ORGANISATION AFRICAINE DE LA PROPRIETE INTELLECTUELLE (O.A.P.I.)

(19) (11) N° **11402** (51) Inter. Cl.[7] F16L 59/14

(12) BREVET D'INVENTION

(21) **Numéro de dépôt:** 1200000104

(22) **Date de dépôt:** 10.04.2000

(30) **Priorité(s):** FR
10.10.1997 N° 97/12685

(24) **Délivré le:** 29.12.2000

(45) **Publié le:** 12 AVR 2004

(73) **Titulaire(s):**

1- DORIS ENGINEERING
58A, Rue du Dessous-des-Berges
75013 PARIS (FR)

2- STOLT COMEX SEAWAY
467, Chemin du Littoral
Boîte postale 69
13321 MARSEILLE CEDEX 16 (FR)

(72) **Inventeur(s):**

1- THIEBAUD François Eugène Paul
74, Hameau de la Jonque
91650 BREUILLET (FR)

2- THIBAUDEAU Christophe André Marcel (FR)

(74) **Mandataire:** CABINET CAZENAVE
B.P. 500
YAOUNDE - Cameroun

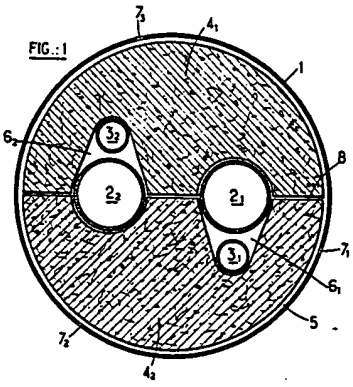
(54) **Titre:** Conduite sous-marine de transfert de produits pétroliers.

(57) **Abrégé:**

La conduite comprend des canalisations (2_1, 2_2) dans lesquelles circulent des produits pétroliers et une enveloppe tubulaire 1 de protection dans laquelle passe ces canalisations (2_1, 2_2). Elle comprend en outre un remplissage (4_1, 4_2) en un matériau d'isolation thermique mécaniquement résistant à la pression hydrostatique du site sous-marin où est installée la conduite, ledit remplissage assurant la flottabilité requise à la pose de la conduite, et ceci de manière économique.

Application à une conduite de transfert de produits pétroliers, installée à grande profondeur.

FIG.: I



CONDUITE SOUS-MARINE DE TRANSFERT DE PRODUITS PETROLIERS

La présente invention est relative à une conduite sous-marine de transfert de produits pétroliers et, plus particulièrement, à une telle conduite du type comprenant au moins une canalisation pour de tels produits et une enveloppe tubulaire de protection dans laquelle passe ladite canalisation. Plus particulièrement encore, la présente invention est relative à une telle conduite conçue pour être posée sur ou au voisinage de fonds de grande profondeur, de plusieurs centaines de mètres ou plus.

A ces profondeurs, les puits sous-marins produisent, le plus souvent, simultanément des hydrocarbures liquides et gazeux ainsi que de l'eau. Dans le froid qui règne aux grandes profondeurs, ce mélange multiphasique provoque la formation de paraffines et d'hydrates de gaz susceptibles de boucher les canalisations dans lesquelles il circule.

Pour empêcher le bouchage de ces canalisations, on connaît une solution suivant laquelle on les recouvre d'un revêtement extérieur adhérent aux canalisations, en un matériau d'isolation thermique présentant en outre la résistance mécanique nécessaire pour supporter la forte pression hydrostatique régnant aux grandes profondeurs. Pour constituer ce revêtement, on utilise en particulier des produits composites à base d'une résine époxy, de polyuréthane, ou de polypropylène, par exemple. De tels produits sont fabriqués et commercialisés par des sociétés telles que Isotub (France), Balmoral Webco Pipeline Systems (Grande-Bretagne) et Bredero Price (USA) par exemple. Par un ajustement de leur composition, on peut en régler la densité (et donc la flottabilité), la résistance mécanique, le coefficient de transfert thermique, la constante diélectrique, par exemple. La résistance mécanique élevée du revêtement nécessaire aux grandes profondeurs, s'accompagne d'un accroissement

important de la densité du matériau utilisé, cet accroissement de densité ayant un effet adverse sur ses propriétés d'isolation thermique. Il faut alors accroître encore l'épaisseur du revêtement pour obtenir l'isolation thermique requise, ce qui rend cette solution excessivement coûteuse aux grandes profondeurs. En outre, la résistance à l'abrasion d'un tel revêtement est insuffisante pour que l'on puisse envisager la pose par remorquage de canalisations ainsi gainées sur les fonds marins.

Pour assurer la protection de canalisations sous-marines aux grandes profondeurs, on connaît aussi la technique suivant laquelle celles-ci passent dans une enveloppe tubulaire de protection classique capable de résister à la pression hydrostatique. Cette enveloppe permet le dépôt de canalisations ainsi protégées par remorquage. L'enveloppe tubulaire peut contenir plusieurs canalisations, chacune étant revêtue d'un revêtement d'isolation thermique peu épais et peu dense (mousse de polyuréthane, de polyéthylène, laine de verre, laine de roche, etc....). Aux très grandes profondeurs, l'enveloppe en acier ne peut résister à la pression hydrostatique, sauf à en augmenter exagérément l'épaisseur, ce qui en accroît le poids au mètre linéaire au détriment de sa flottabilité, celle-ci étant nécessaire à sa mise en place par remorquage. Aussi dans ce dernier cas, suivant une solution connue, on pressurise l'espace interne de l'enveloppe, compris entre la ou les canalisations revêtues et l'enveloppe elle-même, avec un gaz inerte tel que de l'azote par exemple. Il faut ensuite maintenir la pression d'azote dans l'enveloppe pendant toute la durée d'exploitation des canalisations, qui peut durer 20 ans ou plus. Cette contrainte se révèle coûteuse, du fait que la mise en pression initiale est chère et la maintenance difficile puisque l'azote diffuse lentement à travers les

soudures de l'enveloppe tubulaire. En outre, cette pression doit être établie lors de la construction de la conduite à terre, sur une plage par exemple. La haute pression à établir alors peut provoquer une explosion dangereuse de l'enveloppe. Il est donc nécessaire d'accroître l'épaisseur de l'enveloppe, mais ceci au détriment de la flottabilité de l'ensemble, indispensable à sa pose par remorquage, comme on l'a vu plus haut.

La présente invention a donc pour but de réaliser une conduite sous-marine de transfert de produits pétroliers, conçue notamment pour être installée sur ou au voisinage d'un fond marin de grande profondeur, et présentant les propriétés requises de résistance mécanique, d'isolation thermique, et de flottabilité nécessaire à son installation par remorquage, sans que cette conduite ne soit grevée des problèmes de coûts et de sécurité d'installation évoqués ci-dessus à propos de la technique antérieure en la matière.

On atteint ce but de l'invention, ainsi que d'autres qui apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, avec une conduite sous-marine de transfert de produits pétroliers, comprenant au moins une canalisation pour de tels produits et une enveloppe tubulaire de protection dans laquelle passe ladite canalisation, cette conduite étant remarquable en ce qu'elle comprend un remplissage en un matériau d'isolation thermique mécaniquement résistant à la pression hydrostatique du site sous-marin où est installée la conduite, ledit remplissage baignant, à l'intérieur de l'enveloppe, dans de l'eau en équipression avec la pression hydrostatique extérieure. En outre, le remplissage est réalisé en un matériau plus léger que l'eau pour ajuster le poids de la conduite et lui procurer la flottabilité requise.

Le matériau de remplissage est caractérisé par trois propriétés fondamentales : il assure une fonction

d'isolation thermique de la, ou des, canalisation(s) passant dans l'enveloppe, il résiste à la pression hydrostatique extérieure, et il procure à l'ensemble de la conduite la flottabilité requise à la pose. L'ensemble de la conduite étant disposé de manière à laisser pénétrer l'eau à l'intérieur, l'enveloppe n'a plus à supporter ni la pression hydrostatique, sur son site d'installation, ni une autre pression interne de gaz à terre, et peut être d'épaisseur de paroi relativement faible, ce qui est favorable à la flottabilité de la conduite. L'absence de cette haute pression interne de gaz dans la conduite est favorable à la sécurité des chantiers de réalisation et de pose de telles conduites.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre et à l'examen du dessin annexé dans lequel :

- la figure 1 est une vue en coupe transversale d'un mode de réalisation de la conduite suivant l'invention, et

- la figure 2 est un schéma illustrant un procédé d'assemblage et de pose de ladite conduite.

A la figure 1, il apparaît que la conduite représentée comprend une enveloppe tubulaire 1, par exemple en acier, enfermant une pluralité de canalisations $2_1, 2_2, 3_1, 3_2$. A titre d'exemple illustratif et non limitatif, les canalisations $2_1, 2_2$ peuvent contenir un mélange multiphasique de produits d'une production pétrolière telle que décrite plus haut, et les canalisations $3_1, 3_2$ un fluide de réchauffage des canalisations $2_1, 2_2$, propre à empêcher le bouchage des canalisations par le refroidissement dudit mélange, aux grandes profondeurs.

Suivant la présente invention, l'enveloppe contient en outre un remplissage $4_1, 4_2$ en un matériau présentant, à la fois, de bonnes propriétés d'isolation thermique et

une très forte résistance mécanique propre à maintenir son intégrité géométrique lorsqu'il est soumis aux très hautes pressions régnant sur ou au voisinage d'un grand fond marin, comme on le verra plus loin.

Les propriétés d'isolation thermique du matériau doivent être telles que celui-ci contribue efficacement, en liaison avec le chauffage établi par les lignes $3_1, 3_2$, à maintenir les canalisations $2_1, 2_2$ à une température propre à empêcher tout bouchage de ces canalisations.

Par ailleurs, suivant la présente invention, l'espace interne à l'enveloppe tubulaire 1 n'est pas entièrement occupé par le matériau de remplissage ou par les canalisations $2_1, 2_2, 3_1, 3_2$ pour des raisons de construction, comme on le verra plus loin. Cet espace est soumis à la pression hydrostatique qui règne à l'extérieur de cette enveloppe. Dans le mode de réalisation représenté, cet espace est essentiellement constitué par l'espace annulaire 5 qui sépare le remplissage $4_1, 4_2$ de l'enveloppe 1 et par l'espace qui reste libre dans des passages allongés longitudinaux $6_1, 6_2$, creusés dans le matériau de remplissage pour accueillir les canalisations $2_1, 3_1$, et $2_2, 3_2$ respectivement. Comme on le verra plus loin, les passages $6_1, 6_2$ sont en communication de fluide avec l'espace annulaire 5 et sont donc aussi en équipression avec la pression du fond marin. L'espace annulaire 5 peut être maintenu par des cales (non représentées) débordant par exemple, de la périphérie du matériau de remplissage.

Pour que les faces interne et externe de l'enveloppe 1 soient en équipression, celle-ci peut être percée de trous $7_1, 7_2, 7_3$ établissant une communication de fluide entre ces deux faces, ces trous étant répartis tout au long de la conduite.

Grâce à la mise en équipression de ces faces de l'enveloppe, celle-ci n'a plus besoin de présenter la

forte épaisseur nécessaire pour résister aux hautes pressions régnant aux grandes profondeurs. Son rôle est seulement celui d'une protection contre l'abrasion du matériau de remplissage $4_1, 4_2$. En utilisant suivant l'invention une enveloppe 1 d'épaisseur relativement faible, on peut donner à la conduite une flottabilité convenant à son installation par remorquage, en combinaison avec le choix d'un matériau de remplissage de flottabilité approprié, comme on le verra plus loin.

Suivant un mode de réalisation préféré de la présente invention, on choisit, pour constituer ce remplissage, un produit composite de la famille des produits dits "syntactiques". Un tel produit se distingue des matériaux évoqués en préambule de la présente description par sa composition, son prix et sa faible densité. Il est constitué de microsphères, et éventuellement de macrosphères, noyées dans une matrice constituée par une résine époxy, du polyuréthane, ou du polypropylène par exemple. De tels produits sont fabriqués et commercialisés par des sociétés telles que BMTI (France), Balmoral Marine (Grande-Bretagne) et Emerson & Cuming (USA), par exemple. Un choix convenable de la composition d'un tel matériau permet d'ajuster sa résistance mécanique, son coefficient de transfert thermique et sa flottabilité, de manière à l'adapter aux performances recherchées pour constituer le remplissage $4_1, 4_2$. Par ailleurs, il est reconnu que, à caractéristiques thermiques équivalentes, ce matériau est bien moins cher que ceux cités en préambule de la présente description.

En ce qui concerne sa résistance mécanique, le matériau doit pouvoir résister à la pression rencontrée sur le site marin d'installation. Cette pression peut correspondre à de grandes profondeurs d'eau et atteindre 250 bars par exemple.

En ce qui concerne le coefficient de transfert thermique U, exprimé en $W/m^2.°C$, l'isolation d'une conduite aux grandes profondeurs demande que l'on puisse atteindre des valeurs de U de l'ordre de 2 et en dessous, pour que l'on puisse assurer une régulation économique de la température des canalisations.

En ce qui concerne la flottabilité de la conduite, pour en rendre possible la pose par remorquage, il faut atteindre des poids apparents dans l'eau de l'ordre de 5 à 30 kg par mètre linéaire lorsque la conduite est posée sur un fond, et de l'ordre de -5 à -20 kg par mètre linéaire si la conduite flotte au-dessus du fond. Avec ces valeurs, des sections de conduite de plusieurs kilomètres de longueur peuvent être tirées par des remorqueurs actuels de puissance moyenne (environ 80 tonnes de force de traction). Il convient alors évidemment que le matériau de remplissage utilisé soit plus léger que l'eau.

Les produits syntactiques permettent de satisfaire ces contraintes. Ils sont en outre moulables ce qui permet de constituer le remplissage par mise en ligne de paires de demi-coquilles $4_1, 4_2$ enveloppant les canalisations $2_1, 2_2, 3_1, 3_2$, comme représenté à la figure 1. Lors du moulage des demi-coquilles, on ménage dans celles-ci des gouttières propres à délimiter, après assemblage des demi-coquilles, les passages $6_1, 6_2$. Ces passages sont en communication de fluide avec l'espace annulaire 5 à travers des interstices de montage 8 entre demi-coquilles. Les passages $6_1, 6_2$ sont donc à la pression hydrostatique élevée du fond marin. Ils sont par contre très bien isolés thermiquement du fond marin par les demi-coquilles $4_1, 4_2$, ce qui confine avantageusement la chaleur dégagée par les canalisations de chauffage $3_1, 3_2$ qui chauffent par conduction les canalisations $2_1, 2_2$.

On se réfère maintenant au schéma de la figure 2, qui illustre les diverses phases de l'assemblage et de la pose de la conduite suivant l'invention. Cet assemblage peut être pratiqué sur un rivage, ou sur une plage par exemple. On procède d'abord à l'assemblage progressif, par soudure bout à bout, de sections des canalisations $2_1, 2_2$ et $3_1, 3_2$, de 12 mètres de longueur par exemple, puis aux finitions des extrémités telles que le recouvrement de ces canalisations par un matériau de protection anticorrosion. On constitue un faisceau rassemblant les canalisations $2_1, 2_2, 3_1, 3_2$. Des paires de demi-coquilles $4_1, 4_2$ sont ensuite aboutées les unes à la suite des autres, autour du faisceau des canalisations nouvellement assemblées. On glisse sur la dernière paire de demi-coquilles posée une section 1_1 de l'enveloppe 1 pour la souder à la section précédente. La conduite ainsi constituée est ensuite et éventuellement munie d'anodes 9 de protection contre la corrosion. On répète l'opération autant de fois que nécessaire pour former la longueur de conduite prête au remorquage jusqu'à son site final d'installation.

Il apparaît maintenant que l'invention permet bien d'atteindre le but fixé, à savoir réaliser et installer en grandes profondeurs une conduite sous-marine de transfert de produits pétroliers présentant les caractéristiques d'isolation thermique, de résistance mécanique et de flottabilité requises, et ceci de manière économique.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit et représenté qui n'a été donné qu'à titre d'exemple. C'est ainsi que l'eau pourrait être introduite dans l'enveloppe par une extrémité de celle-ci plutôt que par des trous répartis sur toute sa longueur. On pourrait de même réaliser l'enveloppe dans un matériau propre à s'effondrer sur le remplissage, sous la pression hydrostatique extérieure. Aucun trou n'est alors percé dans l'enveloppe. L'espace annulaire 5 est comblé lors de

l'effondrement de l'enveloppe. La déformation qui peut en résulter pour l'enveloppe est sans inconvénient, celle-ci ne jouant qu'un rôle de protection contre l'abrasion, et de facilité de montage, comme on l'a vu plus haut.

A la figure 1, on a représenté le remplissage comme constitué de paires de demi-coquilles. Il est clair que les sections successives de ce remplissage pourraient être constituées par des groupes de coquilles complémentaires, en nombre différent.

De même, l'invention n'est pas limitée à la protection de canalisations telles que celles référencées $2_1, 2_2$ et $3_1, 3_2$ au dessin. Elle s'étend au contraire à des conduites contenant un nombre quelconque de canalisations et de lignes de service, celles-ci pouvant comprendre en outre des lignes d'alimentation en énergie et des lignes de commande de têtes de puits installées sur le fond marin.

Des matériaux autres que ces matériaux syntactiques pourraient être utilisés pour constituer les demi-coquilles, dans la mesure où ils présentent les propriétés d'isolation thermique, de résistance mécanique et de flottabilité requises. C'est ainsi qu'on pourrait utiliser à cet effet d'autres matériaux composites, du caoutchouc, du néoprène, un matériau à structure en nid d'abeille, par exemple.

De même, l'enveloppe pourrait être réalisée en d'autres matériaux classiques, en PVC ou en matière plastique renforcée de fibres de verre, par exemple.

011402

REVENDICATIONS

1. Conduite sous-marine de transfert de produits pétroliers, comprenant au moins une canalisation ($2_1, 2_2$) pour de tels produits et une enveloppe tubulaire (1) de protection dans laquelle passe ladite canalisation ($2_1, 2_2$), caractérisée en ce qu'elle comprend un remplissage ($4_1, 4_2$) en un matériau d'isolation thermique mécaniquement résistant à la pression hydrostatique du site sous-marin où est installée la conduite, ledit remplissage baignant, à l'intérieur de l'enveloppe (1), dans de l'eau en équipression avec la pression hydrostatique extérieure.

2. Conduite conforme à la revendication 1, caractérisée en ce que ledit remplissage ($4_1, 4_2$) est réalisé en un matériau plus léger que l'eau.

3. Conduite conforme à la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que l'enveloppe (1) est percée de trous ($7_1, 7_2, 7_3$) pour établir une communication d'eau entre ses faces externe et interne.

4. Conduite conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le remplissage est creusé d'au moins un passage allongé ($6_1, 6_2$) dans lequel passe ladite canalisation, ledit passage ($6_1, 6_2$) étant en équipression avec la pression hydrostatique extérieure.

5. Conduite conforme à la revendication 4, caractérisée en ce que ledit passage allongé ($6_1, 6_2$) est conformé pour accueillir en outre une ligne de service ($3_1, 3_2$).

6. Conduite conforme à la revendication 5, caractérisée en ce que ladite ligne de service ($3_1, 3_2$) est une ligne de chauffage par conduction de ladite canalisation.

7. Conduite conforme à la revendication 5, caractérisée en ce que ladite ligne de service est une ligne d'alimentation en énergie d'une tête de puits sous-marin.

8. Conduite conforme à la revendication 5, caractérisée en ce que ladite ligne de service est une ligne de commande d'un puits sous-marin de produits pétroliers.

9. Conduite conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que le remplissage est constitué de groupes de coquilles (4_1, 4_2) complémentaires, aboutés les uns à la suite des autres.

10. Conduite conforme à la revendication 9, prise en combinaison avec l'une quelconque des revendications 4 à 8, caractérisée en ce que les coquilles d'un même groupe sont creusées de gouttières délimitant ensemble une section dudit passage allongé (6_1, 6_2).

11. Conduite conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que ledit remplissage est constitué en un matériau du groupe constitué par : un matériau syntactique, un matériau composite, un caoutchouc, un néoprène, un matériau à structure en nid d'abeilles.

12. Conduite conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisée en ce que ladite enveloppe est réalisée en un matériau du groupe constitué par : le PVC, un matériau plastique renforcé de fibres de verre.

011402

FIG.: 1

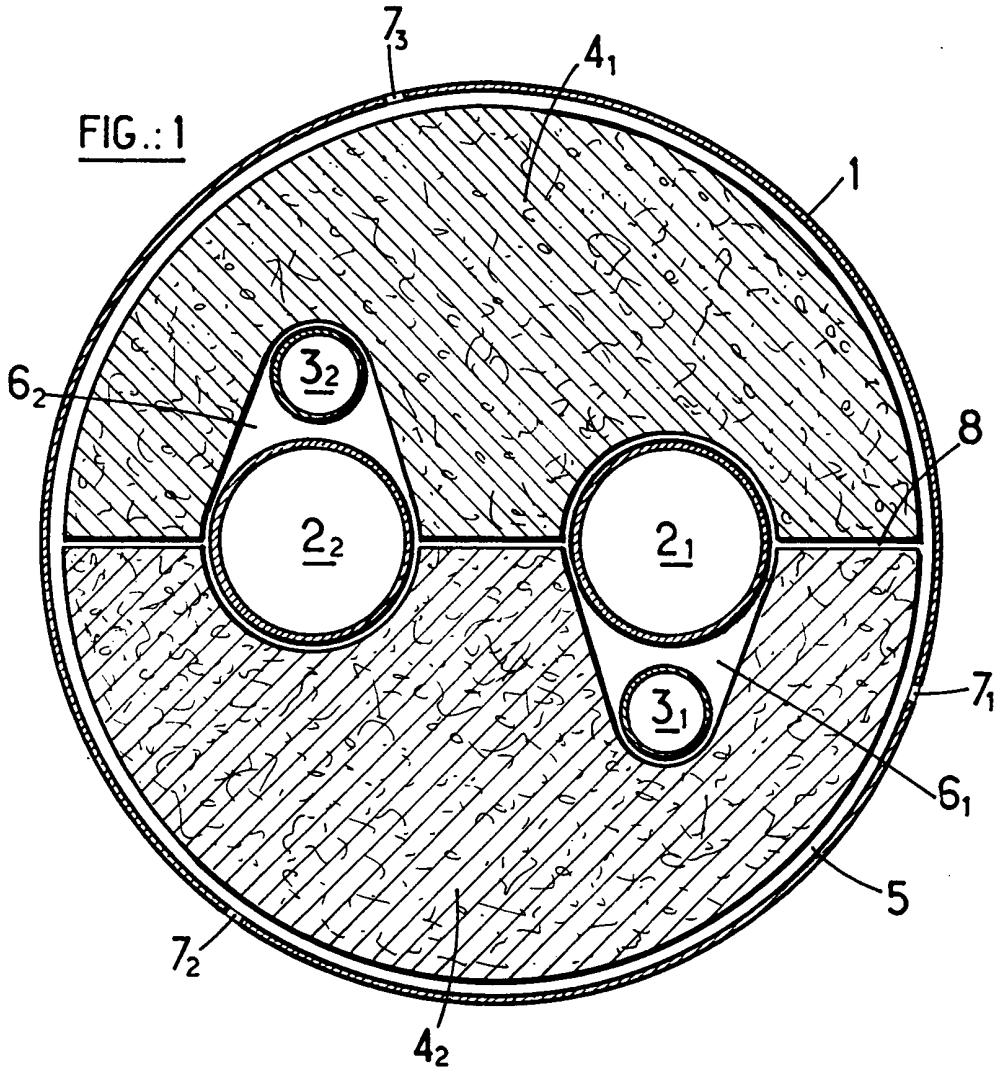


FIG.: 2

