropriate said outer second surface of revolution (24₃) of the second forged body (24), and said inner second surface of revolution (22₂) of the first forged body (22) are all frustoconical in shape about the same said axis of revolution ZZ', with an angle of the apex β lying in the range 30° to 80°, preferably in the range 40° to 70°, the apexes of the various frustoconical surfaces being situated below said frustoconical surfaces, and the various frustoconical surfaces either sharing a common angle at the apex β or a common apex C.
5. A device according to claim 3, **characterized in that** said first abutment (30) and said second abutment (31), said outer first surface (22₁) of the first forged body (22), said inner first surface (23₁) of the first flange (23, 23a-23b), and, where appropriate said outer second surface of revolution (24₃) of the second forged body (24), and said inner second surface of revolution (22₂) of the first forged body (22) are all of ellipsoidal section, preferably of spherical section, all being substantially centered on the common point O situated above said surfaces and on said axis of revolution ZZ'.
6. A device according to any one of claims 1 to 5, **characterized in that** said first and second forged bodies (22, 24) and said first flange (23, 23a-23b) define a first internal chamber (40) which preferably co-operates with pressure sensor means (41, 42) for monitoring the pressure inside said chamber (40).
7. A device according to claim 6, **characterized in that**

said first chamber (40) is defined by the top portion of said first forged body (22) and by the free portions of said bottom surface of revolution (24₁) of said second forged body (24), said concave inner first surface of revolution (23₁) of said first flange (23, 23a-23b), and said convex outer second surface of revolution (24₃) of said second forged body (24).

8. A device according to any one of claims 2 to 7, **characterized in that** said can presenting a cylindrical casing (20) of the float (2) is secured to an internal second pipe (3) of greater diameter than said riser (1, 1b), said internal second pipe (3) preferably being a reinforced pipe of thickness greater than said riser (1), and **in that** it includes a said second flange (21) in the form of a body of revolution to which the bottom end of said can presenting a cylindrical casing (20) of the float (2) and the bottom end of said internal second pipe (3) are secured, preferably by welding (21a, 21b), said second flange (21) surrounding said second forged body (24) so that a second inner chamber (45) is defined by an inner surface of revolution (21₃) of said second flange (21) having the same axis of revolution ZZ', by said top surface of revolution (24₂) of said second forged body (24), by the cylindrical outer surface (1₁) of said top portion (1b) of the riser and the cylindrical inside surface (3₁) of said internal second pipe (3), and by a closure flange (5) at the top ends of said internal second pipe (3) and of said top portion (1b) of the riser, said second chamber (45) preferably co-operating with means for monitoring the pressure (47, 48) inside said second chamber (45).
9. A device according to any one of claims 2 to 8, **characterized in that** said top surface peripheral (23₂) of the first flange (23, 23a-23b) and said bottom surface (24₁) of the second forged body (24) and said bottom surface (21₂) of said second flange (21) are annular plane surfaces.
10. A device according to claim 8 or claim 9, **characterized in that** said internal second pipe (3) extends above said float (2), preferably in the form of a reinforced pipe of thickness greater than said riser (1) which it surrounds, and preferably a holding and guide device (4, 6) serves to guide said internal second pipe (3) relative to said floating support (10).
11. A device according to any one of claims 1 to 10, **characterized in that** the top end of the float (2) is secured to the top portion (b) of the riser (1) or of said internal second pipe (3) via a rigid junction (8₁).
12. A device according to any one of claims 1 to 11, **characterized in that** said float (2) is a single float extending over a length of 40 m to 100 m in order to confer buoyancy enabling the entire bottom-to-sur-

face connection to be tensioned, said float (2) preferably being made up of segments that are assembled to one another, each being constituted by a cylindrical box, which boxes are preferably individually sealed (2₁, 2₇), and secured mechanically to one another in the longitudinal direction ZZ'.

13. A device according to any one of claims 1 to 11, **characterized in that** the buoyancy of said under-sea pipe (1) is provided by said float without adding any additional tensioning system that is secured to the floating support (10).
14. A device according to any one of claims 1 to 13, **characterized in that** it includes stabilizer means (60, 61) in the bottom portion (2₇) of the float (2) having the effect of increasing the mass of water it entrains when it moves, or lowering the center of gravity of the top portion of the pipe in the float (2).
15. A device according to claim 14, **characterized in that** a stabilizer means comprise a helical ramp (61) surrounding the bottom portion (2₇) of said float (2) close to its bottom end.
16. A device according to claim 14, **characterized in that** a stabilizer means comprises an additional peripheral mass (60) situated around the bottom portion (2₇) of the float (2).
17. A device according to any preceding claim, **characterized in that** said first flange (23) comprises two portions (23a-23b) in which the first portion (23a) is a body of revolution including said inner first surface (23₁), and said second portion (23b) is a peripheral flange including said top surface (23₂), said second portion (23b) being secured in leaktight and reversible manner to said first portion (23a) via at least one O-ring by securing in leaktight and reversible manner said top surface peripheral (23₂) of the first flange (23) to said bottom surface (24₁) of said forged second body (24).

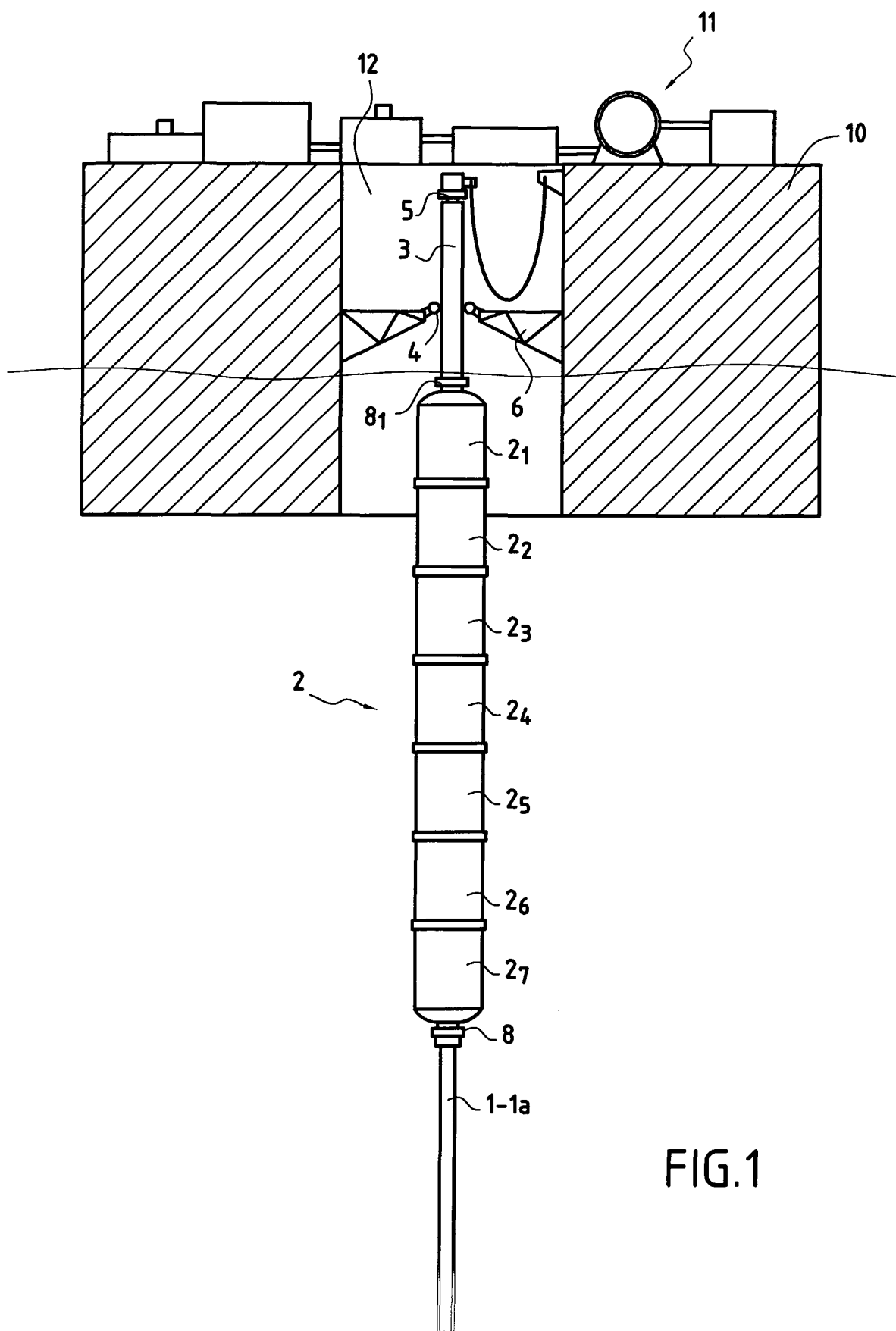


FIG.2

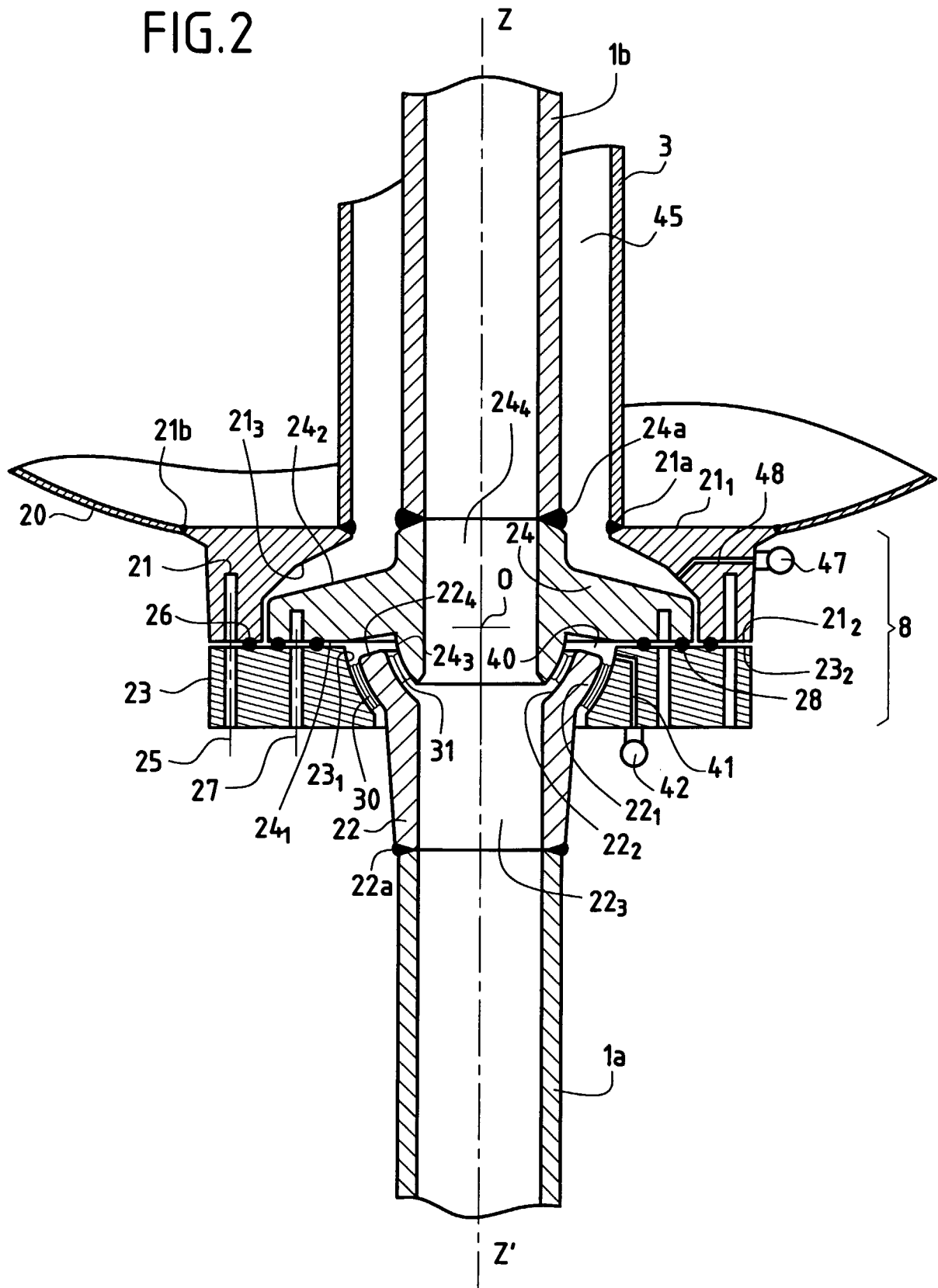


FIG.3

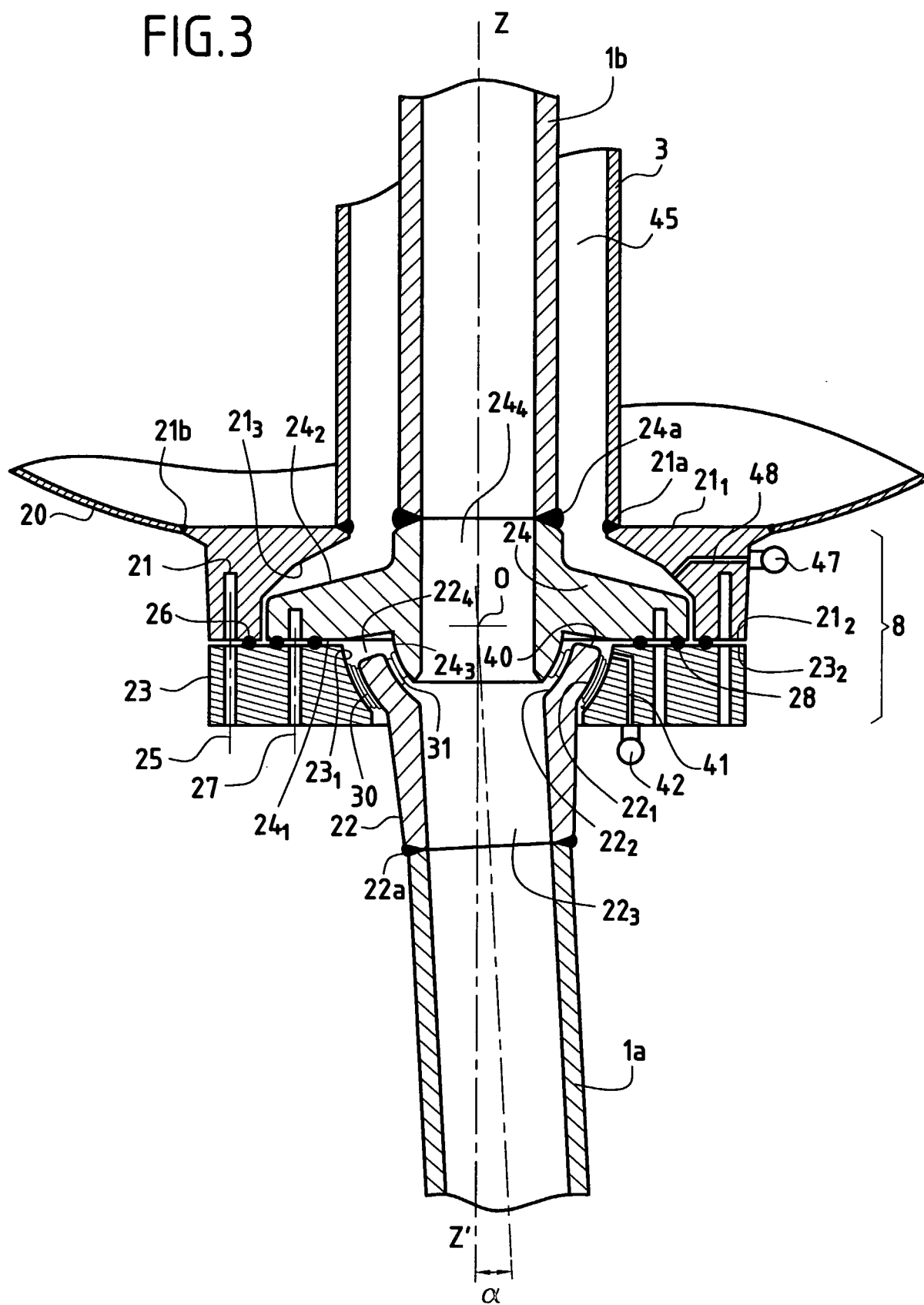


FIG.4

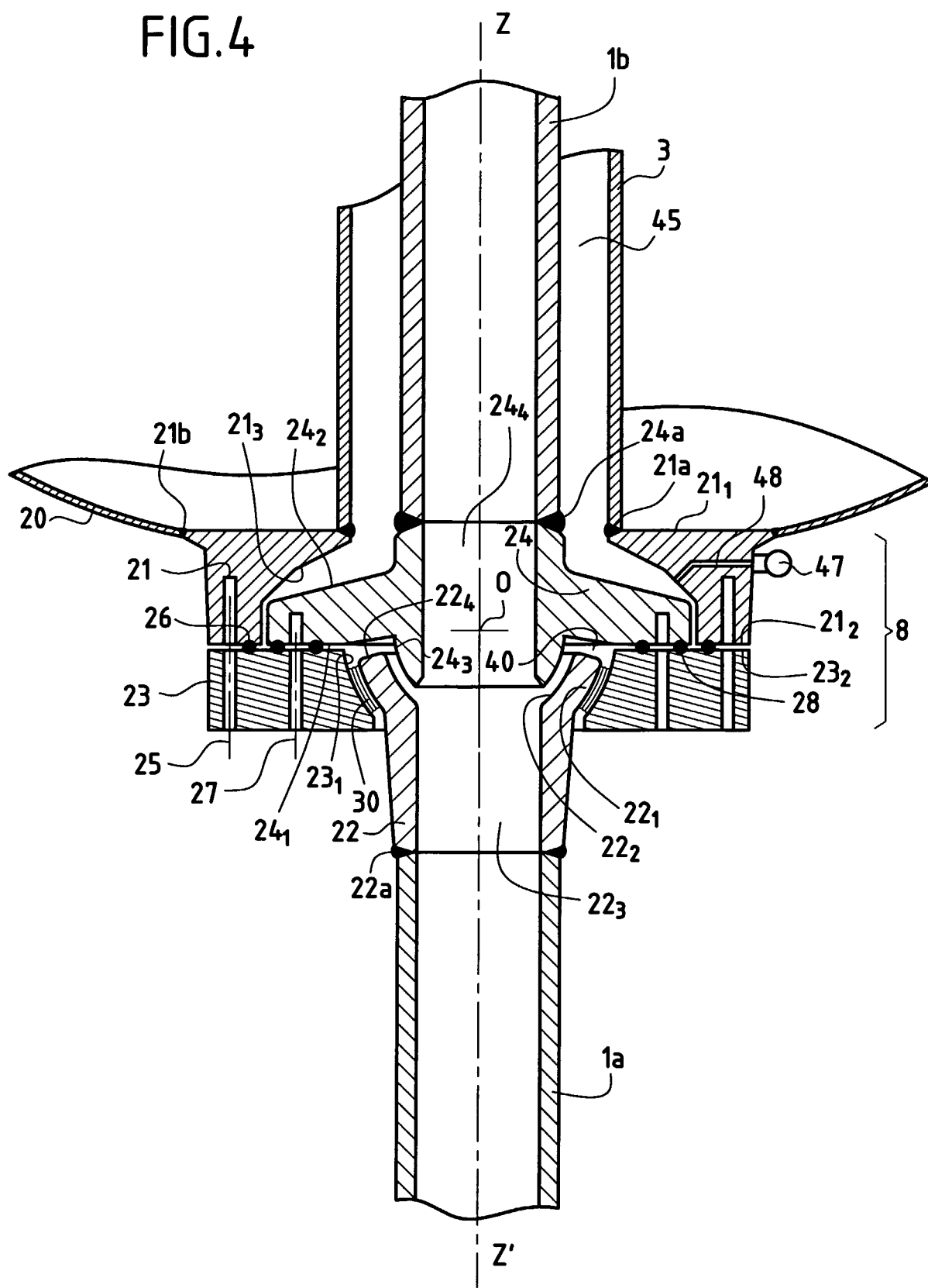


FIG.5

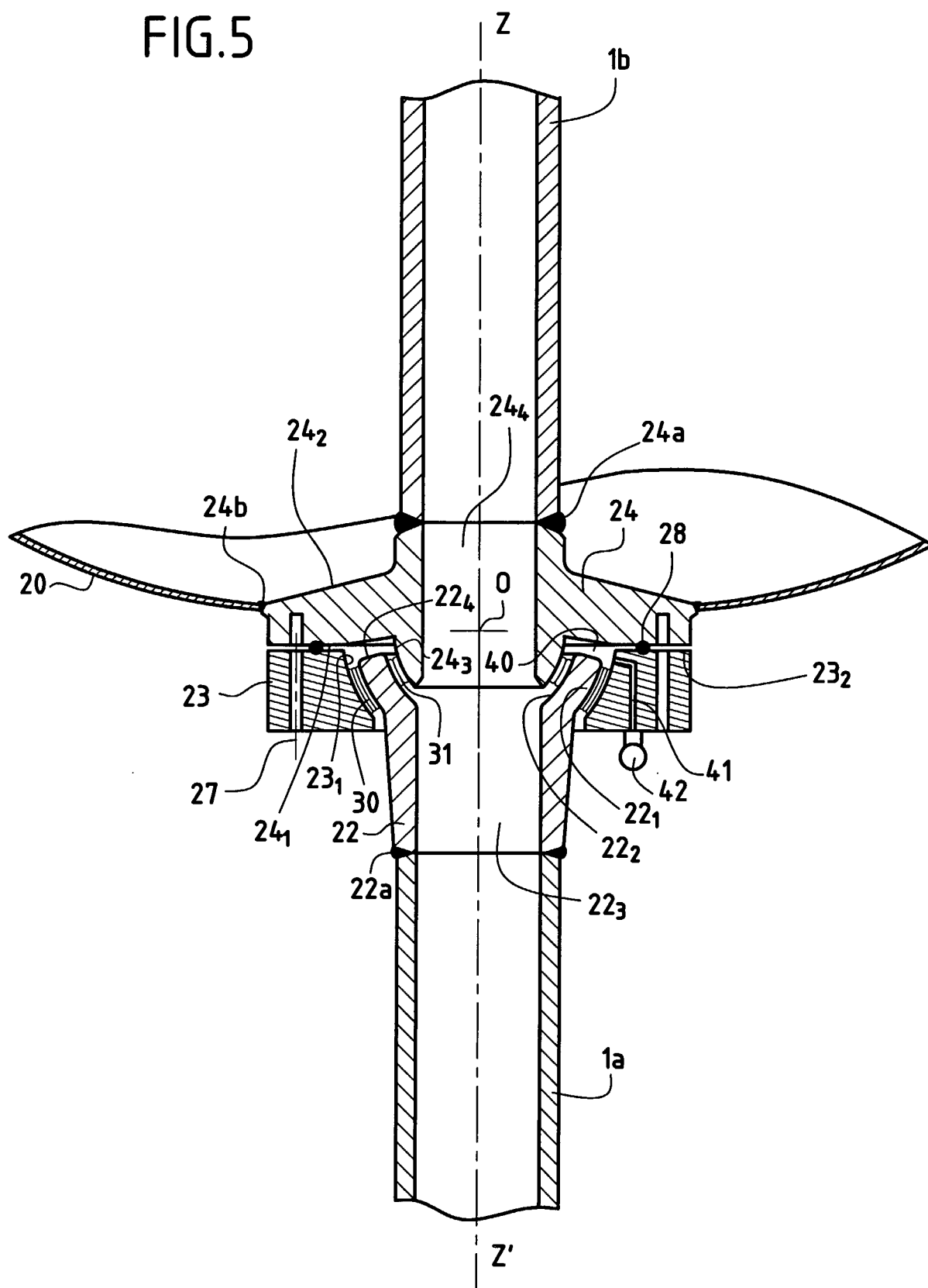


FIG.6

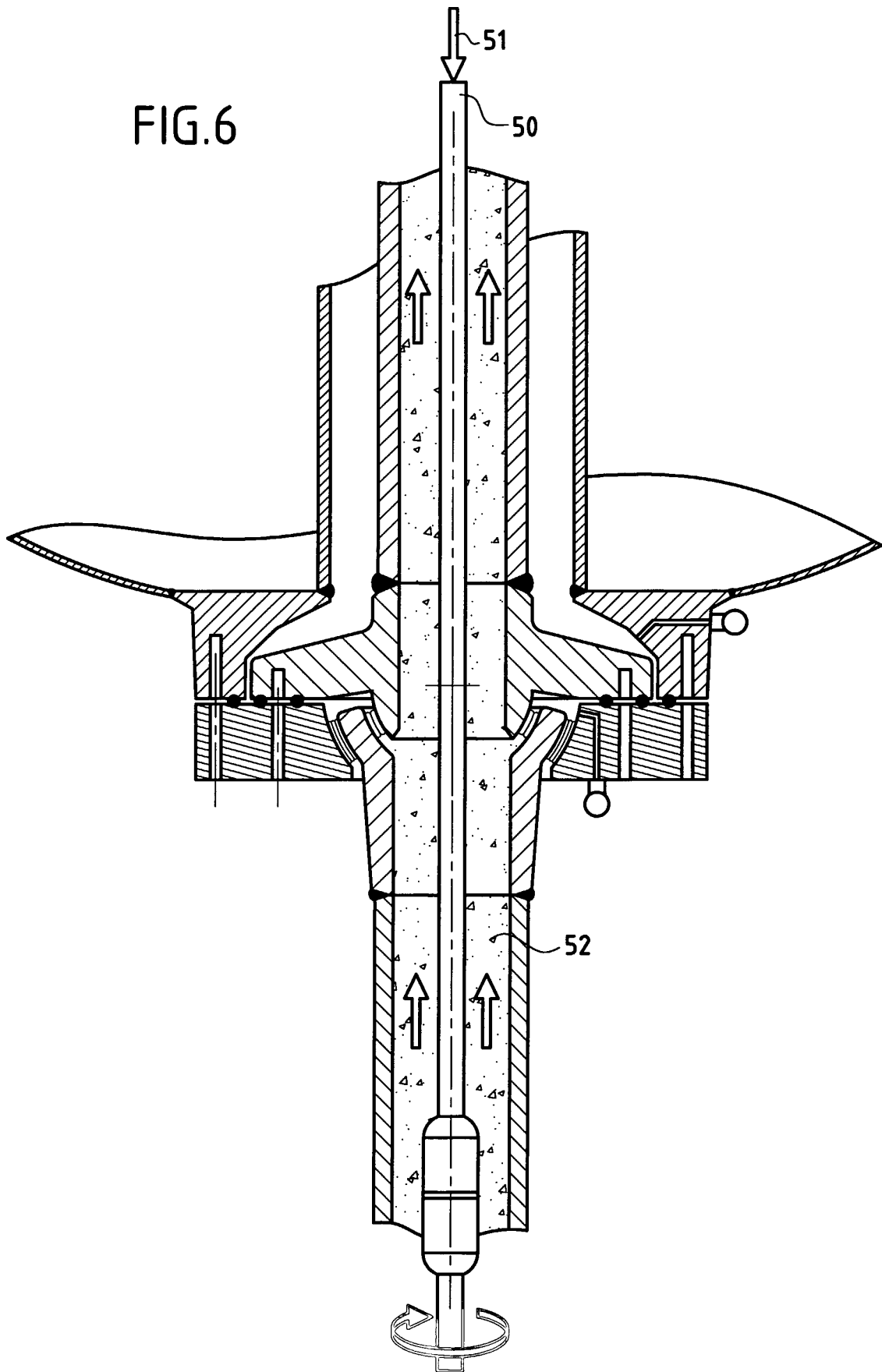
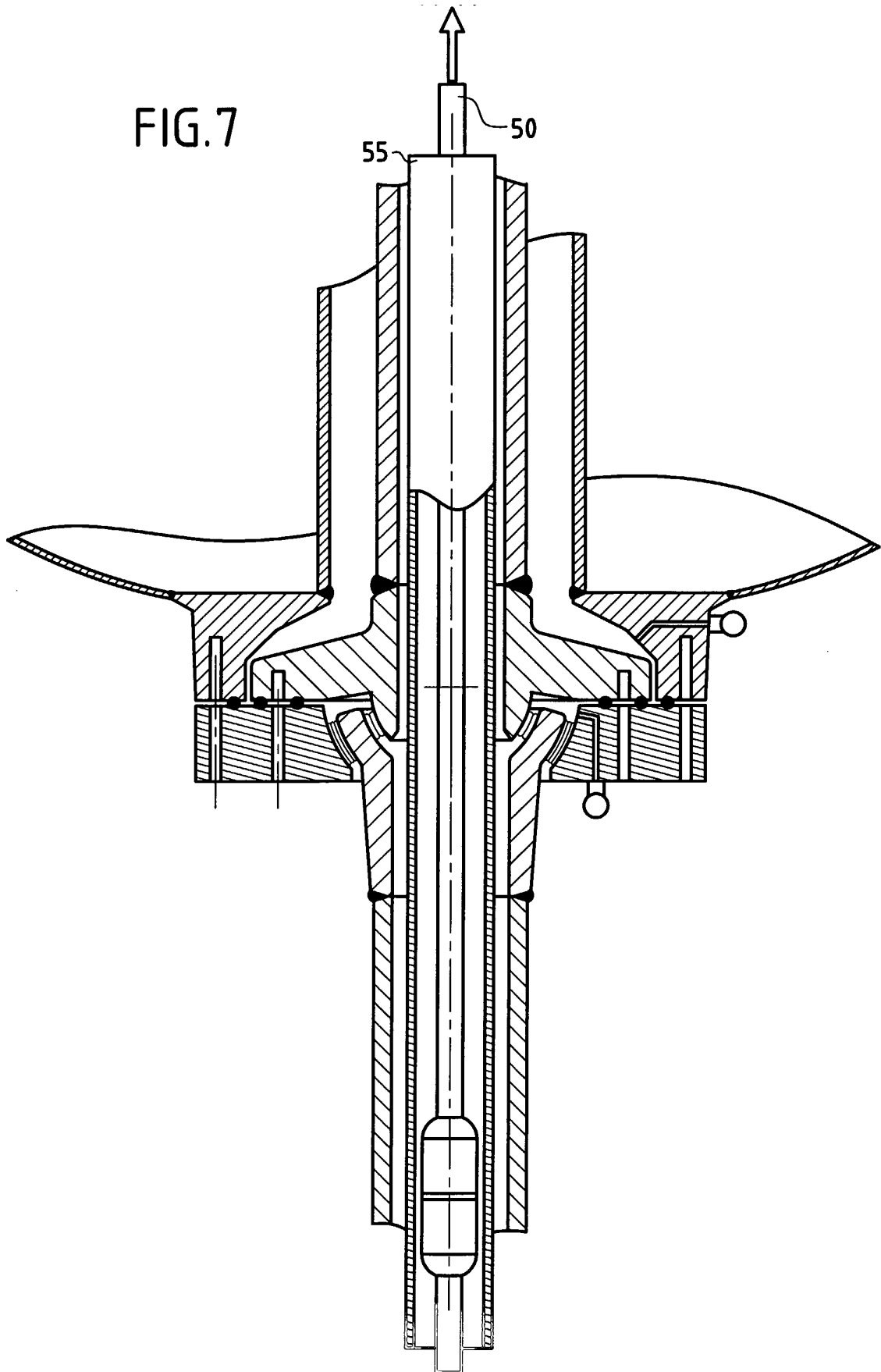
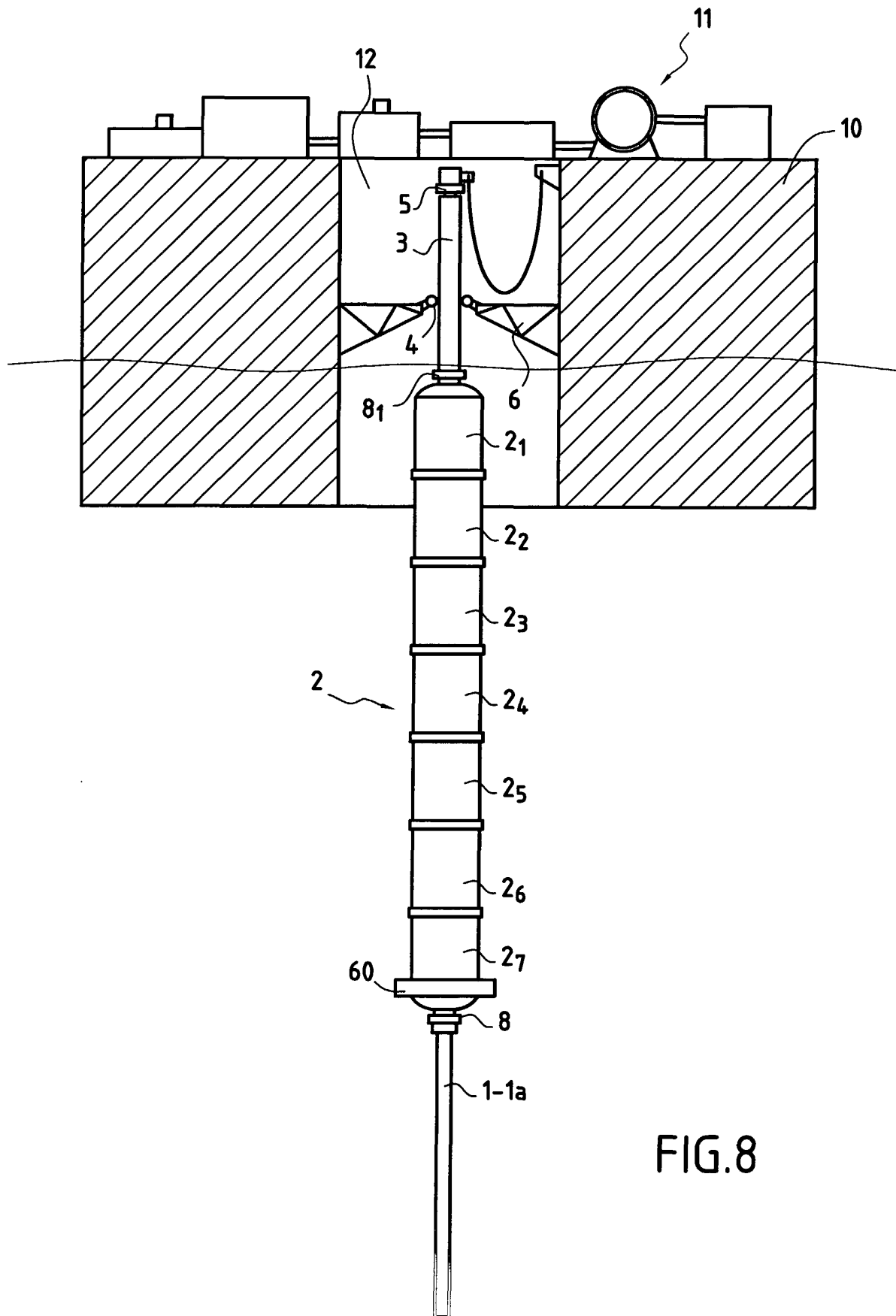


FIG. 7





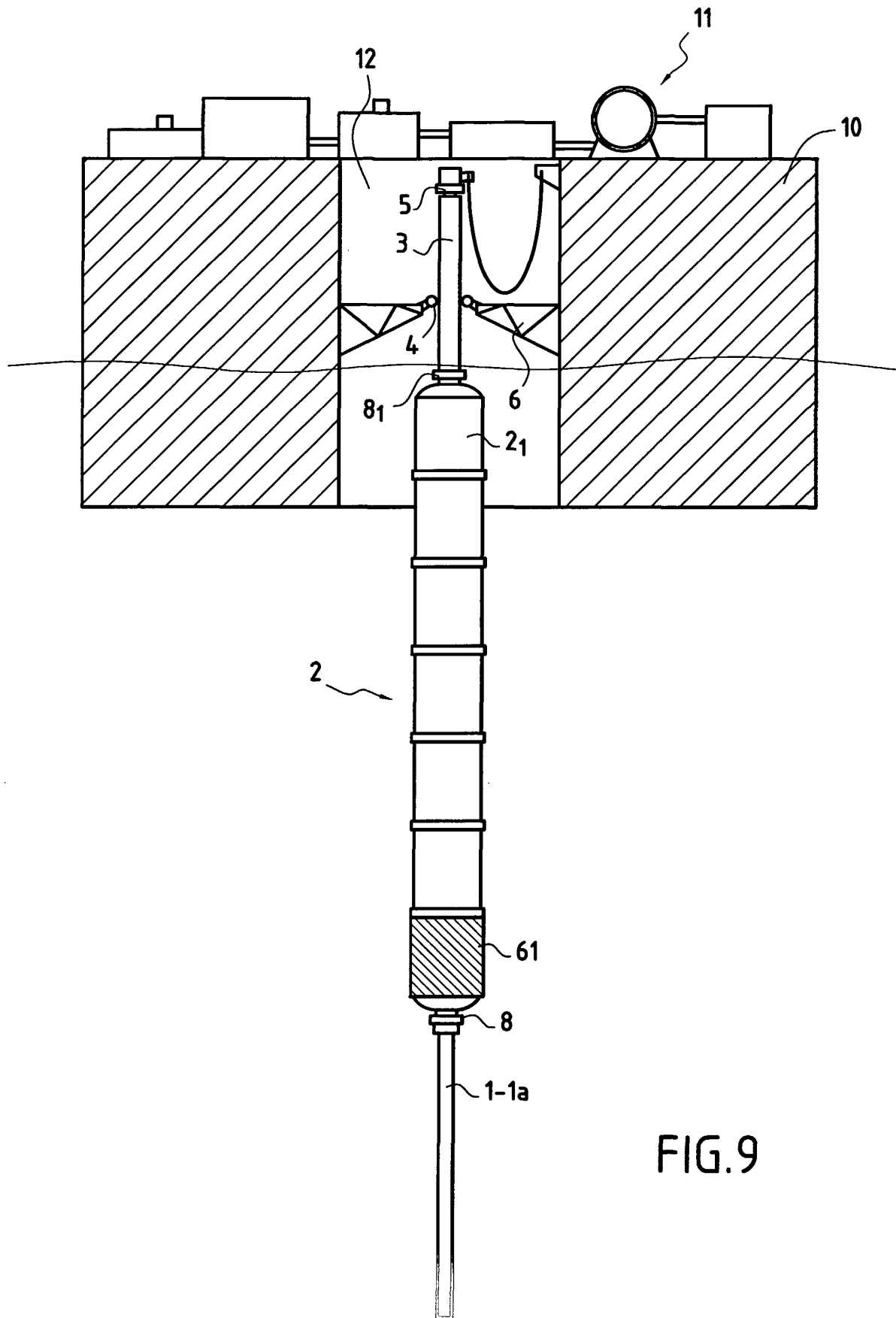


FIG.10

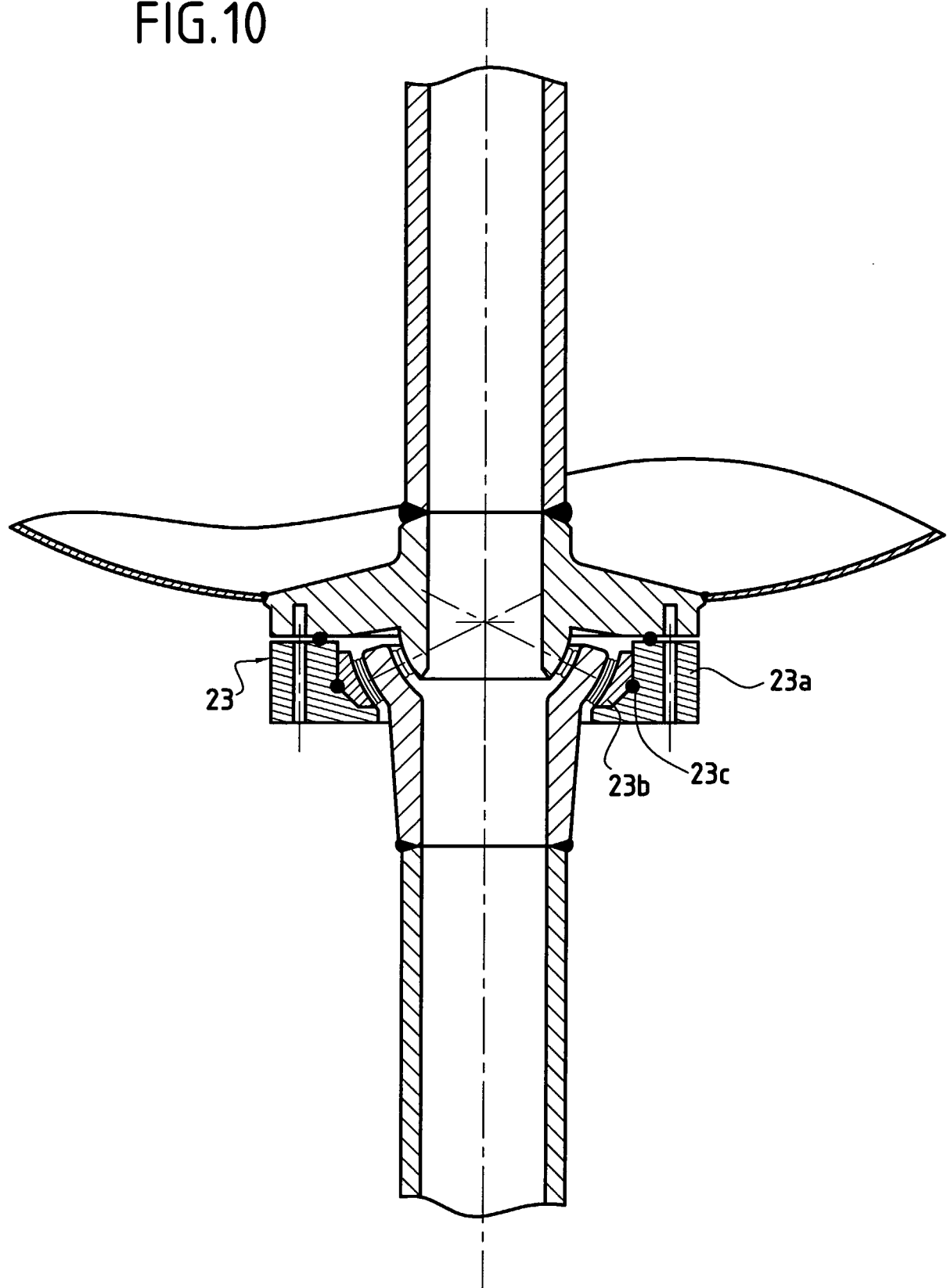
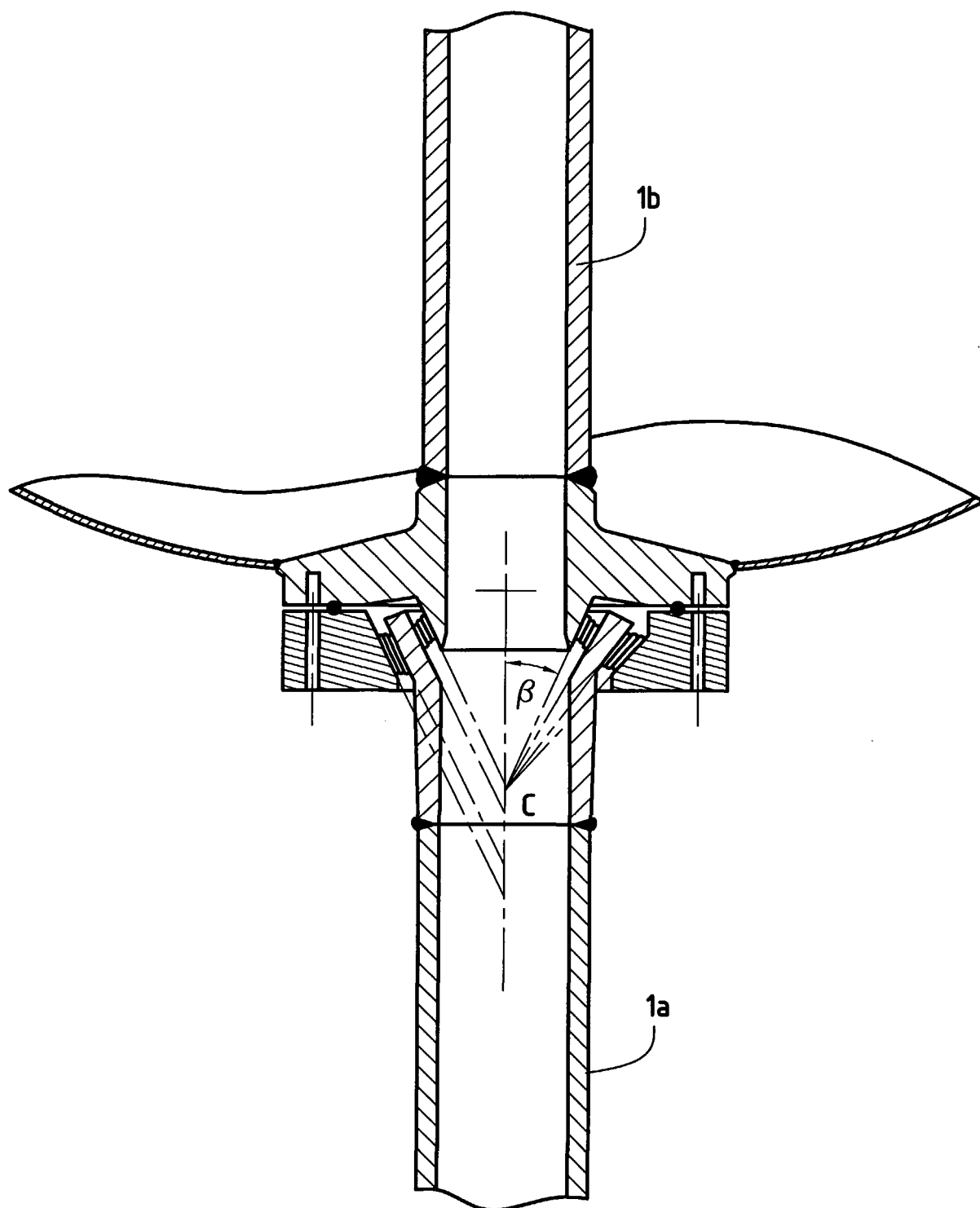


FIG.11



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- FR 2754021 [0007]
- FR 9910417 [0007]
- WO 200111184 A [0007]
- US 3952526 A [0015]
- US 3981357 A [0015]
- WO 200104454 A [0018] [0020] [0021] [0022] [0023] [0039]
- WO 200153651 A [0028] [0061] [0090]