

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 894 938 A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
**03.02.1999 Bulletin 1999/05**

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **E21B 17/01, E21B 43/013**

(21) Numéro de dépôt: **98401720.2**

(22) Date de dépôt: **07.07.1998**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE**  
Etats d'extension désignés:  
**AL LT LV MK RO SI**

(30) Priorité: **01.08.1997 FR 9709892**

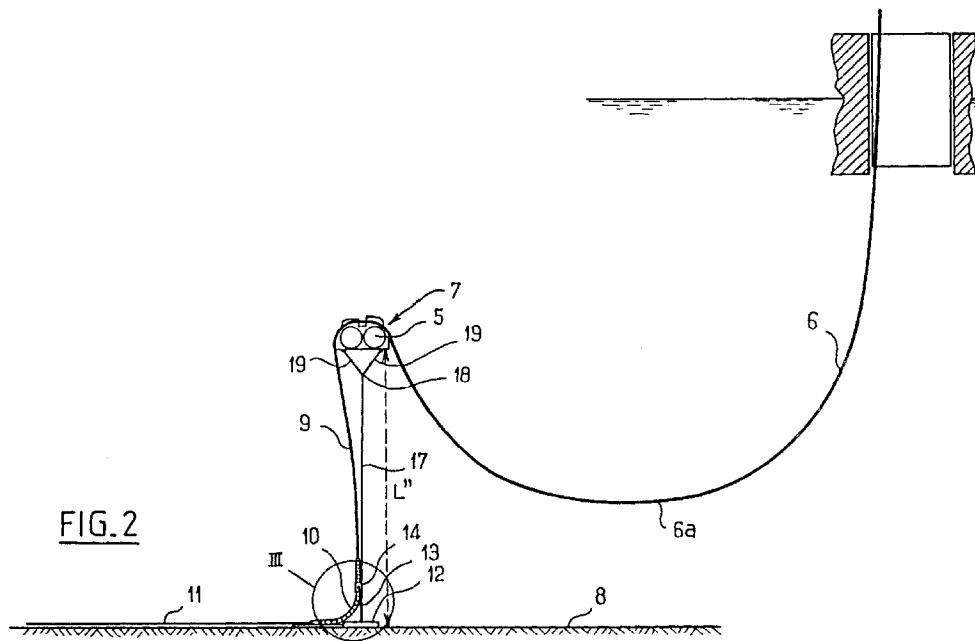
(71) Demandeur: **COFLEXIP  
75116 Paris (FR)**

(72) Inventeur: **Savy, Pierre Antoine Désiré  
Aberdeen AB15 4BT Ecosse (GB)**  
  
(74) Mandataire: **Levy, David et al  
c/o S.A. FEDIT-LORIOT & AUTRES  
CONSEILS EN PROPRIETE INDUSTRIELLE  
38, Avenue Hoche  
75008 Paris (FR)**

### (54) Dispositif de transfert de fluide entre un équipement de fond sous-marin et une unité de surface.

(57) Il est du type comprenant au moins une conduite flexible (4) s'étendant en chaînette, un organe intermédiaire de support et de flottaison (5) associé à ladite conduite (4) et divisant cette dernière en deux parties supérieure (6) et inférieure (9), l'organe intermédiaire (5) communiquant à une zone (7) de la partie supérieure (6) une concavité tournée vers le fond, des moyens de retenue (15, 20) d'au moins une zone (10) de la partie inférieure (9) de la conduite (4), lesdits moyens de retenue (15, 20) étant reliés par des moyens de liaison

(13) à un organe fixe (12) pour une mise en tension de ladite partie inférieure ledit organe fixe (12) étant disposé sur ou dans ledit fond (8), lesdits moyens de retenue (15, 20) et l'organe fixe (12) communiquant à ladite zone (10) de la partie inférieure de conduite une courbure de rayon prédéterminé et dont la concavité est dirigée vers l'équipement de fond, et il est caractérisé en ce que l'organe intermédiaire (5) est relié audit organe fixe (12) et en ce que lesdits moyens de liaison (13) présentent une longueur (L) au moins égale au rayon de courbure minimum (MBR) de ladite conduite flexible (4).



EP 0 894 938 A1

## Description

**[0001]** La présente invention concerne un dispositif de transfert de fluide entre un équipement de fond sous-marin comme par exemple une tête de puits et une unité de surface qui peut être constituée par une plate-forme flottante ou un navire.

**[0002]** En exploitation pétrolière notamment, il est utilisé une ou plusieurs conduites flexibles pour remonter un fluide de gisement tel que du pétrole, depuis une ou plusieurs têtes de puits et/ou un manifold disposés sur le fond marin vers une unité de surface.

**[0003]** Différentes configurations du dispositif ainsi que des procédés ont été et sont proposés par la demanderesse dans une brochure intitulée "Dynamic Flexible Risers", publiée en septembre 1985, lesquelles configurations sont également représentées dans un document intitulé "Recommended Practice for Flexible Pipe" (API Recommended Practice 17B, First Edition, June 1, 1988).

**[0004]** Les principales configurations sont celles continues sous les dénominations "LAZY S", "LAZY WAVE", "STEEP S", "STEEP WAVE". Dans chacune de ces configurations, la ou les conduites flexibles reliant l'équipement de fond à l'unité de surface sont associées à des organes intermédiaires qui sont des moyens de flottabilité positive et sont ainsi constituées par des bouées de flottaison ou par une arche, lesquels organes intermédiaires divisent chaque conduite flexible en deux parties supérieure et inférieure et conférant à la partie supérieure une concavité dirigée vers l'unité de surface.

**[0005]** Un perfectionnement important a été proposé par la déposante dans FR-A-2 627 542, le perfectionnement consistant à monter, sur la partie inférieure de la conduite flexible, des moyens de retenue qui sont reliés à un point fixe du fond marin et qui confèrent à ladite partie inférieure une concavité dirigée vers la tête de puits et/ou des ensembles de raccordement (manifolds), de sorte qu'une zone de ladite partie inférieure présente une courbure moyenne. Le contenu de ce document est intégré dans la présente demande pour tout ce qui concerne les parties communes semblables ou équivalentes.

**[0006]** Le brevet US 5 505 560 concerne un système de transfert de fluide comprenant deux organes intermédiaires supérieur et inférieur divisant la conduite flexible en trois parties, une partie supérieure dont une zone présente une concavité dirigée vers l'unité de surface, une partie intermédiaire située entre les deux organes intermédiaires et présentant une zone dont la concavité est également dirigée vers l'unité de surface, et une partie inférieure dont une zone présente une concavité dirigée vers le fond marin, l'extrémité libre de la partie inférieure étant connectée à l'équipement de fond. L'organe intermédiaire supérieur est constitué par une arche qui est reliée par un câble de liaison à un point fixe du fond marin, alors que l'organe intermédiaire inférieur est constitué par des bouées de flottaison dispo-

sées autour de la conduite flexible. Il s'agit en fait de la combinaison des deux configurations "LAZY S" et "LAZY WAVE".

**[0007]** Dans la demande EP 0 251 488, il est décrit 5 un procédé d'installation d'un système de transfert de fluide, ainsi que le système de transfert utilisable pour la mise en oeuvre du procédé. Le procédé consiste à prévoir un organe intermédiaire disposé latéralement par rapport à une ligne s'étendant verticalement depuis 10 l'unité de surface, à descendre une conduite flexible depuis la surface pour la fixer sur l'organe intermédiaire, de manière à transférer le poids de la partie inférieure de la conduite sur l'organe intermédiaire.

**[0008]** Toutes les configurations antérieures ont été 15 conçues et sont utilisées pour des profondeurs d'eau de plusieurs centaines de mètres. Lorsque l'équipement de fond est situé dans des exploitations pétrolières offshore peu profondes (shallow water en anglais), la conduite flexible et les éléments associés peuvent être soumis à 20 des efforts hydrodynamiques ou des sollicitations dynamiques très importantes.

**[0009]** De plus, en raison de l'amplitude du mouvement répété de la conduite flexible, le risque de détérioration et d'un vieillissement dynamique précoce de la 25 conduite flexible n'est pas négligeable. Dans un environnement encombré comprenant plusieurs conduites flexibles, ombilicaux et câbles de liaison tels que des câbles d'amarraage, il peut se produire des chocs entre 30 des conduites proches qui, subissant les sollicitations dynamiques, entraînent un endommagement possible desdites conduites et/ou câbles de liaison ou d'amarra-ge.

**[0010]** Au préalable, il est important de noter qu'une 35 conduite flexible ne doit pas être déformée principalement en flexion de manière excessive, ladite déformation maximale admissible pour une conduite étant exprimée par ce qu'il est convenu d'appeler le rayon minimum de courbure (Minimum Bend Radius ou MBR en anglais).

**[0011]** Le MBR est le rayon minimum de courbure que 40 le flexible peut admettre sans dommage. Une courbure excessive peut entraîner des dommages qui peuvent revêtir plusieurs formes qui sont décrites dans le document API auquel on pourra se référer utilement.

**[0012]** En mer peu profonde, généralement inférieure 45 à 100 mètres, les mouvements de houle induisent des mouvements verticaux et horizontaux sur l'unité de surface. Une mer est considérée comme peu profonde lorsque les amplitudes du déplacement horizontal et/ou vertical induites par les vagues et la houle sont non négligeables par rapport à la profondeur d'eau. En pratique, lorsque les amplitudes sont supérieures à 10 % de la 50 profondeur, alors on considère qu'on est en mer peu profonde. Dans une exploitation pétrolière dans laquelle 55 on utilise une arche de support pour les conduites flexibles ou ombilicaux, les mouvements de l'unité de surface transmettent à l'élément intermédiaire de support de la ou des conduites flexibles des efforts hydrodynamiques.

ques très importants. Une conséquence de ces efforts hydrodynamiques est, entre autres, des déplacements horizontaux importants de ladite arche, ce qui se traduit par une déformation dynamique de la conduite flexible. Lorsque l'unité de surface est fortement décalée latéralement par rapport à l'équipement de fond, comme c'est le cas du dispositif du brevet américain précité, cela nécessite d'utiliser une conduite flexible de grande longueur et donc d'augmenter considérablement le coût global de l'installation sous-marine, la déformation de la conduite flexible pouvant être plus ou moins absorbée en raison des longueurs de flexible utilisées entre l'unité de surface et les organes intermédiaires de flottabilité positive d'une part et, entre ces mêmes organes intermédiaires et l'équipement de fond. Mais lorsque l'unité de surface se trouve sensiblement à l'aplomb ou sur la verticale passant par l'équipement de fond, on conçoit aisément qu'un déplacement latéral de l'arche et donc de la conduite flexible entraîne une déformation importante de cette dernière et lui confère une courbure inférieure au MBR avec les conséquences que l'on sait.

**[0013]** La présente invention a pour but de proposer un dispositif de transfert d'un fluide entre un équipement de fond et une unité de surface qui soit utilisable quelle que soit la distance séparant l'équipement de surface de l'unité de surface.

**[0014]** La présente invention a pour objet un dispositif du type ci-dessus, du type comprenant au moins une conduite flexible s'étendant en chaînette, un organe intermédiaire de support et de flottaison associé à ladite conduite et divisant cette dernière en au moins deux parties supérieure et inférieure, l'organe intermédiaire communiquant à une zone de la partie supérieure, une concavité tournée vers le fond, des moyens de retenue d'au moins une zone de la partie inférieure de la conduite, lesdits moyens de retenue étant reliés par des moyens de liaison à un point fixe pour une mise en tension de la zone comprise entre l'organe intermédiaire et les moyens de retenue, lesdits moyens de retenue et le point fixe communiquant à la zone comprise entre les moyens de retenus et la partie terminale de la conduite une courbure moyenne dont la concavité est dirigée vers l'équipement de fond, caractérisé en ce que l'organe intermédiaire est relié audit point fixe et en ce que les moyens de liaison présentent une longueur au moins égale au rayon de courbure minimum de la conduite flexible.

**[0015]** Un avantage de la présente invention réside dans le fait qu'elle est particulièrement intéressante dans des exploitations pétrolières en eau peu profonde.

**[0016]** Un autre avantage de la présente invention réside dans le fait qu'elle est applicable pour des équipements de fond qui sont décalés latéralement par rapport à l'unité de surface ou sous cette dernière qui peut être constituée par une plate-forme de production.

**[0017]** Un autre avantage réside dans le fait que les mouvements de houle et des vagues ne peuvent déformer de manière excessive les conduites flexibles ou des

ombilicaux reliant l'unité de surface à l'équipement de fond, c'est-à-dire que la présente invention permet d'éviter que le rayon de courbure de la déformation soit inférieur au MBR en tout point de la conduite.

**5 [0018]** D'autres avantages et caractéristiques ressortiront mieux à la lecture de la description d'un mode de réalisation préféré de l'invention, ainsi que des dessins annexés sur lesquels :

- 10 - la figure 1 est une vue en perspective d'un ensemble de production pétrolière comprenant une unité de surface, un équipement de fond et le dispositif selon l'invention,
- la figure 2 est une représentation schématique du dispositif selon l'invention,
- la figure 3 est une vue agrandie de la partie entourée sur la figure 2.

**[0019]** Le dispositif selon l'invention est destiné à être inclus dans un ensemble d'exploitation pétrolière comprenant une unité de surface telle qu'une plate-forme 1 maintenu à la surface de la mer 2, un équipement de fond comprenant notamment une ou plusieurs têtes de puits, représenté schématiquement sur la figure 1 et désigné par la référence 3, des conduites flexibles et/ou des ombilicaux 4, un organe intermédiaire de support et de flottaison 5.

**[0020]** L'élément de support et de flottaison 5 constitué par exemple par une arche divise la ou les conduites flexibles et/ou ombilicaux en au moins trois parties. Dans ce qui suit, on se référera à une seule conduite flexible s'étendant en chaînette 4 étant précisé que cela reste valable pour les autres conduites flexibles et/ou ombilicaux et en général tous les éléments qui sont supportés par l'élément de support et de flottaison 5. La partie supérieure ou première partie 6 de la conduite flexible est comprise entre la plate-forme 1 et l'arche 5 et comprend une zone 6a dont la concavité est tournée vers la surface 2. La deuxième partie 7 de la conduite flexible est constituée par la zone en appui sur l'arche 5 et présentant une concavité tournée vers le fond 8. La troisième partie 9 est comprise entre l'arche 5 et le fond 8 et comprend une zone 10 dont la concavité est tournée vers la tête de puits 3 qui peut être située directement au-dessous de la plate-forme 1 (figure 1) ou décalée latéralement et à une certaine distance par rapport à ladite plate-forme 1, la portion de conduite reliant la zone 10 à ladite tête de puits étant représentée sur la gauche de la figure 2. Cette portion de conduite constituant une quatrième partie 11 de la conduite flexible.

**[0021]** Un corps mort 12 ou autre équipement équivalent est fixé par tout moyen approprié sur ou dans un fond 8.

**[0022]** La troisième partie 9 de la conduite flexible 4 est reliée, au moins dans la portion comprenant la zone 10, au corps mort 12, la liaison étant réalisée au moyen d'un câble ou d'un tirant d'ancre 13 fixé à une extrémité sur le corps mort 12 et, à l'autre extrémité, en un

point de fixation 14 de ladite troisième partie 9. Le point de fixation 14 peut être constitué par un collier 15 serré autour de la conduite, le collier 15 pouvant comporter deux éléments d'axe alignés opposés sur chacun desquels est fixé un câble ou un tirant d'ancrage 13, les deux tirants d'ancrage, lorsqu'ils sont utilisés, étant fixés sur un même point d'ancrage 16 du corps mort 12.

**[0023]** Pour une conduite flexible 4 donnée c'est-à-dire pour une conduite flexible de diamètre et de structure connus, on détermine le rayon minimum de courbure ou MBR. Une fois que ce rayon minimum de courbure ou MBR est connu, on affecte une longueur L au tirant d'ancrage 13 de sorte qu'elle soit au moins égale audit MBR ce qui a pour effet de limiter la déformation de la zone 10 à une certaine valeur moyenne, supérieure au MBR de ladite conduite, qui évite tout endommagement irréversible du type de celui mentionné dans ladite documentation API.

**[0024]** Une telle réalisation permet déjà d'une part d'aligner la traction de la conduite sur la résultante de traction sur le ou les tirants, et d'autre part, lors d'une déviation de la conduite provoquée, par exemple, par des courants traversiers, de conserver un alignement axial de la conduite de part et d'autre du collier de serrage 15. De cette manière, la zone 10 de la conduite présente une courbure moyenne comprise entre deux valeurs extrêmes, le rayon de courbure nominal étant déterminé en fonction du diamètre de la conduite et des conditions d'utilisation.

**[0025]** L'arche 5 est reliée au corps mort 12 par un câble ou tirant d'ancrage 17 dont une extrémité est fixée directement sur ladite arche 5 ou en un point 18 de liaison de deux petits câbles 19 fixés à la base de ladite arche 5, l'autre extrémité du câble d'ancrage 17 étant fixé sur le corps mort 12 et, de préférence, sur le point 16 d'ancrage de la conduite flexible 4.

**[0026]** Selon un autre mode de réalisation de l'invention, la zone 10 de la troisième partie 9 de la conduite flexible 4 traverse un ensemble de vertèbres articulées 20, ledit ensemble de vertèbres limitant la courbure maximale de ladite zone à une valeur qui peut être pré-déterminée. Dans ce cas, le collier de serrage 15 peut être monté autour d'une partie de l'ensemble de vertèbres 20 ou entre deux vertèbres 21 dudit ensemble 20 et serré directement autour de la conduite flexible ; de préférence, le collier de serrage 15 est disposé sensiblement au milieu de la longueur de l'ensemble de vertèbres 20. Compte tenu du rayon minimum de courbure MBR de la conduite flexible 4, on détermine la longueur L' de l'ensemble de vertèbres 20 pour qu'elle soit au moins égale à deux fois et de préférence à trois fois ledit MBR.

**[0027]** Quant à la longueur L" du tirant d'ancrage de l'arche 5, elle dépend de la profondeur d'eau P entre la surface 2 et le fond 8, la longueur L" du tirant d'ancrage 17 déterminant la profondeur d'immersion de ladite arche 5. La longueur L" est, de préférence, déterminée également en fonction de l'amplitude des mouvements

de la houle et/ou des vagues susceptibles de se produire dans le secteur d'exploitation, ladite amplitude pouvant être par exemple de l'ordre de 15 mètre et davantage désignée par D. L'arche 5 sera immergée à une 5 profondeur au moins égale à D de manière à réduire le plus possible l'effet des mouvements de la mer sur ladite arche 5. De préférence, la profondeur d'immersion de l'arche 5 sera comprise entre 20 et 70 % de la profondeur P et de préférence égale à 50 %.

**[0028]** De ce fait, même avec des mouvements importants de la houle conjugués à des courants traversiers susceptibles de se produire dans l'eau, la conduite flexible ne peut se déformer de manière excessive, la déformation produite restant acceptable autour d'une 15 valeur moyenne de la courbure de la conduite produite par ladite déformation.

**[0029]** Ainsi et grâce à la présente invention, on peut utiliser des longueurs réduites de conduite flexible sans crainte d'une déformation excessive susceptible d'entraîner un endommagement irréversible sur ladite conduite flexible lorsque cette dernière est soumise à des sollicitations hydrodynamiques.

## 25 Revendications

1. Dispositif de transfert de fluide entre un équipement (3) disposé sur un fond sous-marin (8) et une unité de surface (1), du type comprenant au moins une conduite flexible (4) s'étendant en chaînette, un organe intermédiaire de support et de flottaison (5) associé à ladite conduite (4) et divisant cette dernière en deux parties supérieure (6) et inférieure (9), l'organe intermédiaire (5) communiquant à une zone (7) de la partie supérieure (6) une concavité tournée vers le fond, des moyens de retenue (15, 20) d'au moins une zone (10) de la partie inférieure (9) de la conduite (4), lesdits moyens de retenue (15, 20) étant reliés par des moyens de liaison (13) à un organe fixe (12) pour une mise en tension de ladite partie inférieure ledit organe fixe (12) étant disposé sur ou dans ledit fond (8), lesdits moyens de retenue (15, 20) et l'organe fixe (12) communiquant à ladite zone (10) de la partie inférieure de conduite une courbure de rayon prédéterminé et dont la concavité est dirigée vers l'équipement de fond, caractérisé en ce que l'organe intermédiaire (5) est relié audit organe fixe (12) et en ce que lesdits moyens de liaison (13) présentent une longueur (L) au moins égale au rayon de courbure minimum (MBR) de ladite conduite flexible (4).
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de retenue sont constitués par un collier (15) serré autour de la conduite flexible (4).
3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en

ce que les moyens de retenue comprennent en outre un ensemble de vertèbres s'étendant sur la zone courbe (10) de la partie inférieure (9) de la conduite, ledit ensemble de vertèbres (20) présentant une longueur au moins égale à trois fois le rayon de courbure minimum (MBR) de ladite conduite. 5

- 4. Dispositif selon les revendications 2 et 3, caractérisé en ce que le collier (15) est disposé sensiblement au milieu de la longueur ( $L'$ ) de l'ensemble de vertèbres (20). 10
- 5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le collier (15) est monté autour de la conduite et entre deux vertèbres (21). 15
- 6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, utilisable dans une mer peu profonde et de profondeur (P) donnée, caractérisé en ce que l'organe intermédiaire est constitué par une arche (5) qui est immergée à une profondeur comprise entre 20 et 70 % de ladite profondeur donnée (P). 20
- 7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'arche (5) est reliée à l'organe fixe (12) du fond (8) par un câble d'ancrage (17) dont la longueur ( $L''$ ) détermine la profondeur d'immersion de ladite arche. 25
- 8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les moyens d'ancrage de la partie inférieure (9) de la conduite flexible (4) et de l'élément intermédiaire (5) sont constitués par un corps mort (12), comprenant un point fixe (16) sur lequel sont attachés les moyens de liaison (13) de la conduite flexible (4) et les moyens de liaison (17) de l'élément intermédiaire (5). 35

40

45

50

55

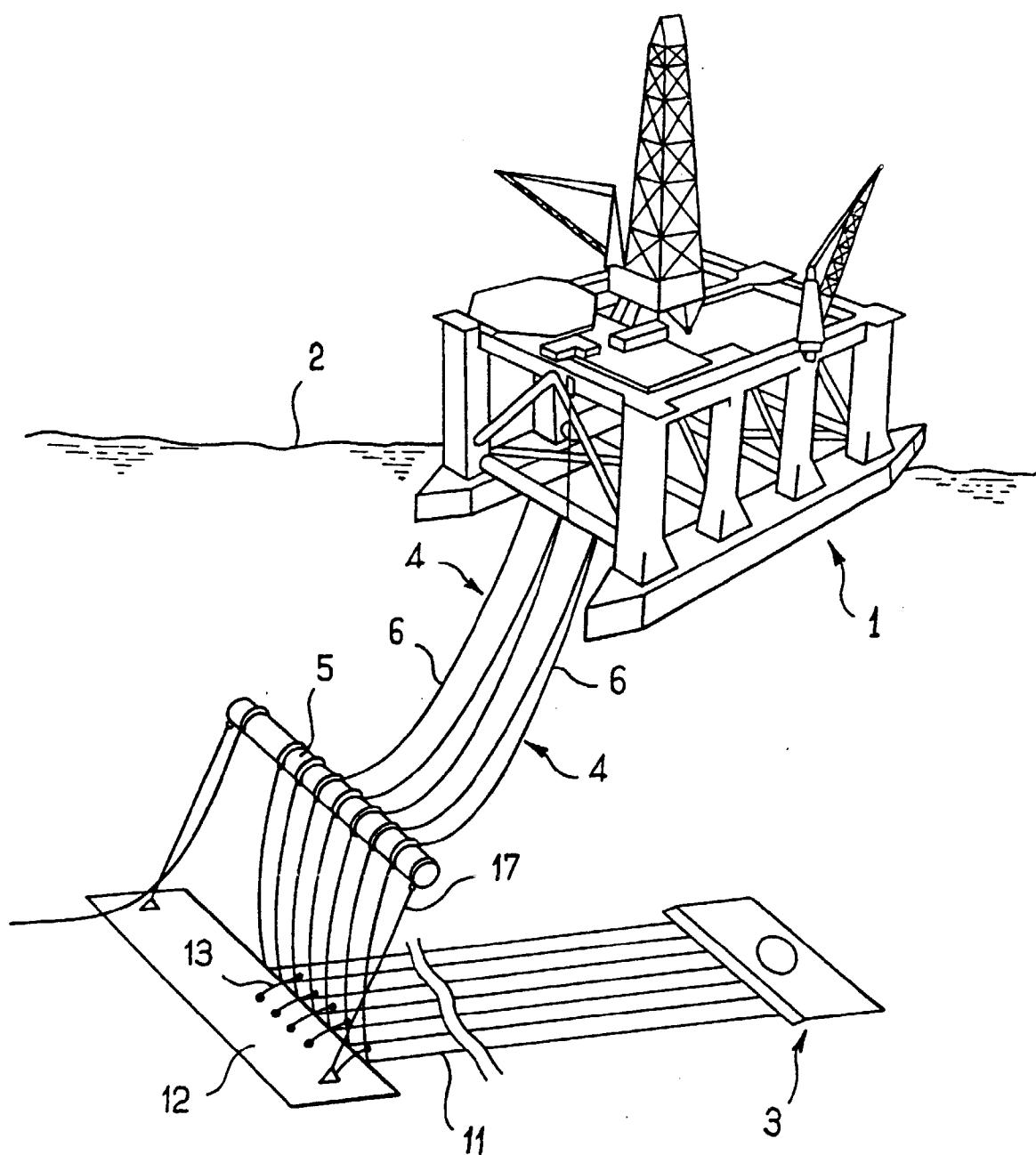
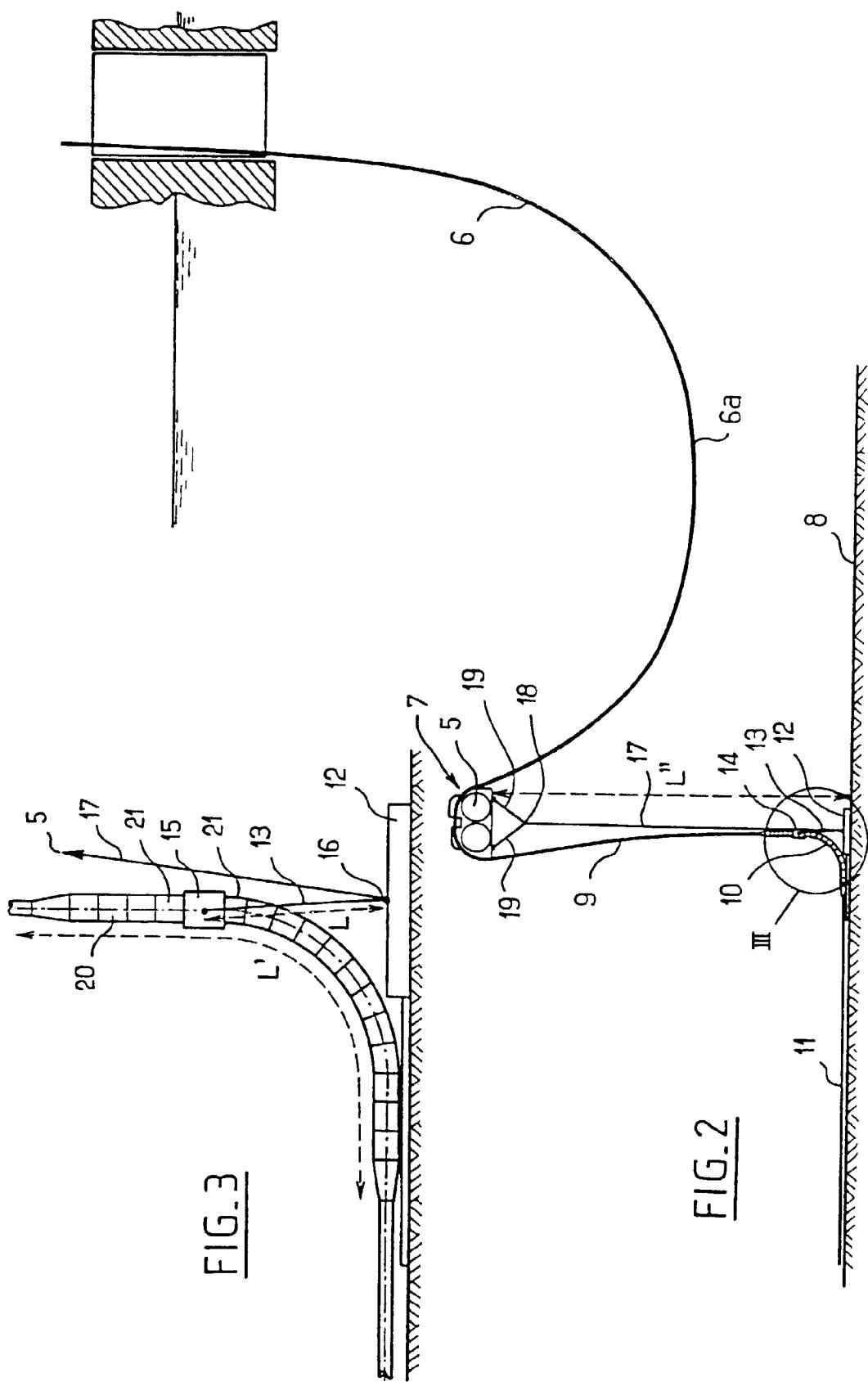


FIG.1





Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 98 40 1720

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
D, A	FR 2 627 542 A (COFLEXIP) 25 août 1989 * figures 2-4 * ---	1-3, 8	E21B17/01 E21B43/013
D, A	EP 0 251 488 A (BECHTEL LTD) 7 janvier 1988 * le document en entier * ---	1, 6-8	
A	WO 97 22780 A (FOSTER WHEELER ENERGY LTD ; SHOTBOLT KEITH (GB)) 26 juin 1997 * le document en entier * -----	1	
DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)			
E21B			
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
LA HAYE	11 novembre 1998	Fonseca Fernandez, H	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul	T : théorie ou principe à la base de l'invention		
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date		
A : arrière-plan technologique	D : cité dans la demande		
O : divulgation non-écrite	L : cité pour d'autres raisons		
P : document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant		