

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 82 12312**

---

(54) Structure d'amarrage en mer.

(51) Classification internationale (Int. Cl. <sup>3</sup>). B 63 B 21/50, 25/08; B 65 G 67/60; E 02 B 17/00;  
E 21 B 15/02.

(22) Date de dépôt..... 13 juillet 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : IT, 16 juillet 1981, n° 22972 A/81.

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 3 du 21-1-1983.

---

(71) Déposant : Société dite : NORSK AGIP A/S. — NO.

(72) Invention de : Roberto Brandi, Francesco Di Lena, Silvestro Vanore, Tor Naess et Paul Schamaun.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Bureau D. A. Casalonga, Office Josse et Petit,  
8, av. Percier, 75008 Paris.

## Structure d'amarrage en mer.

La présente invention se rapporte à l'amarrage de navires en mer, et elle concerne plus particulièrement leur chargement et leur décharge-  
5 ment en liaison avec des canalisations sous-marines posées sur des fonds marins très profonds. La question est particulièrement liée à l'exploitation des champs pétrolifères situés en mer et dans des eaux très profondes, mais la structure d'amarrage suivant la présente invention peut également être utilisée avantageusement dans d'autres cas.

10 L'art antérieur fournit à la question des solutions qui sont basées principalement sur des systèmes de bouées reliées au fond de la mer par des chaînes et des colonnes tubulaires ou en treillis, avec des articulations telles que les raccordements au fond de la mer sont soumis essentiellement à des contraintes de traction.

15 Les contraintes horizontales de traction appliquées à la structure d'amarrage provoquent le déplacement de la bouée de sorte qu'elle est immergée plus profondément. Du fait que les contraintes de traction sont discontinues, la bouée tend à être ramenée dans sa position originale par la poussée de l'eau que crée une immersion plus profonde.

20 A cet égard, on peut citer les réalisations de l'art antérieur, décrites dans les brevets français n°s 2 137 117, 2 159 703, 2 187 596, 2 200 147, 2 307 949, 2 367 654, 2 375 087 et 2 386 758, et dans les brevets américains n°s 3 407 416, 3 614 869 et 3 899 990.

Les systèmes en question présentent de sérieuses difficultés, au  
25 moment du raccordement de la canalisation qui transporte le fluide depuis le fond jusqu'à la surface, en rapport avec l'articulation, en particulier si le fond marin est très profond.

Ce raccordement peut être réalisé au moyen de flexibles qui subissent cependant des contraintes importantes dues à la fois à la fatigue provoquée par les flexions répétées, et à la pression d'écrasement appliquée  
30 lorsque le flexible est vide, cette dernière pression étant susceptible de devenir prohibitive sur les fonds marins très profonds.

Un autre mode possible de raccordement est celui qui utilise des joints articulés.

35 La solution consistant à recourir aux joints articulés est décrite dans de nombreux brevets tels que les brevets français n°s 2 367 000, 2 377 546, 2 348 428, 2 406 746 et le brevet britannique n° 1 549 756.

L'adoption de joints articulés aux grandes profondeurs soulève de nombreuses difficultés dues à la fois à la diversité et à l'importance des

contraintes que les joints sont supposés supporter, et à leur mise en place et à leur entretien.

Les joints de raccordement les plus fréquemment utilisés sont du type à rotule ou de Cardan car ils doivent pouvoir tourner dans tous les 5 sens. L'étanchéité de ces joints est la source de nombreuses difficultés.

Les types de raccordement qui subissent les contraintes les plus importantes, doivent toujours être équipés d'une vanne d'isolement permettant d'effectuer des manipulations sur le joint. Cette vanne, qui est très volumineuse et qui doit pouvoir être commandée automatiquement, est 10 une source de complications et d'augmentation de prix.

Pour ces raisons, en particulier lorsque la structure d'amarrage doit être mise en place à de grandes profondeurs, c'est-à-dire à plus de 200 mètres, les structures suivant l'art antérieur présentent un certain nombre de défauts en ce qui concerne à la fois les opérations nécessaires 15 à leur montage et leur utilisation pratique.

Les difficultés les plus graves se produisent dans l'articulation qui fixe la structure au fond marin, et dans le raccord de la canalisation posée sur le fond marin avec la canalisation qui vient de la surface. Ces organes mobiles sont soumis à des contraintes extrêmement élevées et le 20 coût de leur entretien, ou de leur remplacement en cas de nécessité, est très élevé à la fois au point de vue du fonctionnement et en raison de la perte de production.

A ce propos, il suffit de considérer que, lorsque les installations d'amarrage ne sont pas accessibles pour le chargement de pétrole brut, 25 l'exploitation du champ pétrolifère en mer concerné doit être arrêtée et les pétroliers qui ne peuvent être chargés restent inutilisés.

Au cas où les éléments de transport du fond à la surface sont utilisés pour transporter des boues composées de matières solides en suspension, au lieu d'une phase liquide, les difficultés suscitées par les joints 30 deviennent de plus en plus sérieuses.

Le pétrolier est relié à la structure d'amarrage généralement par l'avant à l'aide d'une ou plusieurs aussières. le bateau peut tourner autour du point d'amarrage de manière à réduire au minimum les fatigues dues à la poussée du vent, aux courants marins et aux vagues qui le frappent et 35 fatiguent donc l'ensemble de la structure d'amarrage.

La structure d'amarrage suivant la présente invention se compose d'une structure verticale à profil très élancé et à section droite variable, caractérisée par une flexibilité élevée et un moment résistant à la flexion qui diminue depuis le bas jusqu'en haut de la structure.

La présente invention sera bien comprise à la lecture de la description suivante faite en relation avec les dessins ci-joints, dans lesquels :

- la figure 1 représente une tour cylindrique à section droite variable ;
- la figure 2 représente une tour cylindrique à structure en treillis ;
- la figure 3 représente un exemple préféré de réalisation de la présente invention dans lequel un flotteur est fixé à la structure verticale élançée ;
- la figure 4 est un schéma de la partie d'extrémité de la structure d'amarrage ;
- les figures 5I à 5X représentent les différents stades de construction et de dressage de la structure d'amarrage suivant la présente invention ; et
- la figure 6 représente schématiquement un système de lestage utilisé pour le remorquage et pour le dressage de la structure d'amarrage.

La structure est constituée d'une tour cylindrique (figure 1) à section droite variable, ou d'une structure en treillis (figure 2), ou d'une combinaison de ces deux modèles de structure. Cette structure verticale est reliée rigidement à un bloc de fondation à base élargie, posé sur le fond marin et dont la stabilité sur ce fond est assurée par son propre poids et (ou) par le fait qu'il est fixé sur le fond marin par des pieux de fondation qui y sont battus.

Cette structure verticale élançée peut être en acier ou en béton armé, ou une combinaison de ces deux matériaux.

En outre, elle peut être stabilisée à l'aide d'un matériau inerte qui est introduit à l'intérieur de la structure avant, ou également après, sa mise à l'eau grâce aux espaces creux spécialement prévus.

La structure verticale émerge et supporte à son extrémité supérieure une table de rotation à laquelle sont fixées les installations nécessaires à l'amarrage et au chargement du navire. En plus de la table de rotation mentionnée ci-dessus et qui permet à la structure de s'orienter dans le sens de traction des aussières lors de l'amarrage du navire, ces installations comprennent un joint rotatif qui permet l'écoulement du fluide quelle que soit l'orientation de la superstructure, et une flèche de chargement pour supporter au-dessus de l'étrave du navire amarré les flexibles de chargement raccordés au joint rotatif.

Par ailleurs, la superstructure peut recevoir d'autres installa-

tions telles que des machines de pompage et de mesure du débit de pétrole brut, des appareils de sécurité et de communications, des abris de secours pour le personnel d'entretien et d'exploitation, et une aire d'atterrissage pour les hélicoptères qui amènent le personnel sur la structure et qui l'en évacuent.

La configuration, la réalisation et l'utilisation de ces installations sont absolument classiques.

Suivant l'exemple préféré de réalisation représenté à la figure 3, à la structure verticale élancée est fixé un flotteur, de préférence à une profondeur  $p$  comme le définit la formule :

$$p = K_1 L$$

dans laquelle  $K_1$  varie de 0,12 à 0,30, de préférence de 0,15 à 0,20,  $L$  est la hauteur totale de la structure d'amarrage, la distance  $p$  étant considérée à partir du haut vers le bas.

Ce flotteur offre de grands avantages. Le premier avantage est de créer, lorsque la structure subit une sollicitation, un moment de réaction qui tend à ramener la structure dans sa position verticale. Ensuite, la surface du flotteur joue le rôle d'un élément d'amortissement hydrodynamique qui s'oppose aux mouvements oscillants de la structure.

En outre, la poussée verticale du liquide a pour effet d'atténuer considérablement les contraintes combinées de flexion et de compression qui sont importantes dans une structure aussi élancée.

Dans l'exemple de réalisation que l'on va décrire maintenant, la variation des sections droites résistantes le long de l'axe de la structure, dans la partie comprise entre le flotteur et le point où la structure d'amarrage est reliée au bloc de fondation, est donnée par la formule :

$$\frac{J}{J_0} = 1 + K_2 \left[ \frac{x}{L_0} \right]^2$$

dans laquelle (figure 3)  $J$  est le moment d'inertie à la flexion de la section droite concernée, située à une distance  $x$  du flotteur,  $J_0$  le moment d'inertie à la flexion de la section droite à la jonction de la structure et du flotteur,  $L_0$  la distance entre le flotteur et le point auquel la structure est reliée au bloc de fondation, et  $K_2$  un coefficient numérique (sans dimensions) compris entre 1,6 et 2,5, et de préférence entre 1,9 et 2,1.

Cette loi de variation, exprimée par la formule indiquée plus haut, permet d'utiliser les matériaux suivant des coefficients constants et d'éviter un gaspillage ou un surdimensionnement des éléments.

En pratique, on construit la structure élançée au moyen de parties distinctes ayant en section droite des dimensions constantes. L'allure des moments d'inertie à la flexion, et donc des moments résistants (à la flexion) le long de l'axe vertical de la structure d'amarrage, est donc celle d'une ligne brisée conformément à la formule donnée ci-dessus.

Dans le cas où la structure se compose d'éléments tubulaires, on peut obtenir la variation du moment d'inertie à la flexion en donnant aux divers éléments distincts des diamètres et (ou) des épaisseurs de paroi différents.

10 Dans le cas où la structure est construite au moyen d'éléments en treillis, on fera varier les caractéristiques de rigidité de ces derniers en modifiant la conception et (ou) les sections droites des éléments individuels du treillis.

Une particularité tout à fait caractéristique de la structure d'amarrage suivant la présente invention est que la structure élançée émergeante qui constitue, avec le bloc de fondation et les aussières d'amarrage, l'élément de base pour amarrer le pétrolier au fond de la mer, et qui est également une structure de support des équipements nécessaires aux opérations d'amarrage et de chargement, est fixée rigidement à la fon-  
20 dation et, en raison de la répartition des moments d'inertie le long de la structure, présente un comportement statique et dynamique qui est extrêmement avantageux.

Ces comportements sont radicalement différents de ceux des structures suivant l'art antérieur, décrites ci-dessus.

25 La structure suivant la présente invention a un comportement statique qui correspond à une caractéristique de rebondissement élastique de la structure, qui est fonction de la contrainte d'amarrage comprise de manière caractéristique entre 6 et 20 tonnes par mètre de déplacement (au niveau du point d'amarrage proprement dit) en conformité avec les condi-  
30 tions d'environnement et les dimensions du navire concerné.

Cette déformabilité structurelle s'est avérée très utile à la fois pour limiter les efforts de traction dans les aussières lorsque le navire est amarré (et donc exposé aux poussées des vagues et du vent) et exerce donc des tractions suivies de relâchements, et pour limiter les contraintes dues aux chocs provoqués au cas où le navire heurte accidentellement la structure lorsqu'il s'approche du point d'amarrage pour mettre en place les aussières d'amarrage et les flexibles de chargement du pétrole brut.

Le comportement dynamique de la structure, en particulier pour

des utilisations sur des fonds marins très profonds tels que ceux qui dépassent 300 mètres, est nettement particulier.

En fait, la structure présente un premier mode naturel d'oscillation, indiqué en A à la figure 3, dont la période est supérieure à 35 secondes, c'est-à-dire une période supérieure à la période maximum connue par les observations océanographiques.

La structure en question possède un deuxième mode d'oscillation indiqué en B à la figure 3, qui a, comme les modes d'oscillation d'ordre supérieur, une période propre qui est inférieure à 7 secondes, c'est-à-dire inférieure à la période des vagues éventuelles de faible période mais avec une force d'impact significative. Le flotteur 15 est représenté également à la figure 3.

Le profil élancé caractéristique de la structure suivant la présente invention assure à la structure une résistance appropriée en comportement statique pour le premier mode d'oscillation, et un faible coefficient d'amplification dynamique pour tous les modes d'oscillation.

Ceci est dû au fait que les périodes éventuelles propres d'oscillation sont très différentes du champ des périodes des vagues éventuelles ayant une force d'impact élevée.

Ainsi, on empêche l'apparition de phénomènes importants de résonance et, en conséquence, l'apparition de fatigue aux points de concentration des contraintes.

Afin de se rendre clairement compte de ce comportement relatif aux contraintes dynamiques, il convient de considérer que la structure élancée suivant la présente invention subit des contraintes de nature cyclique provoquées par les conditions d'environnement telles que les mouvements des vagues, les tractions des aussières d'amarrage et la poussée du vent.

Une structure élastique soumise à des contraintes pulsatoires peut vibrer selon un très grand nombre de modes d'oscillation qui s'identifient par le fait que les lignes de déformation élastique maximum comportent un nombre croissant de "noeuds", c'est-à-dire de points d'intersection avec la ligne verticale qui est la forme prise dans l'état non perturbé.

A la figure 3, on a représenté les deux premiers modes d'oscillation qui sont les plus significatifs au point de vue de la valeur énergétique des contraintes.

Dans les zones géographiques les plus intéressantes, la répartition des périodes des vagues, pour des vagues qui recèlent l'énergie la plus significative, s'échelonne entre 6 et 20 secondes. Pour empêcher des phénomènes de renforcement dynamique des oscillations de la structure, il

faut que la période propre d'oscillation de la structure, suivant l'un quelconque de ses modes possibles d'oscillation, soit la plus éloignée possible des périodes propres des vagues qui la frappent.

Pour éviter des phénomènes de résonance du genre mentionné ci-dessus, les structures d'amarrage en mer suivant l'art antérieur ont des périodes propres de vibrations qui sont raisonnablement inférieures pour les forces significatives créées par les vagues. Les déplacements maxima de ces structures sont proches des conditions de charge statique, relativement à la valeur des forces des vagues à chaque instant.

10 Cette exigence implique une structure beaucoup plus rigide ainsi que l'utilisation de matériaux de construction en plus grande quantité.

Par contre, en ce qui concerne la structure suivant la présente invention, pour le premier mode d'oscillation indiqué par A à la figure 3 et dans le cas d'utilisation pratique réelle en eaux profondes (250 m à 15 500 m de profondeur), la structure comme telle possède une période propre d'oscillation qui est beaucoup plus longue que celle des vagues les plus longues, c'est-à-dire des vagues dont la période est la plus longue. Dans ces conditions, la structure se comporte comme une structure flexible ou déformable, c'est-à-dire une structure dont les déformations élastiques lui 20 permettent d'accompagner les variations du champ des forces créées par les vagues, ce qui diminue donc la valeur des forces hydrodynamiques qui sont transmises effectivement à la structure.

Pour le deuxième mode d'oscillation indiqué par B à la figure 3 et plus encore pour les modes d'oscillation d'ordres élevés, la période 25 propre de la structure est plus courte que celle des vagues de faibles périodes mais qui recèlent encore une énergie considérable, de sorte que ces vagues peuvent appliquer des contraintes significatives à la structure.

Ce fait se produit principalement dans le champ des vagues et, donc, des charges qui sont capables de faire subir à la structure des con- 30 traintes de fatigue, à cause du nombre élevé de probabilités d'avoir affaire à des vagues qui présentent ces caractéristiques.

La position particulière du flotteur est telle qu'elle a pour effet d'augmenter la période propre relativement au mode d'oscillation A car ce mode influence favorablement les caractéristiques d'inertie du sys- 35 tème élastique représenté par la structure en question. Par contre, pour le deuxième mode d'oscillation, étant donné que le flotteur est disposé près d'un noeud de la ligne de déformation élastique maximum, ce flotteur n'influence pas considérablement les caractéristiques du système, de sorte que la période d'oscillation relative à ce mode n'est virtuellement pas



affectée.

A titre d'illustration, on décrira maintenant quelques exemples possibles de réalisation de la structure suivant la présente invention.

A la figure 1, la structure élancée 1 qui émerge, est fixée rigi-  
5 dement à un bloc 2 de fondation qui est constitué d'un treillis composé d'éléments tubulaires.

La section droite 3 est la section qui contient un raccordement à insertion rigide dans le bloc de fondation et sa rigidité est plus grande que celle des autres sections droites, depuis la base jusqu'au sommet de la  
10 structure.

Le bloc 2 de fondation s'appuie sur le fond marin par l'intermédiaire des socles 4 de fondation (trois dans la configuration représentée dans les exemples).

Le poids de la structure, complété par du lest, est suffisant pour  
15 s'opposer aux réactions en bout, aux forces normales et aux moments de retournement dus au poids de la structure, aux causes extérieures en action et aux conditions de l'environnement telles que la force du vent, les courants, les vagues, ou aux conditions d'exploitation telles que les tractions des aussières d'amarrage, les surcharges accidentelles et autres causes.

20 Au lieu d'utiliser leur poids propre, on peut fixer les socles 4 à des pieux enfoncés dans le fond marin par battage à l'aide d'un marteau sous-marin, suivi d'une injection de ciment.

La table de rotation 5 est fixée à l'extrémité supérieure de la structure élancée qui émerge, et cette table supporte la superstructure 6  
25 et les équipements de service symbolisés schématiquement, c'est-à-dire l'aussière 7 d'amarrage, la flèche 8 de chargement, les flexibles 9 pour transférer le pétrole brut dans le pétrolier amarré et l'aire 11 d'atterrissage pour hélicoptères.

Une ou plusieurs canalisations verticales 12, logées dans la  
30 structure verticale et reliant le fond à la surface, sont branchées sur la canalisation posée sur le fond marin 13. Le système de raccordement de ces deux tronçons de canalisation mentionnés ci-dessus peut être effectué par un joint soudé placé dans un compartiment étanche 14 qui peut être maintenu sous la pression atmosphérique et auquel l'opérateur peut accéder au moyen  
35 de cloches du type caisson.

La figure 2 illustre le cas d'une structure élancée réalisée par une construction en treillis à mailles ouvertes.

On a adopté pour cette figure les mêmes numéros de référence que pour la figure 1 et la description en est la même.

La figure 4 représente schématiquement l'extrémité de la structure d'amarrage.

La partie d'extrémité supérieure de la structure 1 est reliée à la superstructure 6 par la table de rotation 5, ou roulement, qui permet des 5 rotations autour de l'axe vertical.

La canalisation verticale 12 de transport du produit est équipée d'un dispositif 16 permettant de saisir et d'introduire les râcleurs utilisés pour nettoyer la paroi intérieure de la canalisation, et autorisant le déplacement de la conduite, ce dispositif comportant une vanne 17 d'accès 10 et un circuit pneumatique 18 haute-pression.

La canalisation 12 communique, par l'intermédiaire de la vanne 19 d'isolement, avec le joint hydraulique rotatif 20 placé sur l'axe de rotation de la superstructure 6 pour raccorder la conduite 21 supportée par la flèche 8 de chargement. Un flexible 9 est également prévu.

15 Pendant les opérations de chargement, le flexible 9 est raccordé, à son tour, aux tuyauteries 22 de chargement du pétrolier 10, au moyen du joint 23 à blocage rapide.

L'aussière 7 d'amarrage relie la superstructure 6 au pétrolier 10.

Lorsqu'aucune opération de chargement n'est en cours, on laisse le 20 flexible 9 pendre verticalement avec, à son extrémité, un câble 24 qui permet de tirer le flexible à bord.

On verra, d'après la description qui précède, que l'avantage significatif de la structure suivant la présente invention réside dans le fait que sa partie immergée est entièrement monolithique et, comme telle, 25 elle ne nécessite aucune construction compliquée ni aucunes opérations spéciales d'entretien hydraulique et mécanique des parties immergées, ce qui constituait le point critique des structures classiques utilisées jusqu'à présent.

La structure suivant la présente invention peut être construite à 30 la fois simplement et économiquement. On décrira ci-dessous une procédure de dressage ainsi qu'une procédure de construction, à titre d'exemple seulement et sans aucune limitation. Cette description fera apparaître tout à fait clairement la facilité et la simplicité de la construction.

On se reportera maintenant à la figure 5. Les stades de construction 35 et de dressage sont les suivants. Au stade I, la structure verticale et son bloc de fondation, construits dans un chantier naval, se présentent sous la forme de parties séparées et de longueur appropriée. Au stade II, ces parties sont mises à l'eau séparément et reliées structurellement lorsqu'elles sont à flot, l'opération étant effectuée à l'abri d'un batardeau.

Au stade III, la structure est reliée ensuite en plusieurs points à des flotteurs auxiliaires, au moyen de câbles ou de chaînes, et on la lest par l'intermédiaire de vannes de noyage appropriées, en la remplissant partiellement d'eau jusqu'à ce qu'on obtienne une position horizontale stable immergée.

La structure est remorquée (stade IV) dans cette position jusqu'au lieu de sa mise en place, le transport en position immergée réduisant au minimum l'action de flexion dynamique et donc les contraintes appliquées à la structure.

10 Dès que le lieu du dressage a été atteint, on remet la structure en état de flotter (stade V) en enlevant la surcharge, par exemple en chassant l'eau de lest qui a été introduite au cours du stade III, au moyen d'air comprimé amené par des flexibles de la barge de pose ; ensuite, les flotteurs auxiliaires sont détachés de la structure.

15 Au stade VI, quelques compartiments de la structure sont progressivement remplis d'eau de manière à la faire basculer jusqu'à ce qu'elle atteigne une position verticale stable de flottement. Une injection supplémentaire d'eau de lest, au stade VII, permet de faire reposer la structure sur le fond de la mer.

20 Si on adopte la solution utilisant le poids, du lest solide est introduit, au stade VIII, dans les socles de fondation pour réaliser la stabilisation statique de l'ensemble de la structure ; en variante, les socles peuvent contenir par avance la quantité nécessaire de lest qui assurera la stabilité sur le fond lorsque la mise en place sera terminée. Dans  
25 ce cas, les socles de fondation comportent des flotteurs qui permettent de remorquer les socles à flot et de les remplir d'eau ensuite pendant les opérations de mise en place.

On peut également assurer la stabilité sur le fond marin en fixant le bloc de fondation à des pieux battus dans le sol de ce fond de la mer et  
30 cimentés ensuite à ce bloc.

Au cours des stades suivants, les structures intermédiaires sont montées à l'aide d'une grue fixée sur un ponton (stade IX) et le raccordement avec la canalisation du fond de la mer est effectué à l'aide d'un équipement du type caisson (stade X).

35 La figure 6 illustre schématiquement un système de lestage qui est utilisé pour les opérations décrites ci-dessus, à la fois pour le remorquage et pour le dressage de la structure. Selon ce système, de l'eau est d'abord introduite pour constituer le lest, et ensuite des solides dans le même but.

Pour des raisons pratiques, le matériau constituant le lest solide est de préférence réduit à l'état de boues dans l'eau et il se présente sous une forme divisée telle que des grains de dimensions distinctes, des cailloux ou de la poussière de grès grossière. L'eau utilisée pour le transport est rejetée ensuite par des vannes de décharge.

Un flexible 25 est relié, par un joint 26 à blocage rapide, au système répartiteur 27. A partir de ce système, au moyen de vannes 28 commandées à distance, on peut envoyer le lest liquide ou solide dans les compartiments prévus de lestage placés sur la structure, en mettant en action la pompe 29 et la vanne 30 installées toutes deux à bord du pétrolier.

Les vannes 31 sont utilisées pour faire échapper l'air et (ou) pour rejeter le fluide de transport dans le cas où on utilise un lest solide sous forme de boues aqueuses.

La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits, elle est au contraire susceptible de variantes et de modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art.

# RE V E N D I C A T I O N S

1. Structure pour amarrer et charger des navires en mer, comprenant une partie émergée équipée d'installations d'amarrage et de chargement et une partie immergée, caractérisée en ce que la partie immergée est  
5 monolithique et constituée d'un bloc rigide élargi (2) de fondation et d'une structure verticale (1) très élancée dont le moment résistant à la flexion diminue depuis le bloc (2) de fondation jusqu'à la surface de la mer.

2. Structure pour amarrer des navires en mer suivant la revendication 1 caractérisée en ce qu'un corps creux flottant (15) est rigidement introduit dans la structure verticale élancée et est complètement immergé au voisinage de son extrémité supérieure.

3. Structure d'amarrage en mer suivant la revendication 2, caractérisée en ce que le centre de poussée de ce corps creux est situé à une  
15 profondeur comprise 12 % et 30 %, et de préférence entre 15 % et 20 % de la profondeur de la section droite dans laquelle la structure élancée est reliée au bloc (2) de fondation.

4. Structure d'amarrage en mer suivant les revendications précédentes, caractérisée en ce que le moment d'inertie à la flexion de cette  
20 structure verticale très élancée est augmenté dans la partie comprise entre le flotteur et le point de jonction avec le bloc de fondation suivant la formule

$$\frac{J}{J_0} = 1 + K_2 \left[ \frac{x}{L_0} \right]^2$$

25 dans laquelle (figure 3) J est le moment d'inertie à la flexion d'une section droite située à une distance x du flotteur,  $J_0$  le moment d'inertie de la section droite au point de jonction avec le flotteur,  $L_0$  la longueur de la partie comprise entre le flotteur et le point de jonction avec le bloc de fondation, et  $K_2$  un coefficient (sans dimension) compris entre 1,6 et  
30 2,5, et de préférence entre 1,9 et 2,1.

5. Structure d'amarrage en mer suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que sa partie verticale est constituée d'une structure cylindrique dont la surface en section droite est variable dans le sens longitudinal.

35 6. Structure d'amarrage en mer suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que sa partie verticale se compose d'une structure en treillis à trois dimensions.

7. Structure d'amarrage en mer suivant les revendications précédentes, caractérisée en ce que, dans sa partie verticale, des éléments

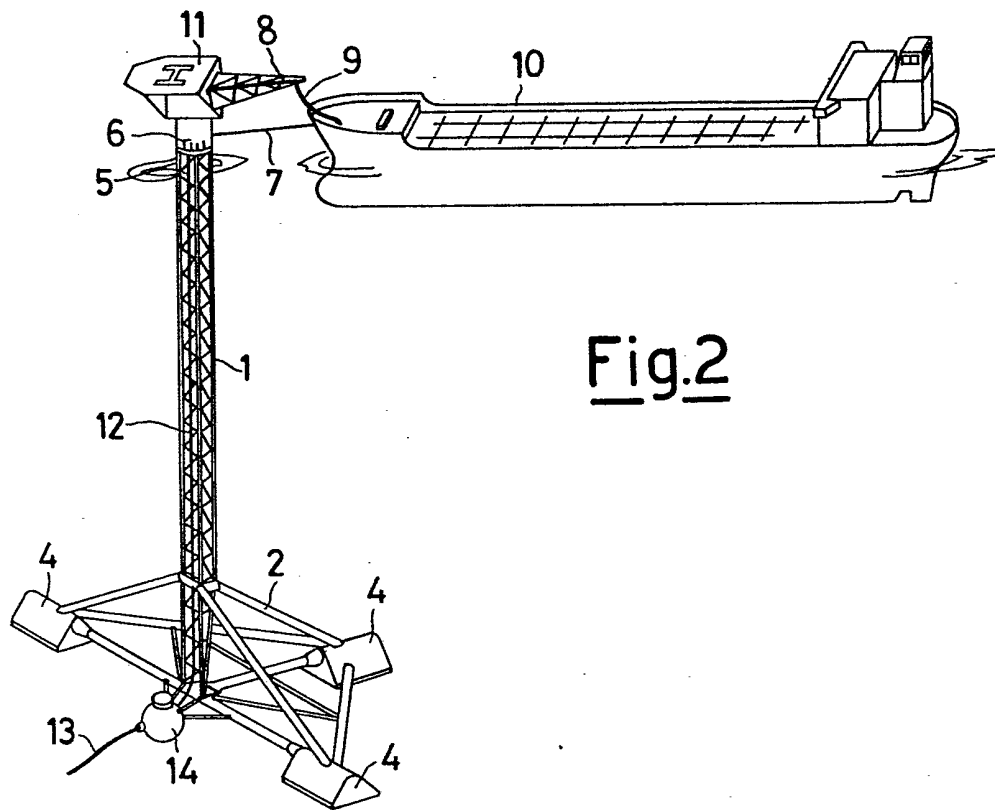
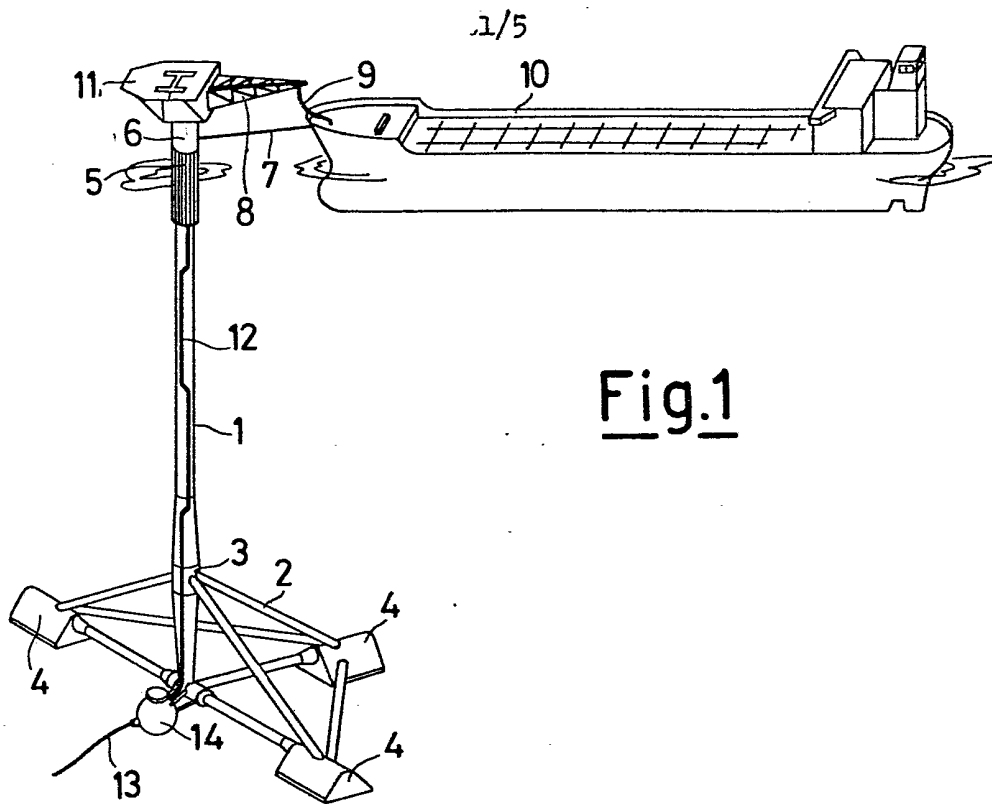
constituants cylindriques sont associés aux éléments constituants du treillis.

8. Structure d'amarrage en mer suivant les revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle est constituée en acier et (ou) en béton armé.

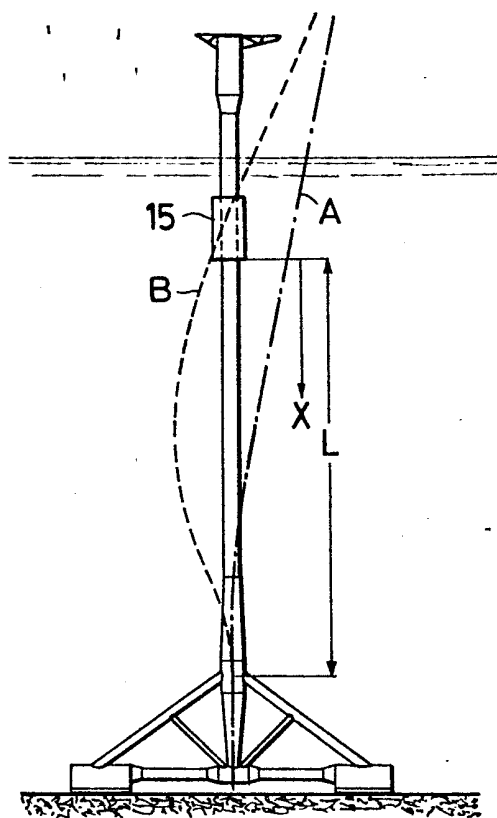
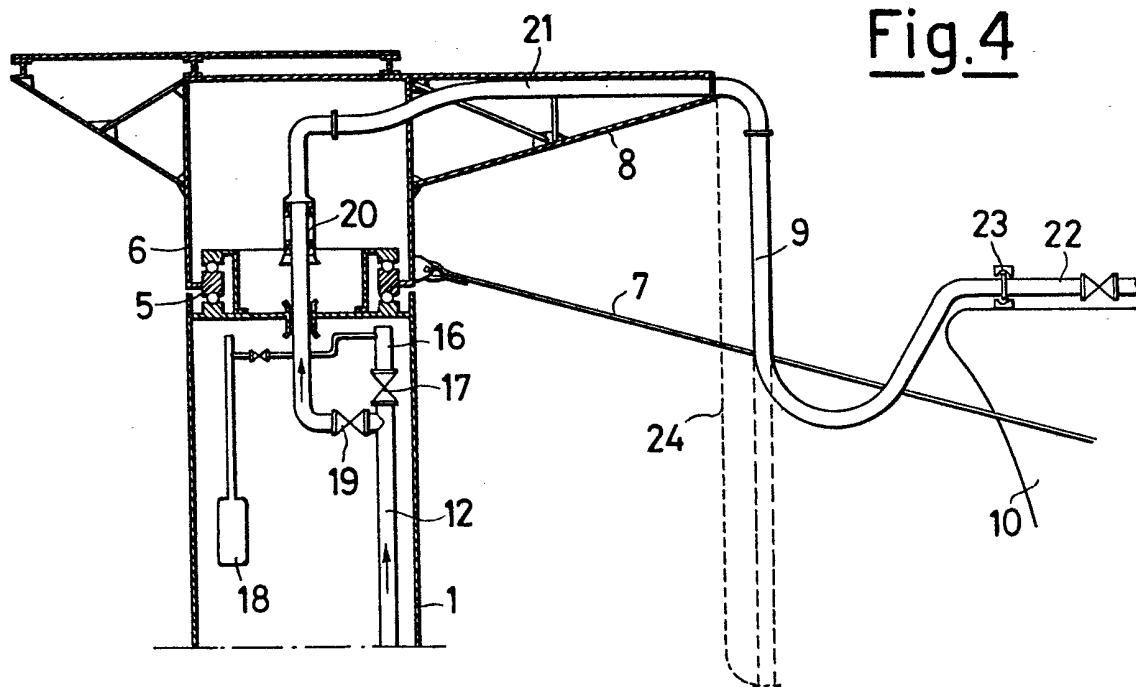
9. Structure d'amarrage en mer suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le bloc de fondation est posé sur le fond marin et fixé sur ce dernier par l'introduction d'un matériau solide de lestage dans un espace creux du bloc de fondation et (ou) de la structure verticale, ce matériau de lestage ayant la forme de corps finement broyés, transportés sous une forme biphasée solide-eau.

10. Structure d'amarrage en mer suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle est équipée de compartiments creux pour l'introduction de lests solides et (ou) d'eau, ces compartiments disposant de moyens pour rejeter les fluides.

11. Structure d'amarrage en mer suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le bloc de fondation est fixé sur le fond marin par des pieux battus dans le sol de ce fond marin et réunis au bloc de fondation par des injections de ciment.



2/5

Fig. 3Fig. 4



3/5

Fig.5

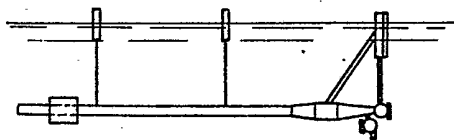
I



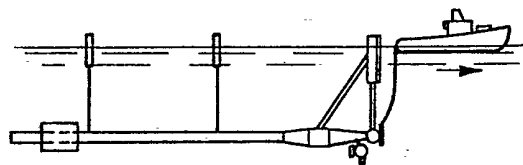
II



III



IV



V



4/5

Fig.5