



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 260 670 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
27.11.2002 Bulletin 2002/48

(51) Int Cl.7: **E21B 17/01**

(21) Numéro de dépôt: **02291245.5**

(22) Date de dépôt: **21.05.2002**

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

(71) Demandeur: **INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE**
92852 Rueil-Malmaison Cedex (FR)

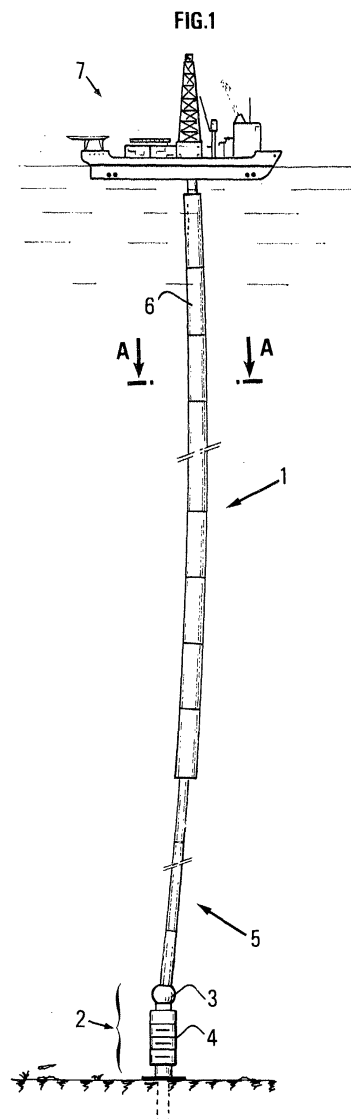
(72) Inventeurs:
• **Guesnon, Jean**
78400 Chatou (FR)
• **Gaillard, Christian**
92500 Rueil Malmaison (FR)

(30) Priorité: **25.05.2001 FR 0107007**

(54) **Méthode de dimensionnement d'un riser de forage**

(57) La présente invention concerne une méthode pour dimensionner un ensemble prolongateur (1) pour le forage en mer reliant une tête de puits sous-marine (2) à un support flottant (7) comprenant un tube principal (8), dans laquelle on effectue les étapes suivantes:

- on choisit une architecture complète de l'ensemble prolongateur à partir d'un cahier des charges, notamment en se fixant l'épaisseur du tube principal et des moyens de flottaison, et on calcule le poids apparent de cet ensemble,
- on détermine la marge de tension en tête de l'ensemble, en mode déconnecté de la tête du puits, compte tenu du poids apparent et de la tension amplifiée en tête par les mouvements du support flottant auquel est suspendu l'ensemble,
- dans le cas où la marge de tension correspond à une valeur proche d'une valeur déterminée, on calcule les contraintes de Von-Mises dans toutes les sections du tube, en mode connecté à la tête du puits,
- dans le cas où les contraintes sont proche d'un critère déterminé en relation avec la limite élastique du matériau du tube: on vérifie par calcul la charge sur chaque composant de l'ensemble prolongateur, ainsi que sa fatigue en dynamique.



EP 1 260 670 A1

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine du forage en mer, notamment à l'aide de support flottant, tel un bateau ou une plate-forme semi-submersible à positionnement dynamique. Dans ce mode d'exploitation, la tête du puits se trouve au niveau du fond de la mer (« mud-line »), ce qui impose une colonne de prolongation à travers la tranche d'eau, colonne dénommée « riser » dans la profession. Cette colonne qui est constituée d'éléments de longueur comprise entre environ 15 et 30 m, doit respecter un cahier des charges rigoureux compte tenu des conditions maritimes et de sécurité de forage.

[0002] Aussi, le riser est l'élément clé du forage par grande profondeur d'eau et doit être étudié avec le plus grand soin. L'architecture d'un tel riser dépend d'un certain nombre de paramètres liés aux conditions opérationnelles et d'environnement, telles que la profondeur d'eau, la densité maximale de la boue de forage, le diamètre des lignes périphériques (kill-line, choke-line) et leur pression de service, les états de mer et les profils de courant, le déport du support flottant (avec positionnement dynamique ou non). Les conditions sont différentes en mode de forage (riser connecté à la tête de puits et accroché aux moyens de tensionnement) et en mode déconnecté (riser suspendu sous le support flottant, suspendu à la table de forage sans l'intermédiaire des moyens de tensionnement).

[0003] Tous ces paramètres doivent être pris en considération pour dimensionner chaque composant du système "riser": le tube principal, les lignes périphériques, les connecteurs, les flotteurs (flottabilité et répartition), le système de tensionnement..., tout en respectant les règles normales de sécurité et les procédures habituelles des entrepreneurs de forage.

[0004] Ainsi, la présente invention concerne une méthode pour dimensionner un ensemble prolongateur pour le forage en mer reliant une tête de puits sous-marine à un support flottant comprenant un tube principal, dans laquelle on effectue les étapes suivantes:

- on choisit une architecture complète de l'ensemble prolongateur à partir d'un cahier des charges, notamment en se fixant l'épaisseur du tube principal et des moyens de flottaison, et on calcule le poids apparent de cet ensemble,
- on détermine la marge de tension en tête dudit ensemble, en mode déconnecté de la tête du puits, compte tenu du poids apparent et de la tension amplifiée en tête par les mouvements du support flottant auquel est suspendu ledit ensemble,
- dans le cas où la marge de tension correspond à une valeur proche d'une valeur déterminée, on calcule les contraintes de Von-Mises dans toutes les sections du tube, en mode connecté à la tête du puits,
- dans le cas où lesdites contraintes sont proche d'un critère déterminé en relation avec la limite élastique du matériau du tube: on vérifie par calcul la charge sur chaque composant de l'ensemble prolongateur, ainsi que sa fatigue en dynamique.

[0005] Selon la méthode, on peut modifier les moyens de flottaison pris en compte dans l'étape a) lorsque la marge de tension en mode déconnecté est éloignée de ladite valeur déterminée, de façon à approcher la valeur de ladite marge.

[0006] On peut modifier les moyens de flottaison en faisant varier au moins l'un des paramètres suivants: le nombre de flotteurs, le diamètre des flotteurs, la masse volumique du matériau des flotteurs.

[0007] On peut faire varier l'épaisseur du tube principal lorsque les contraintes de Von-Mises calculées à l'étape c) ne respectent pas ledit critère déterminé. On peut ainsi optimiser l'architecture de l'ensemble de la colonne montante ou riser.

[0008] Le critère peut consister à imposer à ce que les contraintes de Von-Mises soient inférieures à 2/3 de la limite élastique de l'acier du tube principal.

[0009] On peut augmenter l'épaisseur du tube lorsque lesdites contraintes sont supérieures à environ 2/3 de la limite élastique, et on peut diminuer l'épaisseur du tube lorsque lesdites contraintes sont inférieures à environ 2/3 de la limite élastique.

[0010] On peut effectuer les étapes a) et b) en prenant en compte une perte d'épaisseur du tube principal et une perte de flottabilité des moyens de flottaison. La perte d'épaisseur peut correspondre à la tolérance de fabrication et/ou une corrosion. La perte de flottabilité peut être due à une absorption d'eau au cours du temps.

[0011] La marge de tensionnement en mode déconnecté peut être au moins égale à 20 t.

[0012] Sur la base de son expertise, la demanderesse a donc développé une méthodologie pour optimiser le dimensionnement des risers de forage en fonction des conditions d'utilisation. Un outil de calcul, par exemple sous la forme d'une feuille Excel, a été développé respectant la méthodologie proposée.

[0013] La présente invention sera mieux comprise et ses avantages apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante, illustrée par les figures ci-après annexées, parmi lesquelles :

- la figure 1 décrit une installation de forage offshore,

- la figure 2 montre une coupe transversale d'un riser,
- la figure 3 montre un élément de riser équipé de moyens de flottaison,
- la figure 4 illustre le principe de la méthodologie selon l'invention.

[0014] Sur la figure 1, la référence 1 désigne l'ensemble de la colonne montante ou « riser » de forage. La tête de puits sous-marine schématisée est référencée 2. Le riser est liée à la tête de puits 2 par un joint flexible 3 fixée au dessus du bloc de commande supérieur 4 comportant, entre autre, un connecteur qui permet la déconnexion du riser du bloc des obturateurs. On note que la partie basse 5 du riser est dépourvue d'éléments de flottabilité contrairement à la partie supérieure 6. Le sommet du riser est relié au support flottant 7 par l'intermédiaire de treuils de tensionnement (non représentés).

[0015] La figure 2 représente une coupe transversale d'un élément de riser constitué principalement d'un tube principal et central 8, de lignes tubulaires auxiliaires (kill-line, choke-line, boosting line) 9, d'éléments de flottabilité 10, généralement sous la forme de deux demies coquilles en mousse syntactique ou matériau équivalent.

[0016] La figure 3 illustre un élément de riser comprenant une paire de connecteurs supérieur 11 et inférieur 12 dont les fonctions sont de connecter les tubes principaux entre eux, mais aussi de connecter les lignes auxiliaires. La référence 13 désigne une demie coquille d'élément de flottabilité.

Mécanique des risers

[0017] La tension T_{Top} en tête du riser est un paramètre important qu'il est nécessaire de connaître avec précision pour choisir le système de tensionnement adapté. Cette tension est composée de trois termes :

$$T_{Top} = W^{riser} + W^{mud} + T_{bottom} \quad (E1)$$

où W^{riser} : poids apparent du riser (dans l'eau de mer)

W^{mud} : poids apparent de la boue

T_{bottom} : tension résiduelle en pied de riser

[0018] Ces termes sont calculés séparément en considérant les caractéristiques du riser. Par exemple:

$$\diamond W^{riser} = W^{MP} + W^{AL} + W^{misc} + \Delta^{BM} \quad (E2)$$

où W^{MP} : poids apparent du tube principal (tube central de 21" et connecteurs)

W^{AL} : poids apparent des lignes périphériques ;

W^{misc} : poids apparent des autres composants (joint télescopique, joint flexible, joint de terminaison, etc)

Δ^{BM} : poids apparent des flotteurs (de signe négatif)

$$\diamond W^{mud} = \frac{\pi}{4} [ID_{MP}^2 + \Sigma ID_{AL}^2] * (\rho_{mud} - \rho_{sw}) * L^{riser} \quad (E3)$$

où ID_{MP}^2 : diamètre intérieur du tube principal ;

ID_{AP}^2 : diamètre intérieur des lignes périphériques ;

ρ_{sw} : densité de l'eau de mer ;

L^{riser} : longueur totale du riser.

- ♦ La tension résiduelle en pied de riser T_{bottom} doit être maintenue positive pour respecter un angle en pied dans les limites fixées par la norme API 16Q (angle moyen de 2° en statique). Pour la plupart des cas, cette tension est de l'ordre de 100 t.

Tension effective et tension vraie :

[0019] Il existe une différence fondamentale entre tension effective et tension vraie. Généralement, la tension vraie T_{true} gouverne les déformations et les contraintes dans le tube et les connecteurs. $T_{effective}$ est la tension qui régit la stabilité de la liaison et gouverne la déformée et la flexion dans le riser. La relation entre ces deux tensions est la suivante:

$$T_{true} = T_{effective} + P_i S_i - P_e S_e \quad (E4)$$

où P_i , P_e respectivement pression interne et externe du tube

S_i , S_e respectivement section interne et externe

[0020] La tension effective peut être calculée en tout point du riser:

$$T_{effective}^{riser}(z) = T_{Top} - \Sigma_z^{top} (W^{riser} + W^{mud}) \quad (E5)$$

[0021] L'équation donnant la déformée (y) du riser peut être dérivée de la façon suivante:

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial z^4} - \frac{\partial}{\partial z} (T_{effective} \frac{\partial y}{\partial z}) = q(z) \quad (E6)$$

où E : module d'Young du matériau

I : moment d'inertie du riser

$q(z)$: chargement latéral dû au courant

[0022] La tension effective doit toujours est positive en tout point du riser pour éviter les phénomènes d'instabilité, par exemple le flambage.

$$T_{effective}^{riser} = T_{effective}^{MP} + \Sigma T_{effective}^{AL} \quad (E7)$$

[0023] Cette équation permet de coupler les tensions dans les différents tubes (tube principal et conduites périphériques) et ainsi de recalculer tous les efforts axiaux dans chaque composant du riser.

Comportement des lignes périphériques sous pression :

[0024] Ces tubes de petit diamètre sont fixés individuellement le long de chaque élément de riser. Leurs embouts possèdent les joints d'étanchéité nécessaires, mais ne comportent pas d'organes permettant de transmettre des efforts d'un tube à un autre: les tubes simplement flottant s'emboîtent les uns dans les autres. Il s'ensuit, en première approximation, qu'aucune tension réelle élevée ne s'exerce sur ces tubes ($T_{actual}^{AL} \approx -P_i(S_e - S_i)$ si l'on suppose que le diamètre d'étanchéité est égal au diamètre extérieur du tube). Ces tubes véhiculent des fluides sous forte pression de service et donc $T_{effective}^{AL} = -(P_i - P_e)S_{seal}^{AL}$, est fortement négative si le tube est sous pression interne élevée. Ainsi, les tubes vont avoir tendance à flamber et des colliers de maintien convenablement espacés sont indispensables pour contrecarrer cette tendance.

Influence de la pression dans les lignes périphériques sur le tube principal :

[0025] Un autre effet important induit par la mise en pression des lignes périphériques est l'augmentation de la traction dans le tube principal. En effet, la tension effective totale du riser ($T_{effective}^{riser}$) est inchangée lorsque les lignes sont sous pression [voir équation (E5)] car le poids de la boue et du riser restent constant. La tension effective des lignes périphériques ($T_{effective}^{AL}$) diminue (valeur négative) du fait de la pressurisation. La tension effective du tube principal augmente (E7). Ainsi, compte tenu de l'équation (E5), la tension vraie dans le tube principale augmente de la même façon:

$$\delta(T_{true}^{MP}) + \Sigma \delta(T_{effective}^{AL}) = 0 \quad (E8)$$

[0026] Il s'ensuit en pratique qu'une traction additionnelle s'exerce sur le tube principal lorsque les lignes périphériques sont sous pression. De l'ordre de 250 t par ligne périphérique de 15,000 psi de pression de service (103,5 Mpa) et 4½" (114,3 mm) de diamètre intérieur.

Efforts dans les connecteurs :

[0027] Du fait de la composition du riser, tous les efforts transitent par les connecteurs. Ces efforts sont supérieurs à ceux du tube principal et peuvent être calculés ainsi:

$$T_{true}^{connector} = T_{effective}^{MP} + (P_i - P_e) * S_{seal} \quad (E9)$$

où S_{seal} est la section d'étanchéité du connecteur.

[0028] $T_{effective}^{MP}$ est normalement maximale en tête du riser. $(P_i - P_e) * S_{seal}$ est maximale en pied de riser. Ainsi, il existe une profondeur pour laquelle la tension $T_{true}^{connector}$ dans les connecteurs est maximale (vers 1500 - 2000m), suivant la densité de boue considérée.

Principes de design des risers de forage

[0029] Le riser de forage doit être dimensionné suivant les recommandations données par la norme API 16Q:

- les contraintes de Von-Mises sont inférieures à 2/3 de la limite élastique,
- l'angle moyen en pied de riser inférieur à 2° en statique.

[0030] Aucune autre spécification quantitative n'est indiquée dans cette recommandation. Pour considérer la corrosion, la fatigue, la pression dans les lignes périphériques, etc...pour le dimensionnement des risers de forage, il est proposé selon l'invention une méthodologie pratique pour les risers de forage à la fois en mode de forage et en mode déconnecté (stand-by).

♦ *Mode forage*

[0031] C'est le mode le plus courant. Les critères adoptés pour le mode de forage sont présentés ci-après.

[0032] Les contraintes de Von-Mises doivent être inférieures à 2/3 de la limite élastique en considérant les paramètres suivant:

- Le riser est connecté à l'appareil de forage par un joint télescopique et un système de tensionnement.
- Le riser est rempli par la boue de densité maximale.
- Les lignes périphériques sont sous pression.
- L'épaisseur du tube principal est diminuée de 5%, sur toute sa longueur, pour prendre en compte les tolérances des tubes.
- L'épaisseur du tube principal est diminuée de 2 mm pour prendre en compte la corrosion.
- Les flotteurs ont une perte de flottabilité de 3% due à la pénétration d'eau de mer.

♦ *Mode déconnecté: stand-by*

[0033] Dans cette situation critique, pour éviter la ruine de la structure, la tension en tête du riser doit rester toujours positive quand le support de forage est soumis à du pilonnement. La tension en tête est la différence entre le poids apparent du riser et la tension amplifiée par le pilonnement du support flottant. Ce critère nécessite donc que le poids du riser suspendu soit supérieur à l'amplitude maximale de la variation de la tension en tout point du riser. On peut prendre, par exemple 20 t de marge de sécurité. La tension amplifiée du riser en fonction du pilonnement résulte d'un calcul dynamique conventionnel.

[0034] Ainsi, dans ce mode, les calculs doivent prendre en compte les hypothèses suivantes:

- Le riser est déconnecté de la tête de puits.
- Le tube principal et les lignes périphériques sont remplis d'eau.
- Les lignes périphériques sont à la pression hydrostatique.
- L'épaisseur du tube principal est diminuée de 5%, sur toute sa longueur, pour prendre en compte les tolérances des tubes.
- L'épaisseur du tube principal est diminuée de 2 mm pour prendre en compte la corrosion.
- Les flotteurs ont une perte de flottabilité de 3% due à la présence d'eau de mer.

[0035] Pendant la phase de dimensionnement, les calculs se font de manière itérative entre ces deux modes afin d'optimiser l'architecture. L'épaisseur de chaque section du riser est optimisée pour répondre aux critères du mode forage (connecté) alors que la compensation (voir formule ci-dessous) est ajustée pour éviter tout « détensionnement » (tension en tête négative ou inférieure à un marge de sécurité) en mode déconnecté.

[0036] La compensation (C) est définie de la manière suivante:

$$C\% = \frac{\Delta^{BM}}{\Sigma(W^{MP} + W^{AL} + W^{misc})} \quad (E10)$$

[0037] La compensation est un ratio important qui permet de fixer le diamètre des flotteurs. Dans une première phase de design, la compensation doit être la plus élevée possible pour que la tension en tête soit minimale. Cependant, la compensation doit être ajustée pour répondre aux critères du mode déconnecté. Un compromis doit être trouvé pour respecter les critères.

[0038] Remarque: une compensation de 100% signifie que le poids apparent du riser est nul.

[0039] Comme nous avons pu le voir au paragraphe précédent, le dimensionnement du riser dépend de nombreux paramètres.

- ◆ Les conditions de l'environnement, ainsi que la profondeur d'eau, sont fixées par la localisation du forage.
- ◆ La densité maximale de la boue est imposée par les prévisions des pressions attendues, notamment du réservoir.
- ◆ Les caractéristiques des lignes périphériques (diamètre, pression de service) sont déterminées à partir de la pression de service des obturateurs de sécurité (BOP) (10,000 psi ou 15,000 psi).
- ◆ Le diamètre du tube principal du riser (souvent 21") est dicté par le programme de forage.
- ◆ Les caractéristiques du matériau des flotteurs définissent les différentes sections du riser: une section pour une densité de mousse (souvent tous les 500 à 600 m).

[0040] Avec ces éléments plus ou moins imposés, un dimensionnement préliminaire (épaisseur et diamètre des flotteurs) peut être trouvé. Pour optimiser ce dimensionnement, des itérations sur la compensation globale et l'épaisseur du tube principal de chaque section peuvent être menées de la façon ci-après.

[0041] Tout d'abord, le critère en mode déconnecté doit être vérifié (voir supra les principes de dimensionnement). La sécurité face au « détensionnement » doit être déterminée en considérant des conditions de mer décennales ou centennales. Si la marge de sécurité est négative (c'est à dire que le riser est soumis à un risque de flambage dynamique), la compensation doit être diminuée. Si la marge de sécurité est trop importante, la compensation peut être augmentée.

[0042] Une fois que la compensation a été ajustée en mode déconnecté, il faut vérifier les critères du mode connecté (voir supra les principes de dimensionnement). Les critères de Von-Mises doivent être vérifiés pour chaque section de riser. Si ces contraintes dépassent les 2/3 de la limite élastique, l'épaisseur du tube principal doit être augmentée de 1/16 de pouce. Inversement, si ces contraintes sont inférieures à la limite élastique, l'épaisseur du tube principal peut-être diminuée de 1/16". Après chaque modification de l'épaisseur d'une section, la marge de sécurité face au « détensionnement » doit être vérifiée afin d'ajuster à nouveau la compensation.

[0043] Toutes ces itérations doivent conduire au design final du système riser. La tension maximale en tête peut ainsi être déduite en considérant une épaisseur nominale du tube principal, sans corrosion, et avec une perte de poussée des flotteurs de 3%. Cette tension en tête doit être compatible avec la capacité des tensionneurs calculée suivant l'API 16Q (section 3.3.2). De plus la classe des connecteurs doit être aussi en accord avec les efforts maximaux calculés avec la pression dans les lignes périphériques (voir équation E9).

[0044] Enfin, la dernière étape du design passe par un calcul dynamique. Ces calculs devront prendre en compte les déplacements de l'engin de forage (pilonnement, offset), le profil de courant, les conditions de mer pour évaluer les contraintes axiales et de flexion en tout point du riser, ainsi que l'angle en pied. Cette dernière étape pourra être réalisée à l'aide d'un logiciel d'éléments finis comme par exemple Deeplines™ (IFP)(Fully coupled dynamic analysis of rigid lines-J.M. Heurtier, F. Biolley (IFP); C.Berhault (Principia)-p 246-252, proceedings of ISOPE 98 - Canada-Montreal).

[0045] Cette méthodologie peut être schématisée à l'aide de l'organigramme selon la figure 4.

[0046] L'ensemble des blocs 20 schématise les entrées de données de calculs :

- caractéristiques du tube principal, des connecteurs, des éléments auxiliaires (joint télescopique, joint flexible, embase de commande,... ;
- caractéristiques des lignes auxiliaires périphériques ;
- caractéristiques des flotteurs ;

- conditions maritimes, courants, profondeur, vents, houle,... ;
- données liées au programme du forage : densité du fluide de forage, diamètre du tube interne.

[0047] A partir de ces données, nullement exhaustives, on choisit a priori un diamètre de tube interne, son épaisseur E_i et une flottabilité déterminée par le paramètre C de compensation. Cette première architecture permet de calculer en mode déconnecté DM la marge de sécurité M représentant la marge de tension entre la tension amplifiée T_a du riser compte tenu du pilonnement du support et le poids apparent du riser W. Si cette marge est négative, ou jugée insuffisante, on boucle par la ligne 21 en diminuant la valeur de la compensation C. Si la marge est jugée trop importante, on boucle par la ligne 22 en augmentant la compensation C. On peut prendre, par exemple une marge d'environ 20 tonnes.

[0048] Après ces étapes en mode déconnecté DM, on passe au calcul des contraintes de Von-Mises VM en mode connecté CM représenté par le bloc 23, à l'aide de l'architecture de riser précédemment déterminée.

[0049] Les multiples flèches 24 représentent les données prises en comptes pour ce calcul des contraintes de Von-Mises, par exemple :

- grades d'acier des tubes ;
- tension en pied de riser (par exemple 100 t) ;
- tolérance d'épaisseur du tube principal ;
- prise en compte d'une diminution d'épaisseur (environ 1/16 de pouce (1 pouce=25,4 mm)) à cause de la corrosion ;
- densité maximale de la boue ;
- perte de flottabilité d'environ 3% ;
- pressurisation des lignes auxiliaires.

[0050] Dans le cas où dans toutes les sections du riser, les contraintes de Von Mises sont inférieures à 2/3 de la limite élastique de l'acier du tube principal, on boucle le calcul par la ligne 25, en diminuant l'épaisseur du tube de l'architecture précédemment considérée, par exemple d'environ 1/16 de pouce (1,5875 mm) pour optimiser le riser. Dans le cas où les contraintes sont supérieures à 2/3 de la limite élastique de l'acier du tube principal, on boucle le calcul par la ligne 26, en augmentant l'épaisseur du tube de l'architecture précédemment considérée.

[0051] Ces itérations successives assurent une optimisation de l'ensemble du riser, y compris des éléments de flottabilité.

[0052] Le bloc 27 schématise l'obtention de l'architecture finale, répondant au cahier des charges et des normes en vigueur.

[0053] L'ensemble des étapes 28 peut être assimilé à des vérifications en calculant la tension en tête du riser TT en prenant en compte l'épaisseur nominale EN du tube, sans corrosion et en considérant une perte de flottabilité de 3%. A partir de TT, on vérifie (bloc 29) si les connecteurs sont compatibles avec cette tension, et si les moyens de tensionnement du support flottant sont suffisants.

[0054] En dernière étape de vérification, l'architecture du riser obtenu est vérifié en dynamique en utilisant le logiciel DeepLines™ (IFP), ou équivalent.

Revendications

1. Méthode pour dimensionner un ensemble prolongateur (1) pour le forage en mer reliant une tête de puits sous-marine (2) à un support flottant (7) comprenant un tube principal (8), dans laquelle on effectue les étapes suivantes:

- a) on choisit une architecture complète de l'ensemble prolongateur à partir d'un cahier des charges, notamment en se fixant l'épaisseur du tube principal et des moyens de flottaison, et on calcule le poids apparent de cet ensemble,
- b) on détermine une marge de sécurité sur la tension en tête dudit ensemble, en mode déconnecté de la tête du puits, compte tenu du poids apparent et de la tension amplifiée en tête par les mouvements du support flottant auquel est suspendu ledit ensemble,
- c) dans le cas où ladite marge correspond à une valeur proche d'une valeur déterminée, on calcule les contraintes de Von-Mises dans toutes les sections du tube, en mode connecté à la tête du puits,
- d) dans le cas où lesdites contraintes sont proche d'un critère déterminé en relation avec la limite élastique du matériau du tube : on obtient l'architecture de l'ensemble prolongateur et on vérifie la compatibilité de chaque composant de l'ensemble prolongateur à la tension maximale, ainsi que la fatigue en dynamique dudit ensemble.

EP 1 260 670 A1

2. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle on modifie les moyens de flottaison pris en compte dans l'étape a) lorsque ladite marge de tension en mode déconnecté est éloignée de ladite valeur déterminée, de façon à approcher la valeur de ladite marge.

5 3. Méthode selon la revendication 2, dans laquelle on modifie les moyens de flottaison en faisant varier au moins l'un des paramètres suivants : le nombre de flotteurs, la répartition des flotteurs, le diamètre des flotteurs, la masse volumique du matériau des flotteurs.

10 4. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle on fait varier l'épaisseur du tube principal lorsque les contraintes de Von-Mises calculées à l'étape c) ne respectent pas ledit critère déterminé.

5 5. Méthode selon la revendication 4, dans laquelle ledit critère impose que les contraintes de Von-Mises soient inférieures à 2/3 de la limite élastique de l'acier du tube principal.

15 6. Méthode selon la revendication 5, dans laquelle on augmente l'épaisseur du tube lorsque lesdites contraintes sont supérieures à environ 2/3 de la limite élastique, et en ce que l'on diminue l'épaisseur du tube lorsque lesdites contraintes sont inférieures à environ 2/3 de la limite élastique.

20 7. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle on effectue les étapes a) et b) en prenant en compte une perte d'épaisseur du tube principal et une perte de flottabilité des moyens de flottaison.

8. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle ladite marge est au moins égale à 20 t.

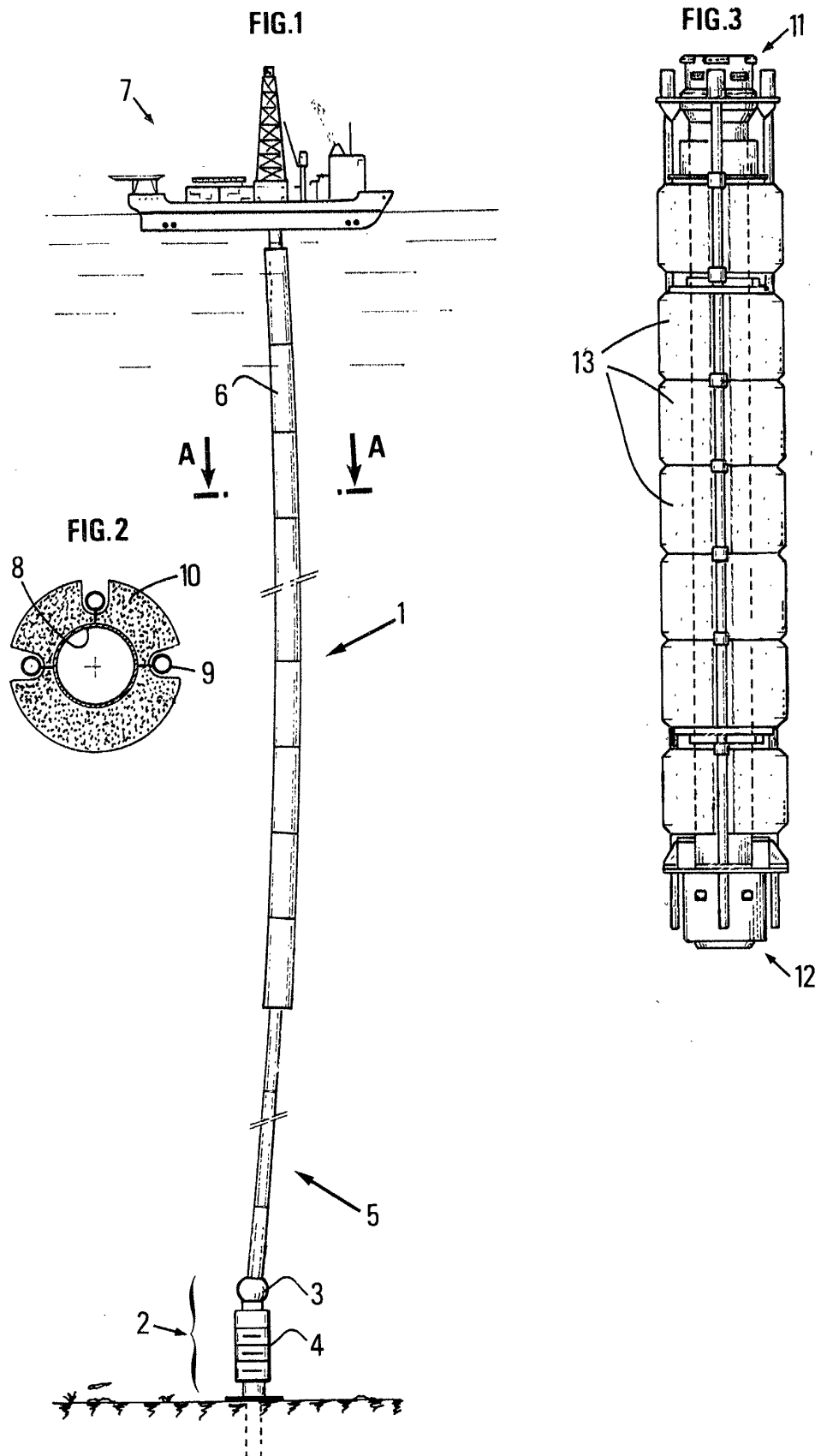
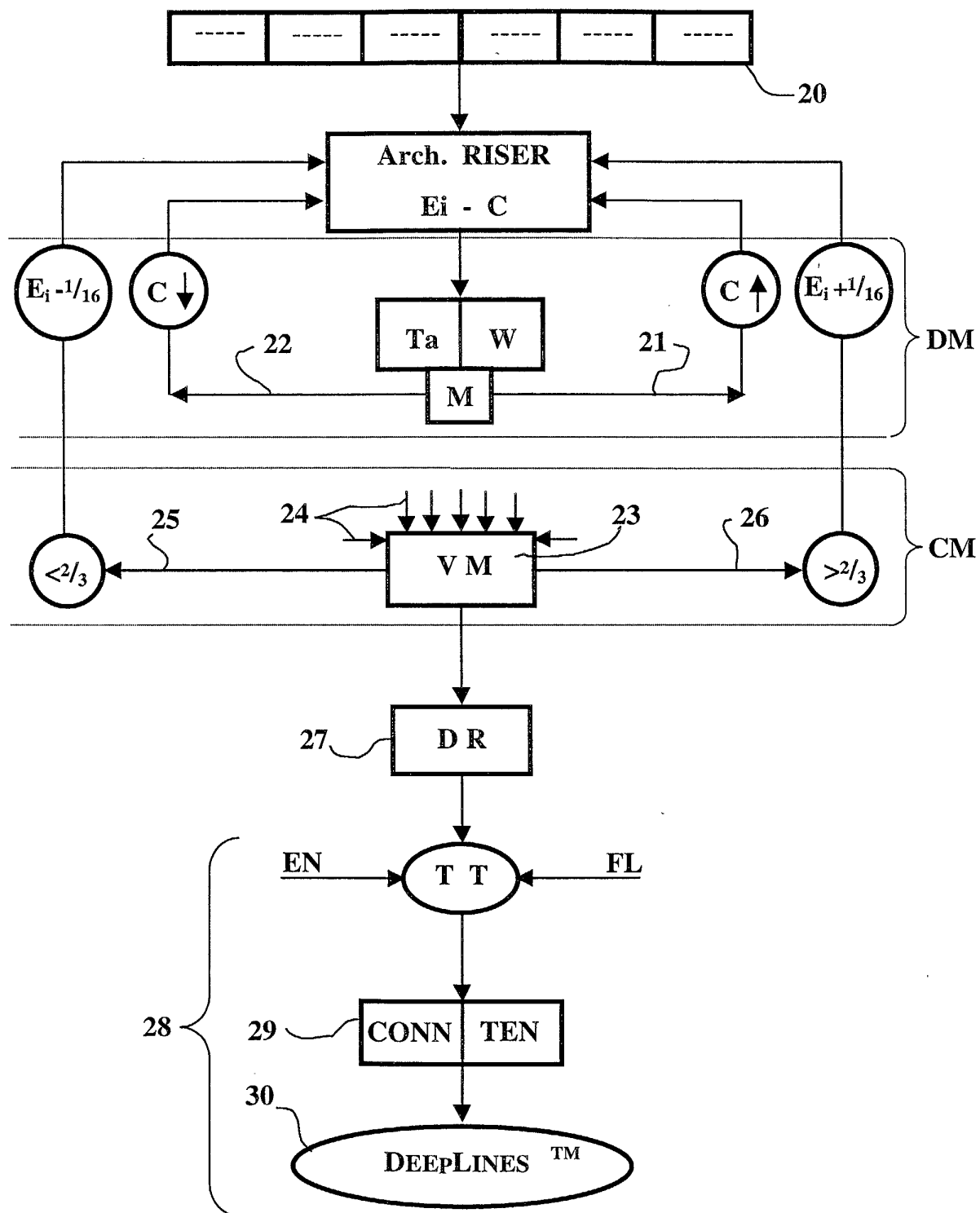


FIG.4





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 02 29 1245

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.CI.7)
X	WYBRO, P., DAVIES, K.: "The Dorado Field Production Risers" SPE 11549, décembre 1982 (1982-12), XP002188781	1,4-7	E21B17/01
Y	* le document en entier *	2,3	
Y	GB 2 342 938 A (INST FRANCAIS DU PETROL) 26 avril 2000 (2000-04-26) * le document en entier *	2,3	
A	GARDNER, T., KOTCH, M.: "Dynamic Analysis of Risers by the Element Method" SPE 6310, 3 mai 1976 (1976-05-03), XP002188782 * le document en entier *	1	
A	FERNANDES: "UP-TO-DATE SPREADSHEET PROGRAM FOR PRELIMINARY ANALYSIS OF FLEXIBLE AND STEEL CATENARY RISERS USING CATENARY CONCEPTS" septembre 1997 (1997-09), COMPUTATIONAL MECHANICS PUBLICATION, SOUTHAMPTON BOSTON XP001059619 * le document en entier *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CI.7)
			E21B G06F
A	WO 00 58598 A (BOERSETH KNUT ;OFTEN OLA (NO); PGS OFFSHORE TECHNOLOGY AS (NO)) 5 octobre 2000 (2000-10-05) * le document en entier *	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
LA HAYE		2 août 2002	van Berlo, A
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03 82 (P04002)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 02 29 1245

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

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

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

02-08-2002

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 2342938	A	26-04-2000	FR 2784417 A1	14-04-2000
			BR 9904486 A	19-09-2000
			NO 994962 A	14-04-2000
			US 6402430 B1	11-06-2002
WO 0058598	A	05-10-2000	NO 307224 B1	28-02-2000
			AU 3683400 A	16-10-2000
			BR 0009209 A	05-02-2002
			EP 1163422 A1	19-12-2001
			WO 0058598 A1	05-10-2000
			NO 20000831 A	26-09-2000
			US 6375391 B1	23-04-2002

EPO FORM P4480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82