

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 654 564 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
08.10.1997 Bulletin 1997/41

(51) Int Cl.⁶: **E02B 17/02, E02B 17/00**

(21) Numéro de dépôt: **94402388.6**

(22) Date de dépôt: **24.10.1994**

(54) **Procédé pour installer le pont d'une plate-forme marine sur une structure support en mer**

Verfahren zur unterwasser Installation einer Ölplattform auf einer Tragekonstruktion

Method for installing an oil platform on a supporting structure offshore

(84) Etats contractants désignés:
BE DE DK ES GB IE IT NL PT

• **Labbe, Jean-Paul**
F-92300 Levallois Perret (FR)

(30) Priorité: **29.10.1993 FR 9312926**

(74) Mandataire: **Lefebure, Gérard**
Office Blétry
2, boulevard de Strasbourg
75010 Paris (FR)

(43) Date de publication de la demande:
24.05.1995 Bulletin 1995/21

(73) Titulaire: **ETPM S.A.**
F-92000 Nanterre (FR)

(56) Documents cités:
FR-A- 2 516 112 **NL-A- 8 701 804**
US-A- 4 848 967 **US-A- 5 219 451**

(72) Inventeurs:
• **Hoss, Jean-Louis**
F-95110 Sannois (FR)

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 8, no. 22**
(M-272) (1459) 31 Janvier 1984 & JP-A-58 181 916
(NIPPON KOKAN) 24 Octobre 1983

EP 0 654 564 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention concerne un procédé pour installer le pont d'une plate-forme marine sur une structure support en mer, ainsi qu'un pont équipé de moyens permettant son installation sur la structure support (voir p.ex. le FR-A-2 516 112).

Dans le cadre de la présente description, on appelle "pont" tout type de superstructure d'une plate-forme installée en mer. Le pont comporte habituellement plusieurs jambes tubulaires verticales, en acier ou en béton ou en partie en acier et en partie en béton, qui sont posées et fixées sur une structure support. L'expression "structure support" désigne tout type d'infrastructure parfois appelée "jacket" dans ce domaine de la technique et destinée à supporter le pont de la plate-forme marine. En service, la structure support peut être entièrement ou partiellement immergée et elle peut ou non reposer sur un fond marin. La structure support comporte habituellement un nombre de piles et/ou de membrures tubulaires verticales ou sensiblement verticales qui correspond au nombre de jambes du pont. Lesdites membrures tubulaires de la structure support, encore appelées "jambes", seront appelées "membrures verticales" dans le présent mémoire descriptif par souci de simplification, étant entendu que ces membrures peuvent être réellement verticales ou légèrement inclinées par rapport à la verticale ou encore en partie verticales et en partie inclinées par rapport à la verticale. Les piles et/ou membrures verticales peuvent être en métal ou en béton ou en partie en métal et en partie en béton. En outre, dans le cadre de la présente description, on appelle "barge" tout type d'engin flottant ballastable susceptible de transporter le pont d'une plate-forme marine.

Le pont et la structure support d'une plate-forme marine sont habituellement préfabriqués séparément à terre ou dans une cale sèche ou dans une forme de radoub, et ils sont ensuite convoyés ou remorqués séparément jusqu'à un site en mer où ils sont ensuite assemblés l'un à l'autre. Le site d'assemblage peut être le site d'utilisation de la plate-forme ou tout autre site choisi pour avoir une profondeur d'eau suffisante et des conditions de mer relativement calme.

Plusieurs techniques ont déjà été proposées pour installer le pont d'une plate-forme marine sur une structure support en mer. Une technique connue est par exemple décrite dans l'article intitulé "Offshore Installation of an Integrated Deck Onto a Preinstalled Jacket", par G.J. White, et al, OTC 5 260, Offshore Technology Conference, 18ème conférence annuelle à Houston, Texas, 5-8 Mai 1986. Dans cette technique connue, chaque jambe du pont contient un ensemble cylindre hydraulique et piston plongeur et chaque pile ou membrure verticale de la structure support comporte, à sa partie supérieure, une partie réceptrice apte à recevoir l'extrémité inférieure du piston plongeur associé à la jambe correspondante du pont. Ce procédé connu d'installation du pont comprend les opérations consistant:

- a) à amener entre les piles ou les membrures verticales de la structure support une barge sur laquelle le pont repose par l'intermédiaire de plusieurs supports escamotables;
- b) à positionner et à maintenir la barge de telle sorte que les jambes du pont soient et restent sensiblement alignées avec les piles ou les membrures verticales correspondantes de la structure support;
- c) à abaisser les pistons plongeurs jusqu'à ce que leur partie inférieure vienne en butée avec la partie réceptrice de la pile ou de la membrure correspondante de la structure support;
- d) à ballaster la barge pour l'abaisser et transférer la charge du pont à la structure support;
- e) à escamoter ensuite les supports situés entre le pont et la barge de telle sorte que le pont ne soit plus supporté que par la structure support;
- f) à effectuer une liaison rigide entre les jambes du pont et les piles ou les membrures verticales de la structure support; et
- g) à évacuer la barge d'entre lesdites piles ou membrures verticales.

Les opérations f) et g) peuvent être effectuées dans l'ordre sus-indiqué, dans l'ordre inverse ou simultanément.

En mer ouverte, cette technique connue présente actuellement des limites dues en particulier aux mouvements relatifs entre le pont et la structure support, qui sont provoqués par la houle et qui peuvent être la cause d'impacts ou de contraintes inadmissibles dans l'ensemble constitué par le pont, la barge et la structure support. En particulier, pendant l'opération de ballastage de la barge, alors que le poids du pont est encore au moins en partie supporté par ladite barge, malgré la présence de dispositifs amortisseurs il peut se produire des impacts entre les pistons plongeurs et les parties réceptrices correspondantes de la structure support, d'une part, et entre l'extrémité inférieure des jambes du pont et l'extrémité supérieure des piles ou des membrures verticales de la structure support, d'autre part, à cause des mouvements relatifs susmentionnés. Dans cette technique connue, les impacts entre les extrémités supérieures des jambes du pont et les extrémités supérieures des piles ou membrures verticales de la structure support sont pratiquement inévitables lorsque l'opération de ballastage approche de sa fin et que les extrémités inférieures des jambes du pont arrivent à faible distance des extrémités supérieures des piles ou membrures verticales de la structure support. Etant donné les masses très importantes en cause (le poids du pont peut être de plusieurs milliers ou plusieurs dizaines de milliers de tonnes), les impacts susmentionnés provoquent un matage ou une déformation des éléments qui s'entrechoquent. Ce matage ou cette déformation peut rendre ensuite très difficile, voire impossible la liaison des jambes du pont à la structure support.

En outre, dans cette technique connue, la partie ré-

ceptrice prévue à l'extrémité supérieure de chaque pile ou membrure verticale de la structure support comprend un tube de guidage dont l'extrémité supérieure est évasée pour recevoir et centrer le piston plongeur associé à la jambe correspondante du pont. Dès que le piston plongeur a pénétré dans le tube de guidage, les composantes horizontales de mouvement du pont (cavement) induites par la houle engendrent des efforts horizontaux. Ceux-ci obligent à prévoir des dispositifs amortisseurs travaillant en compression entre le tube de guidage et la paroi cylindrique extérieure de la pile ou membrure verticale de la structure support. Malgré la présence de ces amortisseurs, la structure support et, par réaction, la structure du pont peuvent être soumises à des contraintes inadmissibles et susceptibles de nuire à l'intégrité de ces structures.

La présente invention a donc pour but de fournir un procédé et des moyens permettant d'éviter les impacts qui se produisent lorsque l'on utilise la technique connue décrite plus haut.

Un autre but de la présente invention est de fournir des moyens permettant de réduire les contraintes qui résultent des interactions entre les piles ou membrures verticales de la structure support et les jambes du pont, et qui sont engendrées par les composantes de mouvement horizontales du pont dues à la houle.

A cet effet, le procédé selon l'invention est caractérisé en ce qu'il consiste, pour l'opération c) à laisser les pistons plongeurs descendre sous l'effet de leur propre poids, tout en établissant une communication bi-directionnelle et à grand débit entre un accumulateur de fluide hydraulique basse pression et une chambre dans la partie haute de chaque cylindre hydraulique au-dessus du piston plongeur, en vue d'amener chaque piston plongeur en contact avec la partie réceptrice de la pile ou membrure verticale correspondante de la structure support, à laisser ensuite osciller verticalement au gré de la houle, pendant une phase d'observation, la barge, le pont et les cylindres hydrauliques par rapport aux pistons plongeurs en appui sur lesdites parties réceptrices correspondantes tout en laissant ouverte ladite communication bi-directionnelle, à établir ensuite une communication seulement unidirectionnelle et à grand débit du dit accumulateur basse pression vers ladite chambre dans chaque cylindre hydraulique, afin d'empêcher tout mouvement descendant du pont et des cylindres hydrauliques, mais sans empêcher un mouvement ascendant de ceux-ci et sans empêcher que la chambre puisse se remplir de fluide hydraulique s'il passe sous la barge des vagues dont la crête a un niveau plus haut que le niveau de l'eau au moment où la communication unidirectionnelle a été établie, à effectuer ensuite les opérations d) et e), à établir ensuite une communication à faible débit depuis ladite chambre de chaque cylindre hydraulique vers un réservoir de fluide hydraulique, de façon à permettre l'abaissement du pont et de ses jambes jusqu'à ce que celles-ci viennent en contact et en appui sur la partie supérieure des piles ou des membrures

verticales de la structure support, et à effectuer ensuite l'opération f).

Grâce au procédé de la présente invention, dès que les pistons plongeurs sont arrivés en contact avec les parties réceptrices correspondantes des piles ou membrures verticales de la structure support, aucun impact ne peut ensuite se produire entre ces éléments étant donné que le pont est libre d'osciller verticalement, sans entraîner avec lui dans son mouvement vertical les pistons plongeurs, grâce aux communications bi-directionnelles établies entre les accumulateurs basse pression et les chambres des cylindres hydrauliques. On notera qu'à ce moment la distance verticale entre la partie inférieure des jambes du pont et la partie supérieure des piles ou membrures verticales de la structure support est encore importante et qu'aucun choc ne peut se produire entre elles à ce moment. Ensuite, pendant toute l'opération de ballastage de la barge, le pont et ses jambes ne peuvent effectuer aucun mouvement descendant et sont maintenus à distance de la partie supérieure des piles ou membrures verticales de la structure support. Le pont peut seulement s'élever à un niveau plus haut sous l'action des plus grosses vagues, sans entraîner avec lui les pistons plongeurs, grâce à ladite communication unidirectionnelle entre les accumulateurs basse pression et lesdites chambres des cylindres hydrauliques. Là encore, aucun impact ne peut se produire entre les pistons plongeurs et les parties réceptrices correspondantes de la structure support, d'une part, et entre l'extrémité inférieure des jambes du pont et les extrémités supérieures des piles ou membrures verticales de la structure support. Ensuite, à la fin de l'opération de ballastage de la barge, une fois que le poids du pont a été transféré à la structure support et que la barge a été évacuée, le pont n'est plus soumis à l'action de la houle. En conséquence, lorsque la communication à faible débit est établie entre la chambre de chacun des cylindres hydrauliques et le réservoir de fluide hydraulique, le pont peut être abaissé lentement et sans à-coup jusqu'à ce que ses jambes viennent en contact avec la partie supérieure des piles ou membrures verticales de la structure support, et cela sans que la houle puisse produire des impacts non contrôlés entre les jambes du pont et la structure support.

La présente invention fournit également un pont de plate-forme marine comprenant plusieurs jambes tubulaires verticales destinées à être assemblées verticalement à des piles ou des membrures verticales d'une structure support préalablement immergée, chaque jambe du pont contenant un ensemble cylindre hydraulique et piston plongeur, dont le cylindre est fixé à la jambe et dont le piston plongeur peut être déplacé verticalement par rapport au cylindre et à la jambe en vue d'être amené en butée avec une partie réceptrice correspondante prévue à la partie supérieure de chaque pile ou membrure verticale de la structure support, et une unité de contrôle et de commande pour commander le fonctionnement des ensembles cylindre hydraulique et pis-

ton plongeur contenus dans les jambes du pont, caractérisé en ce que dans chaque cylindre hydraulique, au-dessus du piston plongeur, est formée une chambre qui est remplie de fluide hydraulique, et en ce que chaque jambe contient en outre un accumulateur de fluide hydraulique basse pression, des premiers moyens pouvant être commandés pour établir une communication bidirectionnelle à grand débit entre l'accumulateur basse pression et ladite chambre du cylindre hydraulique, des seconds moyens pouvant être commandés pour établir une communication unidirectionnelle à grand débit depuis l'accumulateur basse pression vers ladite chambre et des troisièmes moyens pouvant être commandés pour établir une communication à faible débit entre ladite chambre et un réservoir de fluide hydraulique, lesdits premiers, seconds et troisièmes moyens étant commandés en séquence par ladite unité de contrôle et de commande.

L'invention fournit également une structure support pour plate-forme marine, comprenant plusieurs piles ou membrures verticales destinées à être assemblées et à supporter respectivement les jambes d'un pont de la plate-forme, chaque pile ou membrure verticale comportant à sa partie supérieure une partie réceptrice destinée à recevoir et à servir d'appui pour un piston plongeur monté mobile verticalement dans une jambe correspondante du pont de la plate-forme, caractérisée en ce que ladite partie réceptrice a la forme d'une cavité qui est ouverte vers le haut et dont le diamètre intérieur est sensiblement plus grand que le diamètre extérieur du piston plongeur, et en ce que le fond de la cavité est pourvu d'un ensemble amortisseur stratifié composé d'une couche inférieure en une matière élastomère formant tampon, d'une plaque métallique de renfort et d'une couche anti-friction en une matière choisie pour présenter un faible coefficient de frottement avec la matière du piston plongeur, afin de permettre des mouvements horizontaux limités de glissement entre le piston plongeur et le fond de la cavité sans contact avec la paroi latérale de celle-ci.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront mieux au cours de la description qui va suivre et qui est donnée en référence aux dessins annexés sur lesquels :

les figures 1 et 2 sont des vues en élévation de face et de côté représentant un pont chargé sur une barge ancrée entre les piles d'une structure support (jacket).

Les figures 3 à 12 sont des vues schématiques montrant les positions relatives d'une jambe du pont et d'une pile ou membrure verticale de la structure support au cours des phases successives du procédé de la présente invention.

Les figures 13 à 15 sont des vues en coupe montrant schématiquement, à plus grande échelle encore, un détail de l'un des ensembles cylindre hydraulique et piston plongeur utilisés dans le procédé de l'invention, ces figures montrant en particulier un clapet anti-retour piloté et une soupape pilotée, qui sont représentés dans

leurs différents états au cours du procédé de l'invention.

La figure 16 est une vue en coupe verticale de l'une des jambes du pont de la plate-forme marine.

La figure 17 est une demi-vue en coupe suivant la ligne XVII-XVII de la figure 16, cette figure montrant un mode de fixation d'un cylindre hydraulique à la jambe du pont.

La figure 18 est une vue en coupe verticale de la partie supérieure d'une jambe du pont, cette figure montrant un autre mode possible de la fixation du cylindre hydraulique à ladite jambe.

La figure 19 est une vue en coupe verticale montrant, à plus grande échelle, une partie réceptrice à l'extrémité supérieure d'une pile de la structure support.

La figure 20 est une vue en coupe de la partie inférieure de la jambe du pont, montrant un détail.

La figure 21 est une vue en coupe verticale montrant un mode de liaison de la partie inférieure d'une jambe du pont à la partie supérieure d'une pile de la structure support.

La figure 22 est une vue en coupe verticale montrant un autre mode de liaison de la partie inférieure d'une jambe du pont à la partie supérieure d'une pile de la structure support.

La figure 23 est une vue en coupe verticale montrant un mode de réalisation d'un ensemble cylindre hydraulique, piston plongeur, accumulateur basse pression et vérin auxiliaire, qui est logé dans une jambe du pont.

La figure 24 est une demi-vue en coupe verticale d'un autre mode de réalisation de l'ensemble cylindre hydraulique, piston plongeur et accumulateur basse pression.

La figure 25 est une vue partielle en coupe verticale montrant un accumulateur haute pression associé à l'ensemble de la figure 23.

La figure 26 est un schéma des circuits hydrauliques de l'ensemble hydraulique logé dans une jambe du pont.

Sur les figures 1 et 2, on peut voir le pont 1 d'une plate-forme marine, chargé sur une barge 2 qui a été amenée en position à l'intérieur d'une structure support 3 (jacket) en vue d'y installer le pont 1. Dans les figures 1 et 2, la structure support 3 est fixée sur le fond marin 4 par des piles 5, par exemple huit piles dans le cas représenté ici. Toutefois, le procédé de l'invention peut être également mis en oeuvre avec une structure support flottante convenablement ancrée au fond marin 4, par exemple par plusieurs lignes d'ancres.

Le pont 1 comporte plusieurs jambes 6, par exemple huit jambes destinées à être posées sur des parties réceptrices 7 de la structure support 3. Les parties réceptrices 7, qui seront décrites en détail plus loin, peuvent être formées à l'extrémité supérieure hors d'eau des piles 5, comme représenté ici, ou à l'extrémité supérieure des membrures tubulaires verticales 8 de la structure support 3 à travers lesquelles les piles 5 ont été engagées pour être enfoncées dans le fond marin

4. Toutefois, il est à noter que les parties réceptrices 7 pourraient être formées sur toute autre partie de la structure support 3 étudiées pour supporter les forces verticales, statiques et dynamiques, mises en jeu pendant les opérations de pose du pont 1 et pendant que la plateforme est en service.

Comme montré dans les figures 1 et 2, le pont 1 repose sur la barge 2 par l'intermédiaire de plusieurs supports escamotables 9, par exemple huit supports. Ces supports 9 sont représentés ici de manière schématique dans la mesure où il s'agit d'éléments bien connus dans ce domaine de la technique, tels que des boîtes à sable, des vérins hydrauliques ou des dispositifs mécaniques escamotables.

La barge 2 est orientée face à la houle dominante grâce à une orientation préalable judicieuse de la structure support 3 et elle est maintenue en position par rapport à cette structure support par des moyens également bien connus dans ce domaine de la technique. Les mouvements d'embarquée de la barge sont par exemple limités par quatre défenses souples 11. Les mouvements de cavalement sont limités par exemple par des lignes d'ancre avant 12 et par des lignes d'ancre arrière 13.

Comme montré par exemple dans la figure 3, chaque jambe 6 du pont 1 est creuse et constituée par exemple par un tube en acier de section circulaire. A l'intérieur de chaque jambe 6 se trouve un ensemble d'éléments comprenant :

- a) un piston plongeur 14 monté coulissant dans un cylindre hydraulique 15 lui-même fixé à la jambe 6 d'une manière qui sera décrite en détail plus loin. La chambre 16 formée dans le cylindre hydraulique 15 au-dessus du piston plongeur 14 est remplie d'un fluide hydraulique tel que le l'huile;
- b) un accumulateur basse pression 17 situé au-dessus de l'ensemble cylindre et piston plongeur 14, 15. L'enveloppe extérieure de l'accumulateur 17 peut être par exemple réalisée d'un seul tenant avec le cylindre hydraulique 14 comme montré dans la figure 3 (voir également la figure 16). L'accumulateur 17 contient de l'huile 18 et un gaz ou un mélange gazeux 19 sous une faible pression de l'ordre de quelques bar. Ce gaz, qui peut être par exemple de l'azote, a tendance à chasser l'huile 18 vers la chambre 16 et, par conséquent, à pousser le piston plongeur 14 vers le bas. La quantité d'huile 18 contenue dans l'accumulateur 17 est plus grande que le volume nécessaire pour que le piston plongeur 14 puisse effectuer sa course maximale;
- c) plusieurs orifices obturables, qui sont prévus dans une paroi 21 (voir les figures 13 à 15) séparant la chambre 16 du cylindre hydraulique 15 et la cavité intérieure de l'accumulateur 17. Dans les figures 3 à 12, ces orifices obturables sont représentés schématiquement et de manière globale par un unique orifice 22 et par un unique pointeau 23.

En réalité, lesdits orifices obturables comprennent plusieurs clapets anti-retour pilotés 24, par exemple trois ou quatre clapets 24, et au moins une soupape pilotée 25 (pour des raisons de simplification du dessin, on a simplement représenté un seul clapet anti-retour piloté 24 et une seule soupape pilotée 25 dans les figures 13 à 15). Lorsque les clapets 24 reçoivent un signal de pilotage commandant leur ouverture, ils établissent une communication bidirectionnelle à grand débit entre la cavité intérieure de l'accumulateur 17 et la chambre 16 du cylindre hydraulique 15 (figure 14). En l'absence de signal de pilotage, les clapets 24 établissent une communication unidirectionnelle à grand débit depuis la cavité intérieure de l'accumulateur 17 vers ladite chambre 16. Lorsqu'elle est ouverte par un signal de pilotage, la soupape pilotée 25 établit une communication à faible débit entre la chambre 16 et un réservoir de fluide hydraulique. Bien que le réservoir de fluide hydraulique soit représenté dans les figures 13 à 15 comme étant constitué par la cavité intérieure de l'accumulateur de pression 17, ce réservoir de fluide hydraulique est de préférence constitué par un réservoir séparé dudit accumulateur de pression et disposé par exemple sur le pont 1 de la plateforme comme cela est schématiquement indiqué en 26 dans la figure 26.

Comme cela sera décrit plus loin, les clapets anti-retour pilotés 24 et la soupape pilotée 25 permettent au piston plongeur 14 de travailler dans trois modes différents à la volonté d'un opérateur 27 agissant sur un pupitre de commande 28, ou sous le contrôle d'un automate programmable remplaçant ledit opérateur. De préférence, un pilotage hydraulique est prévu pour commander l'ouverture des clapets anti-retour pilotés 24 et de la soupape pilotée 25, bien qu'ils pourraient être commandés électromagnétiquement. Il suffit d'une puissance très faible, de l'ordre de quelques dizaines de kW, pour passer d'un mode de fonctionnement à un autre et pour contrôler toute l'opération de pose du pont 1 sur la structure support 3. La puissance hydraulique nécessaire à cet effet peut provenir d'une centrale hydraulique 29 installée sur le pont 1. Un seul pupitre de commande 28 et une seule centrale hydraulique 29 peuvent suffire pour tous les ensembles cylindre hydraulique et piston plongeur 14, 15 installés dans les jambes 6 du pont 1.

A l'intérieur de chaque jambe 6, un vérin auxiliaire 31 (figure 23) peut être prévu au-dessus de la chambre 16. Le vérin auxiliaire 31, qui n'est pas indispensable pour la mise en oeuvre du procédé de l'invention, a plusieurs fonctions. Une première fonction de ce vérin auxiliaire 31 est de permettre le maintien du piston plongeur 14 en position haute pendant le transport du pont 1 (cette fonction pourrait être également remplie par une liaison mécanique fusible, par exemple à boulons fusibles ou par une butée escamotable). Une deuxième fonction du vérin auxiliaire 31 est de permettre le freinage du piston plongeur 14 au cours de sa descente (cette fonction pourrait également être remplie par un systè-

me mécanique de freinage par frottement). Une troisième fonction du vérin auxiliaire 31 est de permettre le relevage du piston plongeur 14 en cas de nécessité (par exemple en cas d'inversion du processus de pose du pont ou pour permettre la rentrée du piston plongeur 14 dans le cylindre hydraulique 15 à la fin du processus de pose).

Les trois modes de travail du piston plongeur 14 sont les suivants. Dans la description qui va suivre, les mots "descente" et "montée" du piston plongeur 14 s'entendent en mouvement relatif par rapport au cylindre 15.

Dans le premier mode (mode 1), le piston plongeur 14 est libre de descendre dans le cylindre 15 sous l'effet de son propre poids, du poids de l'huile dans la chambre 16 et de la basse pression de l'huile dans l'accumulateur 17. Le piston plongeur 14 est également libre de remonter lorsqu'une force extérieure verticale vers le haut, supérieure à la somme des forces susmentionnées, lui est appliquée. Ce mode de fonctionnement est obtenu en pilotant les clapets anti-retour 24 de manière à les maintenir ouverts (communication bidirectionnelle à grand débit entre l'accumulateur 17 et la chambre 16) et en maintenant fermée la soupape pilotée 25. Ce mode de fonctionnement correspond aux figures 5, 6, 7 et 14.

Dans le second mode (mode 2) le piston plongeur 14 est libre de descendre dans le cylindre 15, mais il ne peut pas remonter. Dans ce mode également, si le piston plongeur 14 est fixe, par exemple du fait qu'il est en appui sur la partie réceptrice 7 de la pile correspondante 5 de la structure support 3, le cylindre 15 et la jambe 6 à laquelle il est fixé sont libres de monter par rapport au piston plongeur 14, mais ils ne peuvent pas redescendre. Ce mode de fonctionnement est obtenu en laissant les clapets 24 fonctionner comme des clapets anti-retour permettant l'entrée de l'huile dans la chambre 16 en provenance de l'accumulateur 17, mais empêchant l'huile de sortir de ladite chambre 16 (communication unidirectionnelle à grand débit de l'accumulateur de pression 17 vers la chambre 16) et en maintenant fermée la soupape pilotée 25. Ce mode de fonctionnement correspond aux figures 8 à 11 et 13.

Dans le troisième mode (mode 3), le piston plongeur est supposé fixe, étant en appui sur la partie réceptrice 7 de la pile correspondante 5 de la structure support 3. Le cylindre 15 et la jambe 6 à laquelle il est fixé peuvent descendre de manière lente et contrôlée en glissant sur le piston plongeur 14. Ce mouvement de descente est permis en ouvrant la soupape pilotée 25. Dans ce mode de fonctionnement, les clapets 24 sont maintenus fermés par la pression d'huile qui règne dans la chambre 16 et qui est plus élevée que celle régnant dans l'accumulateur 17. Ce mode de fonctionnement correspond aux figures 12 et 15.

En plus de ces trois modes de fonctionnement, le piston plongeur 14 doit pouvoir être maintenu en position rentrée haute pendant le transport du pont 1 et au début du processus de pose. Comme indiqué plus haut, ceci peut être par exemple obtenu à l'aide du vérin auxi-

liaire 31.

Sur les figures 13 à 15, on a également représenté un capteur de pression 32, qui est monté dans la paroi 21 et qui permet de mesurer et de surveiller la pression qui règne dans la chambre 16 du cylindre hydraulique 15. Le signal de sortie du capteur de pression 32 est envoyé par une ligne appropriée à une unité de contrôle de commande contenue dans le pupitre 28.

On va maintenant décrire le procédé de l'invention pour poser ou installer le pont 1 sur la structure support 3 en faisant référence aux figures 3 à 12.

Première phase ou phase d'observation I (figures 3 et 4)

Dans cette phase, la barge 2 est maintenue en position de pose du pont à l'intérieur de la structure support 3. Tous les pistons plongeurs 14 sont maintenus en position haute à l'intérieur des cylindres 15. La barge 2 est alors ballastée pour réduire la hauteur de chute des pistons plongeurs 14. Pendant cette phase, la barge 2 est soumise à l'action de la houle représentée schématiquement par les flèches F1 et F2 dans les figures 3 et 4. Les mouvements de la barge 2 dus à la houle sont limités grâce aux dispositifs amortisseurs 11 et aux lignes d'ancrages 12 et 13 mentionnés plus haut.

Dans le cas où une houle de direction préférentielle (indiquée par la flèche H dans la figure 2), dite houle dominante, a été constatée sur le site d'installation, il y a tout intérêt à ce que la barge 2 soit orientée dans cette direction et, par conséquent, que la structure support 3 ait été préalablement installée avec cette même direction. Dans ces conditions, le mouvement de roulis est réduit au minimum, réduisant ainsi de manière très importante les mouvements verticaux de la barge 2 et du pont 1. Ces mouvements ont été estimés au préalable de manière connue par calcul. Les amplitudes et les périodes de ces mouvements sont maintenant mesurées de manière connue sur le site avant de passer à la phase suivante du processus de pose du pont. Les conditions normales d'opération concernant ces mouvements sont de l'ordre du décimètre pour les mouvements horizontaux et de l'ordre du mètre ou davantage pour les mouvements verticaux.

A ce stade, le processus de pose est encore réversible, la barge 2 et le pont 1 pouvant être enlevés à tout moment de leur position à l'intérieur de la structure support 3.

Deuxième phase ou phase de descente des pistons plongeurs 14 et phase d'observation II (figures 5 à 7)

Des bouées de mesure de houle (non représentées), placées de manière connue à une certaine distance de la structure support 3, donnent à l'opérateur 27 des informations sur la nature des trains de houle arrivant sur la structure support 3, à savoir la hauteur des vagues et leur période.

Des dispositifs de mesure (gyro-accélérateurs, non représentés) placés sur chaque ensemble 14, 15, 17 procurent à l'opérateur 27, en temps réel, toutes les données relatives aux mouvements du pont 1. Des détecteurs de proximité peuvent être également utilisés dans le même but.

L'opérateur 27 déclenche alors la descente des huit pistons plongeurs 14 en les faisant fonctionner en mode 1 et en laissant librement sortir la tige de piston des vérins auxiliaires 31.

Il est à noter qu'un débit élevé d'huile est nécessaire pour que les pistons plongeurs 14 puissent atteindre les parties réceptrices 7 de la structure 3 sans en redécoller. En effet, la descente des pistons plongeurs 14 doit pouvoir se faire en une demi-période de houle, soit 3 à 6 secondes environ. Ce débit élevé, de l'ordre de plusieurs centaines de litres par seconde, est assuré par les clapets 24, dont le nombre et/ou la section de passage sont choisis en conséquence.

Pendant cette phase, la barge 2 et le pont 1 sont soumis aux effets de la houle. Dans les figures 5 à 7, les mouvements du pont 1 en fonction de la houle ont été indiqués schématiquement par les flèches P1 et P2.

Il n'y a pas de moment privilégié pour déclencher la descente des pistons plongeurs 14. Cependant, étant donné que la descente des pistons plongeurs 14 ne prend que quelques secondes, il est tout de même préférable de déclencher cette descente alors que l'on est prêt à passer à la phase suivante. L'observation de la houle et des mouvements du pont 1 donne à l'opérateur 27 toutes les indications nécessaires pour passer à la troisième phase.

Pendant la deuxième phase, après la descente des pistons plongeurs 14, les mouvements de la barge 2 sont pratiquement les mêmes que pendant la première phase.

Une fois sortis et en contact avec les parties réceptrices 7 de la structure support 3, les pistons plongeurs 14 restent dans cette position. Les cylindres 15 fixés aux jambes 6 du pont 1 effectuent un mouvement de va-et-vient vertical en couissant sur les pistons plongeurs 14.

Les mouvements horizontaux de la barge 2 créent des mouvements horizontaux des extrémités inférieures des pistons plongeurs 14, qui glissent sur les parties réceptrices 7 de la structure support 3. Ce glissement peut être facilité par des matériaux appropriés, à faible coefficient de frottement, recouvrant les parties réceptrices 7 de la structure support 3 et/ou l'extrémité inférieure des pistons plongeurs 14, comme cela sera décrit plus loin. Ces matériaux peuvent être par exemple de l'acier inoxydable glissant sur du "Téflon" (marque déposée). Le diamètre extérieur de l'extrémité inférieure des pistons plongeurs 14 et le diamètre intérieur des parties réceptrices 7 de la structure support 3 doivent être compatibles avec ces mouvements de glissement horizontaux, afin que les éléments précités 7 et 14 ne viennent jamais en butée dans le sens horizontal.

Le tangage de la barge 2 provoque une inclinaison

variable du pont 1 et, par suite, des jambes 6 du pont et des pistons 14 qui se trouvent à l'intérieur. Cette inclinaison des pistons 14 pourraient être la cause d'un mauvais appui de leur extrémité inférieure sur les parties réceptrices 7 de la structure support 3. Ce problème peut être résolu en prévoyant une tête d'appui articulée à l'extrémité inférieure de chaque piston plongeur 14, comme cela sera décrit plus loin.

A ce stade, le processus de pose est encore réversible, les pistons plongeurs 14 pouvant être remontés au moyens des vérins auxiliaires 31, et la barge 2 peut donc encore être évacuée si cela est rendu nécessaire par des mauvaises conditions de mer.

15 Troisième phase ou phase de blocage des cylindres hydrauliques 15 (figures 8 à 10)

Cette phase consiste à immobiliser le pont 1 par rapport à la structure support 3 en agissant simultanément sur tous les ensembles cylindre hydraulique et piston plongeur 14, 15. Ceci est effectué en commutant le mode de fonctionnement des pistons plongeurs 14 du mode 1 au mode 2 en désactivant le pilotage des clapets 24 de telle sorte qu'ils fonctionnent uniquement comme des clapets anti-retour.

L'opérateur 27 va déclencher cette opération au moment le plus propice, c'est-à-dire au moment qui induira d'une part le moins d'efforts d'inertie dans tout le système pont 1 - barge 2 - structure support 3 et, d'autre part, lorsque le pont 1 se trouvera le plus haut possible pour que les clapets 24 aient le moins possible à fonctionner. Il est toutefois important de noter que si les deux conditions ci-dessus permettent au système hydraulique de fonctionner dans des conditions idéales, il n'est pas pour autant indispensable qu'elles soient scrupuleusement respectées. Autrement dit, le système peut être étudié pour que le blocage des ensembles cylindre et piston 14, 15 puissent se faire à n'importe quel moment ou tout au moins dans une fourchette de conditions limites acceptables.

Pour déclencher le blocage des ensembles cylindre et piston 14, 15 au bon moment, l'opérateur 27 doit tenir compte du temps de réaction des clapets 24 et de leurs commandes. Le déclenchement du blocage des ensembles cylindre et piston 14, 15 peut être également commandé directement par un automate programmable qui peut être prévu pour gérer toutes les données du système.

La figure 8 représente l'ensemble cylindre et piston 14, 15 bloqué lors du passage d'une crête de houle. Lorsqu'un creux de houle passe sous la barge 2 (figure 9), celle-ci ne bouge plus, car elle reste plaquée sous le pont 1 qui est devenu fixe par rapport à la structure support 3. Une partie du poids du pont 1 est alors supportée par la structure support 3.

La figure 13 montre que si une crête de houle plus haute que les précédentes passe sous la barge 2, celle-ci soulève le pont 1, mais ce dernier ne peut pas redes-

endre ensuite. En effet, pendant ce mouvement ascendant du pont 1, les clapets 24 s'ouvrent et la chambre 16 se remplit d'une quantité additionnelle d'huile en provenance de l'accumulateur 17. Pendant ce temps, les pistons plongeurs 14 restent en appui sur les parties réceptrices 7 de la structure support 3. Une fois que la crête de la vague plus haute est passée sous la barge 2 et que celle-ci commence à redescendre, les clapets 24 se referment automatiquement et la quantité additionnelle d'huile qui a pénétré dans la chambre 16 reste emprisonnée dans cette dernière. En conséquence, le cylindre 15 ne peut pas redescendre et l'ensemble barge 2 - pont 1 - reste en position surélevée lorsque le creux de houle suivant arrive sous la barge 2.

Après le passage de quelques crêtes de houle exceptionnelles hautes, chaque piston plongeur 14 sera donc dans une position d'extension maximale quasi identique pour tous les pistons 14. Par conséquent, le pont 1 sera lui-même en position haute maximale et quasiment horizontal. Le pont 1 ne bougera donc plus sous l'effet de la houle, à l'exception des mouvements dus à l'élasticité de l'ensemble pont 1 - barge 2 - structure support 3.

Une fois que les ensembles cylindre et piston 14, 15 sont bloqués, on voit donc que la barge 2 reste soumise aux efforts de la houle. De plus, au moment du blocage, des forces d'inertie dues aux masses en mouvement viennent s'ajouter aux efforts de la houle. La composante verticale de tous ces efforts peut être amortie en plusieurs endroits, au choix ou en combinaison :

- a) par des blocs 33 en matière élastomère ou par tout autre dispositif équivalent bien connus dans ce domaine de la technique, disposés entre les supports 9 et le pont 1;
- b) par des éléments en matière élastomère ou par tout autre dispositif équivalent, disposés entre la partie inférieure de chaque piston plongeur 14 et la partie réceptrice 7 correspondante de la structure support 3, comme cela sera décrit plus loin;
- c) par au moins un accumulateur haute pression communiquant avec la chambre 16 de chaque ensemble cylindre et piston plongeur 14, 15.

On verra plus loin dans la description d'un exemple de réalisation comment ces amortisseurs peuvent être disposés. Selon les besoins, on utilisera un ou plusieurs des amortisseurs mentionnés ci-dessus.

D'autre part, la souplesse du pont 1 et de la barge 2 contribuera elle-aussi à réduire les efforts verticaux susmentionnés. Dans le cas d'un pont de 10 000 tonnes, avec une houle ayant une hauteur maximale de 1, 8 m et une période d'environ 8 secondes, les efforts verticaux dans chaque ensemble cylindre et piston 14, 15 peuvent atteindre, au cours de cette troisième phase, des valeurs comprises entre 1 000 et 2 000 tonnes. La pression de l'huile dans la chambre 16 peut atteindre des valeurs de l'ordre de 400 bar.

Sous l'effet des efforts horizontaux appliqués par la houle sur la barge 2, les jonctions entre les supports 9 et le pont 1, d'une part, et entre les pistons plongeurs 14 et les parties réceptrices 7, d'autre part, sont sollicitées à leur tour. Ces sollicitations sont dynamiques et peuvent donc être diminuées par des amortisseurs en matière élastomère disposés judicieusement. C'est ainsi que la jonction entre les pistons plongeurs 14 et les parties réceptrices 7 de la structure support 3 est de préférence réalisée de telle sorte que leurs surfaces mutuellement en contact aient un faible coefficient de frottement.

Ici encore, lorsque le piston plongeur 14 est soumis à une force verticale importante, il est souhaitable qu'un glissement puisse se produire entre le piston plongeur 14 et la surface réceptrice 7 correspondante de la structure support 3. Le glissement ne se produira que lorsque les forces de frottement entre les deux surfaces mutuellement en contact seront dépassées. Dans ces conditions, l'effort horizontal maximal appliqué sur la partie inférieure des pistons plongeurs 14 sera limité par le coefficient de frottement, garantissant ainsi à tout moment un bon fonctionnement des ensembles cylindre et piston 14, 15. L'effort horizontal dans les jambes 6 du pont 1 sera limité pour la même raison.

A ce stade, le processus de pose est encore réversible. Il suffit de piloter les clapets 24 pour les ouvrir, et de remonter les pistons plongeurs 14 à l'aide des vérins auxiliaires 31.

Quatrième phase ou phase de ballastage de la barge 2 - effacement des supports 9 - enlèvement de la barge 2 (figure 11)

Dans cette phase, il s'agit de transférer tout le poids du pont 1 depuis la barge 2 à la structure support 3, et ensuite d'enlever la barge 2. Cette opération est effectuée par ballastage de la barge 2, comme cela est connu dans ce domaine de la technique.

Le contrôle du ballastage peut se faire en mesurant les efforts dans les ensembles cylindre et piston 14, 15, soit à l'aide de jauges de contrainte, soit en mesurant la pression de l'huile dans les chambres 16, par exemple au moyen des capteurs de pression 32.

La barge s'alourdit tout en restant plaquée sous le pont 1 jusqu'au moment où la réaction entre les supports 9 et le pont 1 devient suffisamment faible, c'est-à-dire lorsqu'elle atteint quelques pourcents du poids du pont 1, l'autre partie du poids étant déjà transférée à la structure support 3. Quelques heures suffisent pour effectuer ce ballastage. Dans cette configuration, lorsque la barge 2 ne supporte plus qu'une petite fraction du poids du pont 1, les supports 9 sont effacés simultanément et rapidement, c'est-à-dire plus rapidement que le mouvement de pilonnement de la barge 2 sous l'effet de la houle, afin d'éviter tout choc entre les supports 9 et le pont 1 (figure 11). Ceci est possible en utilisant comme support 9, soit des boîtes à sable, soit des vérins hydrauliques.

ques, soit des supports comportant un mécanisme permettant leur escamotage, tous ces éléments étant bien connus dans ce domaine de la technique.

Ce moment constitue le point de non retour du processus de pose. Lors de l'effacement des supports 9, la barge 2 est allégée du poids du pont 1 qu'elle portait encore. Son tirant d'eau diminue donc en proportion de cet allègement et la barge 2 remonte d'autant. Etant libre de bouger à nouveau, la barge 2 se remet donc en mouvement sous l'effet de la houle. La distance verticale d'effacement des supports 9 est choisie de manière connue pour qu'à aucun moment, dans cette configuration et sous l'effet de la houle, la barge 2 ne puisse venir à nouveau en contact avec le pont 1 et provoquer des impacts peu souhaitables. Ainsi la barge 2 peut être ensuite évacuée sans difficulté d'entre les membrures verticales 8 de la structure support 3.

Cinquième phase ou phase de descente et de pose du pont 1 sur la structure support 3 (figure 12)

Il s'agit maintenant de descendre le pont 1 jusqu'à ce que ses jambes 6 viennent en contact avec les parties réceptrices correspondantes 7 de la structure support 3. Ceci est obtenu en commutant le mode de fonctionnement des pistons plongeurs 14 du mode 2 au mode 3 en ouvrant les soupapes pilotées 25. Ces dernières, en combinaison avec des limiteurs de débit 35 (figure 26), permettent une descente contrôlée du pont 1. Comme indiqué précédemment, les soupapes 25 mettent les chambres 16 des cylindres 15 en communication avec un réservoir de fluide hydraulique 26, par exemple à travers un tuyau 36 (figure 26). Les tuyaux 36 associés à certains des cylindres hydrauliques 15 peuvent être reliés entre eux pour assurer un supportage isostatique (en trois points) du pont 1 sur la structure support 3 et pour éviter ainsi des surcharges dans les cylindres hydrauliques 15 lors de la descente du pont 1. La descente se fait à vitesse très lente et, par conséquent, sans choc.

A la fin de la descente du pont 1, un cône de centrage 37 fixé à l'extrémité inférieure de chaque jambe 6 va permettre aux jambes 6 du pont de se recentrer automatiquement par rapport aux parties réceptrices 7 de la structure support 3. Après enlèvement du cône de centrage 37, la partie inférieure de chaque jambe 6 du pont peut être alors fixée rigidement à la partie réceptrice correspondante 7 de la structure support 3, par exemple par un joint soudé 38 comme montré dans la figure 21.

Toutefois, on peut se passer du cône de centrage 37 si l'on adopte un autre mode d'assemblage entre les jambes 6 du pont et les parties réceptrices correspondantes 7 de la structure support 3. Par exemple, une rondelle 39 en acier, de forte épaisseur, peut être disposée entre les surfaces de contact entre chaque jambe 6 du pont et la partie réceptrice 7 correspondante de la structure support comme montré dans la figure 22. Cela permet d'accepter un excentrement entre les éléments

6 et 7. La rondelle 39 peut être fixée à la partie réceptrice 7 par un joint soudé 41, tandis que la jambe 6 peut être fixée à la rondelle 39 par un autre joint soudé 42.

Une fois que la descente du pont 1 est terminée et que les jambes 6 ont été fixées aux parties réceptrices correspondantes 7 de la structure support 3, les ensembles formés par les éléments 14, 15 et 17 peuvent être enlevés des jambes 6 du pont 1 comme on le verra plus loin.

Il est par ailleurs à noter qu'une fois la durée de vie de la plate-forme terminée, celle-ci doit être démontée. Si le pont a été installé à l'aide du dispositif de la présente invention, il peut être également enlevé de la structure support 3 à l'aide du même dispositif. Les différentes phases du processus d'enlèvement du pont sont les mêmes que celles employées pour la mise en place du pont, à ceci près qu'elles se déroulent en ordre inverse et en sens inverse.

On va maintenant décrire diverses formes de réalisation de l'ensemble piston 14 - cylindre hydraulique 15 - accumulateur 17.

La figure 16 montre, en coupe verticale, une première forme de réalisation dudit ensemble. Dans la figure 16, on peut voir un corps cylindrique 43, dont la longueur est à peu près égale à celle de la jambe 6 du pont 1 et qui comprend trois parties : une partie basse, qui forme le cylindre hydraulique 15 et qui contient le piston plongeur 14, une partie médiane, qui forme l'enveloppe de l'accumulateur 17, et une partie haute 44 qui sert principalement à la manutention du corps 43. Une oreille de levage 45 est fixée au sommet du corps 43. Cette oreille 45 permet d'attacher le corps 43 au crochet d'un engin de levage, telle qu'une grue, pour permettre la mise en place du corps 43 à l'intérieur de la jambe 6 avant les opérations de pose du pont 1, mais aussi pour permettre l'enlèvement du corps 43 une fois l'installation du pont terminée. Le corps 43 et les éléments fonctionnels qu'il contient sont ainsi réutilisables pour une nouvelle opération de pose de pont semblable à celle décrite plus haut.

Une cavité 46 peut être prévue au sommet du corps 43. Cette cavité 46 est l'endroit idéal pour y placer un gyro-accélérateur 47 qui donnera à l'opérateur 27 toutes les informations nécessaires concernant les mouvements du pont 1. Ce gyro-accélérateur 47 est directement relié à l'unité de contrôle et de commande contenue dans le pupitre de commande 28.

Au sommet du corps 43 est également fixée une plaque de protection 48 qui peut prendre appui sur le sommet de la jambe 6 afin de reprendre une partie du poids du corps 43 et des éléments qu'il contient.

Le corps 43 est fixé de manière détachable à la jambe 6 par une liaison 49 (également représentée en coupe horizontale dans la figure 17), du type à blocage par tiers de tour autour de l'axe vertical du corps 43. Un blocage avec un angle de rotation différent est bien entendu aussi concevable. Ce type de liaison permet d'encaisser des efforts verticaux importants vers le haut et

vers le bas.

La figure 18 représente un autre mode possible de fixation du corps 43 à la jambe 6 du pont. Dans ce mode de fixation, la jambe 6 est prolongée vers le haut par une partie 6a, qui fait saillie au-dessus du pont 1 et dans laquelle sont formées plusieurs ouvertures 51. A son sommet, le corps 43 comporte une partie cylindrique élargie 52 qui s'emboîte à glissement à l'intérieur de l'extension 6a de la jambe 6. La partie cylindrique élargie 52 du corps 43 est fixée à l'extension 6a de la jambe 6 par des cordons de soudure 53 formés dans chacune des ouvertures 51. La section totale des cordons de soudure doit bien entendu être suffisante pour encaisser les efforts verticaux engendrés lors de la pose du pont 1. Une fois l'opération de pose du pont terminée, le corps 43 peut être enlevé avec les éléments fonctionnels qu'il contient, en découpant l'extension 6a de la jambe 6 au-dessous des ouvertures 51, au ras du pont 1, et en utilisant un engin de levage attaché à l'oreille de levage 45.

En faisant à nouveau référence à la figure 16, on peut voir des cales de centrage 54, au nombre de trois au minimum, qui sont solidaires de la jambe 6 et qui assurent le maintien de la partie inférieure du corps 43 (cylindre hydraulique 15) en position centrée à l'intérieur de la jambe 6. Les cales de centrage 54 peuvent bien entendu être remplacées par un anneau de centrage.

Le corps 43 comporte deux cloisons horizontales intérieures, à savoir la cloison 21, déjà mentionnée, et la cloison 55. Les cloisons 21 et 55 délimitent respectivement vers le bas et vers le haut la cavité intérieure de l'accumulateur basse pression 17. La cloison 21 délimite vers le haut la chambre 16 du cylindre hydraulique 15, qui contient le piston plongeur 14 et, au-dessus de celui-ci, un certain volume d'huile. La cloison 21 doit avoir une épaisseur suffisante pour pouvoir résister aux hautes pressions d'huile qui s'établissent dans la chambre 16, comme indiqué plus haut, au cours du processus de pose du pont 1. Comme on l'a également vu plus haut, les clapets anti-retour pilotés 24, la soupape pilotée 25 et le capteur de pression 32 sont montés dans la cloison 21 (figures 13 à 15).

Les conduits d'amenée d'huile sous pression pour le pilotage des clapets anti-retour 24 et de la soupape 25 et les conducteurs transmettant le signal de sortie du capteur de pression 32 sont disposés dans une gaine ou conduit 56 qui passe dans la cavité intérieure de l'accumulateur 17, traverse la cloison 55, passe dans la chambre 57 située au-dessus de la cloison 55 dans la partie supérieure 44 du corps 43, et traverse le sommet du corps 43 pour aboutir à la centrale hydraulique 29 et au pupitre de commande 28.

Dans la partie inférieure de la figure 16, on peut voir le cône de centrage 37 qui est fixé à l'extrémité inférieure de la jambe 6 et qui sert à centrer cette dernière par rapport à la partie réceptrice correspondante 7 de la structure support 3 au moment de leur accostage à la fin de l'opération de descente du pont 1 (cinquième pha-

se décrite plus haut).

On peut également voir dans la partie inférieure de la figure 16 une pièce ou tête d'appui 58, dont la face inférieure est plane et dont la face supérieure a la forme d'une calotte sphérique, concave ou convexe, épousant la forme complémentaire, convexe ou concave, de l'extrémité inférieure du piston plongeur 14. Cette tête d'appui 58 permet de conserver un bon appui entre le piston plongeur 14 et la partie réceptrice 7 de la structure support lorsque, au cours des opérations de pose du pont 1, la jambe 6 s'incline par rapport à la verticale à cause des mouvements dus à la houle. Les surfaces sphériques, concave et convexe, mutuellement en contact peuvent glisser l'une sur l'autre, mais ne peuvent pas se séparer comme on le verra dans un exemple de réalisation décrit plus loin.

Comme montré dans les figures 16 et 19, la partie réceptrice 7 à l'extrémité supérieure de chaque pile 5 ou de chaque membrure verticale 8 de la structure support 3 se présente sous la forme d'une cavité qui est ouverte vers le haut et dont le diamètre intérieur est substantiellement plus grand que le diamètre extérieur du piston plongeur 14. Le fond de la cavité est constitué par une plaque d'appui 59 qui forme une butée axiale pour le piston plongeur 14. La plaque d'appui 59 est raidie en-dessous par des goussets 61 disposés en croix. La plaque d'appui 59 et les goussets 61 sont soudés les uns aux autres et au tube 62 constituant la pile 5 ou la membrure tubulaire verticale 8 de la structure support.

De préférence, la plaque d'appui 59 formant le fond de la cavité de la partie réceptrice 7 est pourvue, sur sa face supérieure, d'un ensemble amortisseur stratifié 63 composé d'une couche inférieure 64 en une matière élastomère, qui forme un tampon capable de travailler en compression et en cisaillement, d'une plaque métallique de renfort 65 et d'une couche anti-friction 66 en une matière choisie pour présenter un faible coefficient de frottement avec la matière du piston plongeur 14 ou de la tête d'appui 58. La couche 66 peut être par exemple en "Teflon". Le diamètre intérieur du tube 62 et la matière constituant la couche 66 sont choisis en tenant compte des efforts horizontaux engendrés pendant le processus de pose du pont 1, de manière à permettre des mouvements horizontaux limités de glissement entre le piston plongeur 14 et la plaque d'appui 59, sans toutefois que le piston plongeur 14 puisse entrer en contact avec la paroi du tube 62.

La figure 20 montre un dispositif destiné à protéger l'ensemble cylindre hydraulique et piston plongeur 14, 15 pendant le transport du pont 1 en mer. Ce dispositif est constitué par un couvercle 67 fixé au cône de centrage 37 par des boulons. Ce couvercle 67 peut également servir de butée de sécurité pour le piston plongeur 14 pendant le transport. Il est enlevé une fois que la barge 2 est arrivée sur le site d'installation du pont 1.

La figure 23 montre une autre forme de réalisation de l'ensemble cylindre hydraulique et accumulateur basse pression. Dans la figure 23, les éléments qui sont

identiques ou qui jouent le même rôle que ceux décrits précédemment, sont désignés par les mêmes numéros de référence et ne seront pas décrits à nouveau en détail. On ne décrira donc que les principales différences par rapport au mode de réalisation décrit précédemment. Dans le mode de réalisation de la figure 23, le corps 43 n'est pas réalisé d'une seule pièce, mais en trois parties distinctes liées entre elles par boulonnage. Ces trois parties sont :

- a) le cylindre hydraulique 15;
- b) un tube 68 qui forme la paroi cylindrique de l'accumulateur basse pression 17;
- c) un tube 71 dont l'extrémité inférieure est fixée à l'extrémité inférieure du cylindre hydraulique 1 par des boulons.

L'extrémité inférieure du tube 68 est fixée à l'extrémité supérieure du cylindre hydraulique 15 par des boulons et l'extrémité supérieure du tube 68 est obturée par un couvercle 69. Le tube 71 est destiné à transmettre à la jambe 6 les efforts exercés sur le cylindre hydraulique 15 au cours des opérations de pose du pont 1. Le tube 71 a une longueur sensiblement égale à celle de la jambe 6. Il est maintenu en position centrée à l'intérieur de la jambe 6 par les cales 54. La liaison entre le tube 71 et la jambe 6 peut être du même type que la liaison 49 représentée sur les figures 16 et 17 ou du même type que la liaison représentée dans la figure 18.

Dans la figure 23, on a également représenté le vérin auxiliaire 31 qui permet la manutention du piston plongeur 14. Le cylindre 72 du vérin auxiliaire 31 est disposé à l'intérieur de l'accumulateur basse pression 17, coaxialement au tube 68, et il est fixé de manière étanche à la paroi 21 formant le fond du cylindre hydraulique 15. La tige de piston 73 du vérin auxiliaire 31 passe à travers un trou 74 formé au centre de la paroi 21 et elle pénètre dans la chambre 16 du cylindre hydraulique 15 où elle est fixée à l'extrémité supérieure du piston plongeur 14 par un dispositif de bridage 75 assurant une liaison axiale entre les éléments 14 et 73, mais permettant les autres degrés de liberté nécessaires au bon fonctionnement du piston plongeur 14 et du vérin auxiliaire 31.

Le dispositif de bridage 75 peut également se situer au niveau de l'extrémité inférieure du piston plongeur 14, dans le cas où on utilise un piston plongeur creux sans fond à sa partie supérieure.

Le vérin auxiliaire 31 est représenté ici sous la forme d'un vérin à double effet, mais cela n'est pas une nécessité absolue, car les fonctions essentielles du vérin auxiliaire 31 sont, comme on l'a déjà vu plus haut, de permettre successivement le maintien du piston plongeur 14 en position haute, le freinage du piston plongeur 14 au cours de sa descente et éventuellement la remontée du piston plongeur 14 en cas de nécessité. Le vérin auxiliaire 31 pourrait donc être constitué par un vérin à simple effet.

Le vérin auxiliaire 31 peut être commandé par la centrale hydraulique 29 par l'intermédiaire d'un distributeur de fluide hydraulique approprié et/ou de soupapes tarées pilotables (non montrées) permettant au vérin auxiliaire 31 de remplir les fonctions précitées et permettant en particulier à la tige de piston 73 de suivre le mouvement du piston plongeur 14 lorsque ce dernier est entraîné vers le bas par son propre poids et par la pression de l'huile provenant de l'accumulateur basse pression 17, ou vers le haut par la réaction de la structure support.

Dans la figure 23, l'ensemble des lignes 76 regroupe les tuyaux d'alimentation en huile 77 pour le vérin auxiliaire 31, les conducteurs 78 transmettant le signal de sortie du capteur de pression 32 au pupitre de commande 28 et le ou les tuyaux d'alimentation en huile 79 pour le pilotage des clapets anti-retour 24. On notera que le capteur de pression 32 pourrait être placé à distance de la cloison 21, par exemple sur le couvercle 69 ou dans le pupitre de commande 28. Dans ce cas, les conducteurs 78 sont remplacés par un tuyau de mesure de pression d'huile qui est raccordé à l'orifice 81 de la cloison 21. Le tuyau 82 est raccordé à la ou aux soupapes pilotées 25 et il sert à évacuer l'huile sous pression en provenance de la chambre 16 vers le réservoir 26 prévu dans la centrale hydraulique 29. Les deux tuyaux 83 sont des tuyaux d'alimentation en huile permettant le pilotage de la ou des soupapes pilotées 25. Le tuyau 84 sert au retour de l'huile dans l'accumulateur basse pression 17.

Le tuyau 85 sert au gonflage de l'accumulateur basse pression 17 avec un gaz ou un mélange gazeux tel que de l'air ou de l'azote.

Dans le cas du dispositif décrit sur la figure 23, la centrale hydraulique 29 qui fournit la puissance hydraulique nécessaire au fonctionnement des éléments décrits plus haut, peut être disposée juste au-dessus du couvercle 69. Toutefois, dans ce cas, il faudra prévoir une centrale hydraulique distincte pour chaque jambe 6 du pont.

Sur la figure 23, on a également représenté la tête d'appui 58 par laquelle le piston plongeur 14 peut s'appuyer, de manière articulée, sur la plaque d'appui 59 (figures 16 et 19) de la partie réceptrice correspondante 7 de la structure support 3. Comme montré, la tête d'appui 58 comporte une plaque supérieure d'appui 86, qui est fixée par exemple par des boulons à l'extrémité inférieure du piston plongeur 14 et qui possède une face inférieure concave en forme de calotte sphérique; une plaque inférieure d'appui 87, dont la face inférieure est plane et dont la face supérieure est concave, en forme de calotte sphérique; et une pièce intermédiaire 88, en forme de lentille bi-convexe, dont les faces supérieures et inférieures épousent les faces concaves des plaques 86 et 87. La plaque 87 est liée à la plaque 86 par un système de boulons autorisant un glissement relatif entre la plaque 86 et la pièce intermédiaire 88 et entre cette dernière et la plaque 87. Un manchon 89 en une matière

élastomère est fixé aux plaques 86 et 87 dans leur région périphérique. Ce manchon 89 assure une protection contre la pénétration de saletés ou d'humidité entre les plaques 86 et 87. Pour faciliter le glissement des plaques 86 et 87 et de la pièce intermédiaire 88 les unes par rapport aux autres, les faces concaves des plaques 86 et 87 ou les faces convexes de la pièce intermédiaire 88 peuvent être revêtues d'une couche de matière anti-friction, par exemple du "Téflon". Dans le cas où il est prévu un glissement acier inoxydable sur "Téflon" entre le piston plongeur 14 et la plaque d'appui 59, la plaque d'appui 87 peut être réalisée en acier inoxydable si le dispositif amortisseur 63 (figure 19) est prévu sur la plaque d'appui 59. Par contre, si la plaque d'appui 59 ne comporte aucun dispositif amortisseur tel que le dispositif 63, la face inférieure de la plaque 87 peut être garnie d'une couche de "Teflon".

La figure 24 montre une autre forme de réalisation, qui est semblable à celle de la figure 23, mais qui en diffère par le fait que le vérin auxiliaire 31 est supprimé. Les fonctions du vérin 31 peuvent être remplies par l'ensemble cylindre hydraulique et piston plongeur 14, 15 lui-même, qui est réalisé d'une manière un peu différente de celle décrite précédemment. Plus précisément, le piston plongeur 14 est réalisé sous la forme d'un piston étagé afin de créer une chambre 91 au-dessous de sa partie large 14a, entre cette partie 14a et une paroi d'extrémité 15a du cylindre hydraulique 15 qui est traversée par la partie étroite 14b du piston 14. Dans ce cas, au moins un joint d'étanchéité approprié 92 doit être prévu pour empêcher les fuites d'huile entre la paroi d'extrémité 15a et la partie étroite 14b du piston 14. Un tuyau 93 raccordé au cylindre 15 et communiquant avec la chambre 91 permet soit d'évacuer l'huile contenue dans la chambre 91 vers le réservoir de fluide hydraulique 26 (figure 16) soit d'alimenter la chambre 91 en huile sous pression pour faire remonter le piston 14 dans le cylindre 15.

Dans la figure 25, on a représenté un accumulateur haute pression 34, qui est disposé à l'intérieur de l'accumulateur basse pression 17 et qui communique avec la chambre 16 du cylindre 15 par un orifice 94. Bien que la figure 25 ne montre qu'un seul accumulateur 34, il peut y en avoir un plus grand nombre, disposés de manière similaire à celle montrée ici. Le ou les accumulateurs de pression 34 permettent d'amortir les surpressions susceptibles d'être engendrées pendant le processus de pose du pont 1, en particulier pendant la troisième phase décrite plus haut.

La figure 26 représente un schéma des circuits hydrauliques du système de la présente invention. On retrouve dans ce schéma tous les éléments qui ont déjà été décrits en référence aux figures 13 à 15, 23 et 25. Il n'est donc pas jugé utile de décrire à nouveau ces éléments. Les clapets anti-retour pilotés 24 sont représentés au nombre de quatre à titre indicatif uniquement. Les accumulateurs haute pression 34 sont représentés au nombre de trois également à titre indicatif. La soupape

pilotée 25 est représentée sous la forme d'un distributeur à deux orifices et deux positions, qui peut être piloté des deux côtés par une pression de pilotage appliquée par l'un ou l'autre des deux tuyaux 83. Il est bien évident que le distributeur 25 peut être piloté par pression d'un seul côté et rappelé par ressort de l'autre côté. Par exemple, le distributeur 25 peut être maintenu dans sa position fermée par un ressort, et il peut être commuté dans sa position ouverte par pilotage par pression.

Par rapport aux systèmes existants permettant d'installer un pont de plate-forme marine au moyen d'une barge ballastable, tel que le système décrit dans la publication mentionnée dans le préambule du présent mémoire, le système de la présente invention a entre autres les avantages suivants :

a) Aucun choc métal sur métal ne se produit entre le pont 1 et la structure support 3 pendant l'opération de pose. Des efforts dynamiques importants et le matage des surfaces de contact sont donc ainsi évités.

b) Grâce au blocage des ensembles cylindre hydraulique et piston plongeur 14, 15 pendant la troisième phase décrite plus haut, les amortisseurs ne sont soumis qu'à de faibles efforts.

c) Le système est simple et peut utiliser des composants déjà éprouvés dans l'industrie. Il est donc très fiable.

d) La puissance nécessaire au fonctionnement du système est très faible. Le système est donc économique.

e) En utilisant un nombre plus ou moins grand d'ensembles cylindre hydraulique et piston plongeur 14, 15 on peut installer des ponts ayant des poids très différents.

Il va de soi que les formes d'exécution de l'invention qui ont été décrites ci-dessus ont été données à titre d'exemple purement indicatif et nullement limitatif, et que de nombreuses modifications peuvent être facilement apportées par l'homme de l'art sans pour autant sortir du cadre de l'invention. C'est ainsi notamment que les cônes de centrage 37 pourraient être fixés aux parties réceptrices 7 au lieu d'être fixés à l'extrémité inférieure des jambes 6 du pont 1.

Revendications

1. Procédé pour installer un pont (1) d'une plate-forme marine sur une structure support (3) en mer, ledit pont comportant plusieurs jambes tubulaires verticales (6) contenant chacune un ensemble cylindre hydraulique et piston plongeur (14, 15), ladite structure support (3) comportant un nombre de piles (5) et/ou de membrures tubulaires verticales (8) qui correspond au nombre de jambes (6) du pont (1), chaque pile ou membrure verticale comportant à sa

partie supérieure une partie réceptrice (7) apte à recevoir l'extrémité inférieure du piston plongeur (14) associée à une jambe (6) du pont, ce procédé comprenant les opérations consistant :

- a) à amener entre les piles (5) ou les membrures verticales (8) de la structure support (3) une barge (2) sur laquelle le pont (1) repose par l'intermédiaire de plusieurs supports escamotables (9);
- b) à positionner et à maintenir la barge (2) de telle sorte que les jambes (6) du pont (1) soient et restent sensiblement alignées avec les piles (5) ou les membrures verticales (8) correspondantes de la structure support (3);
- c) à abaisser les pistons plongeurs (14) jusqu'à ce que leur partie inférieure vienne en butée avec la partie réceptrice (7) de la pile (5) ou de la membrure (8) correspondante de la structure support (3);
- d) à ballaster la barge (2) pour l'abaisser et transférer la charge du pont (1) à la structure support (3);
- e) à escamoter ensuite les supports (9) situés entre le pont (1) et la barge (2) de telle sorte que le pont ne soit plus supporté que par la structure support (3);
- f) à effectuer une liaison rigide entre les jambes (6) du pont (1) et les piles (5) ou les membrures verticales (8) de la structure support (3); et
- g) à évacuer la barge (2) d'entre lesdites piles (5) ou les membrures verticales (8);

caractérisé en ce qu'il consiste, pour l'opération c), à laisser les pistons plongeurs (14) descendre sous l'effet de leur propre poids, tout en établissant une communication bidirectionnelle et à grand débit entre un accumulateur de fluide hydraulique basse pression (17) et une chambre (16) dans la partie haute de chaque cylindre hydraulique (15) au-dessus du piston plongeur (14), en vue d'amener chaque piston plongeur en contact avec la partie réceptrice (7) de la pile (5) ou membrure verticale (8) correspondante de la structure support (3);

- h) à laisser ensuite osciller verticalement au gré de la houle, pendant une phase d'observation, la barge (2), le pont (1) et les cylindres hydrauliques (15) par rapport aux pistons plongeurs (14) en appui sur lesdites parties réceptrices correspondantes (7), tout en laissant ouverte ladite communication bidirectionnelle;
- i) à établir ensuite une communication seulement unidirectionnelle et à grand débit dudit accumulateur basse pression (17) vers ladite chambre (16) dans chaque cylindre hydraulique (15), afin d'empêcher tout mouvement descendant du pont (1) et des cylindres hydrauliques (15), mais sans empêcher un mouvement ascendant de ceux-ci et sans empêcher que la chambre (16) puisse se remplir de fluide hydraulique s'il passe sous la barge (2) des vagues dont la crête a un niveau plus haut que le niveau de l'eau au moment où la communication unidirectionnelle a été établie;

ques (15), mais sans empêcher un mouvement ascendant de ceux-ci et sans empêcher que la chambre (16) puisse se remplir de fluide hydraulique s'il passe sous la barge (2) des vagues dont la crête a un niveau plus haut que le niveau de l'eau au moment où la communication unidirectionnelle a été établie;

- j) à effectuer ensuite les opérations d) et e);
- k) à établir ensuite une communication à faible débit depuis ladite chambre (16) de chaque cylindre hydraulique (15) vers un réservoir de fluide hydraulique (26), de façon à permettre l'abaissement du pont (1) et de ses jambes (6) jusqu'à ce que celles-ci viennent en contact et en appui sur la partie supérieure (7) des piles (5) ou des membrures verticales (8) de la structure support (3); et
- l) à effectuer ensuite l'opération f).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les pistons plongeurs (14) sont freinés pendant leur mouvement de descente [opération c].

3. Pont de plate-forme marine destiné à être utilisé dans le procédé selon la revendication 1 comprenant plusieurs jambes tubulaires verticales (6) destinées à être assemblées verticalement à des piles (5) ou des membrures verticales (8) d'une structure support (3) préalablement immergée, chaque jambe (6) du pont (1) contenant un ensemble cylindre hydraulique et piston plongeur (14, 15) dont le cylindre (15) est fixé à la jambe (6) et dont le piston plongeur (14) peut être déplacé verticalement par rapport au cylindre et à la jambe en vue d'être amené en butée avec une partie réceptrice correspondante (7) prévue à la partie supérieure de chaque pile (5) ou membrure verticale (8) de la structure support (3), et une unité de contrôle et de commande (28, 29) pour commander le fonctionnement des ensembles cylindre hydraulique et piston plongeur (14, 15) contenus dans les jambes (6) du pont (1), caractérisé en ce que dans chaque cylindre hydraulique (15), au-dessus du piston plongeur (14), est formée une chambre (16) qui est remplie de fluide hydraulique, et en ce que chaque jambe (6) contient en outre un accumulateur de fluide hydraulique basse pression (17), des premiers moyens (24) pouvant être commandés pour établir une communication bidirectionnelle à grand débit entre l'accumulateur basse pression (17) et ladite chambre (16) du cylindre hydraulique (15), des seconds moyens (24) pouvant être commandés pour établir une communication unidirectionnelle à grand débit depuis l'accumulateur basse pression (17) vers ladite chambre (16), et des troisièmes moyens (25, 35) pouvant être commandés pour établir une communication à faible débit entre ladite chambre (16) et un réservoir de fluide hydraulique (26), lesdits pre-

miers, seconds et troisièmes moyens (24, 25) étant commandés en séquence par ladite unité de contrôle et de commande (28,29).

4. Pont de plate-forme marine selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'au moins un clapet anti-retour piloté (24) forme à la fois lesdits premiers et seconds moyens de mise en communication. 5
5. Pont de plate-forme marine selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que lesdits troisièmes moyens de mise en communication (25, 35) comprennent au moins une soupape pilotée (25) ou un distributeur piloté à deux orifices et deux positions, et un réducteur de débit (35) monté en série avec la soupape ou le distributeur (25). 10 15
6. Pont de plate-forme marine selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que chaque jambe (6) du pont (1) contient en outre un vérin auxiliaire (31) travaillant essentiellement en traction, dont le cylindre (72) est fixé coaxialement sur le cylindre hydraulique (15) de l'ensemble cylindre hydraulique et piston plongeur (14, 15), et dont la tige de piston (73) pénètre de manière étanche dans ledit cylindre hydraulique (15) et est reliée au piston plongeur (14). 20 25
7. Pont de plate-forme marine selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que chaque ensemble cylindre hydraulique et piston plongeur (14, 15) est réalisé sous la forme d'un vérin à double effet, une seconde chambre (91), remplie de fluide hydraulique, étant formée dans le cylindre hydraulique (15) au-dessous d'une partie (14a) de plus grand diamètre du piston plongeur (14), ladite seconde chambre (91) pouvant être sélectivement raccordée à une source de fluide sous pression pour relever le piston plongeur (14) ou pour le maintenir en position haute, et raccordée à un réservoir de fluide hydraulique (26) pour autoriser la descente du piston plongeur (14). 30 35 40
8. Pont de plate-forme marine selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que les premiers, seconds et troisièmes moyens de mise en communication (24, 25) sont pilotables par une pression et en ce que ladite unité de contrôle et de commande (28, 29) comporte une centrale hydraulique (29) destinée à fournir la pression hydraulique nécessaire au pilotage des premiers, seconds et troisièmes moyens de mise en communication (24, 25) et la pression nécessaire à l'alimentation du vérin auxiliaire (31) ou de la deuxième chambre (91) du vérin à double effet formant l'ensemble cylindre hydraulique et piston plongeur (14, 15). 45 50 55

9. Pont de plate-forme marine selon l'une quelconque

des revendications 3 à 8, caractérisé en ce que chaque jambe (6) du pont (1) contient un accumulateur haute pression (34) communiquant avec la chambre (16) du cylindre hydraulique (15) située au-dessus du piston plongeur (14).

10. Pont de plate-forme marine selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'accumulateur haute pression (34) est disposé à l'intérieur de l'accumulateur basse pression (17).
11. Pont de plate-forme marine selon l'une quelconque des revendications 3 à 10, caractérisé en ce que chaque ensemble cylindre hydraulique et piston plongeur (14, 15) et l'accumulateur basse pression (17) y associé sont réalisés ou assemblés sous la forme d'un module qui est fixé de manière détachable à l'intérieur de la jambe correspondante (6) du pont (1).
12. Pont de plate-forme marine selon l'une quelconque des revendications 3 à 11, caractérisé en ce que le piston plongeur (14) est équipé, à son extrémité inférieure, d'une tête d'appui articulée (58), composée d'au moins une pièce (87, 88) ayant une surface en forme de calotte sphérique épousant une surface de forme complémentaire prévue à l'extrémité inférieure du piston plongeur (14).
13. Structure support pour plate-forme marine destinée à être utilisée dans le procédé selon la revendication 1, comprenant plusieurs piles (5) ou membrures verticales (8) destinées à être assemblées et à supporter respectivement les jambes (6) d'un pont (1) de la plate-forme, chaque pile (5) ou membrures verticales (8) comportant à sa partie supérieure une partie réceptrice destinée à recevoir et à servir d'appui pour un piston plongeur (14) monté mobile verticalement dans une jambe correspondante (6) du pont (1) de la plate-forme, caractérisée en ce que ladite partie réceptrice (7) a la forme d'une cavité qui est ouverte vers le haut et dont le diamètre intérieur est substantiellement plus grand que le diamètre extérieur du piston plongeur (14), et en ce que le fond (59) de la cavité est pourvu d'un ensemble amortisseur stratifié (63) composé d'une couche inférieure (64) en une matière élastomère formant tampon, d'une plaque métallique de renfort (65) et d'une couche antifricction (66) en une matière choisie pour présenter un faible coefficient de frottement avec la matière du piston plongeur (14), afin de permettre des mouvements horizontaux limités de glissement entre le piston plongeur (14) et le fond (59) de la cavité, sans contact avec la paroi latérale (62) de celle-ci.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Installieren eines Decks (1) einer Meeresplattform auf einer Tragekonstruktion (3) im Meer, wobei das Deck mehrere vertikale rohrförmige Beine (6) aufweist, die jeweils eine Einheit aus hydraulischem Zylinder und Tauchkolben (14, 15) enthalten, wobei die Tragekonstruktion (3) eine Anzahl von Pfeilern (5) und/oder vertikalen rohrförmigen Gurten (8) aufweist, welche der Anzahl der Beine (6) des Decks (1) entspricht, wobei jeder Pfeiler oder vertikale Gurt an seinem oberen Abschnitt einen Aufnahmeabschnitt (7) aufweist, der das untere Ende des einem Bein (6) des Decks zugeordneten Tauchkolbens (14) aufnehmen kann, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

a) Heranführen eines Schwimmcontainers (2) zwischen die Pfeiler (5) oder die vertikalen Gurte (8) der Tragekonstruktion (3), wobei das Deck (1) auf dem Schwimmcontainer über mehrere einziehbare Stützen (9) aufliegt;

b) Positionieren und Halten des Schwimmcontainers (2) derart, daß die Beine (6) des Decks (1) mit den entsprechenden Pfeilern (5) oder vertikalen Gurten (8) der Tragekonstruktion (3) im wesentlichen ausgerichtet sind und bleiben;

c) Absenken der Tauchkolben (14), bis ihr unterer Abschnitt an dem Aufnahmeabschnitt (7) des entsprechenden Pfeilers (5) oder vertikalen Gurtes (8) der Tragekonstruktion (3) zur Anlage kommt;

d) Aufbringen von Ballast auf den Schwimmcontainer (2), um ihn abzusenken und die Last des Decks (1) auf die Tragekonstruktion (3) zu übertragen;

e) danach Einziehen der Stützen (9), die sich zwischen dem Deck (1) und dem Schwimmcontainer (2) befinden, derart, daß das Deck nur noch von der Tragekonstruktion (3) getragen wird;

f) Errichten einer starren Verbindung zwischen den Beinen (6) des Decks (1) und den Pfeilern (5) oder vertikalen Gurten (8) der Tragekonstruktion (3); und

g) Entfernen des Schwimmcontainers (2) zwischen den Pfeilern (5) oder vertikalen Gurten (8);

dadurch gekennzeichnet, daß es für den Schritt c) darin besteht, daß man:

die Tauchkolben (14) unter der Einwirkung ihres eigenen Gewichtes absinken läßt, wobei eine Zweirichtungs-Verbindung mit großem Durchfluß zwischen einem Niederdruck-Hydraulikfluid-Akkumulator (17) und einer Kammer (16) in dem oberen Abschnitt jedes hydraulischen Zylinders (15) oberhalb des Tauchkolbens (14) gebildet wird, um jeden

Tauchkolben mit dem Aufnahmeabschnitt (7) des entsprechenden Pfeilers (5) oder vertikalen Gurtes (8) in Berührung zu bringen;

b) danach während einer Beobachtungsphase den Schwimmcontainer (2), das Deck (1) und die hydraulischen Zylinder (15) relativ zu den auf den entsprechenden Aufnahmeabschnitten aufliegenden Tauchkolben (14) vertikal mit der Dünung schwingen läßt, und dabei die Zweirichtungs-Verbindung offen läßt;

i) danach eine Verbindung mit großem Durchfluß in nur einer Richtung vom Niederdruck-Akkumulator (17) zur Kammer (16) in jedem hydraulischen Zylinder (15) bildet, um jegliche Abwärtsbewegung des Decks (1) und der hydraulischen Zylinder (15) zu verhindern, ohne jedoch eine Aufwärtsbewegung von ihnen zu verhindern und ohne zu verhindern, daß sich die Kammer (16) mit Hydraulikfluid füllen kann, wenn unter dem Schwimmcontainer (2) Wellen durchlaufen, deren Scheitel einen höheren Pegel hat als der Wasserpegel zu dem Zeitpunkt, bei dem die Einrichtungs-Verbindung gebildet wurde;

j) danach die Schritte d) und e) durchführt;

k) danach eine Verbindung mit geringem Durchfluß von der Kammer (16) jedes hydraulischen Zylinders (15) zu einem Hydraulikfluid-Speicherbehälter (26) derart bildet, daß das Absenken des Decks (1) und seiner Beine (6) gestattet wird, bis diese mit dem oberen Abschnitt (7) der Pfeiler (5) oder der vertikalen Gurten (8) der Tragekonstruktion (3) in Berührung kommen und darauf aufliegen; und l) danach den Schritt f) durchführt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Tauchkolben (14) während ihrer Abwärtsbewegung (Schritt c) gebremst werden.

3. Deck einer Meeresplattform zur Verwendung in dem Verfahren nach Anspruch 1, mit mehreren vertikalen rohrförmigen Beinen (6), die dazu dienen, mit Pfeilern (5) oder vertikalen Gurten (8) einer zuvor versenkten Tragekonstruktion (3) vertikal zusammengebaut zu werden, wobei jedes Bein (6) des Decks (1) eine Einheit aus hydraulischem Zylinder und Tauchkolben (14, 15) enthält, deren Zylinder (15) an dem Bein (6) befestigt ist und deren Tauchkolben (14) bezüglich des Zylinders und des Beines vertikal verschoben werden kann, um mit einem an dem oberen Abschnitt jedes Pfeilers (5) oder vertikalen Gurtes (8) der Tragekonstruktion (3) vorgesehenen entsprechenden Aufnahmeteil (7) in Anschlag zu kommen, und einer Überwachungs- und Steuerungseinheit (28, 29) zum Steuern der Arbeitsweise der Einheiten aus hydraulischem Zylinder

der und Tauchkolben (14, 15), die in den Beinen (6) des Decks (1) enthalten sind, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem hydraulischen Zylinder (15) oberhalb des Tauchkolbens (14) eine Kammer (16) ausgebildet ist, die mit hydraulischem Fluid gefüllt ist, und daß jedes Bein (6) außerdem einen Niederdruck-Hydraulikfluidakkumulator (17) enthält, wobei erste Mittel (24) derart gesteuert werden können, daß sie eine Zweirichtungs-Verbindung mit großem Durchfluß zwischen dem Niederdruck-Akkumulator (17) und der Kammer (16) des hydraulischen Zylinders bilden können, wobei zweite Mittel (24) derart gesteuert werden können, daß sie eine Einrichtungs-Verbindung mit großem Durchfluß von dem Niederdruck-Akkumulator (17) zu der Kammer (16) bilden können, und wobei dritte Mittel (25, 35) derart gesteuert werden können, daß sie eine Verbindung mit geringem Durchfluß zwischen der Kammer (16) und einem Hydraulikfluid-Speicherbehälter (26) bilden können, wobei die ersten, die zweiten und die dritten Mittel (24, 25) der Reihe nach durch die Überwachungs- und Steuerungseinheit (28, 29) gesteuert werden.

4. Deck einer Meeresplattform nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein angesteuertes Rückschlagventil (24) gleichzeitig die ersten und die zweiten Mittel zur Verbindungsherstellung bildet.

5. Deck einer Meeresplattform nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die dritten Mittel zur Verbindungsherstellung (25, 35) mindestens ein angesteuertes Ventil (25) oder einen angesteuerten Verteiler mit zwei Öffnungen und zwei Stellungen sowie einen Durchflußminderer (35) aufweisen, der mit dem Ventil oder dem Verteiler (25) in Serie geschaltet ist.

6. Deck einer Meeresplattform nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Bein (6) des Decks (1) außerdem einen im wesentlichen mit Zug arbeitenden Hilfsstellzylinder (31) aufweist, dessen Zylinder (72) coaxial auf dem hydraulischen Zylinder (15) der Einheit aus hydraulischem Zylinder und Tauchkolben (14, 15) befestigt ist und dessen Kolbenstange (73) abgedichtet in den hydraulischen Zylinder (15) eindringt und mit dem Tauchkolben (14) verbunden ist.

7. Deck einer Meeresplattform nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß jede Einheit aus hydraulischem Zylinder und Tauchkolben (14, 15) in Form eines doppelt wirkenden Stellzylinders verwirklicht ist, wobei eine mit Hydraulikfluid gefüllte zweite Kammer (91) in dem hydraulischen Zylinder (15) unterhalb eines Abschnitts (14a) größeren Durchmessers des Tauchkolbens

(14) ausgebildet ist, wobei die zweite Kammer (91) selektiv an eine Fluidquelle unter Druck angeschlossen werden kann, um den Tauchkolben (14) anzuheben oder um ihn in der oberen Stellung zu halten, und an einen Hydraulikfluid-Speicherbehälter (26) angeschlossen werden kann, um die Abwärtsbewegung des Tauchkolbens (14) zu ermöglichen.

8. Deck einer Meeresplattform nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten, die zweiten und die dritten Mittel zur Verbindungsherstellung (24, 25) durch einen Druck ansteuerbar sind, und daß die Überwachungs- und Steuerungseinheit (28, 29) eine Hydraulikzentrale (29) aufweist, die dazu dient, den für die Ansteuerung der ersten, der zweiten und der dritten Mittel zur Verbindungsherstellung (24, 25) notwendigen hydraulischen Druck sowie den für die Versorgung des Hilfsstellzylinders (31) oder der zweiten Kammer (91) des doppelt wirkenden Stellzylinders, der die Einheit aus hydraulischem Zylinder und Tauchkolben (14, 15) bildet, notwendigen Druck bereitzustellen.

9. Deck einer Meeresplattform nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Bein (6) des Decks (1) einen Hochdruck-Akkumulator (34) enthält, der mit der Kammer (16) des hydraulischen Zylinders (15), die sich oberhalb des Tauchkolbens (14) befindet, in Verbindung steht.

10. Deck einer Meeresplattform nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Hochdruck-Akkumulator (34) im Innern des Niederdruck-Akkumulators (17) angeordnet ist.

11. Deck einer Meeresplattform nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß jede Einheit aus hydraulischem Zylinder und Tauchkolben (14, 15) und der ihr zugeordnete Niederdruck-Akkumulator (17) in Form eines Moduls ausgebildet oder zusammengebaut sind, das im Innern des entsprechenden Beines (6) des Decks (1) abnehmbar befestigt ist.

12. Deck einer Meeresplattform nach einem der Ansprüche 3 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Tauchkolben (14) an seinem unteren Ende mit einem Gelenk-Auflagekopf (58) ausgestattet ist, der aus mindestens einem Stück (87, 88) besteht, das eine Oberfläche in Form einer kugelförmigen Kalotte hat, die sich an eine am unteren Ende des Tauchkolbens (14) vorgesehene Oberfläche von komplementärer Form anschmiegt.

13. Tragekonstruktion für eine Meeresplattform zur Verwendung in dem Verfahren nach Anspruch 1,

mit mehreren Pfeilern (5) oder vertikalen Gurten (8), die mit den Beinen (6) eines Decks (1) der Plattform zusammengebaut werden bzw. diese tragen sollen, wobei jeder Pfeiler (5) oder vertikale Gurt (8) an seinem oberen Abschnitt einen Aufnahmeabschnitt 5 aufweist, um einen Tauchkolben (14) aufzunehmen und als Auflage für ihn zu dienen, wobei der Tauchkolben in einem entsprechenden Bein (6) des Decks (1) der Plattform vertikal beweglich gelagert ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnahmeabschnitt (7) die Form eines Hohlraumes hat, der nach oben hin offen ist und dessen Innendurchmesser im wesentlichen größer als der Außendurchmesser des Tauchkolbens (14) ist, und daß der Boden (59) des Hohlraums mit einer geschichteten Dämpfungseinheit (63) versehen ist, bestehend aus einer unteren Schicht (64) aus einem Elastomermaterial, das einen Puffer bildet, aus einer metallischen Verstärkungsplatte (65) und aus einer Antireibungsschicht (66) aus einem Material, das so gewählt ist, 10 daß es einen geringen Reibungskoeffizienten mit dem Material des Tauchkolbens (14) aufweist, um begrenzte horizontale Gleitbewegungen zwischen dem Tauchkolben (14) und dem Boden (59) des Hohlraums ohne Berührung mit dessen seitlicher 25 Wand (62) zu ermöglichen.

Claims

1. A method of installing a deck (1) of an offshore platform on a support structure (3) at sea, said deck including a plurality of vertical tubular legs (6) each containing a hydraulic cylinder and plunger piston assembly (15, 14), said support structure (3) including a number of vertical tubular members (8) and/or of piles (5) corresponding to the number of legs (6) of the deck (1), each vertical member or pile including at its top end a receiver portion (7) suitable for receiving the bottom end of the plunger piston (14) associated with a leg (6) of the deck, the method comprising the following operations: 30

- a) bringing a barge (2) between the vertical members (8) or piles (5) of the support structure (3), with the deck (1) supported on the barge by a plurality of retractable supports (9); 45
- b) positioning and holding the barge (2) in such a manner that the legs (6) of the deck (1) are and remain substantially in alignment with the corresponding vertical members (8) or piles (5) of the support structure (3); 50
- c) lowering the plunger pistons (14) until their bottom ends come into abutment against the receiver portions (7) of the corresponding members (8) or piles (5) of the support structure (3); 55
- d) ballasting the barge (2) to lower it and trans-

fer the load of the deck (1) to the support structure (3);

e) subsequently retracting the supports (9) situated between the deck (1) and the barge (2) so that the deck is supported solely by the support structure (3);

f) making rigid connections between the legs (6) of the deck (1) and the vertical members (8) or piles (5) of the support structure (3); and

g) evacuating the barge (2) from between said vertical members (8) or piles (5);

characterized in that it consists, for operation c), in allowing the plunger pistons (14) to descend under their own weight, while establishing large flow rate bidirectional communication between a low pressure hydraulic fluid accumulator (17) and a chamber (16) in the top portion of each hydraulic cylinder (15) above the plunger pistons (14) so as to bring each of the plunger pistons into contact with the receiver portion (7) of the corresponding vertical member (8) or pile (5) of the support structure (3);

h) then, during an observation stage, allowing the barge (2), the deck (1), and the hydraulic cylinders (15) to oscillate vertically with the swell relative to the plunger pistons (14) bearing against said corresponding receiver portions (7), while leaving said bidirectional communication open;

i) then establishing high flow rate communication that is unidirectional only from said low pressure accumulator (17) to said chamber (16) in each hydraulic cylinder (15) so as to prevent any downwards movement of the deck (1) and of the hydraulic cylinders (15), but without preventing any upwards movement thereof and without preventing the chamber (16) filling with hydraulic fluid should there pass beneath the barge (2) a wave having its crest at a level that is higher than the level that the water occupied at the moment when unidirectional communication was established;

j) subsequently performing operations d) and e);

k) subsequently establishing low flow rate communication from said chamber (16) of each hydraulic cylinder (15) to a hydraulic fluid reservoir (26) so as to enable the deck (1) and its legs (6) to be lowered until the legs come into contact with and are supported by the top ends (7) of the vertical members (8) or of the piles (5) of the support structure (3); and

l) subsequently performing operation f).

2. A method according to claim 1, characterized in that the plunger pistons (14) are braked during their downwards movement (operation c).

3. An offshore platform deck for use with the method according to claim 1, including a plurality of vertical tubular legs (6) designed to be vertically assembled on vertical members (8) or piles (5) of a previously-immersed support structure (3), each leg (6) of the deck (1) containing a hydraulic cylinder and plunger piston assembly (15, 14) in which the cylinder (15) is fixed to the leg (6) and the plunger piston (14) is capable of being displaced vertically relative to the cylinder and to the leg for the purpose of being brought into abutment against a corresponding receiver portion (7) provided at a top end of each vertical member (8) or pile (5) of the support structure (3), and a control and monitoring unit (28, 29) for controlling the operation of the hydraulic cylinder and plunger piston assemblies (15, 14) contained in the legs (6) of the deck (1), the deck being characterized in that inside each hydraulic cylinder (15), above its plunger piston (14), a chamber (16) is formed which is filled with hydraulic fluid, and in that each leg (6) also contains a low pressure hydraulic accumulator (17), first means (24) capable of being controlled to establish high flow rate bidirectional communication between the low pressure accumulator (17) and said chamber (16) of the hydraulic cylinder (15), second means (24) capable of being controlled to establish high flow rate unidirectional communication from the low pressure accumulator (17) to said chamber (16), and third means (25, 35) capable of being controlled to establish low flow rate communication between said chamber (16) and a hydraulic fluid reservoir (26), said first, second, and third means (24, 25) being controlled in sequence by said control and monitoring unit (28, 29).
4. An offshore platform deck according to claim 3, characterized in that at least one controlled non-return valve (24) constitutes both said first and second means for establishing communication.
5. An offshore platform deck according to claim 3 or 4, characterized in that said third means for establishing communication (25, 35) comprise at least one controlled on-off valve (25) or a two-port and two-position controlled distributor valve, and a flow rate reducer (35) connected in series with the on-off valve or the distributor valve (25).
6. An offshore platform deck according to any one of claims 3 to 5, characterized in that each leg (6) of the deck (1) further contains an auxiliary actuator (31) operating essentially in traction and having a cylinder (72) fixed coaxially to the hydraulic cylinder (15) of the hydraulic cylinder and plunger piston assembly (15, 14), and a piston rod (73) penetrating in sealed manner into said hydraulic cylinder (15) and being connected to the plunger piston (14).
7. An offshore platform deck according to any one of claims 3 to 5, characterized in that each hydraulic cylinder and plunger piston assembly (15, 14) is implemented in the form of a double-acting actuator, a second chamber (91) filled with hydraulic fluid being formed in the hydraulic cylinder (15) beneath a larger diameter portion (14a) of the plunger piston (14), said second chamber (91) being selectively connectable to a source of fluid under pressure to raise the plunger piston (14) or to hold it in its high position, and to a hydraulic fluid reservoir (26) to allow the plunger piston (14) to descend.
8. An offshore platform deck according to claim 6 or 7, characterized in that the first, second, and third means for establishing communication (24, 25) are controllable by pressure, and in that said control and monitoring unit (28, 29) includes a hydraulic power unit (29) designed to deliver the hydraulic pressure required for controlling the first, second, and third means for establishing communication (24, 25), and the pressure required for powering the auxiliary actuator (31) or the second chamber (91) of the double-acting actuator forming the hydraulic cylinder and plunger piston assembly (15, 14).
9. An offshore platform deck according to any one of claims 3 to 8, characterized in that each leg (6) of the deck (1) contains a high pressure accumulator (34) communicating with the chamber of the hydraulic cylinder (15) situated above the plunger piston (14).
10. An offshore platform deck according to claim 9, characterized in that the high pressure accumulator (34) is disposed inside the low pressure accumulator (17).
11. An offshore platform deck according to any one of claims 3 to 10, characterized in that each hydraulic cylinder and plunger piston assembly (15, 14) and the low pressure accumulator (17) associated therewith are made or assembled in the form of a module which is fixed in detachable manner to the inside of the corresponding leg (6) of the deck (1).
12. An offshore platform deck according to any one of claims 3 to 11, characterized in that the plunger piston (14) is equipped at its bottom end with a swivel-mounted foot (58) constituted by at least one piece (87, 88) having a surface in the form of a spherical cap matching a surface of complementary shape provided at the bottom end of the plunger piston (14).
13. A support structure for an offshore platform for use with the method according to claim 1, the support structure comprising a plurality of vertical members

(8) or piles (5) designed to be assembled to and to support respective legs (6) of a platform deck (1), each vertical member (8) or pile (5) including a receiver portion at its top end designed to receive and serve as an abutment for a plunger piston (14) 5
mounted to move vertically in a corresponding leg (6) of the platform deck (1), the structure being characterized in that said receiver portion (7) is in the form of a cavity which is upwardly open and whose inside diameter is substantially greater than the outside diameter of the plunger piston (14), and in that 10
the bottom (59) of the cavity is provided with a stratified shock absorber assembly (63) composed of a bottom layer (64) of pad forming elastomer material, a metal reinforcing plate (65), and an antifriction layer (66) made of a substance that is selected to 15
present a low coefficient of friction with the substance of the plunger piston (14), thereby enabling limited horizontal sliding movements between the plunger piston (14) and the bottom (59) of the cavity 20
without coming into contact with a side wall (62) thereof.

25

30

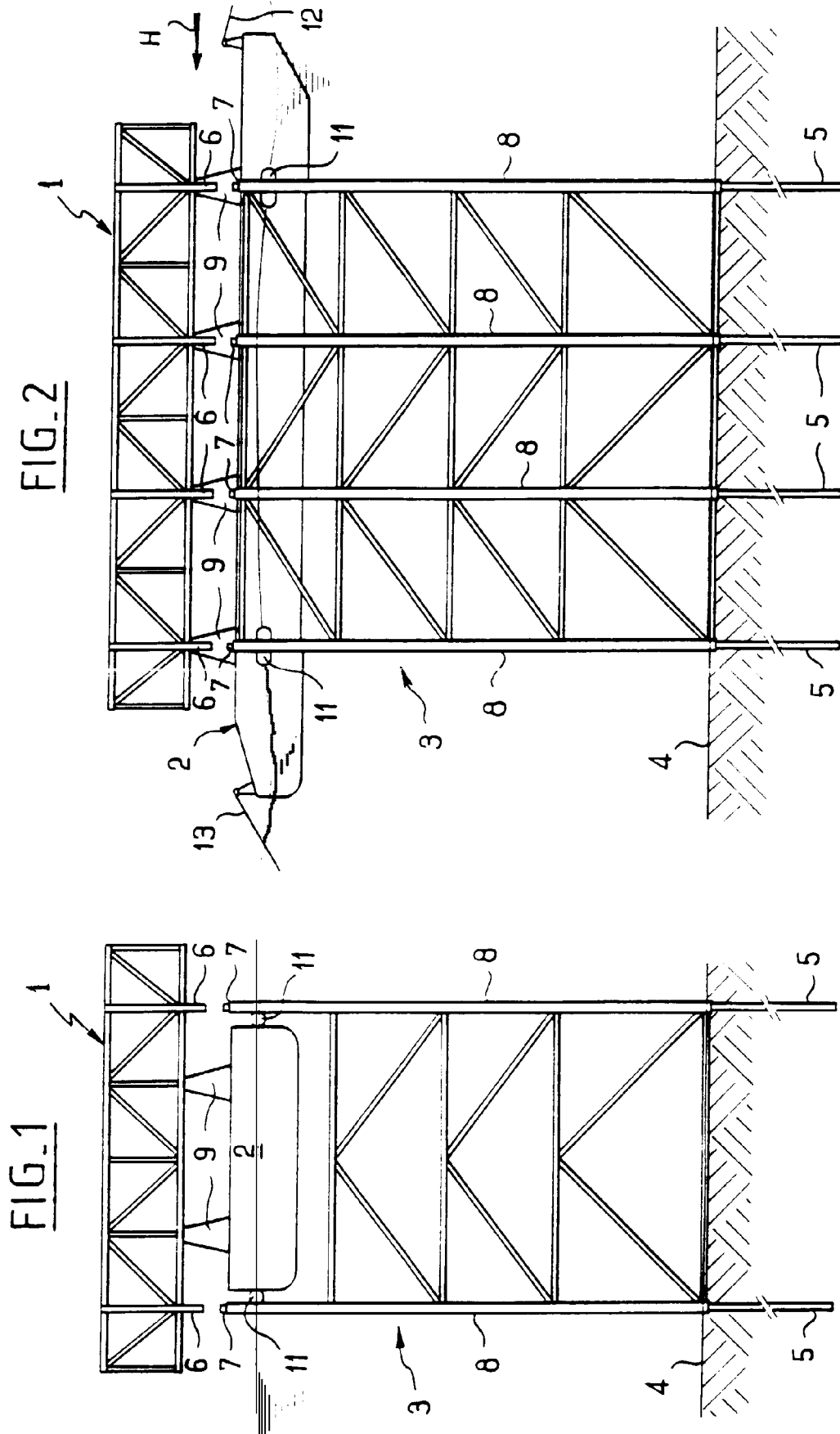
35

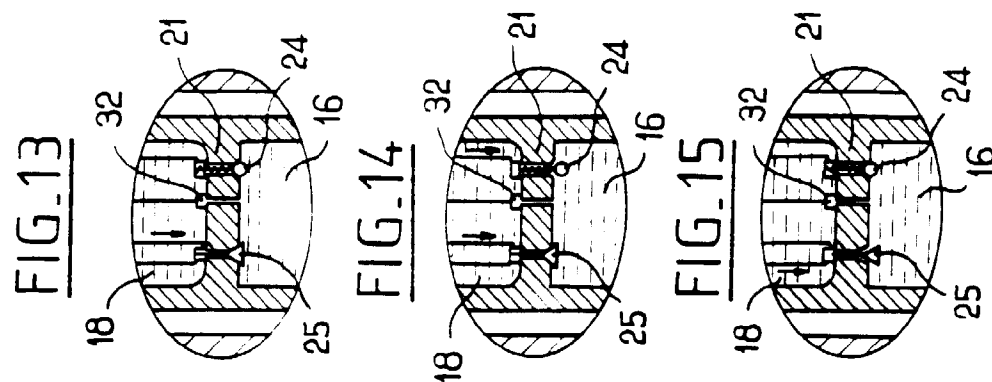
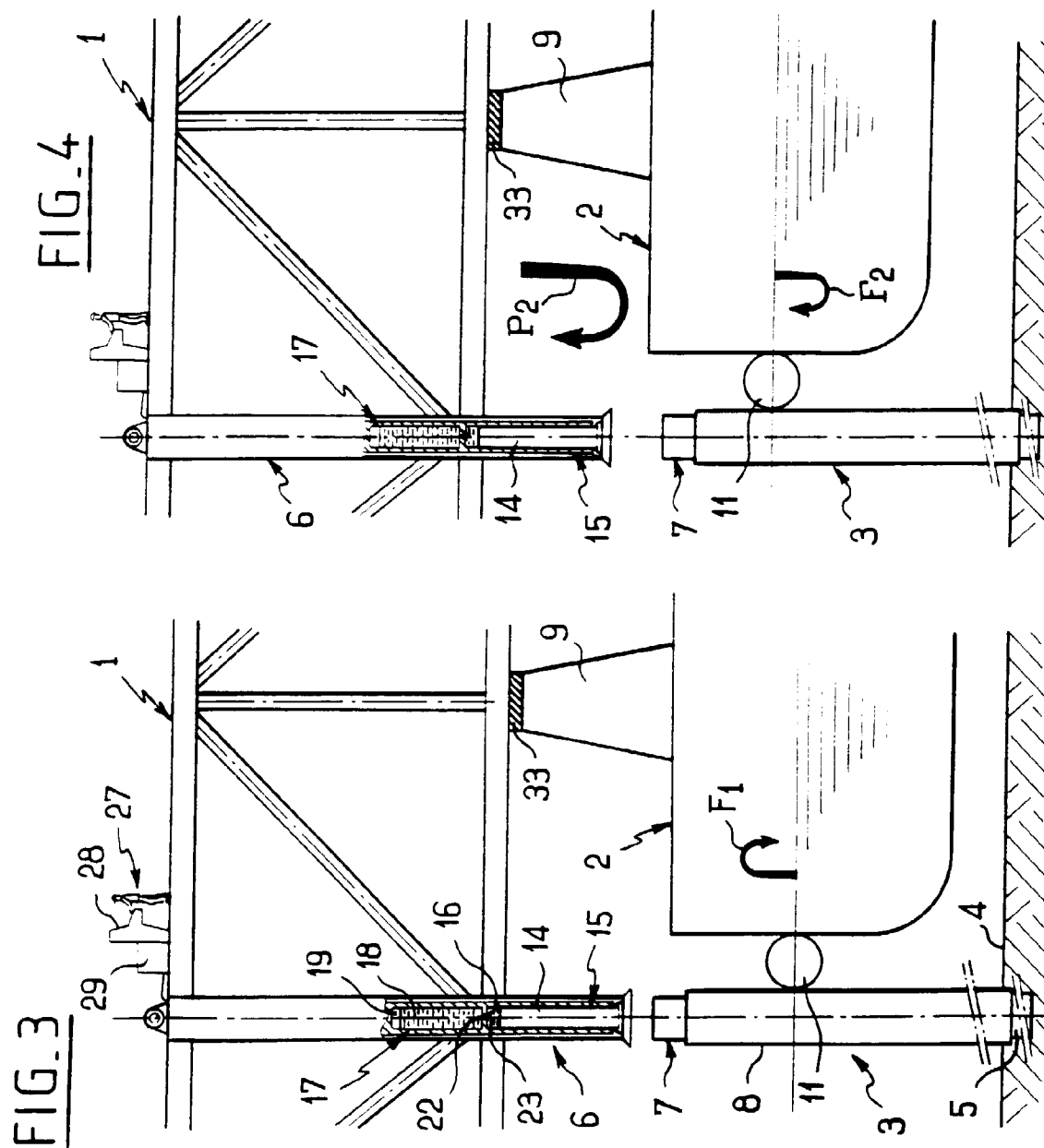
40

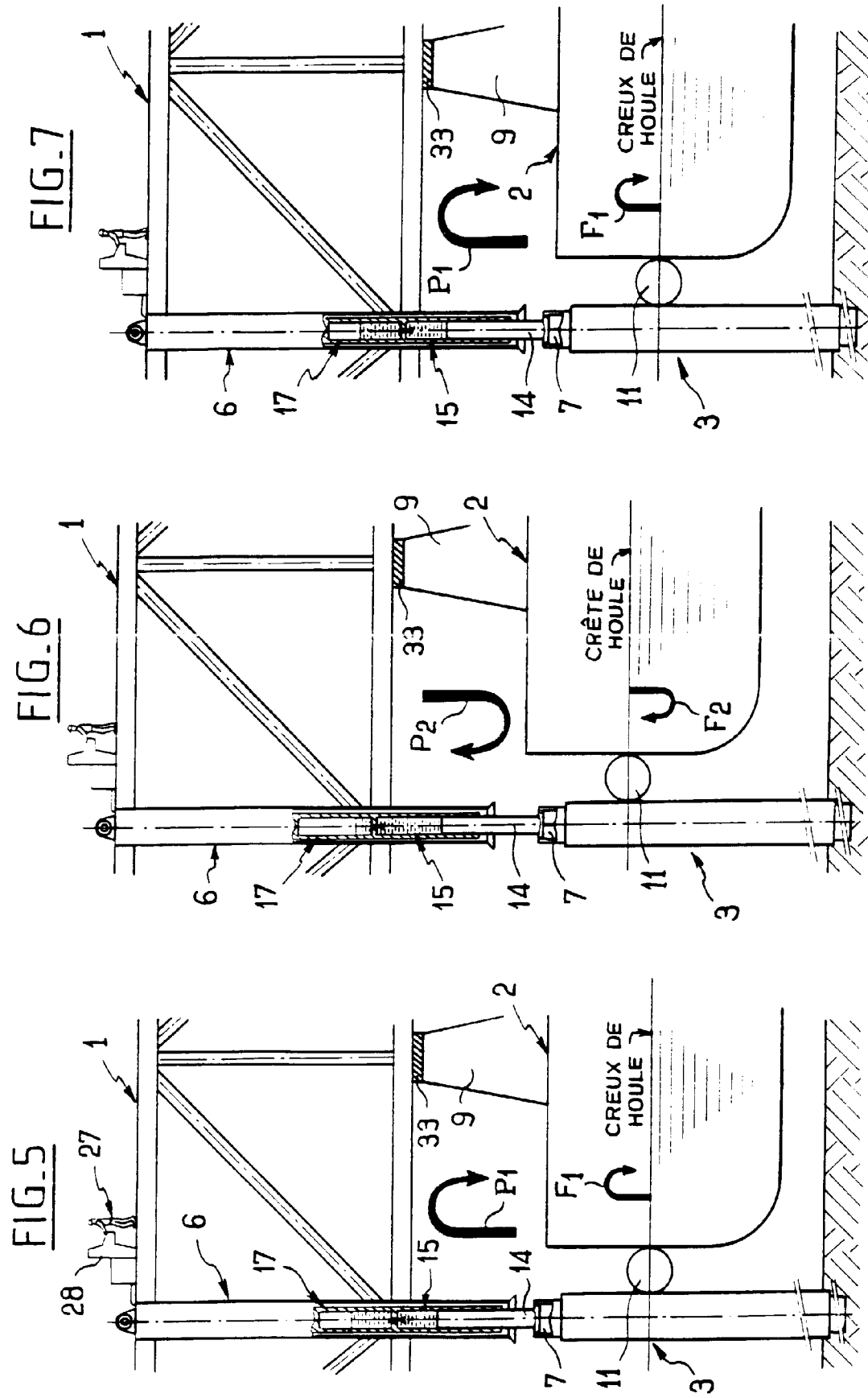
45

50

55







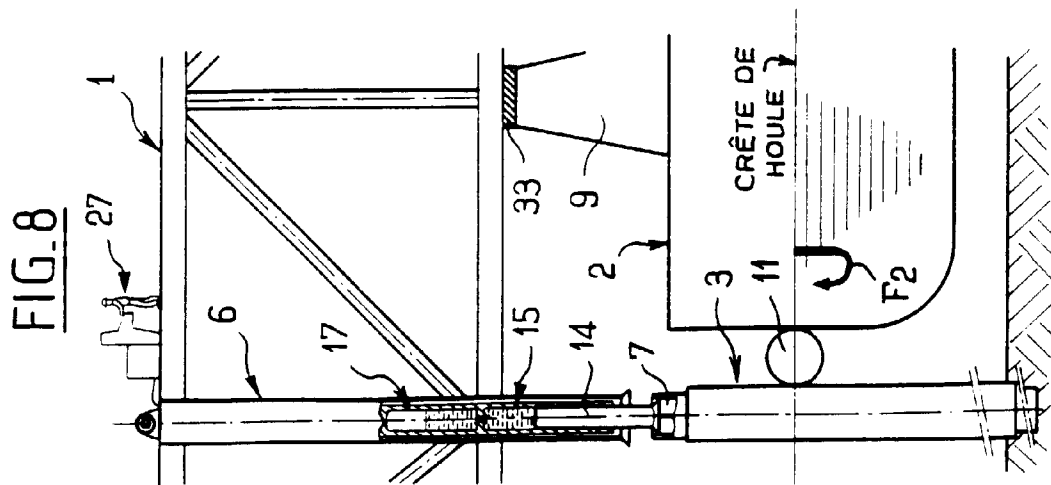
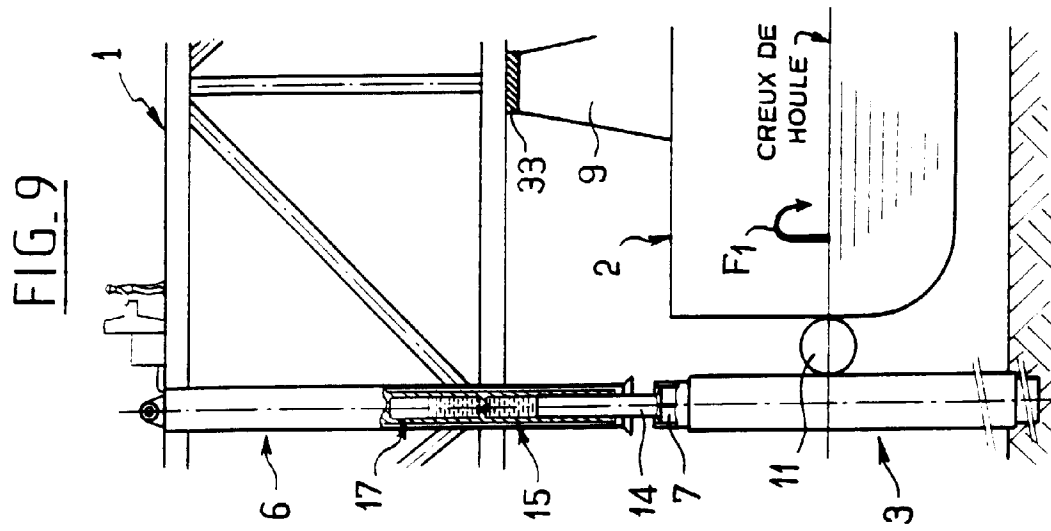
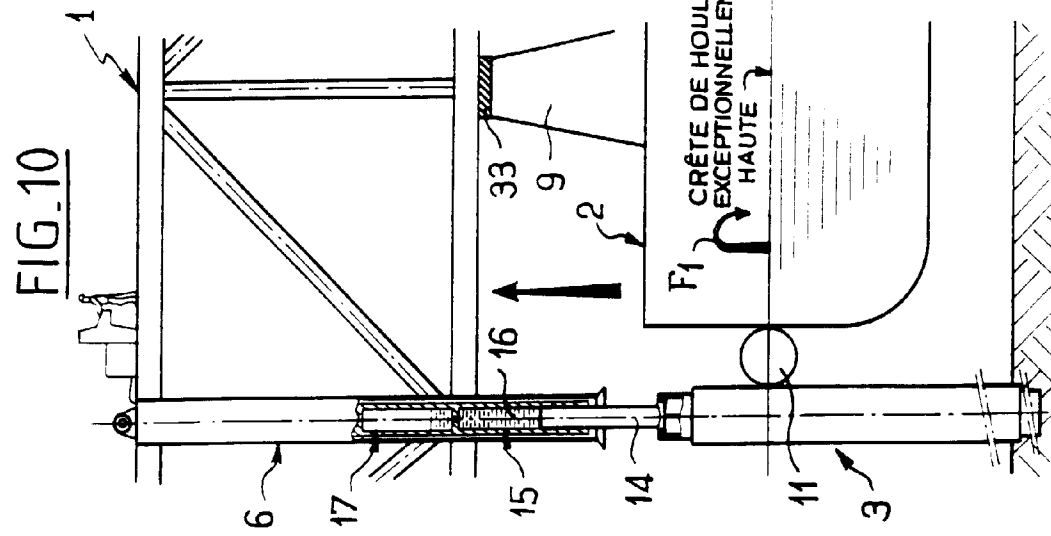


FIG. 11

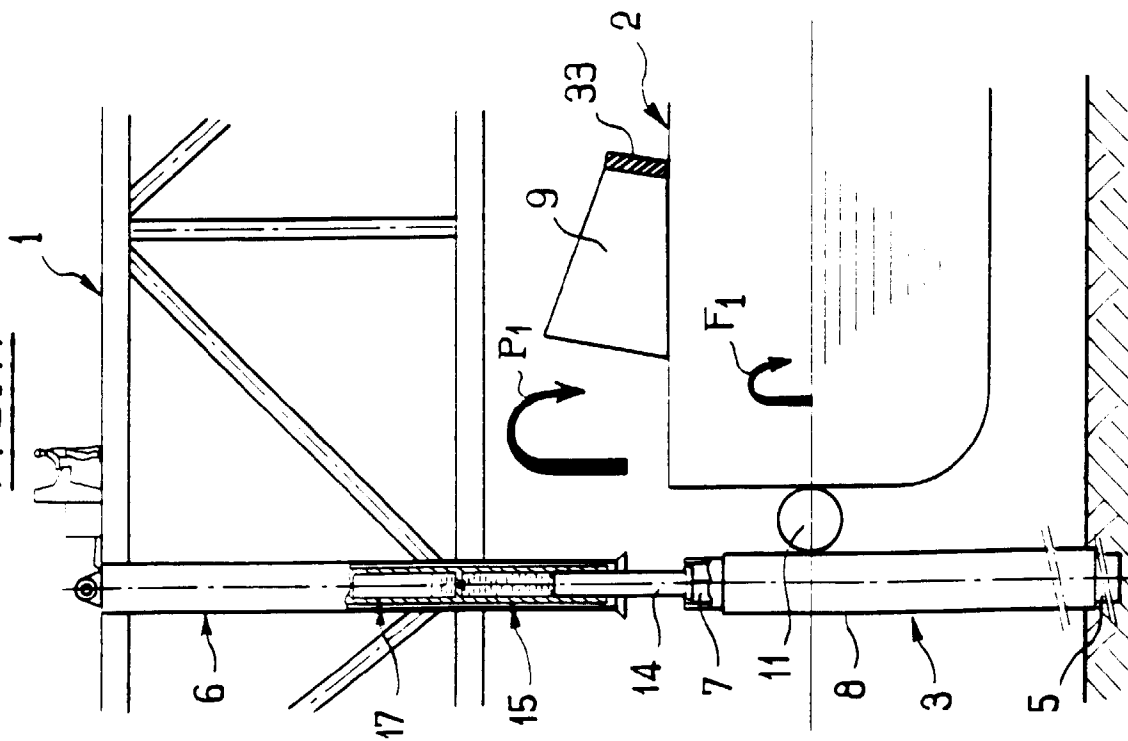
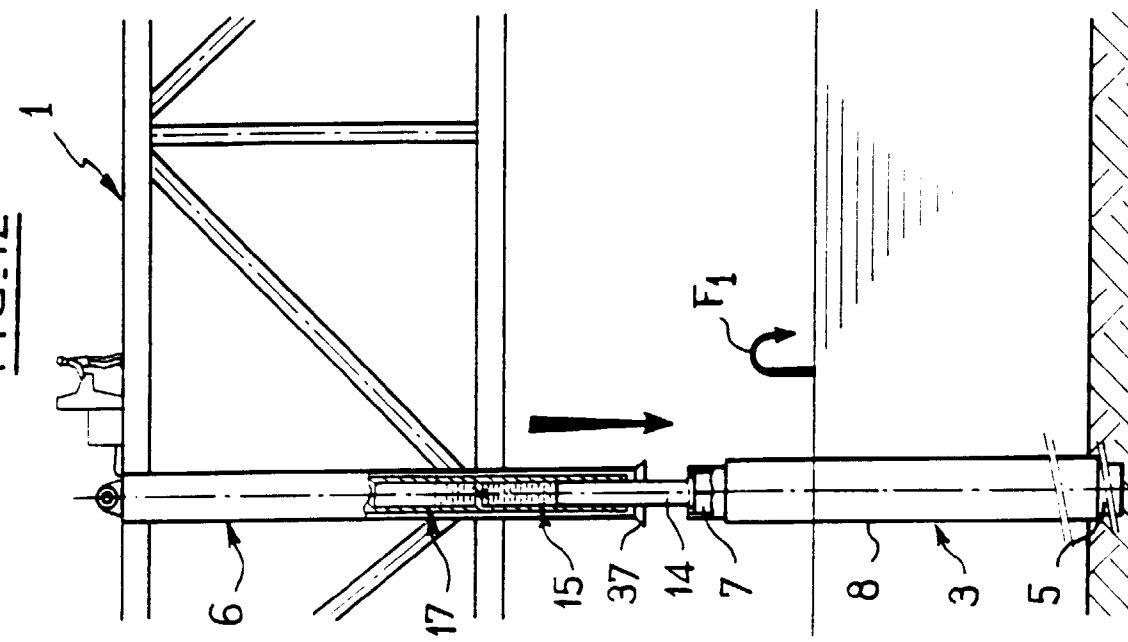


FIG. 12



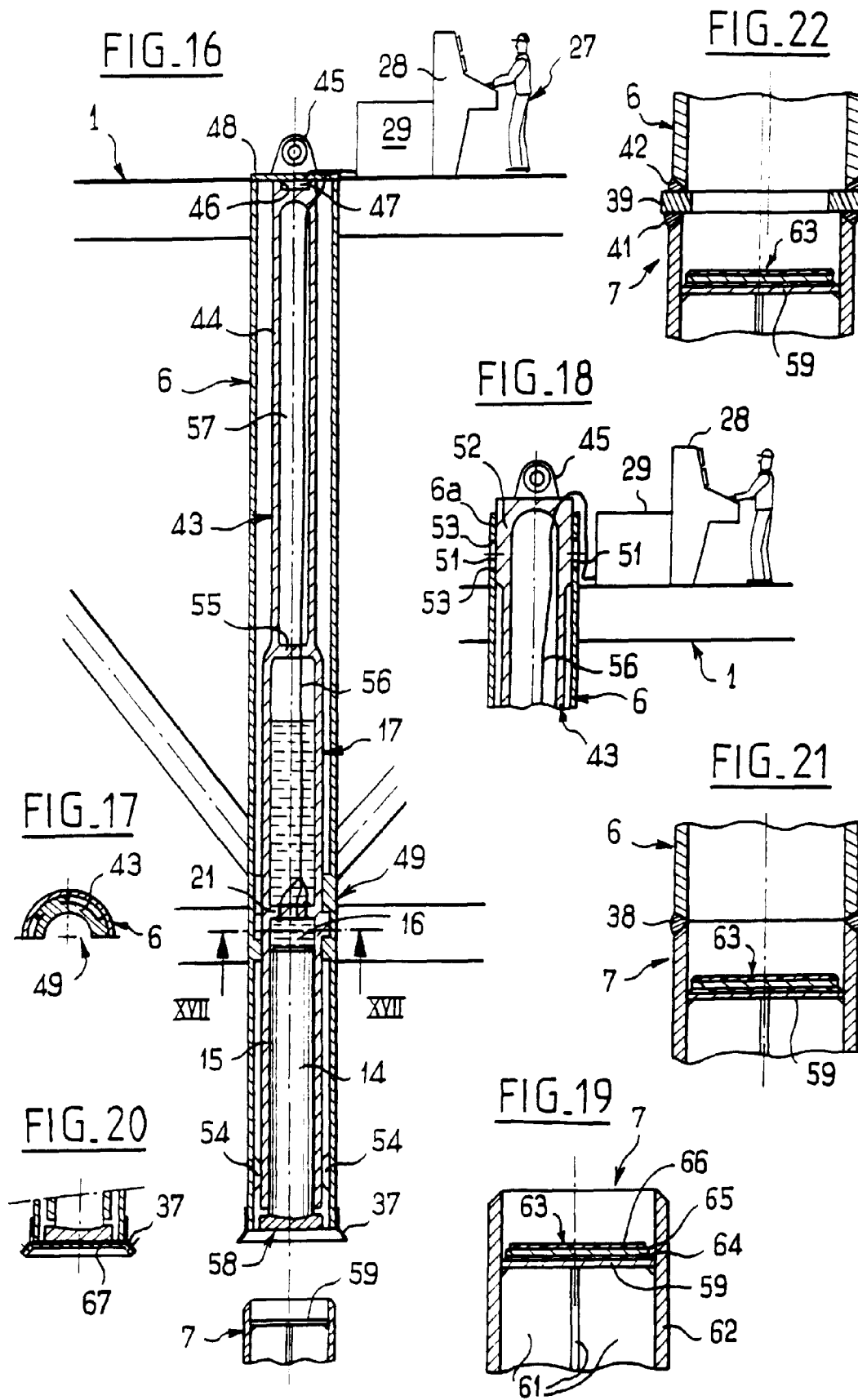


FIG. 23

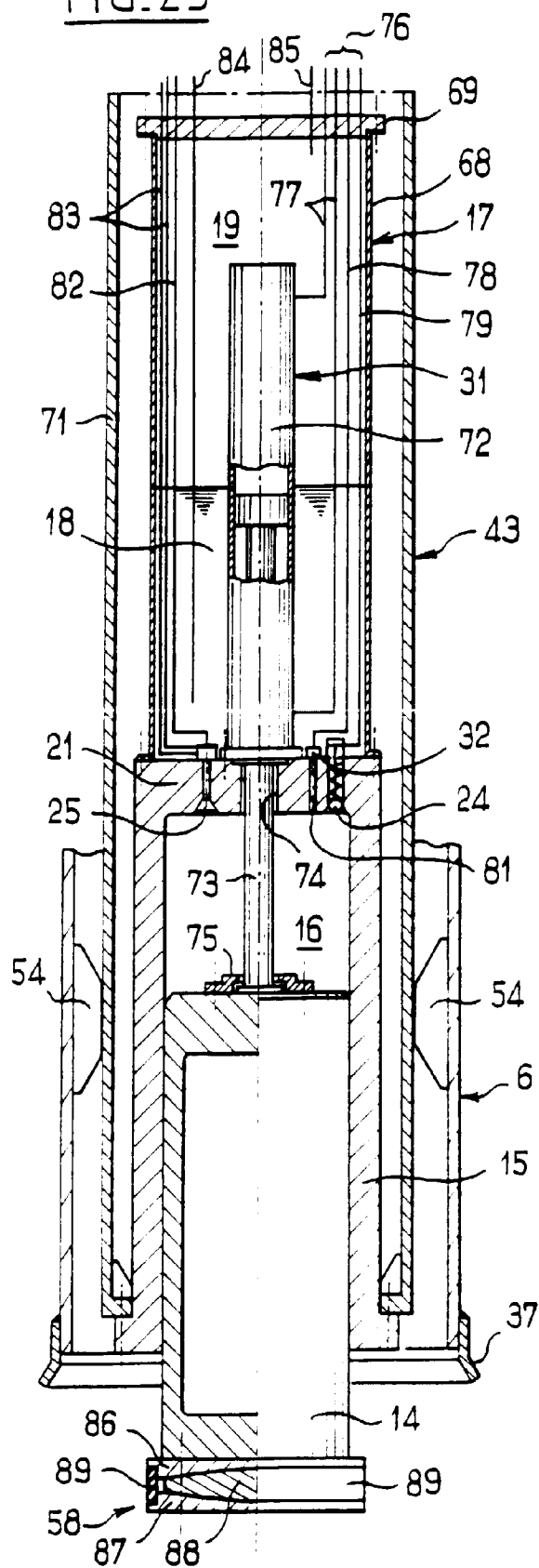


FIG. 24

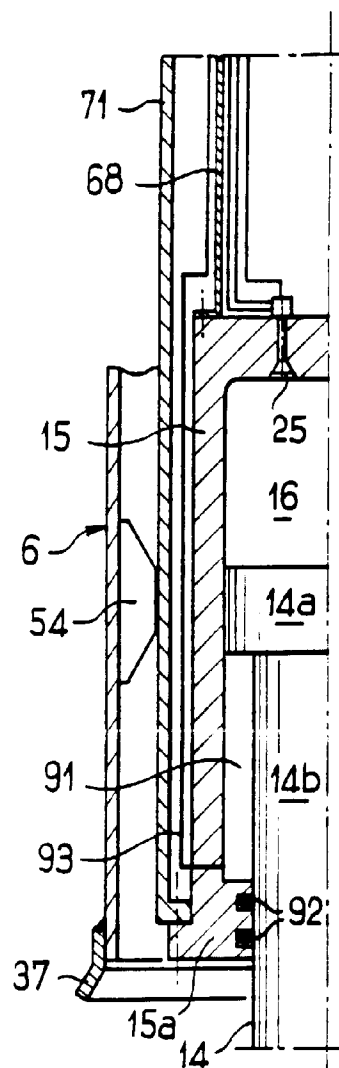


FIG. 25

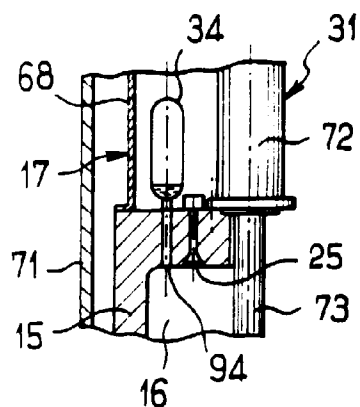


FIG. 26

