

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 18.03.03.

③① Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 24.09.04 Bulletin 04/39.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : SAIPEM S.A. Société anonyme — FR.

⑦② Inventeur(s) : CHIESA GIOVANNI, CASOLA FLO-
RIANO et PIONETTI FRANCOIS REGIS.

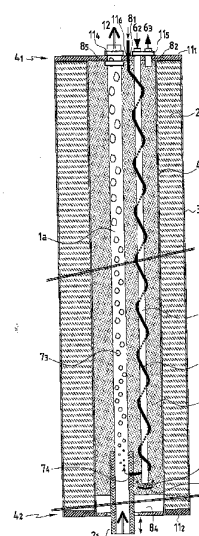
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : BEAU DE LOMENIE.

⑤④ DISPOSITIF DE RECHAUFFAGE ET D'ISOLATION THERMIQUE D'AU MOINS UNE CONDUITE SOUS-MARINE.

⑤⑦ La présente invention concerne un dispositif de ré-
chauffage et d'isolation thermique d'au moins une conduite
principale sous-marine (1a) destinée à la circulation d'un ef-
fluent chaud, comportant:

- un revêtement d'un matériau isolant thermique (2) en-
tourant la ou lesdites conduites principales (1a), recouvert
d'une enveloppe externe de protection étanche (3),
- une chambre interne (4) coaxiale à ladite enveloppe
externe (3), ledit revêtement isolant entourant ladite cham-
bre interne dans l'espace annulaire entre ladite enveloppe
externe (3) et ladite chambre interne (4),
- ladite conduite principale (1a) étant contenue à l'inté-
rieur d'une chambre interne (4), de préférence de forme cy-
lindrique, et
- des moyens (6₁) aptes à maintenir un fluide caloporte-
ur (5) en température et le faire circuler à l'intérieur de la
ladite chambre interne, ledit fluide caloporteur (5) entourant la
conduite principale (1a) contenue à l'intérieur de ladite
chambre interne (4).



Dispositif de réchauffage et d'isolation thermique

d'au moins une conduite sous-marine

La présente invention concerne des dispositifs et un procédé de réchauffage et d'isolation thermique d'au moins une conduite sous-marine à grande profondeur. Elle
5 concerne plus particulièrement les conduites reliant le fond de la mer à des supports flottant en surface.

Le secteur technique de l'invention est le domaine de la fabrication et du montage de systèmes d'isolation et de réchauffage à l'extérieur et autour des conduites dans lesquelles circulent des effluents chauds dont on veut limiter les déperditions de chaleur.

10 Cette invention s'applique plus particulièrement aux développements de champs pétroliers en mer profonde, c'est à dire des installations pétrolières installées en pleine mer, dans lesquelles les équipements de surface sont en général situés sur des structures flottantes, les têtes de puits étant au fond de la mer. Les conduites concernées par la présente invention étant plus particulièrement les risers appelés conduites de liaison fond-
15 surface remontant vers la surface, mais aussi les conduites reliant les têtes de puits aux dites conduites de liaisons fond surface.

La présente invention concerne également une installation de liaison fond-surface d'au moins une conduite sous-marine installée à grande profondeur de type tour hybride.

L'application principale de l'invention est l'isolation thermique et le réchauffage de
20 conduites ou canalisations immergées, sous-marines ou subaquatiques, et plus particulièrement à grande profondeur, au-delà de 300 mètres, et véhiculant des produits pétroliers chauds dont un trop grand refroidissement serait problématique aussi bien en régime de production normale qu'en cas d'arrêt de production. Les développements en mer profonde sont effectués par des profondeurs d'eau atteignant actuellement 1500 m. Les
25 développements futurs sont envisagés par des profondeurs d'eau jusqu'à 3000-4000 m et au-delà.

Dans ce type d'applications, de nombreux problèmes se posent si la température des produits pétroliers diminue d'une valeur significative importante par rapport à leur température de production qui est souvent au-delà de 60 à 80°C alors que la température

de l'eau environnante surtout à grande profondeur peut être largement inférieure à 10°C et atteindre 4°C. Si les produits pétroliers se refroidissent par exemple en dessous de 30° à 60°C pour une température initiale de 70 à 80°C on observe en général :

- une forte augmentation de la viscosité qui diminue alors le débit de la conduite,
- 5 - une précipitation de paraffine dissoute qui augmente alors la viscosité du produit et dont le dépôt peut diminuer le diamètre intérieur utile de la conduite,
- la floculation des asphaltènes induisant les mêmes problèmes,
- la formation soudaine, compacte et massive d'hydrates de gaz qui précipitent à forte pression et faible température, obstruant ainsi brusquement la conduite.
- 10 Paraffines et asphaltènes restent accrochés à la paroi et nécessitent alors un nettoyage par raclage de l'intérieur de la conduite ; en revanche, les hydrates sont encore plus difficiles, voire même parfois impossibles à résorber.

- De plus, dans les colonnes montantes, le gaz mélangé au pétrole brut à l'eau a tendance à se détendre au fur et à mesure de sa remontée, car la pression hydrostatique
- 15 baisse. Cette détente étant quasi-adiabatique, les calories sont prélevées sur le fluide polyphasique même, et il en résulte un abaissement significatif de la température interne, ce dernier pouvant atteindre 8 à 15°C sur une dénivellation de 1500m.

- L'isolation thermique et le réchauffage de telles conduites a donc pour fonction de retarder le refroidissement des effluents pétroliers véhiculés non seulement en régime de
- 20 production établi, pour que leur température soit par exemple d'au moins 40°C en arrivant en surface, pour une température de production à l'entrée de la conduite de 70°C à 80°C, mais également en cas de diminution ou même d'arrêt de la production, afin d'éviter que la température des effluents ne descende par exemple en dessous de 30°C, afin de limiter les problèmes ci-dessus, ou tout au moins, de permettre de les rendre réversibles.

- 25 Dans le cas de l'installation de conduites uniques ou de faisceaux de conduites (appelés communément « bundles »), on préfère en général préfabriquer lesdites conduites à terre en longueurs unitaires de 250 à 500 m, que l'on tire ensuite depuis le large à l'aide d'un remorqueur. Dans le cas d'une liaison fond-surface de type tour, la longueur de conduite représente en général de 50 à 95% de la hauteur d'eau, c'est à dire qu'elle peut

atteindre 2400 m pour une profondeur d'eau de 2500 m. Lors de sa fabrication à terre, on tire depuis la mer la première longueur unitaire que l'on raboute à la suivante, le remorqueur maintenant l'ensemble en traction pendant la phase de raboutage, laquelle peut durer plusieurs heures, voire plusieurs jours. Lorsque l'intégralité de la conduite ou du faisceau de conduites a été mise à l'eau, l'ensemble est remorqué vers le site, en général en subsurface, sensiblement à l'horizontale, où il est alors « cabané », c'est à dire basculé en position verticale, pour atteindre la position verticale, puis il mis en place en position définitive.

On connaît un dispositif d'isolation d'au moins une conduite sous-marine qui peut être en effet seule ou assemblée avec d'autres conduites, constituant alors ce que l'on appelle des « bundles » ou « faisceaux » destinée à être posée sur le fond à grande profondeur, comportant un revêtement extérieur isolant entourant celle-ci et une enveloppe externe de protection. L'isolation de la ou des conduites ou du faisceau de conduite communément dénommé « bundle » est alors protégée par une enveloppe extérieure de protection qui a une double fonction :

- d'une part d'éviter les endommagements qui peuvent se produire lors de la fabrication ou lors du remorquage comme lors de la pose, surtout dans les zones de faible profondeur d'eau, ledit remorquage pouvant dans certains cas se faire sur des distances de plusieurs centaines de kilomètres. A cet effet, on utilise des matériaux assez résistants tels qu'en acier, en composé thermoplastique ou thermodurcissable ou encore en matériau composite ;

- d'autre part de créer un confinement étanche autour du système d'isolation. Ce confinement est nécessaire dans le cas de revêtements extérieurs isolants constitués de matériaux sujets à migration, voire comprenant des composés fluides.

En effet, par des fonds de 2000 m, la pression hydrostatique est de l'ordre de 200 bars, soit 20 Méga Pascals, ce qui implique que l'ensemble des conduites et de leur revêtement en matériau isolant doit être capable de résister non seulement à ces pressions sans dégradation lors des pressurisations et dépressurisations de la conduite dans laquelle circule le fluide chaud, mais encore aux cycles de température lesquels engendrent des variations de volume des différents composants, et donc de pressions positives ou négatives pouvant conduire à la destruction partielle ou totale de l'enveloppe soit par

dépassement des contraintes admissibles, soit par implosion de cette enveloppe externe (variations de pression interne négatives).

Le pétrole brut cheminant sur de très grandes distances, plusieurs kilomètres, on cherche à leur fournir un niveau d'isolation extrême pour, d'une part minimiser
5 l'augmentation de viscosité qui conduirait à une réduction de la production horaire des puits, et d'autre part d'éviter le blocage du flot par dépôt de paraffine, ou formation d'hydrates dès lors que la température descend aux alentours de 30-40°C. Ces derniers phénomènes sont d'autant plus critiques, particulièrement en Afrique de l'Ouest, que la température du fond de la mer est de l'ordre de 4°C et que les pétroles bruts sont de type
10 paraffinique.

On connaît de nombreux systèmes d'isolation thermique qui permettent d'atteindre le niveau de performances requis et de résister à la pression du fond de la mer qui est de l'ordre de 150 bars à 1500 m de profondeur. On cite entre autres les concepts de type "pipe-in-pipe", comprenant une conduite véhiculant le fluide chaud installée dans une
15 conduite de protection externe, l'espace entre les deux conduites étant, soit simplement rempli d'un calorifuge, confiné ou non sous vide, soit simplement tiré au vide. De nombreux autres matériaux isolants ont été développés pour assurer une isolation à hautes performances, certains d'entre eux étant résistants à la pression. Ces matériaux isolants entourent simplement la conduite chaude et sont en général confinés au sein d'une
20 enveloppe extérieure souple ou rigide, en équipression et dont la fonction principale est de maintenir dans le temps une géométrie sensiblement constante.

Tous ces dispositifs véhiculant un fluide chaud au sein d'une conduite isolé présentent, à des degrés divers, des phénomènes de dilatation différentielle. En effet la conduite interne, en général en acier, se trouve à une température que l'on cherche à
25 maintenir le plus élevé possible, par exemple 60 ou 80°C, alors que l'enveloppe externe, bien souvent elle aussi en acier, se trouve à la température de l'eau de mer, c'est à dire aux alentours de 4°C. Les efforts engendrés sur les éléments de liaison entre conduite interne et enveloppe externe sont considérables et peuvent atteindre plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines de tonnes et l'élongation globale résultante est de l'ordre de 1 à 2 m
30 dans le cas de conduites isolées de 1000 à 1200 m de longueur.

Dans les brevets WO 00/49263, WO 02/066786 et WO 02/103153 au nom de la demanderesse, on a décrit différentes installations du type tour hybride, comportant des conduites isolées.

Un problème posé selon la présente invention est de pouvoir réaliser et installer de
5 telles liaisons fond-surface pour conduites sous-marines à grandes profondeurs, telles qu'au delà de 1 000 mètres par exemple, et de type comportant une tour verticale et dont le fluide transporté doit être maintenu au dessus d'une température minimale jusqu'à son arrivée en surface, en réduisant au minimum les composants sujets à déperdition thermique, en évitant les inconvénients créés par l'expansion thermique propre, ou différentielle, des
10 divers composants de ladite tour, de manière à résister aux contraintes extrêmes et aux phénomènes de fatigue cumulée sur la durée de vie de l'ouvrage, qui dépasse couramment 20 années.

Le brevet WO 00/40886 décrit un matériau d'isolation thermique à changement de phase solide-liquide et chaleur latente de fusion, capable de restituer des calories à la
15 conduite interne, et confiné autour de ladite conduite interne au sein d'une enveloppe étanche et déformable, ce qui la rend capable de suivre l'expansion et la contraction des divers composants sous l'influence de tous les paramètres d'environnement, dont les températures interne et externe.

Plus précisément dans WO 00/40886, on met en œuvre un matériau d'isolation à
20 changement de phase solide-liquide et chaleur latente de fusion, et dont le changement de phase s'effectue à une température T_0 supérieure à la température T_1 , à partir de laquelle le pétrole circulant à l'intérieur de la conduite devient trop visqueux, en général la température T_1 est comprise entre 20° et 60°C et inférieure à la température T_2 du pétrole brut à l'entrée de la conduite.

25 Ce matériau à changement de phase, ci après dénommé "PCM" (Phase Change Material), permet de conserver, en cas d'arrêt de production, le fluide normalement en circulation à l'intérieur de la conduite intérieure à une température élevée, de manière à éviter la formation de paraffines ou d'hydrates dans le pétrole. D'autres matériaux à changement de phase sont envisageables, tels des sels hydratés ou non, stockant et
30 restituant une énergie considérable lors des changement de phase.

Ainsi, lors des arrêts de production, le pétrole brut ne circule plus et reste en position au sein de la conduite et la déperdition de calories vers l'environnement extérieur, en général à 4°C par très grand fond, est effectuée au détriment du PCM, le pétrole brut restant toujours à une température supérieure ou sensiblement égale à celle dudit PCM.

5 Pendant toute la phase de solidification ou cristallisation du PCM, la température du PCM reste sensiblement constante et égale à T_0 , par exemple 36°C, et donc, la conduite interne comportant du pétrole brut reste à une température supérieure ou sensiblement égale à celle (T_0) du PCM, c'est à dire 36°C, empêchant ainsi la formation de paraffines ou d'hydrates dans le pétrole brut.

10 Les matériaux à changement de phase décrits précédemment présentent généralement une variation volumique importante lors de leur changement d'état, pouvant atteindre 20 % dans le cas des paraffines. L'enveloppe extérieure de protection doit pouvoir s'accommoder sans dommage de ces variations de volume.

C'est pourquoi, selon WO 00/40886, ce matériau isolant à changement de phase est
 15 confiné au sein d'une enveloppe étanche et déformable, ce qui la rend capable de suivre l'expansion et la contraction des divers composants sous l'influence de tous les paramètres d'environnement, dont les températures interne et externe. La conduite est ainsi soit confinée au sein d'une enveloppe souple thermoplastique, notamment en polyéthylène ou polypropylène, par exemple circulaire, l'accroissement ou la réduction du volume intérieur,
 20 dû aux variations de température, comparable à une respiration est absorbée par la souplesse de l'enveloppe constituée par exemple d'un matériau thermoplastique présentant une grande limite élastique. Pour résister aux contraintes mécaniques, on utilise de préférence une enveloppe semi-rigide constituée d'un matériau résistant tel l'acier ou un matériau composite, tel qu'un composé réalisé à partir d'un liant tel qu'une résine époxy et
 25 des fibres minérales ou organiques telles que des fibres de verre ou de carbone, mais alors on donne au faisceau une forme ovoïde ou aplatie, avec ou sans contre-courbure, ce qui lui confère, à périmètre constant, une section inférieure au cercle correspondant. Ainsi, la « respiration » du faisceau, conduira, dans le cas d'une augmentation et d'une réduction du volume, respectivement à une « remise au rond » de l'enveloppe, ou à une accentuation de
 30 l'aplatissement de ladite enveloppe. Dans ce cas, l'ensemble faisceau-enveloppe est désigné par le terme « bundle plat », par opposition à une enveloppe circulaire.

Le problème de la présente invention est, plus particulièrement, de fournir un système amélioré d'isolation thermique d'une conduite sous-marine ou d'un faisceau de conduites intégrant un matériau isolant, notamment un matériau PCM, et dont le comportement en phase de redémarrage soit tel que ledit redémarrage puisse être réalisé en un temps réduit par rapport à l'art antérieur.

En effet, en cas d'arrêt de plusieurs jours ou de plusieurs semaines, pendant la période active du PCM, on prend en général la précaution de purger la ligne en effectuant une circulation en boucle d'un produit de substitution, par exemple du gazole, de manière à garder l'ensemble en sécurité avant de laisser la conduite descendre en température jusqu'à 4°C. Et, lors du redémarrage, on utilise en général le même gazole pour effectuer le réchauffage de la conduite en le faisant circuler en boucle à partir du support flottant où on le réchauffe en le faisant passer dans des chaudières ou des échangeurs de chaleur, en récupérant des calories en provenance des turbines à gaz. Ainsi, lors du réchauffage, les calories vont migrer de l'intérieur de la conduite vers le milieu ambiant extérieur, en général à 4°C et, pendant toute de la phase de réchauffage, la majeure partie des calories véhiculées par le gazole en circulation vont être absorbées par le PCM pour sa reliqufaction, ce qui peut prendre plusieurs jours, voire plusieurs semaines si la conduite est très longue, ou si la production de calories au niveau du support flottant est insuffisante. Ce n'est qu'après cette phase de réchauffage avec circulation de gazole, que l'on peut reconnecter les têtes de puits et reprendre la production. En effet, si on redémarre prématurément la production, le matériau isolant PCM ne sera que partiellement liquide et la température interne sera inférieure ou égale à T_0 (température de changement de phase), donc basse, sur l'ensemble de la conduite sous-marine, et l'on observe alors les phénomènes suivants.

Au cours de la progression du pétrole sortant du puits à une température élevée, par exemple 75°C, vers le FPSO, il fournit des calories au PCM pour sa liquéfaction, et de ce fait, la température du pétrole baisse rapidement, car le PCM joue le rôle, non pas de système d'isolation, mais le rôle inverse d'absorbeur de calories, conduisant à un refroidissement accéléré du pétrole brut. Ainsi, après un parcours de quelques kilomètres, voire de quelques centaines de mètres seulement, la température du pétrole descend à la valeur critique de T_1 à laquelle des phénomènes redoutés de formation de bouchons d'hydrates ou de paraffine au sein du pétrole circulant dans la conduite peuvent se produire et alors conduire à un blocage du flux de pétrole brut. Dans la zone proche des têtes de

puits, le PCM se reliquéfie progressivement et le front de reliquéfaction complète progresse lentement vers le FPSO. Dans une zone plus éloignée, la température reste stable aux alentours de T_0 et la liquéfaction ne peut se poursuivre que si le pétrole brut est toujours à une température supérieure à T_0 . Ainsi, dans le cas de lignes très longues, par exemple de 5 ou 6 km, dans une zone très éloignée de la source chaude, c'est à dire proche du FPSO, il n'y a pas suffisamment d'apport de calories et le PCM perd alors des calories vers le milieu ambiant à 4°C. Pour fournir ces calories il passe progressivement à l'état solide.

Pour des conduites très longues, il apparaît que, lors d'un redémarrage, le PCM dans la zone proche des têtes de puits peut être en phase de reliquéfaction, alors qu'à l'autre extrémité, proche du FPSO, le PCM est en phase de resolidification, car la déperdition de calories vers le milieu ambiant est supérieure à l'apport en calorie par le pétrole brut circulant dans la conduite. En fait le PCM est en attente d'un front chaud de pétrole brut qui le transformera à nouveau en phase liquide.

Un but de la présente invention est donc de réaliser un système d'isolation de conduite permettant de réchauffer et maintenir en température l'effluent circulant dans une conduite sous-marine au-delà d'une valeur fixée, de sorte qu'après un arrêt prolongé, la durée de la phase de redémarrage soit réduite et tel que, par exemple, on puisse, le cas échéant, se contenter de réchauffer partiellement la conduite sans avoir à attendre que l'intégralité du matériau PCM, le cas échéant, soit complètement liquéfiée.

Pour ce faire, la présente invention fournit un dispositif de réchauffage et d'isolation thermique d'au moins une conduite principale sous-marine destinée à la circulation d'un effluent chaud, comportant :

- un revêtement d'un matériau isolant thermique entourant la ou lesdites conduites principales,
- ledit revêtement isolant étant recouvert d'une enveloppe externe de protection étanche, de préférence de forme cylindrique,

caractérisé en ce qu'il comprend :

- a) une chambre interne de préférence de forme cylindrique et coaxiale à ladite enveloppe externe, telle que :

- le dit revêtement isolant entoure ladite chambre interne et, de préférence, remplit l'espace annulaire entre ladite enveloppe externe et ladite chambre interne, et

5 - ladite conduite principale est contenue à l'intérieur de ladite chambre interne, de préférence de forme cylindrique, et

b) des moyens aptes à maintenir un fluide caloporteur en température et le faire circuler à l'intérieur de ladite chambre interne, ledit fluide caloporteur entourant la conduite principale contenue à l'intérieur de ladite chambre interne.

Dans un mode de réalisation avantageux, ladite chambre interne est parcourue par
10 au moins une conduite interne d'injection de gaz apte à permettre l'injection de gaz dans ladite conduite principale, ladite conduite interne d'injection de gaz étant raccordée à ladite conduite principale au niveau d'une extrémité dans la direction longitudinale de ladite conduite principale, à l'intérieur de ladite chambre interne, le cas échéant au niveau d'une extrémité inférieure, et, de préférence, ladite conduite d'injection de gaz s'étendant à
15 l'extérieur de cette dite chambre interne sous forme d'une conduite externe d'injection de gaz reliant ladite conduite interne d'injection de gaz à un support flottant.

L'injection de gaz en pied d'une liaison fond-surface de type riser, crée des bulles au sein de l'effluent en progression ascendante, ce qui réduit sa densité et favorise ainsi la remontée dudit effluent. Cette technologie appelée "gas-lift", c'est à dire élévation par
20 injection de gaz, est bien connu de l'homme de l'art et ne sera pas décrite plus en détails ici.

Dans un mode de réalisation particulier, ladite chambre interne comprend des moyens de circulation d'un fluide caloporteur comprenant :

- au moins une conduite interne d'amenée d'un fluide caloporteur s'étendant à l'intérieur de ladite chambre interne depuis un premier orifice situé au niveau d'une
25 première extrémité de la chambre interne, de préférence jusqu'à proximité de la deuxième extrémité de ladite chambre interne dans la direction longitudinale, et

- un deuxième orifice de sortie dudit fluide caloporteur, de préférence au niveau de ladite première extrémité de la chambre interne.

Du fait que la conduite d'amenée du fluide caloporteur parcourt la chambre interne
30 sur la quasi-totalité de sa longueur, elle peut ainsi contribuer aussi au chauffage de

l'intérieur de la chambre interne. Avantageusement, on peut disposer sur ladite conduite d'amenée du fluide caloporteur, des orifices situés à des niveaux intermédiaires, de manière à ce qu'une partie du fluide caloporteur chaud soit transférée directement vers la chambre interne audit niveau intermédiaire.

- 5 Dans ce cas, avantageusement, ladite conduite interne d'injection de gaz est une conduite enroulée en spirale autour de ladite conduite interne d'amenée dudit fluide caloporteur à l'intérieur de ladite chambre interne, de préférence une conduite rigide formée en spirale.

- 10 Ce mode de réalisation est particulièrement avantageux car il permet de constituer une réserve d'élongation possible de ladite conduite interne d'injection de gaz lorsque ladite conduite principale connaît des variations de longueur suite aux variations de températures de l'effluent chaud circulant à l'intérieur.

- 15 En outre, cette configuration de la conduite interne d'injection de gaz enroulée en spirale autour de la conduite interne d'amenée du fluide caloporteur, permet aussi de réchauffer le gaz avant de l'injecter dans la conduite principale et d'améliorer ainsi les performances du "gas-lift".

- 20 Dans une première variante de réalisation, ladite conduite interne d'amenée du fluide caloporteur est prolongée par une conduite externe flexible d'alimentation en dit fluide caloporteur depuis ledit premier orifice jusqu'à un support flottant, et ledit second orifice de sortie du fluide caloporteur est raccordé à une deuxième conduite externe flexible de retour dudit fluide caloporteur vers ledit support flottant.

- 25 Dans cette première variante de réalisation, ledit fluide caloporteur peut être réchauffé en le faisant passer dans des chaudières ou des échangeurs de chaleur à bord dudit support flottant, notamment en récupérant des calories en provenance, par exemple, de turbines à gaz.

Dans une seconde variante de réalisation, ladite conduite interne d'amenée du fluide caloporteur est reliée à des moyens de circulation et de réchauffage du fluide caloporteur comprenant une pompe coopérant avec ledit premier orifice d'amenée du fluide caloporteur et avec ledit deuxième orifice de sortie du fluide caloporteur au niveau d'une

dite première extrémité de la chambre interne, ladite pompe permettant de faire circuler le fluide caloporteur successivement à l'intérieur de ladite conduite interne d'amenée du fluide caloporteur, puis à l'intérieur de la chambre interne et de le faire ressortir de ladite chambre interne par ledit deuxième orifice, puis de le faire recirculer en boucle dans ladite chambre
5 interne à travers ledit premier orifice, une conduite externe de circulation du fluide caloporteur entre ledit support flottant et le corps de la pompe ou ledit premier orifice, permettant d'ajuster la quantité de fluide caloporteur en circulation dans la chambre et dans les diverses conduites

De préférence, dans cette seconde variante de réalisation le dispositif selon
10 l'invention comprend un moyen de chauffage du fluide caloporteur à l'intérieur de ladite conduite interne d'amenée du fluide caloporteur, de préférence sous forme d'une résistance électrique.

Ce moyen de chauffage permet de réchauffer le fluide caloporteur de manière très efficace, car la résistance électrique constitue un élément très simple et facile à alimenter
15 depuis le support flottant par un câble de faibles dimensions, dans la mesure où l'on utilise un voltage élevé. De plus, la quantité d'énergie transférée au fluide caloporteur peut être simplement ajustée en faisant varier la tension ou l'intensité, ou les deux.

Dans un mode préféré de réalisation, le dispositif selon l'invention comprend au moins une cloison d'extrémité transversale à au moins une dite première extrémité, ladite
20 cloison transversale d'extrémité supportant ladite conduite principale ainsi que lesdits moyens de circulation et étant traversée par ladite conduite principale et, le cas échéant, des premier et second orifices permettant la circulation dudit fluide caloporteur à l'intérieur et à l'extérieur de ladite chambre interne à travers lesdits orifices.

Dans un mode plus particulier de réalisation, le dispositif selon l'invention
25 comprend une première et deuxième cloisons transversales d'extrémité, respectivement à chacune des deux extrémités de la chambre interne, ladite première cloison d'extrémité comprenant, le cas échéant, lesdits premier et second orifices, et les deux dites cloisons transversales d'extrémité supportant ladite enveloppe externe et ladite chambre interne et assurant leur liaison étanche, tout en assurant, au moins au niveau de ladite première
30 extrémité, le confinement du fluide caloporteur à l'intérieur de la chambre interne.

De préférence, le dispositif selon l'invention comprend une deuxième cloison d'extrémité comprenant un grand orifice de diamètre supérieur à celui de la conduite principale, à travers lequel orifice passe ladite conduite principale, de sorte que le fluide caloporteur est en contact avec l'eau de mer à l'extrémité inférieure de la chambre interne.

- 5 Ce mode de réalisation convient, plus particulièrement, lorsque le fluide caloporteur est un fluide non polluant tel que de l'eau douce comme explicité dans la description détaillée ci-après. Ce mode de réalisation permet en effet d'éviter des difficultés pouvant résulter des dilatations différentielles de la conduite principale et de la chambre interne.

- 10 Dans un autre mode de réalisation, ladite deuxième cloison d'extrémité comprend un orifice entourant de façon solidaire un manchon tubulaire à l'intérieur duquel ladite conduite principale peut coulisser à jeu réduit, de préférence de manière étanche. Ce mode de réalisation convient plus particulièrement si le fluide caloporteur est un fluide polluant.

- 15 Dans tous les cas, il est avantageux que ladite conduite principale soit revêtue d'un second revêtement isolant au moins au niveau de ladite deuxième extrémité de la chambre interne, ledit fluide caloporteur circulant dans ladite chambre interne à l'extérieur dudit second revêtement.

- 20 Plus particulièrement, ledit second revêtement est constitué par un matériau isolant thermique, de préférence un matériau isolant solide, de préférence encore de la mousse syntactique, ledit matériau solide entourant directement ladite conduite principale, de préférence encore ledit second matériau isolant remplissant entièrement l'espace entre ladite conduite principale et une seconde conduite coaxiale, jouant le rôle de manchon, et à l'intérieur de laquelle est insérée ladite conduite principale.

- 25 Dans un mode particulièrement avantageux de réalisation de la présente invention, ledit revêtement isolant autour de la chambre interne est un matériau isolant sujet à migration et au moins ladite enveloppe externe et/ou ladite chambre interne est ou sont constituées d'un matériau solide souple ou semi-rigide apte à suivre les déformations dudit matériau isolant et apte à rester en contact avec celui-ci lorsqu'il se déforme.

- 30 Comme mentionné précédemment, ledit revêtement isolant comprend un matériau isolant à changement de phase présentant une température de fusion liquide/solide (T_0) de préférence compris entre 20 et 80°C, supérieure à celle (T_2) du milieu environnant marin

de ladite conduite en opération et inférieure à celle (T1) à partir de laquelle les effluents circulant à l'intérieur de la conduite présentent une augmentation de viscosité dommageable pour leur circulation dans ladite conduite.

On entend ici par « matériau isolant » un matériau présentant de préférence une
 5 conductivité thermique inférieure à $0.5 \text{ W} \times \text{m}^{-1} \times \text{K}^{-1}$, de préférence encore entre 0.05 et $0.2 \text{ W} \times \text{m}^{-1} \times \text{K}^{-1}$ (Watt/mètre/Kelvin).

Ledit matériau isolant PCM est choisi notamment parmi les matériaux constitués d'au moins 90 % de composés chimiques choisis parmi les alcanes, notamment comprenant une chaîne hydrocarbonée d'au moins 10 atomes de carbone, ou encore les
 10 sels hydratés ou pas, les glycols, les bitumes, les goudrons, les cires, et autres corps gras solides à température ambiante, tels que le suif, la margarine ou les alcools gras et acides gras, de préférence, le matériau incompressible est constitué de paraffine comprenant une chaîne hydrocarbonée d'au moins 14 atomes de carbone.

Plus particulièrement, ledit matériau isolant à changement de phase comprend des
 15 composés chimiques de la famille des alcanes, de préférence une paraffine comprenant une chaîne hydrocarbonée d'au moins quatorze atomes de carbone.

Plus particulièrement encore, ladite paraffine est de l'heptacosane de formule $\text{C}_{17}\text{H}_{36}$
 ou, de préférence, du tétracosane de formule $\text{C}_{24}\text{H}_{50}$ présentant une température de fusion d'environ 50°C . On peut aussi utiliser une coupe paraffinique industrielle centrée sur
 20 l'heptacosane ou le tétracosane.

Dans un mode de réalisation; ledit matériau isolant est constitué d'un complexe isolant comprenant un premier composé consistant en un composé hydrocarboné comme la paraffine ou le gazole, en mélange avec un second composé consistant en un composé gélifiant et/ou à effet structurant, notamment par réticulation, tel qu'un second composé
 25 du type polyuréthane, polypropylène réticulé, polyéthylène réticulé ou silicone, de préférence ledit premier composé se présentant sous forme de particule ou micro-capsule dispersée au sein d'une matrice dudit second composé et on peut citer plus particulièrement comme premiers composés les composés chimiques de la famille des alcanes, tels que des paraffines ou des cires, des bitumes, des goudrons, des alcools gras, des glycols, plus
 30 particulièrement encore des composés dont la température de fusion des matériaux est

comprise entre la température T_1 des effluents chauds circulant dans une des conduites et la température T_2 du milieu environnant de la conduite en opération, soit en fait en général une température de fusion comprise entre 20 et 80°C.

Ces différents matériaux isolants sont des matériaux "sujets à migration", c'est à dire, des matériaux liquides, pâteux ou de consistance solide, telle que la consistance d'une graisse, d'une paraffine ou d'un gel, qui sont susceptibles d'être déformés par les contraintes résultant de pressions différentielles entre deux points distincts de l'enveloppe et/ou de variations de température au sein dudit matériau isolant.

C'est pourquoi, selon un mode préféré de réalisation, le dispositif selon la présente invention comprend un dit revêtement isolant qui est constitué d'un matériau solide visqueux sujet à migration ainsi qu'au moins deux cloisons transversales intermédiaires étanches, chacune desdites cloisons transversales intermédiaires étant constituée d'une structure rigide fermée traversée par ladite chambre interne et solidaire des parois de ladite chambre et de ladite enveloppe externe, de préférence lesdites cloisons transversales intermédiaires étant espacées à intervalles réguliers le long de l'axe longitudinal des chambre interne et enveloppe externe coaxiales, de préférence encore d'une distance de 50 à 200 mètres.

Cette structure rigide solidaire de l'enveloppe empêche le déplacement de ladite enveloppe en regard de ladite cloison et par rapport à celle-ci et fige donc la géométrie de la section transversale de l'enveloppe au niveau de ladite cloison. On entend ici par « étanche » et « fermé » que ladite cloison ne permet pas le passage de la matière constituant ledit revêtement isolant à travers ladite cloison, et qu'en particulier, la jonction entre ladite conduite et les orifices à travers lesquels ladite conduite traverse ladite cloison transversale intermédiaire ne permet pas le passage de ladite matière du revêtement isolant.

Lesdites cloisons transversales intermédiaires étanches assurent le confinement du ou desdits matériau(x) isolant(s) sujet(s) à migration constituant ledit revêtement isolant entre ladite enveloppe et lesdites cloisons.

Dans le cas d'une liaison fond-surface, par exemple la portion verticale d'une tour ou encore la section en chaînette reliant le sommet de la tour au support de surface, ou encore des conduites reposant sur une forte déclivité du fond de la mer, la pression

extérieure varie le long de la conduite et décroît au fur et à mesure que l'on remonte vers la surface. Dans le cas de matériaux isolants pâteux ou fluides, ce dernier présentant une densité inférieure à celle de l'eau de mer, en général une densité de 0.8 à 0.85, la pression différentielle entre l'extérieur et l'intérieur variera le long de la dite conduite, augmentant au fur et mesure que l'on monte vers la surface. Ainsi, il s'ensuit des déformations accentuées dans les parties présentant le maximum de pression différentielle, induisant ainsi d'importants transferts de fluide parallèlement à l'axe longitudinal de ladite conduite. En outre, les transferts sont amplifiés par les phénomènes de « respiration » dus aux variations de température tels que décrits ci-dessus.

10 Un « bundle plat » est sensible aux variations de pression dues aux déclivités : surpression en bas, dépression en haut, et la phase de remorquage est critique, car la longueur pouvant atteindre plusieurs kilomètres, le « bundle » n'est en fait jamais parfaitement à l'horizontal et il en résulte des variations de pression différentielle importantes lors dudit remorquage et surtout lors de l'opération de cabanage.

15 Quand le « bundle » est en position verticale ou au fond de la mer sur une déclivité importante, le différentiel de pression créé par la faible densité du matériau isolant, associé à la variation de volume créée par l'expansion thermique du matériau isolant, engendre des mouvements du matériau isolant que doit pouvoir supporter l'enveloppe extérieure. On cherche à éviter les mouvements de particules parallèlement à l'axe du bundle, c'est à dire
20 les migrations de matériau isolant entre deux zones distantes du « bundle », car ils risquent de détruire la structure proprement dite du matériau isolant.

Ce dispositif à cloisons transversales intermédiaires étanches permet de pouvoir fabriquer au meilleur coût un « bundle » à terre, de pouvoir mettre en place un revêtement en matériau isolant de type semi-fluide ou pâteux, de le remorquer en subsurface, de le
25 cabaner en position verticale pour l'installer, tout en respectant l'intégrité de l'ensemble jusqu'à sa mise en production et pendant toute sa durée de vie, qui dépasse en général 30 années.

Ce dispositif à cloisons transversales intermédiaires étanches permet aussi de réaliser une isolation d'au moins une conduite sous-marine destinée à être posée sur le
30 fond, en particulier à grande profondeur, en particulier dans des zones à forte déclivité, à partir d'une enveloppe de type « bundle plat » étanche, capable de fournir une souplesse

transversale importante pour absorber les variations de volume, tout en conservant une rigidité longitudinale suffisante pour autoriser les manutentions, telles la préfabrication à terre, le remorquage vers le site, et la conservation de l'intégrité mécanique de ladite enveloppe pendant toute la durée de vie du produit, laquelle atteint et dépasse 30 ans.

- 5 Dans un mode de réalisation particulier, ladite structure fermée de ladite cloison transversale intermédiaire étanche comprend une pièce cylindrique qui présente une section transversale, dont le périmètre présente la même forme fixe que celui de ladite section transversale de l'enveloppe.

- 10 On entend par «section transversale» la section dans un plan XX' , YY' perpendiculaire à l'axe longitudinal ZZ' de ladite enveloppe, ladite enveloppe étant de forme tubulaire et présentant un axe longitudinal central ZZ' , et de préférence, la section transversale de ladite enveloppe définissant un périmètre présentant deux axes de symétrie XX' et YY' perpendiculaires entre eux, et audit axe longitudinal ZZ' .

- 15 On entend dans la présente description par «périmètre de la section transversale», la ligne en forme de courbe fermée qui délimite la surface plane définie par ladite section transversale.

Le périmètre de la section transversale de l'enveloppe externe au niveau des cloisons étanches est de forme fixe et ne peut donc pas se déformer par contraction ou par expansion de ladite enveloppe à ce niveau.

- 20 Selon différentes variantes de réalisation, ladite section transversale de l'enveloppe externe est de forme circulaire, ou de forme ovale, ou encore de forme rectangulaire, de préférence avec des angles arrondis.

Lesdites cloisons transversales intermédiaires étanches créent des ponts thermiques. On recherche donc à les espacer le plus possible pour réduire les ponts thermiques.

- 25 Dans un mode particulier de réalisation, l'espacement entre deux dites cloisons transversales intermédiaires étanches successives selon ledit axe longitudinal ZZ' de ladite enveloppe est de 50 à 200 mètres, notamment de 100 à 150 mètres.

Pour réduire le nombre de cloisons transversales intermédiaires étanches, selon une caractéristique préférentielle, le dispositif comprend au moins un, de préférence une pluralité de gabarit(s) conformateur(s), constitué(s) d'une structure rigide solidaire de ladite chambre interne et traversée par celle-ci et solidaire de ladite enveloppe externe à sa périphérie, disposé(s) entre deux dites cloisons transversales intermédiaires étanches successives, ledit gabarit conformateur présentant des ouvertures permettant le passage de la matière constitutive dudit matériau isolant sujet à migration à travers ledit gabarit conformateur.

Comme ladite cloison transversale intermédiaire étanche, ledit gabarit conformateur fige la forme de la section transversale de l'enveloppe externe et de la chambre interne au niveau dudit gabarit conformateur, tout en minimisant les ponts thermiques.

Plus particulièrement ladite structure ouverte dudit gabarit conformateur comprend une pièce cylindrique qui présente une section transversale dont le périmètre s'inscrit dans une figure géométrique identique à la figure géométrique définie par la forme du périmètre de la section transversale de ladite cloison étanche.

De préférence, un dispositif selon l'invention comporte une pluralité de gabarits conformateurs disposés le long dudit axe longitudinal ZZ' de l'enveloppe de préférence à intervalles réguliers, deux gabarits conformateurs successifs étant espacés de préférence encore de 5 à 50 mètres, de préférence 5 à 20 mètres.

Dans un mode préféré de réalisation, le dispositif selon l'invention comprend en outre au moins un gabarit centraliseur, de préférence une pluralité de gabarits centraliseurs, disposé(s) de préférence à intervalles réguliers, entre deux dites cloisons transversales intermédiaires étanches successives le long dudit axe longitudinal, chaque gabarit centraliseur étant constitué d'une pièce rigide solidaire de la paroi de la chambre interne ou de ladite enveloppe externe, présentant une forme qui autorise un déplacement limité de ladite enveloppe externe ou respectivement de ladite chambre interne, en contraction et en expansion, en regard dudit gabarit centraliseur, au moins ladite enveloppe externe ou respectivement ladite chambre interne étant constituée d'un matériau souple ou semi-rigide apte, le cas échéant, à rester en contact du revêtement isolant lorsque celle-ci se déforme.

Plus particulièrement, ledit gabarit centraliseur est de préférence constitué d'une pièce rigide à surface libre externe ou respectivement interne cylindrique dont le périmètre de la section transversale est en retrait par rapport à ladite enveloppe externe ou respectivement ladite chambre interne et limite les déformations de ladite enveloppe externe ou respectivement ladite chambre interne par butée mécanique de celle-ci sur ladite pièce rigide en au moins deux points opposés du périmètre de la section transversale de ladite enveloppe externe ou respectivement ladite chambre interne. Ledit déplacement de l'enveloppe externe ou respectivement ladite chambre interne, en regard d'un dit gabarit centraliseur peut représenter une variation de 0,1 à 10 %, de préférence de 0,1 à 5 %, de la distance entre les deux points opposés du périmètre de la section transversale de ladite enveloppe externe ou respectivement ladite chambre interne. Ainsi, ladite pièce rigide constituant ledit gabarit centraliseur présentant une partie de la surface libre externe ou respectivement interne suffisamment en retrait par rapport à la surface de l'enveloppe externe ou respectivement de la chambre interne, et/ou présentant des perforations le traversant, de manière à créer un espace qui permette le transfert de matière constitutive dudit revêtement isolant à travers ledit gabarit centraliseur.

Ce gabarit centraliseur vise à assurer un enrobage minimum en revêtement isolant autour de ladite chambre interne en cas de déformation par contraction de l'enveloppe et transfert de ladite matière fluable entre les deux dites cloisons étanches.

Plus particulièrement, ledit gabarit centraliseur présente une section transversale dont le périmètre s'inscrit à l'intérieur d'une figure géométrique qui est sensiblement homothétique par rapport à la figure géométrique définie par le périmètre de la section transversale de ladite cloison transversale intermédiaire étanche.

La distance entre deux gabarits centraliseurs le long dudit axe longitudinal ZZ' est telle qu'elle permet d'assurer de maintenir une quantité de matière constituant ledit revêtement isolant, suffisante pour assurer l'enrobage minimum nécessaire à l'isolation thermique de ladite chambre interne, compte tenu des déformations en contraction supportées par ladite enveloppe externe et/ou de ladite chambre interne.

Avantageusement, le dispositif selon l'invention comporte une pluralité de gabarits centraliseurs, et deux gabarits centraliseurs successifs sont espacés le long dudit axe longitudinal ZZ' de l'enveloppe d'une distance de 2 à 5 mètres.

Ces différentes cloisons transversales intermédiaires étanches, gabarit centraliseur et gabarit conformateur, ont été décrites dans FR 2 821 915 selon une configuration différente car directement solidaire de la conduite sous-marine véhiculant les effluents.

Comme mentionné précédemment, avantageusement, ladite enveloppe externe et
5 ladite chambre interne sont co-axiales le long d'un axe longitudinal ZZ' et définissent un périmètre présentant au repos deux axes de symétrie XX' et YY' perpendiculaires entre eux et audit axe longitudinal ZZ', et au moins l'une des parois constitutives desdites enveloppe externe et/ou chambre interne est constituée d'un matériau souple ou semi-rigide (c'est-à-dire apte à suivre les déformations du matériau isolant et apte à rester en contact avec celui-ci lorsqu'il se déforme), de préférence, l'autre enveloppe étant rigide et de préférence
10 encore à section transversale de forme circulaire.

Selon une première variante de réalisation, ladite chambre interne est réalisée en matériau rigide et ladite enveloppe externe en matériau souple ou semi-rigide.

Selon différentes variantes de réalisation, la section transversale de l'enveloppe
15 externe et/ou de la chambre interne est ou sont de forme circulaire ou de forme ovale, ou encore de forme rectangulaire, de préférence avec des angles arrondis.

Dans le cas où le dispositif comporte au moins deux conduites disposées suivant un même plan, la section transversale de ladite enveloppe externe ou de ladite chambre interne est de préférence de forme allongée dans la même direction que ce plan.

20 Plus particulièrement, le périmètre externe de la section transversale de ladite enveloppe externe de protection ou de ladite chambre interne est une courbe fermée dont le rapport du carré et de la longueur sur la surface qu'elle délimite est au moins égal à 13, comme décrit dans WO 00/40886.

Lors des variations de volume interne, l'enveloppe externe ou ladite chambre
25 interne aura alors tendance à se déformer vers une forme circulaire, laquelle constitue mathématiquement la forme présentant, à périmètre constant, la surface la plus importante.

Dans le cas d'un profil circulaire, une augmentation de volume engendre des contraintes dans la paroi, lesquelles sont liées à l'augmentation de pression résultante de cette augmentation de volume.

En revanche, si on aplatit la forme de la section transversale, meilleure est la capacité de l'enveloppe ou de ladite chambre interne à absorber les expansions dues à la dilatation des différents composants sous l'effet de la température, sans créer de surpression significative, car l'enveloppe a la possibilité de se remettre au rond.

- 5 Dans le cas de profil de forme ovale, une variation de pression interne impliquera une combinaison de contraintes de flexion et de contraintes de traction pure, car la courbure variable de l'ovale se comporte alors comme une voûte architecturale avec cependant la différence que dans le cas de notre enveloppe, les contraintes sont des contraintes de traction et non des contraintes de compression. Ainsi, une forme ovale ou
- 10 approchée d'une ovale sera envisageable pour de faibles capacités d'expansion et il conviendra de considérer alors des ovales avec un rapport de longueur du grand axe $\rho_{\max}$ sur celle du petit axe $\rho_{\min}$ aussi élevé que possible par exemple au moins 2/1 ou 3/1.

- On sélectionnera alors la forme de l'enveloppe en fonction de l'expansion globale du volume du revêtement extérieur isolant, sous l'effet de variations de température. Ainsi,
- 15 pour un système d'isolation utilisant principalement des matériaux sujets à expansion, une forme rectangulaire, une forme polygonale ou encore une forme ovale permet une expansion par flexion de la paroi tout en induisant un minimum de contraintes de traction dans l'enveloppe extérieure.

- Dans un premier mode de réalisation, la section transversale de la chambre interne,
- 20 de préférence constituée d'un matériau rigide, est de forme circulaire et la section transversale de l'enveloppe externe, de préférence constituée d'un matériau souple ou semi-rigide, est de forme ovale ou de forme rectangulaire avec des angles arrondis.

- Dans un autre mode de réalisation, la section transversale de l'enveloppe externe, de préférence constituée d'un matériau rigide, est de forme circulaire et la section
- 25 transversale de ladite chambre interne, de préférence constituée d'un matériau souple ou semi-rigide, est de forme ovale ou de forme rectangulaire avec des angles arrondis.

- Avantageusement encore, ladite conduite principale et, le cas échéant, ladite conduite interne d'amenée de fluide caloporteur coopèrent à l'intérieur de ladite chambre interne avec des éléments centraliseurs qui maintiennent le ou lesdites conduites
- 30 sensiblement parallèles à l'axe ZZ' de ladite chambre interne tout en autorisant le

mouvement desdites conduites dû aux dilatations différentielles de celles-ci selon ledit axe ZZ'.

La présente invention a également pour objet un dispositif de réchauffage et d'isolation thermique d'un faisceau de conduites principales sous-marines, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif d'isolation thermique et réchauffage selon l'invention comprenant au moins deux dites conduites principales disposées en parallèle et à l'intérieur de ladite chambre interne.

La présente invention a également pour objet une installation de liaison fond-surface entre une conduite sous-marine reposant au fond de la mer, notamment à grande profondeur, et un support flottant 10, comprenant :

a) au moins un riser vertical relié à son extrémité inférieure à au moins une dite conduite sous-marine reposant au fond de la mer, et à son extrémité supérieure à au moins un flotteur, ledit riser vertical étant inclus dans un dispositif d'isolation thermique et réchauffage selon l'invention, ledit riser vertical correspondant à ladite conduite principale, et ladite chambre interne s'étendant sur une hauteur d'au moins 1000 mètres, et

b) au moins une conduite de liaison, de préférence une conduite flexible, assurant la liaison entre un support flottant et l'extrémité supérieure dudit riser vertical, et

c) le cas échéant, desdites conduites flexibles externes de circulation du fluide caloporteur entre le support flottant et lesdits premier et second orifices de la première extrémité de la chambre interne et, le cas échéant, au moins une dite conduite externe flexible d'injection de gaz.

De préférence, la liaison entre l'extrémité inférieure du riser vertical et une dite conduite sous-marine reposant au fond de la mer, se fait par l'intermédiaire d'un système d'ancrage comprenant une embase posée sur le fond, ladite embase assurant le maintien et le guidage des éléments de jonction entre l'extrémité inférieure du riser vertical et l'extrémité de ladite conduite reposant au fond de la mer, et lesdits éléments de jonction comprenant un élément de conduite courbe et un élément de raccordement de conduite, de préférence un unique élément de raccordement, de préférence encore, un unique connecteur automatique, et ledit riser vertical comprenant dans sa partie terminale inférieure un joint flexible permettant des mouvements angulaires de la partie du riser

vertical située au dessus dudit joint flexible, et lesdits éléments de jonction comprenant ledit joint flexible ou une portion de riser vertical située au dessous dudit joint flexible.

On utilise ici le terme "riser vertical" pour rendre compte de la position théorique du riser lorsque celui-ci est au repos étant entendu que l'axe du riser peut connaître des
5 mouvements angulaires par rapport à la verticale et se mouvoir dans un cône d'angle α dont le sommet correspond au point de fixation de l'extrémité inférieure du riser sur ladite embase.

Lesdits éléments de raccordement, notamment du type connecteurs automatiques, sont connus de l'homme de l'art et comprennent le verrouillage entre une partie mâle et
10 une partie femelle complémentaire, ce verrouillage étant conçu pour se faire très simplement au fond de la mer à l'aide d'un ROV, robot commandé depuis la surface, sans nécessiter une intervention directe manuelle de personnel.

L'installation selon la présente invention est avantageuse car elle présente une géométrie relativement statique desdits éléments de jonction par rapport à ladite embase, et
15 plus particulièrement par rapport audit support mobile, lesdits éléments de jonction étant maintenus de façon rigide sur ledit support mobile. La partie basse de la tour se trouve ainsi parfaitement stabilisée et ne supporte plus aucun effort, notamment au niveau du raccordement entre le riser vertical et la conduite reposant au fond de la mer, puisque les mouvements de translation longitudinale du support mobile crée une flexibilité à l'extrémité
20 de la conduite sous-marine reposant au fond de la mer, ladite flexibilité étant capable d'absorber par déformation l'allongement ou la rétractation de la conduite sous-marine sous l'effet de la température et de la pression, évitant ainsi de créer des efforts de poussée considérables au sein de la conduite sous-marine, ces efforts pouvant atteindre 100, voire 200 tonnes ou plus, et de les transmettre à la structure fondation de la tour riser.

25 Dans un mode préféré de réalisation, ledit riser vertical comprend dans sa partie terminale inférieure un joint flexible, de préférence renforcé, lequel permet des mouvements angulaires α de la partie dudit riser vertical située au dessus dudit joint flexible, et lesdits éléments de jonction comprennent ledit joint flexible ou une portion de riser vertical située au dessous dudit joint flexible.

30 Un joint flexible autorise une variation importante de l'angle α entre l'axe du riser

et sa position théorique verticale au repos, sans engendrer de contrainte significative dans les portions de conduite situées de part et d'autre dudit joint flexible : ces joints flexibles sont connus de l'homme de l'art et peuvent être constitués par une rotule sphérique avec joint d'étanchéité, ou une rotule lamifiée constituée de sandwichs de feuilles d'élastomère et
5 de tôle adhésivée, capable d'absorber des mouvements angulaires importants par déformation des élastomères, tout en conservant une étanchéité parfaite en raison de l'absence de joint de frottement. Ledit angle α est en général compris entre 10 et 15 degrés.

Dans tous les cas, ledit joint flexible est creux pour laisser passer le fluide, et son
10 diamètre intérieur est, de préférence sensiblement de même diamètre que les conduites adjacentes qui y sont raccordées, notamment celle du riser vertical.

On entend ici par "joint flexible renforcé", un joint capable de transférer au support mobile les efforts verticaux créés par la tension engendrée par le flotteur de sub-surface, et les efforts horizontaux créés par la houle, et le courant agissant sur la portion verticale du
15 riser, du flotteur et de la liaison flexible vers le support flottant, ainsi que par les déplacements dudit support flottant.

Lorsque lesdits éléments de jonction comprennent le dit joint flexible, ledit joint flexible est donc maintenu fixement par rapport audit support mobile. Ledit joint flexible correspond alors à un élément terminal des éléments de jonction assurant la jonction avec
20 ledit riser vertical.

De par la présence dudit joint flexible, et de la liaison flexible vers le support flottant située en tête de riser vertical, le déplacement horizontal de la base du riser vertical qui se trouve à un point sensiblement fixe en altitude, n'engendre pas d'effort significatif dans l'ensemble articulé constitué dudit support mobile, dudit joint flexible, dudit riser et de
25 ladite liaison vers le support de surface, sous l'effet des déplacements dudit support mobile au sein de ladite plate-forme embase, déplacement qui n'excèdent en général pas 5 m.

On connaît la méthode d'intervention à l'intérieur des canalisations, dite "coiled-tubing", consistant à pousser un tube rigide de petit diamètre, en général 20 à 50mm, à travers la conduite. Ledit tube rigide est stocké enroulé par simple cintrage sur un
30 tambour, puis détordu lorsqu'on le débobine. Ledit tube peut mesurer plusieurs milliers de

mètres en une seule longueur. L'extrémité du tube située au fût du tambour de stockage est reliée par l'intermédiaire d'un joint tournant à un dispositif de pompage capable d'injecter un liquide à haute pression et à haute température . Ainsi, en poussant le tube fin à travers la conduite, en maintenant le pompage et la contre-pression, cette conduite est nettoyée

5 grâce à l'injection d'un produit chaud capable de dissoudre les bouchons . Cette méthode d'intervention est couramment utilisée lors des interventions sur puits verticaux ou sur des conduites obstruées par des formations de paraffine ou d'hydrates, phénomènes courants et redoutés dans toutes les installations de production de pétrole brut. Le procédé de "coiled-tubing" est dénommé ci-après par "nettoyage par tubage continu" ou NTC.

10 L'installation selon l'invention comprend donc avantageusement un dispositif en forme de col de cygne assurant la liaison entre l'extrémité supérieure dudit riser et une conduite de liaison avec le support flottant, de sorte que l'on peut intervenir à l'intérieur dudit riser vertical à partir de la partie supérieure du flotteur à travers ledit dispositif en

15 forme de col de cygne, de façon à accéder à l'intérieur du riser et le nettoyer par injection de liquide et/ou par raclage de la paroi interne dudit riser, puis, le cas échéant, de ladite conduite sous-marine reposant au fond de la mer.

Avantageusement encore, l'installation selon l'invention comprend une seconde enveloppe externe à section transversale circulaire contenant au moins un dispositif d'isolation et de réchauffage selon l'invention, ladite enveloppe externe dudit dispositif

20 d'isolation thermique et de réchauffage étant rendue solidaire de ladite seconde enveloppe externe, de préférence par des liens élastiques et de préférence encore ladite seconde enveloppe externe comprend des moyens en forme de spirale sur sa périphérie extérieure aptes à empêcher la formation de vortex ou de décrochement tubulaire sous l'effet de courant marin.

25 Ce mode de réalisation est particulièrement avantageux lorsque le dispositif d'isolation et de réchauffage selon l'invention comprend une dite enveloppe externe à section transversale non circulaire ou lorsque l'installation comprend au moins deux dits dispositifs d'isolation et de réchauffage avec deux dites enveloppes externes côte à côte à section transversale circulaire ou non circulaire.

La présente invention a également pour objet un procédé de réchauffage d'isolation thermique d'au moins une conduite principale sous-marine destinée à assurer la circulation d'un effluent chaud au fond de la mer ou depuis le fond de la mer jusqu'à la surface, caractérisé en ce qu'on utilise un dispositif de réchauffage et d'isolation thermique selon
5 l'invention, de préférence dans une installation selon l'invention, et on fait circuler un dit fluide caloporteur à l'intérieur de ladite chambre interne.

Dans un mode particulier de réalisation, ledit fluide caloporteur est choisi parmi de l'eau de mer, de l'eau douce, du gazole, de l'huile.

De préférence, on choisit un fluide caloporteur de densité inférieure à celle de l'eau
10 de manière à ce que celui-ci contribue à apporter de la flottabilité au dispositif d'isolation et de réchauffage selon la présente invention. Il peut s'agir, notamment de gazole de densité de l'ordre de 0,85.

Il est avantageux de mettre en œuvre un fluide caloporteur de forte chaleur massique telle que l'eau de mer ou l'eau douce, mais on préférera cette dernière, car elle
15 reste moins agressive vis à vis des parois métalliques de la chambre interne et lorsque l'on rajoute des additifs pour éviter la prolifération des algues et autres organismes, du simple fait de la différence de densité avec l'eau de mer, l'interface entre les deux fluides existant au bas de la colonne montante ne sera que peu perturbée et lesdits additifs resteront pour une longue durée au sein de l'eau douce en circulation.

20 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront mieux à la lecture de la description qui va suivre, faite de manière illustrative et non limitative, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 est une vue de côté d'une liaison fond-surface de type tour riser reliant une conduite sous-marine 13 reposant sur le fond de la mer 30 et un support flottant 10 en
25 surface 31.

La figure 1a est une vue en coupe d'une double conduite de circulation du fluide caloporteur.

La figure 1b est une vue de l'extrémité inférieure du dispositif selon l'invention coopérant avec une embase d'ancrage 19 au fond de la mer 30.

Les figures 2, 3 et 4 sont des sections transversales d'un dispositif d'isolation thermique et réchauffage selon l'invention dont l'enveloppe externe 3 est respectivement en configuration circulaire (fig. 2), de type rectangulaire (fig. 3) et de type ovale (fig. 4), la chambre interne 4 comportant deux conduites 1a, 1b de production, une conduite 7₁ d'injection de gaz et une conduite 6₁ de réchauffage,

Les figures 5 et 6 représentent des sections d'un dispositif d'isolation thermique et réchauffage selon l'invention, de type inversé c'est-à-dire avec une enveloppe externe 3 en configuration circulaire et une chambre interne 4 en configuration de type ovale (fig. 5) et rectangulaire (fig. 6).

La figure 7 est une coupe en vue de côté d'un dispositif d'isolation thermique et réchauffage 1 selon l'invention, comportant une conduite 1a de production, une conduite 6₁ de réchauffage par aménée du fluide caloporteur, traversant une chambre interne de réchauffage 4, celle-ci étant entourée d'une isolation périphérique avec un revêtement isolant thermique 2, la partie basse du dispositif étant en communication directe avec l'eau de mer.

La figure 8 est une variante de la figure 7, dans laquelle on a représenté des dispositifs 16₁ de maintien des conduites 1a et 6₁ à l'intérieur de la chambre interne de réchauffage 4 et des dispositifs 15, 16 et 17 permettant le contrôle des déformations de l'enveloppe externe 3, et dont la partie basse du dispositif comporte un système d'isolation supplémentaire 2₁ directement autour de la conduite, l'extrémité inférieure du dispositif étant complètement cloisonnée 11₂.

Les figures 8A à C représentent une vue en section transversale, de la figure 8, au niveau des cloisons étanches, gabarits centraliseurs et gabarits conformateurs.

La figure 9 est une coupe en vue de côté de la partie haute d'un dispositif selon l'invention, selon les figures 7 ou 8 et comportant un dispositif de pompage 9 et de réchauffage 6₄ du fluide caloporteur que l'on fait circuler en boucle à l'intérieur de la chambre 4 par l'intermédiaire de la conduite d'amenée 6₁ du fluide caloporteur.

La figure 10 est une coupe en section transversale horizontale d'un double dispositif d'isolation et de réchauffage selon l'invention, équipé à sa périphérie d'une seconde enveloppe externe circulaire 3₁.

La figure 11 est une vue de côté d'un dispositif selon la figure 10 dont ladite seconde enveloppe circulaire 3₁ est équipée d'une hélice visant à réduire les phénomènes de turbulence sous l'effet du courant.

Sur la figure 1, on a représenté une installation de liaison fond-surface entre une conduite sous-marine 13 reposant au fond de la mer, notamment à grande profondeur, et un support flottant 10 de type FPSO, comprenant :

a) un riser vertical 1a, 1b relié à son extrémité inférieure à au moins une dite conduite sous-marine 13 reposant au fond de la mer, et à son extrémité supérieure à au moins un flotteur 14, ledit riser vertical étant inclus dans un dispositif d'isolation thermique et de réchauffage 1 selon l'invention, ledit riser vertical correspondant à ladite conduite principale, et ladite chambre interne 4 s'étendant sur une hauteur d'au moins 1000 mètres, et

b) une conduite de liaison 12 flexible, assurant la liaison entre un support flottant 10 et l'extrémité supérieure dudit riser vertical 1, et

c) une double conduite flexible externe 6₂, 6₃ de circulation respectivement d'amenée et de retour du fluide caloporteur 5 entre le support flottant 10 et lesdits premier et second orifices 8₁, 8₂ de la première extrémité 4₁ de la chambre interne 4 et une dite conduite externe flexible d'injection de gaz 7₂, et

d) la liaison entre l'extrémité inférieure du riser vertical 1a, 1b et une dite conduite sous-marine 13 reposant au fond de la mer, se fait par l'intermédiaire d'un système d'ancrage comprenant une embase 19 posée sur le fond, ladite embase 19 assurant le maintien et le guidage des éléments de jonction entre l'extrémité inférieure du riser vertical 1a, 1b et l'extrémité de ladite conduite reposant au fond de la mer 13, et lesdits éléments de jonction comprenant un élément de conduite courbe 20 et un élément de raccordement de conduite 21, consistant en un unique connecteur automatique, et ledit riser vertical 1a, 1b comprenant dans sa partie terminale inférieure un joint flexible 22 permettant des mouvements angulaires de la partie du riser vertical 1a, 1b située au dessus dudit joint

flexible 22, et lesdits éléments de jonction comprenant ledit joint flexible 22 ou une portion de riser vertical située au dessous dudit joint flexible 22.

Les différentes conduites flexibles 6₂, 6₃, 7₂ et 12 sont suspendues sur le bordé du FPSO et sont connectées au sommet de l'installation, celle-ci étant appelée ci-après tour, soit au niveau d'une table supérieure 11₁, soit au niveau d'un dispositif de col de cygne 24. Toutes ces conduites flexibles adoptent une configuration de chaînette. L'installation comprend en effet un dispositif en forme de col de cygne 24 assurant la liaison entre l'extrémité supérieure dudit riser vertical 1a, 1b et une dite conduite de liaison 12 avec le support flottant 10, de sorte que l'on peut intervenir à l'intérieur dudit riser vertical à partir de la partie supérieure dudit flotteur 14 à travers ledit dispositif en forme de col de cygne 24, de façon à accéder à l'intérieur dudit riser vertical 5 et le nettoyer par injection de liquide et/ou par raclage de la paroi interne dudit riser vertical 5, puis, le cas échéant, de ladite conduite sous-marine 13 reposant au fond de la mer.

Ladite conduite flexible 12 de production est donc reliée au col de cygne 24 au sommet duquel est installé un flotteur 14 de forte capacité. Le col de cygne 24 est relié au flotteur 14 par l'intermédiaire d'une conduite flexible, ce qui permet d'effectuer, depuis la surface, des interventions de nettoyage de la conduite verticale 1a à l'aide d'un navire 10₁ équipé d'un dispositif de "coiled-tubing" connu de l'homme de l'art. La conduite de production 1a traverse l'intégralité du dispositif d'isolation et de réchauffage 1 selon l'invention et se termine dans sa partie basse par un joint flexible 22 étanche dont le diamètre interne correspond sensiblement au diamètre de la conduite principale 1a. L'embase 19 est ancré sur le fond de la mer 31 et connectée par l'intermédiaire d'une conduite en forme de coude 20 et d'un connecteur automatique 21, la conduite sous-marine 13 reposant sur le fond de la mer 30. Comme explicité précédemment, ledit joint flexible 22 autorise les mouvements angulaires du dispositif d'isolation et de réchauffage 1 sous l'effet de la houle et du courant et, de plus, est capable de reprendre les efforts verticaux de tensionnement créés par le flotteur 14, ainsi que par l'éventuelle flottabilité propre des composants isolants intégrés au dispositif d'isolation et de réchauffage 1.

La double conduite de circulation du fluide caloporteur 6₂, 6₃ et la conduite d'amenée du gaz 7₂, entre le support flottant 10 et le sommet du dispositif d'isolation 1,

coopèrent avec des orifices 8_1 , 8_2 et respectivement 8_3 prévus dans la cloison transversale d'extrémité supérieure 11_1 , encore appelée ci-après table supérieure 11_1 , au sommet 4_1 du dispositif d'isolation et de réchauffage 1 selon l'invention. Comme représenté sur les figures 7 à 9, la table supérieure 11_1 est solidaire de la conduite verticale de production 1a et traversée 8_3 par celle-ci, tout en supportant l'enveloppe externe 3_1 et la paroi périphérique tubulaire de la chambre interne 4. Ainsi la conduite de production 1a supporte l'intégralité de la tension créée par le flotteur 14 et, de plus, supporte la table supérieure 11_1 ainsi que les éléments constitutifs du dispositif d'isolation et de réchauffage 1 consistant dans l'enveloppe externe 3 et la chambre interne 4.

10 Sur les figures 7 à 9, on a représenté le dispositif de réchauffage et d'isolation thermique 1 selon l'invention, comprenant :

- la conduite principale sous-marine 1a ou riser vertical 1a destiné à la circulation de pétrole chaud,

- une chambre interne 4 de forme cylindrique à section circulaire à l'intérieur de laquelle est contenu ledit riser vertical 1a,

- une dite enveloppe externe 3, également de forme cylindrique et coaxiale à ladite chambre interne 4.

Les moyens d'isolation thermique et de réchauffage sont constitués par :

- un revêtement isolant thermique 2 remplissant l'espace entre la chambre interne 4 et l'enveloppe externe 3, et

- un fluide caloporteur 5 circulant à l'intérieur de la chambre interne 4 depuis son extrémité inférieure 4_2 jusqu'à son extrémité supérieure 4_1 au niveau dudit deuxième orifice 8_2 traversant la table supérieure 11_1 .

Le fluide caloporteur est amené au sommet du dispositif d'isolation et de réchauffage 1 selon l'invention par la conduite externe flexible 6_2 , laquelle est connectée à une conduite interne 6_1 de circulation du fluide caloporteur à l'intérieur de la chambre 4, au niveau du premier orifice 8_1 traversant la table supérieure 11_1 .

La conduite interne 6_1 s'étend parallèlement à la conduite principale 1a dans la direction longitudinale ZZ' de la chambre interne 4, de sorte que le fluide caloporteur

débouche dans la chambre interne 4 à l'extrémité 6₅ de ladite conduite d'amenée 6₁ à proximité de l'extrémité inférieure 4₂ du dispositif d'isolation et de réchauffage 1. La circulation du fluide caloporteur 5 à l'intérieur de la chambre 4 se fait par aspiration au niveau de l'orifice de sortie 8₂ au sommet 4₁ du dispositif d'isolation et de réchauffage 1

5 selon deux variantes de réalisation.

Selon une première variante représentée sur les figures 7 et 8, le second orifice de sortie 8₂ du fluide caloporteur est raccordé à une deuxième conduite externe flexible 6₃ de retour dudit fluide caloporteur vers le support flottant 10, et c'est au niveau du support flottant 10 que se trouve un système de pompage et chauffage du fluide.

10 Selon une deuxième variante de réalisation représentée sur la figure 9, un dispositif de pompage 9 est installé sur la table supérieure 11₁ de manière à coopérer avec lesdits premier orifice 8₁ du fluide caloporteur 5 et deuxième orifice 8₂ de sortie du fluide caloporteur qui permet de faire circuler en boucle le fluide caloporteur à l'intérieur de la chambre 4.

15 Comme représenté sur la figure 9, la pompe 9 qui peut être électrique, hydraulique ou pneumatique est contenue à l'intérieur d'un conteneur 9₁ reposant sur la table supérieure 11₁. L'orifice d'aspiration de la pompe est relié à l'orifice de sortie 8₂ du fluide caloporteur au niveau de la table 11₁ et l'orifice de sortie de la pompe est relié à l'orifice d'alimentation 8₁ du fluide à l'intérieur de la chambre 4 au niveau de la table supérieure 11₁. La résistance électrique 6₄ plonge à l'intérieur de la conduite 6₁ sur une longueur suffisante pour que le fluide caloporteur 5 puisse être réchauffé à la température convenable avant de poursuivre sa course vers le bas de la chambre 4. Pour la clarté du dessin, l'orifice 8₃ de la conduite d'injection de gaz 7₁ a été déporté sur la gauche par rapport à la représentation des figures 7 et 8. La résistance électrique 6₄ ainsi que le moteur de la pompe 9 sont alimentés par un

20 câble électrique 6₆ en configuration de chaînette reliant le bordé du FPSO (non représenté). La conduite flexible externe 6₂ d'alimentation en fluide caloporteur coopère avec l'orifice 6₇ et permet d'effectuer le remplissage en fluide caloporteur de la chambre 5. La pompe 9 et le dispositif de résistance électrique 6₄ au sein du conteneur 9₁ peuvent être entretenus car le conteneur 9₁ est indépendant et vient se connecter par des moyens non représentés au

25 niveau de la table supérieure 11₁. On peut donc effectuer la déconnexion du conteneur 9₁ et son levage jusqu'à un navire d'intervention 10₁ positionné à la verticale de la table 11₁. Après réparation ou remplacement, le conteneur 9₁ est redescendu, les câbles électriques

30

sont reconnectés, les vannes d'isolation, non représentées, sont ouvertes et le fluide caloporteur 5 peut être, de nouveau, remis en circulation et réchauffé selon les besoins.

Cette seconde variante de réalisation avec une pompe 9 installée au sommet du dispositif d'isolation 1 est avantageux dans le cas où les calories nécessaires au réchauffage du fluide caloporteur 5 sont produites par des génératrices électriques. Au contraire, la première variante représentée sur les figures 7 et 8 est avantageuse dans le cas où les calories sont récupérées dans diverses installations existantes à bord du support flottant et, en particulier, au niveau des turbines à gaz, des groupes diesels ou des fours d'élimination de produits polluants.

Sur les figures 7 et 8, on montre que la table supérieure 11₁ est solidarisée à la conduite principale 1a au niveau de renfort 11₄ et supportée par cette dernière. La paroi de la chambre interne 4 ainsi que l'enveloppe externe 3 sont solidaires de manière étanche de la table supérieure 11₁. La conduite d'amenée interne 6₁ du fluide caloporteur est supportée de manière étanche par la table supérieure 11₁ à l'aide de renfort 11₅, ladite conduite d'amenée 6₁ traverse toute la hauteur de la chambre interne 4 pour déboucher en un point 6₅ proche du fond 4₂. Ainsi le fluide caloporteur 5 remplit tout l'espace compris entre les diverses conduites 1a, 6₁ à l'intérieur de la chambre interne 4, espace délimité à son sommet par la table supérieure 11₁. Puis le fluide ressort par le second orifice 8₂ pour rejoindre, via une liaison externe flexible 6₃, le support flottant 10 où le fluide caloporteur est réchauffé puis pompé à nouveau vers l'orifice d'alimentation 8₁ à travers la conduite externe flexible d'alimentation 6₂, de manière à assurer une circulation continue et maintenir l'ensemble des composants à une température empêchant les blocages des conduites par formation de paraffine ou d'hydrate. La conduite d'injection de gaz interne 7₁ est solidarisée de manière étanche à la table supérieure 11₁ à l'aide de renfort 11₆ où elle est maintenue en suspension. La conduite interne d'injection de gaz 7₁ est avantageusement enroulée en spirale autour de la conduite d'amenée 6₁ du fluide caloporteur chaud, pour enfin être raccordée directement en 7₄ à la conduite principale 1a de production pour effectuer le "gas-lift" (élévation par injection de gaz).

En configuration de production, le gaz est injecté sous une pression légèrement supérieure à la pression interne régnant dans la conduite principale 1a au niveau de l'orifice 7₄, par exemple 0.5 à 2 bars de plus, ce qui produit des bulles 7₃ au sein du pétrole brut, qui ont pour effet d'en modifier la densité et ainsi de créer un effet accélérateur sur la veine

fluide. Au fur et à mesure que les bulles 7_3 s'élèvent, la pression hydrostatique au sein du pétrole brut diminue, ce qui engendre une augmentation du volume des bulles, réduisant ainsi la densité apparente du pétrole et accélérant le processus de transfert du pétrole brut du fond de la mer vers le FPSO.

5 La disposition en spirale de la conduite interne d'injection de gaz 7_1 présente trois avantages particuliers :

- une part, la conduite d'injection de gaz 7_1 se trouve au plus près de la conduite externe d'amenée 6_1 du fluide caloporteur chaud et maintient donc le gaz à une température optimale jusqu'à ce qu'il soit injecté à la base de la conduite principale 1a de production,

10 - d'autre part, ladite conduite 7_1 étant fixée rigidement 11_s, dans sa partie supérieure, au niveau de la table supérieure 11₁, et dans sa partie inférieure, au niveau de l'orifice 7_4 d'injection, les dilatations différentielles entre la conduite principale 1a de production et la conduite d'injection de gaz 7_1 , sont absorbées sans dommages par déformation élastique de la spirale que forme ladite conduite 7_1 enroulée en spirale autour de la conduite 6_1 de fluide
15 caloporteur, ce qui autorise l'emploi de simples conduites en acier.

- enfin, en cas d'arrêt de l'installation, le riser 1a est rempli de pétrole brut, lequel envahit aussi la conduite d'injection de gaz 7_1 sur une certaine hauteur, en raison de l'absence de clapet anti-retour au niveau de l'orifice d'injection 7_4 ; en effet, on évite d'installer de tels clapets anti-retour car ils nécessitent de l'entretien et risquent de causer
20 des pannes intempestives au cas où ils ne rempliraient plus leur tâche, par exemple en fuyant ou en se bloquant en position ouverte ou fermée. Ainsi, lors de redémarrages, on fait avantageusement circuler du fluide caloporteur 5 dans la chambre 4, ce qui a pour effet immédiat de fluidifier le brut contenu dans la conduite d'injection 7_1 de gaz enroulée en spirale et en contact direct avec la conduite d'amenée de fluide chaud 6_1 , et de le maintenir
25 à une température élevée, tout en réchauffant petit à petit le pétrole brut contenu dans la conduite principale 1a de production. En maintenant une pression de gaz suffisamment élevée, dès que le pétrole dans le riser 1a est suffisamment fluide, la conduite d'injection 7_1 de gaz se purge rapidement et le "gas-lift" entre en action sans délai, permettant ainsi un redémarrage optimal de l'installation.

30 Sur la figure 7, le revêtement isolant 2 est confiné dans l'espace compris entre la table supérieure 11₁, la chambre interne 4, l'enveloppe externe 3, et la cloison transversale

11₂ située à l'extrémité inférieure 4₂ du dispositif d'isolation et de réchauffement 1. Cette cloison d'extrémité transversale 11₂ à l'extrémité inférieure 4₂ du dispositif est ouverte en son centre par un orifice 8₄ de sorte que, dans le bas du dispositif 1, l'intérieur de la chambre 4 est en contact direct avec l'eau de mer. Dans la mesure où le fluide caloporteur est suffisamment non miscible avec l'eau de mer et de densité inférieure, il se crée une zone d'interface entre le fluide caloporteur chaud et l'eau de mer. Le fluide caloporteur peut être de l'eau douce chaude et le mélange éventuel des eaux ne présente pas d'inconvénient majeur si ce n'est de perdre localement une faible partie des calories du fluide caloporteur. En outre, pour améliorer l'isolation du riser 1, on dispose avantageusement une isolation supplémentaire 2₁, par exemple de la mousse syntactique ou encore une section de pipe in pipe s'étendant, par exemple, sur une hauteur de 30 à 40 mètres, centrée sur la zone interface entre fluide caloporteur et eau de mer, dans la direction longitudinale ZZ'. Ainsi, en disposant l'extrémité inférieure 6₅ de la conduite d'amenée 6₁ du fluide caloporteur à, par exemple, 20 mètres du point bas 4₂ de la chambre interne 4 et en équipant avantageusement encore l'extrémité 6₅ de la conduite d'amenée 6₁ du fluide caloporteur, d'un déflecteur 6₆, on maintient l'interface eau chaude-eau froide largement au dessus du point bas 4₂ de la chambre interne 4 et on minimise les déperditions calorifiques inutiles. De plus l'isolation complémentaire 2₁ s'étendant bien au-dessus du déflecteur 6₆, on garantit, en plus d'un excellent niveau d'isolation, un réchauffage pleinement efficace à la conduite 1a dans sa portion basse. Ce mode de réalisation, dans lequel l'extrémité inférieure 4₂ de la chambre interne 4 est ouverte par un orifice 8₄ de diamètre supérieur à celui de la conduite principale 1a équipée de son revêtement isolant complémentaire 2₁, est avantageux car il autorise les elongation et rétractation du riser 1a suite aux variations de température sans avoir à gérer les difficultés mécaniques d'interface pour la liaison de l'extrémité inférieure de la conduite principale 1a avec la cloison transversale d'extrémité inférieure 11₂ du dispositif d'isolation 1 selon l'invention.

Sur la figure 8, on a représenté une variante de réalisation, dans laquelle la cloison transversale d'extrémité inférieure 11₂ coopère avec un manchon tubulaire 11₃ entourant l'extrémité inférieure de la conduite principale 1a équipée de son revêtement isolant complémentaire 2₁ de manière à confiner, de préférence de manière étanche, l'intérieur de la chambre 4. Ainsi on minimise les échanges avec l'extérieur, ce qui est préférable lorsque le fluide caloporteur est un fluide polluant comme le gazole. En outre, le gazole est

intéressant car, de par sa faible densité ($d=0,85$), le gazole peut contribuer à apporter de la flottabilité au dispositif d'isolation et de réchauffage 1 dans son ensemble. La surface externe des moyens d'isolation 2₁ entourant la conduite principale 1a à son extrémité inférieure coulisse à jeu réduit à l'intérieur du manchon tubulaire 11₃, et, pour éliminer les

5 risque de fuite, on installe avantageusement des joints d'étanchéité, non représentés, à au moins l'une des deux extrémités de ce manchon tubulaire 11₃, celui-ci étant solidaire de la cloison d'extrémité inférieure 11₂

Sur la figure 8, sont représentés à l'intérieur de la chambre interne 4, des éléments centraliseurs 16₁ qui permettent de maintenir les conduites 1a et 6₁ sensiblement

10 parallèlement dans la direction longitudinale ZZ' de la chambre, tout en autorisant les mouvements dus aux dilatations différentielles selon ledit axe ZZ'.

D'autre part, sur la figure 8, on a également représenté une variante de réalisation avec des cloisons étanches intermédiaires 15, des gabarits centraliseurs 16 et des gabarits conformateurs 17 dans l'espace entre la chambre interne 4 et l'enveloppe externe 3 dans le

15 cas où le revêtement isolant 2 est un matériau sujet à migration. Des cloisons étanches intermédiaires 15, des gabarits centraliseurs 16 et des gabarits conformateurs 17 limitent l'expansion et la contraction du matériau isolant sujet à migration, donc les déformations de l'enveloppe externe 3 comme explicité précédemment. Les cloisons transversales intermédiaires étanches 15 ainsi que les cloisons d'extrémité 11₁, 11₂ sont constituées d'une

20 structure rigide fermée solidaire, traversée par la paroi de ladite chambre interne 4 et solidaire de la paroi de l'enveloppe externe 3; elles sont espacées de préférence à intervalles réguliers d'au moins 200 mètres dans la direction ZZ'. Dans l'espace entre deux cloisons transversales étanches 11₁, 11₂, on dispose au moins un gabarit centraliseur 16. Chaque gabarit centraliseur 16 est constitué d'une pièce rigide solidaire de la paroi de la chambre

25 interne 4 et présente une forme qui autorise un déplacement limité de l'enveloppe externe 3 aussi bien en contraction qu'en expansion. Ce mode de réalisation convient pour une chambre interne dont la paroi est rigide, notamment de forme circulaire, et l'enveloppe externe 3 est constituée d'un matériau souple ou semi-rigide apte à rester en contact avec la surface extérieur du revêtement isolant 2 lorsque celle-ci se déforme. Sur la figure 8A, on a

30 représenté un mode de réalisation où le périmètre de la section transversale de la surface libre externe cylindrique de la pièce rigide constituant le gabarit centraliseur 16, est en retrait par rapport à celui de la cloison étanche intermédiaire 15 et limite les déformations

de l'enveloppe externe 3 par butée mécanique de celle-ci sur la pièce rigide 16 en au moins deux points opposés du périmètre de la section transversale de ladite enveloppe externe 3. Comme décrit dans FR 2 821 915, la pièce rigide 16 présente une partie de sa surface libre externe cylindrique suffisamment en retrait par rapport à la surface de l'enveloppe externe 3 et/ou présente des perforations la traversant de manière à créer un espace qui permette le transfert de matière isolante 2 à travers le gabarit centraliseur ou autour du gabarit centraliseur 16.

Dans une variante de réalisation non représentée, lorsque l'enveloppe externe 3 est réalisé en matériau rigide et présente un profil de section transversale horizontale circulaire et que c'est la chambre interne 4 qui est réalisée en matériau souple ou semi-rigide, de préférence à profil de section horizontale transversale ovale ou allongée de type rectangulaire, la pièce rigide constitutive des gabarits centraliseurs 16 est solidaire de l'enveloppe externe 3 et c'est la surface libre interne cylindrique de la pièce rigide 16 qui est alors en retrait par rapport à la paroi de la chambre interne 4, de manière à permettre l'expansion ou la contraction de la paroi de la chambre interne 4 en regard du gabarit centraliseur 16.

Il est également avantageux de prévoir des gabarits conformateurs 17 entre deux gabarits centraliseurs 16 comme représenté dans le compartiment inférieur entre la cloison d'extrémité inférieure 11₂ et la première cloison transversale intermédiaire étanche 15 dans la figure 8. Ce gabarit conformateur 17 est constitué d'une structure rigide solidaire des parois de l'enveloppe externe 3 et de la chambre interne 4. Sur la figure 8C, le gabarit conformateur 17 présente des ouvertures 17₁ permettant le passage de la matière sujette à migration dudit matériau isolant 2 à travers le gabarit conformateur 17 puis d'obtenir l'effet technique exposé précédemment décrit dans FR 2 821 915.

Sur les figures 2 à 6, on a représenté différents types de configuration géométrique la section transversale horizontale des chambres internes 4 et enveloppe externe 3, tout d'abord les chambres internes 4 et enveloppes externes 3 peuvent être constituées toutes les deux d'un matériau rigide et présenter une section transversale horizontale de configuration circulaire. Ce type de configuration peut convenir lorsque le matériau isolant thermique 2 est un matériau rigide tel que de la mousse syntactique.

Toutefois, lorsque le matériau isolant thermique 2 est un matériau sujet à migration, notamment du type gel, et plus particulièrement encore un composé à changement de phases tel que une paraffine ou encore une combinaison de ces divers systèmes d'isolation et d'accumulation d'énergie, il est préférable que l'enveloppe externe 3 et/ou la chambre interne 4 soient constituées d'un matériau souple ou semi-rigide apte à suivre les déformations dudit matériau isolant. Différentes configurations peuvent être envisagées.

On notera que sur les figures 2 à 6, on a représenté un dispositif d'isolation et de réchauffage qui comprend un faisceau de conduites 1a, 1b disposées parallèlement à l'intérieur de la chambre interne 4 le long de sa direction longitudinale ZZ'.

Sur les figures 3 et 4, on a représenté un dispositif d'isolation 1 plus particulièrement adapté au revêtement isolant 2 de type gel ou matériau à changement de phase sujet à de fortes variations de volume dues à la température et/ou aux phénomènes de changement de phases. Ces dispositifs ont la capacité d'absorber les variations de volume importantes par "remise au rond" de la forme de l'enveloppe externe représentée sur la figure 3 avec une section transversale horizontale de type rectangulaire à angles arrondis et sur la figure 4 avec une section transversale horizontale en configuration ovale. L'enveloppe externe 3 se déforme en expansion vers une forme circulaire sans engendrer de contrainte significative dans l'enveloppe externe 3 lors des augmentations de volume interne. Dans cette version, l'enveloppe externe peut être réalisée en matériau semi-rigide, en acier ou tout autre métal ou encore en matériau composite. Dans ces réalisations de la figure 3, la paroi de la chambre interne 4 peut, elle-aussi, être réalisée en matériau semi-rigide mais on la réalise de préférence en matériau rigide de type.

Sur les figures 5 et 6, on a représenté une configuration inversée de la section transversale horizontale des chambres internes 4 et enveloppes externes 3. La forme déformable sous l'effet de l'expansion/contraction du matériau isolant 2 est constituée par la paroi de la chambre interne 4 dont la section transversale horizontale présente une forme allongée de type rectangulaire à bord arrondi (figure 6) ou ovale (figure 5) et l'enveloppe externe 3 étant alors de configuration circulaire et pouvant être constituée d'un matériau rigide. Ainsi, lors de la rétractation du matériau isolant 2, la paroi de la chambre 4 a tendance à se remettre au rond, tandis qu'elle s'aplatit lorsque le matériau isolant 2 s'expande.

- Sur la figure 10, on a représenté en coupe horizontale une installation comprenant deux dispositifs d'isolation et de réchauffage 1 selon l'invention, présentant chacun une enveloppe externe 3 dont la section transversale horizontale présente un profil rectangulaire à angle arrondi. Ces deux dispositifs 1 sont installés au centre d'une seconde
- 5 enveloppe externe circulaire 3₁ jouant le rôle d'écran. Des secondes enveloppes circulaires écrans ont également été décrites dans l'état de la technique. Ladite seconde enveloppe circulaire 3₁ minimise les coefficients hydrodynamiques propres de l'ensemble et donc les efforts dus au courant marin. Cette seconde enveloppe circulaire 3₁ est rendue solidaire des
- 10 dispositifs 1 par des plots élastiques 3₅, en élastomère ou en matériau thermoplastique, ou encore par de simples ressorts. Sur la figure 11, on a représenté des ailerons 3₂ en forme de spirale rapportées à l'extérieur de la seconde enveloppe circulaire 3₁ et dont la fonction est d'empêcher la formation de vortex ou décrochement tourbillonnaire sous l'effet de courants marins. Ces dispositions sont également connues de l'homme de l'art et d'autres dispositions équivalentes peuvent être envisagées.
- 15 L'invention a été décrite dans ses détails pour le cas d'une colonne montante, mais on reste dans l'esprit de l'invention dès lors que l'on applique les diverses dispositions de l'invention à des conduites sous-marines reposant sur le fond de la mer.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de réchauffage et d'isolation thermique (1) d'au moins une conduite principale sous-marine (1a, 1b) destinée à la circulation d'un effluent chaud, comportant :
- 5 - un revêtement d'un matériau isolant thermique (2) entourant la ou lesdites conduites principales (1a, 1b) ,
- ledit revêtement isolant (2) étant recouvert d'une enveloppe externe de protection étanche (3), de préférence de forme cylindrique,
- caractérisé en ce qu'il comprend :
- 10 a) une chambre interne (4) de préférence de forme cylindrique et coaxiale (ZZ') à ladite enveloppe externe (3), telle que :
- le dit revêtement isolant entoure ladite chambre interne et, de préférence, remplit l'espace annulaire entre ladite enveloppe externe (3) et ladite chambre interne (4), et
- 15 - ladite conduite principale (1a, 1b) est contenue à l'intérieur d'une chambre interne (4), de préférence de forme cylindrique, et
- b) des moyens (6, 9) aptes à maintenir un fluide caloporteur (5) en température et le faire circuler à l'intérieur de ladite chambre interne, ledit fluide caloporteur (5) entourant la conduite principale (1a, 1b) contenue à l'intérieur de ladite chambre interne (4).
- 20 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite chambre interne (4) est parcourue par au moins une conduite interne d'injection de gaz (7₁) apte à permettre l'injection de gaz dans ladite conduite principale (1a, 1b), ladite conduite interne d'injection de gaz (7₁) étant raccordée (7₄) à ladite conduite principale (1a, 1b) au niveau d'une extrémité (4₂) dans la direction longitudinale (ZZ') de ladite conduite principale (1a,
- 25 1b) à l'intérieur de ladite chambre interne (4) et, de préférence, ladite conduite d'injection de gaz (7₁) s'étendant à l'extérieur de ladite chambre interne (4) sous forme d'une conduite externe d'injection de gaz (7₂) reliant ladite conduite interne d'injection de gaz (7₁) à un support flottant (10).

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de circulation d'un fluide caloporteur (5) comprenant :

- au moins une conduite interne d'amenée (6₁) d'un fluide caloporteur s'étendant à l'intérieur de ladite chambre interne (4) depuis un premier orifice (8₁) situé au niveau d'une première extrémité (4₁) de la chambre interne (4), de préférence jusqu'à proximité de la deuxième extrémité (4₂) de ladite chambre interne (4) dans la direction longitudinale (ZZ'), et
- un deuxième orifice (8₂) de sortie dudit fluide caloporteur, de préférence au niveau de ladite première extrémité (4₁) de la chambre interne (4).

10 4. Dispositif selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que ladite conduite interne d'injection de gaz (7₁) est une conduite enroulée en spirale autour de ladite conduite interne d'amenée (6₁) dudit fluide caloporteur à l'intérieur de ladite chambre interne (4).

15 5. Dispositif selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que ladite conduite interne d'amenée (6₁) du fluide caloporteur est prolongée par une conduite externe flexible (6₂) d'alimentation en dit fluide caloporteur depuis ledit premier orifice (8₁) jusqu'à un support flottant (10), et ledit second orifice de sortie (8₂) du fluide caloporteur est raccordé à une deuxième conduite externe flexible (6₃) de retour dudit fluide caloporteur vers ledit support flottant (10).

20 6. Dispositif selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que ladite conduite interne d'amenée (6₁) du fluide caloporteur est reliée à des moyens de circulation du fluide caloporteur comprenant une pompe (9) coopérant avec ledit premier orifice (8₁) d'amenée du fluide caloporteur et ledit deuxième orifice (8₂) de sortie du fluide caloporteur au niveau d'une dite première extrémité (4₁) de la chambre interne (4), ladite pompe (9) permettant de
 25 faire circuler le fluide caloporteur successivement à l'intérieur de ladite conduite interne d'amenée (6₁) du fluide caloporteur, puis à l'intérieur de la chambre interne (4), puis de le faire ressortir de ladite chambre interne (4) par ledit deuxième orifice (8₂) et, enfin, de le faire recirculer en boucle dans ladite chambre interne (4) à travers ledit premier orifice (8₁), une conduite externe flexible (6₂) de circulation du fluide caloporteur assurant la liaison
 30 entre ledit support flottant et le corps de la pompe (9) ou ledit premier orifice (8₁).

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend un moyen de chauffage (6₄) du fluide caloporteur à l'intérieur de ladite conduite interne d'amenée (6₁) du fluide caloporteur, de préférence sous forme d'une résistance électrique.

8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il
5 comprend au moins une cloison d'extrémité transversale (11₁) à au moins une dite première extrémité (4₁), ladite cloison transversale d'extrémité (11₁) supportant ladite conduite principale (1a, 1b) ainsi que lesdits moyens de circulation (6₁, 9), et étant traversée (8₅) par ladite conduite principale (1a, 1b) et, le cas échéant, des premier et second orifices (8₁, 8₂) permettant la circulation dudit fluide caloporteur (5) à l'intérieur et à l'extérieur de ladite
10 chambre interne (4) à travers lesdits orifices (8₁, 8₂).

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend une première et deuxième cloisons transversales d'extrémité (11₁, 11₂), respectivement à chacune des deux extrémités (4₁, 4₂) de la chambre interne (4), ladite première cloison d'extrémité (11₁) comprenant, le cas échéant, lesdits premier et second orifices (8₁, 8₂), et les deux dites
15 cloisons transversales d'extrémité (11₁, 11₂) supportant ladite enveloppe externe (3) et ladite chambre interne (4) et assurant leur liaison étanche, tout en assurant, au moins au niveau de ladite première extrémité (4₁), le confinement du fluide caloporteur (5) à l'intérieur de la chambre interne (4).

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que ladite deuxième
20 cloison d'extrémité (11₂) comprend un grand orifice (8₄) de diamètre supérieur à celui de la conduite principale, à travers lequel orifice, passe ladite conduite principale (1a), de sorte que le fluide caloporteur (5) est en contact avec l'eau de mer à l'extrémité inférieure (4₂) de la chambre interne (4).

11. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que ladite deuxième
25 cloison d'extrémité (11₂) comprend un orifice (8₄) entourant de façon solidaire un manchon tubulaire (11₃) à l'intérieur duquel ladite conduite principale (1a) peut coulisser à jeu réduit, de préférence de manière étanche.

12. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que ladite conduite principale (1a) est revêtue d'un second revêtement isolant (2₁), au moins au niveau

de ladite deuxième extrémité (4₂) de la chambre interne (4), ledit fluide caloporteur circulant dans ladite chambre interne (4) à l'extérieur dudit second revêtement (2₂).

13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que ledit second revêtement (2₁) est constitué par un matériau isolant thermique, de préférence un matériau
5 un matériau isolant solide, de préférence encore de la mousse syntactique, ledit matériau solide entourant directement ladite conduite principale (1a), de préférence encore ledit second matériau isolant remplissant entièrement l'espace entre ladite conduite principale (1a) et une seconde conduite coaxiale à l'intérieur de laquelle est insérée ladite conduite principale.

10 14. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que ledit revêtement isolant (2) comprend un matériau isolant sujet à migration et au moins ladite enveloppe externe (3) et/ou ladite chambre interne (4) est ou sont constituées d'un matériau solide souple ou semi-rigide apte à suivre les déformations du matériau isolant (2) et apte à rester en contact avec celui-ci lorsqu'il se déforme.

15 15. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que ledit matériau isolant (2) est un matériau à changement de phase présentant une température de fusion liquide/solide (T₀) de préférence compris entre 20 et 80°C, supérieure à celle (T₂) du milieu environnant marin de la conduite en opération et inférieure à celle (T₁) à partir
20 de laquelle les effluents circulant à l'intérieur de la conduite présentent une augmentation de viscosité dommageable pour leur circulation dans ladite conduite principale (1a, 1b).

16. Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce que ledit matériau isolant (2) à changement de phase comprend des composés chimiques de la famille des alcanes, de préférence une paraffine comprenant une chaîne hydrocarbonée d'au moins quatorze atomes de carbone, de préférence encore du tétracosane de formule C₂₄H₅₀
25 présentant une température de fusion d'environ 50°C.

17. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que ledit matériau isolant (2) comprend un complexe isolant comprenant un premier composé, consistant en un composé hydrocarboné comme la paraffine ou le gazole, en mélange avec un second composé consistant en un composé gélifiant et/ou à effet structurant,

notamment par réticulation, tel qu'un second composé du type polyuréthane, polypropylène réticulé, polyéthylène réticulé ou silicone, de préférence ledit premier composé se présentant sous forme de particules ou micro-capsules dispersées au sein d'une matrice dudit second composé, et ledit premier composé étant choisi, de préférence, parmi
5 les alcanes tels que des paraffines, des cires de bitumes, des goudrons, des alcools gras ou des glycols, de préférence encore ledit premier composé étant un composé à changement de phase.

18. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 17, caractérisé en ce qu'il comprend un dit revêtement isolant (2) comprenant un dit matériau solide visqueux sujet à
10 migration et qu'il comprend au moins deux cloisons transversales intermédiaires étanches (15), chacune desdites cloisons transversales intermédiaires (15) étant constituée d'une structure rigide fermée traversée par ladite chambre interne (4) et solidaires des parois de ladite chambre interne (4) et de ladite enveloppe externe (3), de préférence lesdites cloisons transversales intermédiaires (15) étant espacées à intervalles réguliers le long de l'axe
15 longitudinal (ZZ') desdites chambre interne (4) et enveloppe externe (3) coaxiales, de préférence encore d'une distance de 50 à 200 mètres.

19. Dispositif selon la revendication 18, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un gabarit centraliseur (16), de préférence une pluralité de gabarits centraliseurs (16),
20 disposé(s) de préférence à intervalles réguliers, entre deux dites cloisons transversales intermédiaires étanches (15) successives le long dudit axe longitudinal (ZZ'), chaque gabarit centraliseur (16) étant constitué d'une pièce rigide solidaire de la paroi de la chambre interne (4) ou de ladite enveloppe externe (3), présentant une forme qui autorise un déplacement limité de ladite enveloppe externe (3) ou respectivement de ladite chambre interne (4), en contraction et en expansion, en regard dudit gabarit centraliseur (16), au
25 moins ladite enveloppe externe (3) ou respectivement ladite chambre interne (4) étant constituée d'un matériau souple ou semi-rigide apte, le cas échéant, à rester en contact du revêtement isolant lorsque celle-ci se déforme.

20. Dispositif selon l'une des revendications 18 ou 19, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un, de préférence une pluralité, de gabarit(s) conformateur(s) (17)
30 constitué(s) d'une structure rigide solidaire de ladite chambre interne et traversée par celle-

ci et solidaire de ladite enveloppe externe (3) à sa périphérie, disposé(s) entre deux dites cloisons transversales intermédiaires étanches (15) successives, ledit gabarit conformateur présentant des ouvertures permettant le passage de la matière constitutive dudit matériau isolant sujet à migration (2) à travers ledit gabarit conformateur (17).

- 5 21. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 17, caractérisé en ce que ladite enveloppe externe (3) et ladite chambre interne (4) sont co-axiales le long d'un axe longitudinal (ZZ') et définissent un périmètre présentant au repos deux axes de symétrie (XX') et (YY') perpendiculaires entre eux et audit axe longitudinal (ZZ'), et au moins l'une
10 constituée d'un matériau souple ou semi-rigide, de préférence l'autre paroi étant constituée d'un matériau rigide, de préférence encore à section transversale de forme circulaire.

22. Dispositif selon la revendication 21, caractérisé en ce que la section transversale de l'enveloppe externe (3), de préférence constituée d'un matériau rigide, est de forme circulaire et la section transversale de ladite chambre interne (4), de préférence
15 constituée d'un matériau souple ou semi-rigide, est de forme ovale ou de forme rectangulaire avec des angles arrondis.

23. Dispositif selon la revendication 21, caractérisé en ce que la section transversale de la chambre interne (4), de préférence constituée d'un matériau rigide, est de forme circulaire et la section transversale de l'enveloppe externe (3), de préférence
20 constituée d'un matériau souple ou semi-rigide, est de forme ovale ou de forme rectangulaire avec des angles arrondis.

24. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 23, caractérisé en ce que ladite conduite principale (1a) et, le cas échéant, ladite conduite interne d'amenée (6_i) de fluide caloporteur coopèrent à l'intérieur de ladite chambre interne (4) avec des éléments
25 centraliseurs (16_i) qui maintiennent le ou lesdites conduites (1a, 6_i) sensiblement parallèles à l'axe (ZZ') de ladite chambre interne (4) tout en autorisant le mouvement desdites conduites (1a, 6_i) dû aux dilatations différentielles de celles-ci.

25. Dispositif de réchauffage et d'isolation thermique (1) d'un faisceau de conduites principales sous-marines (1a, 1b), caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif

selon l'une des revendications 1 à 24 comprenant au moins deux dites conduites principales (1a, 1b) disposées en parallèle et à l'intérieur de ladite chambre interne (4).

26. Installation de liaison fond-surface entre une conduite sous-marine (13) reposant au fond de la mer, notamment à grande profondeur, et un support flottant (10),
5 comprenant :

a) au moins un riser vertical (1a, 1b) relié à son extrémité inférieure à au moins une dite conduite sous-marine (13) reposant au fond de la mer, et à son extrémité supérieure à au moins un flotteur (14) ledit riser vertical étant inclus dans un dispositif (1) selon l'une des revendications 1 à 25, ledit riser vertical correspondant à ladite conduite principale, et
10 ladite chambre interne (4) s'étendant sur une hauteur d'au moins 1000 mètres, et

b) au moins une conduite de liaison (12), de préférence une conduite flexible, assurant la liaison entre un support flottant (10) et l'extrémité supérieure dudit riser vertical (4), et

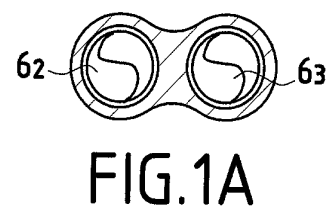
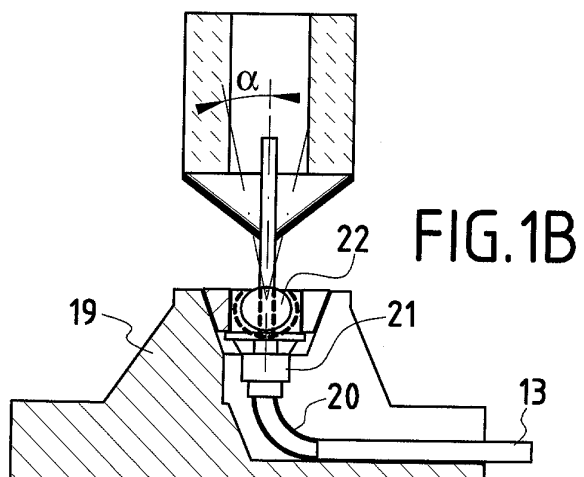
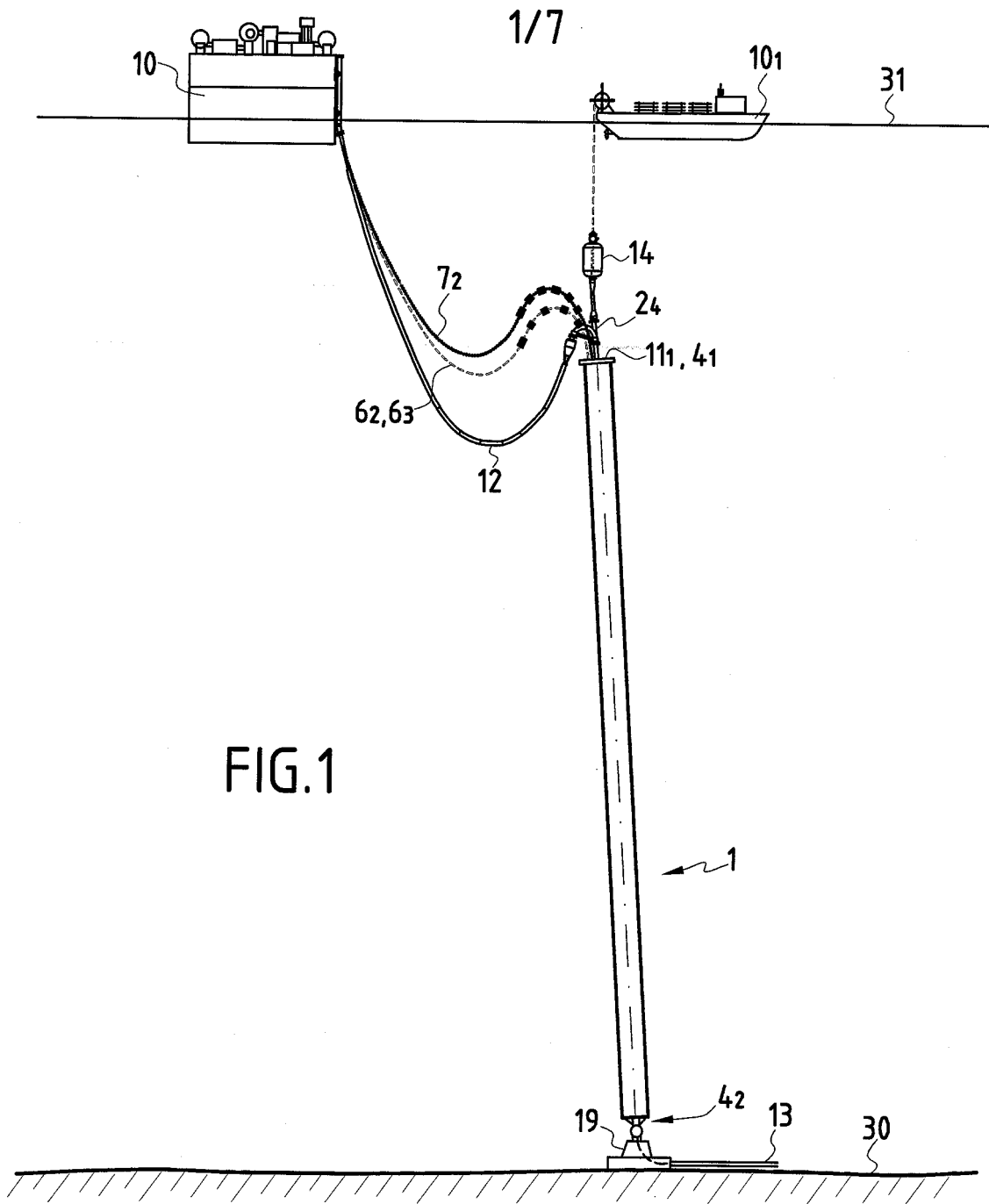
c) le cas échéant, desdites conduites flexibles externes (6₂, 6₃) de circulation du
15 fluide caloporteur (5) entre le support flottant (10) et lesdits premier et second orifices (8₁, 8₂) de la première extrémité (4₁) de la chambre interne (4) et, le cas échéant, au moins une dite conduite externe flexible d'injection de gaz (7₂).

27. Installation selon la revendication 26, caractérisée en ce qu'elle comprend une seconde enveloppe externe (3₁) à section transversale circulaire contenant au moins un
20 dispositif d'isolation et de réchauffage (1) selon l'une des revendications 1 à 25, ladite enveloppe externe (3) dudit dispositif d'isolation thermique et de réchauffage (1) étant rendue solidaire de ladite seconde enveloppe externe (3₁), de préférence par des liens élastiques (3₅) et de préférence encore ladite seconde enveloppe externe (3₁) comprend des moyens (3₂) en forme de spirale sur sa périphérie extérieure aptes à empêcher la formation
25 de vortex ou de décrochement tubulaire sous l'effet de courant marin.

28. Procédé de réchauffage d'isolation thermique d'au moins une conduite principale sous-marine (1a, 1b) destinée à assurer la circulation d'un effluent chaud au fond de la mer ou depuis le fond de la mer jusqu'à la surface, caractérisé en ce qu'on utilise un dispositif de réchauffage et d'isolation thermique (1) selon l'une des revendications 1 à 25,

de préférence dans une installation selon l'une des revendications 26 ou 27, et on fait circuler un dit fluide caloporteur (5) à l'intérieur d'une dite chambre interne (4).

29. Procédé selon la revendication 28, caractérisé en ce que ledit fluide caloporteur est choisi parmi de l'eau de mer, de l'eau douce, du gazole et de l'huile.



2/7

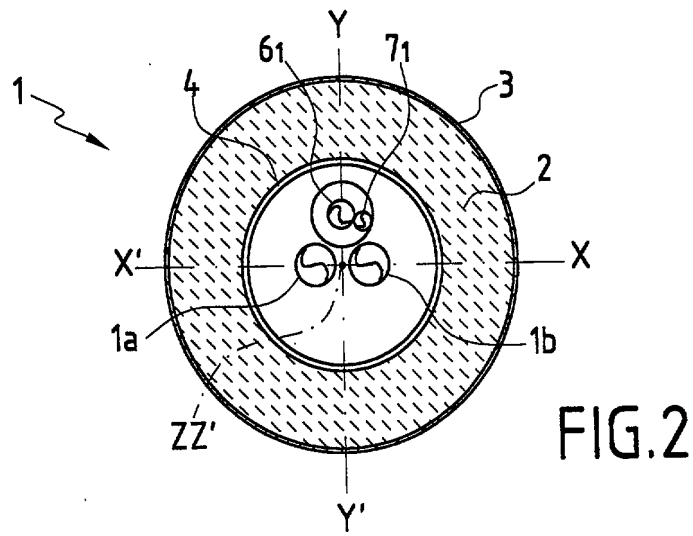


FIG. 2

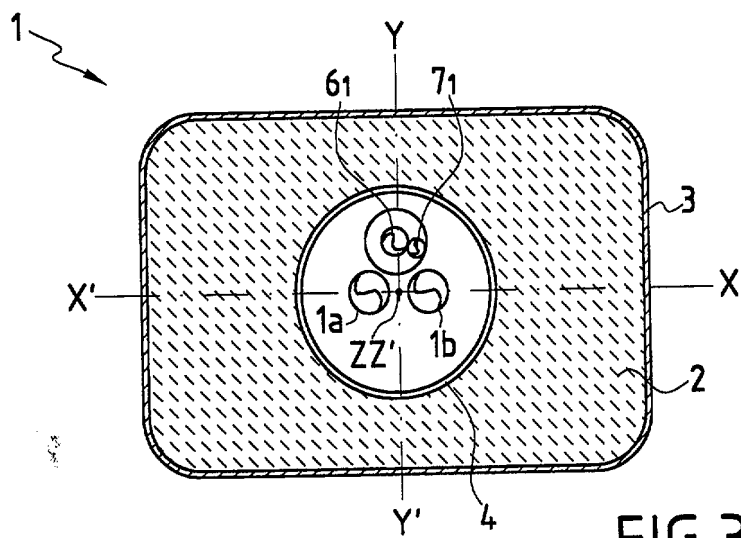


FIG. 3

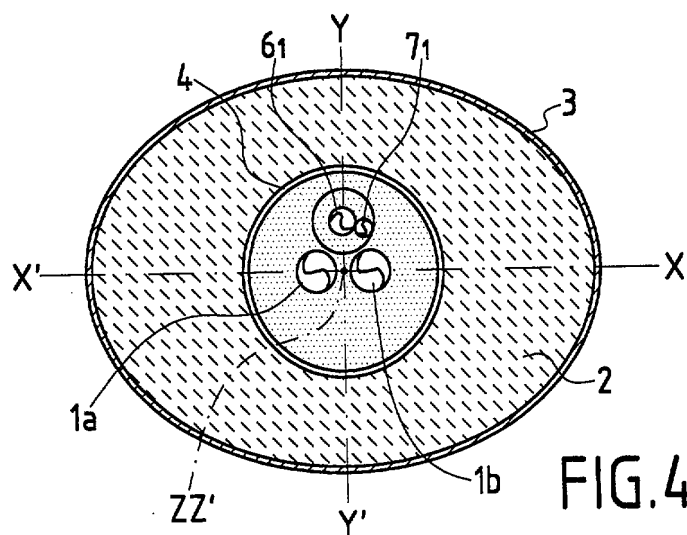


FIG. 4

4/7

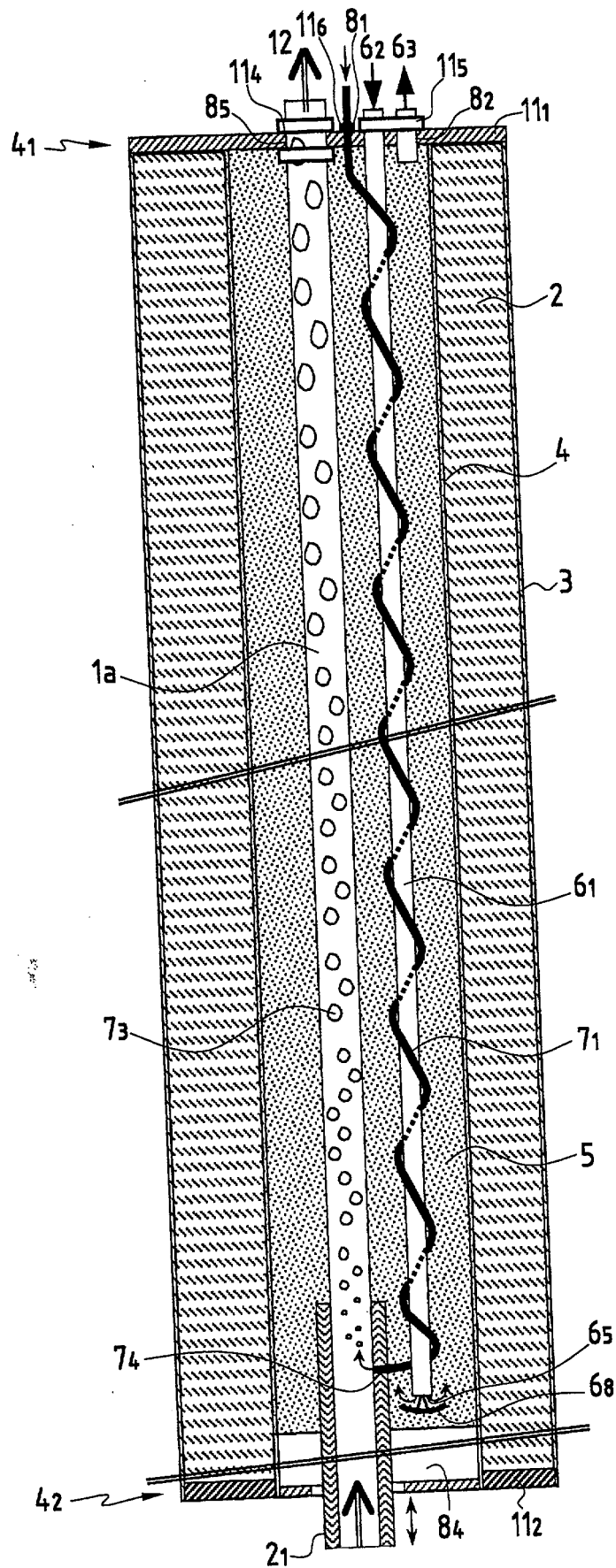


FIG. 7

5/7

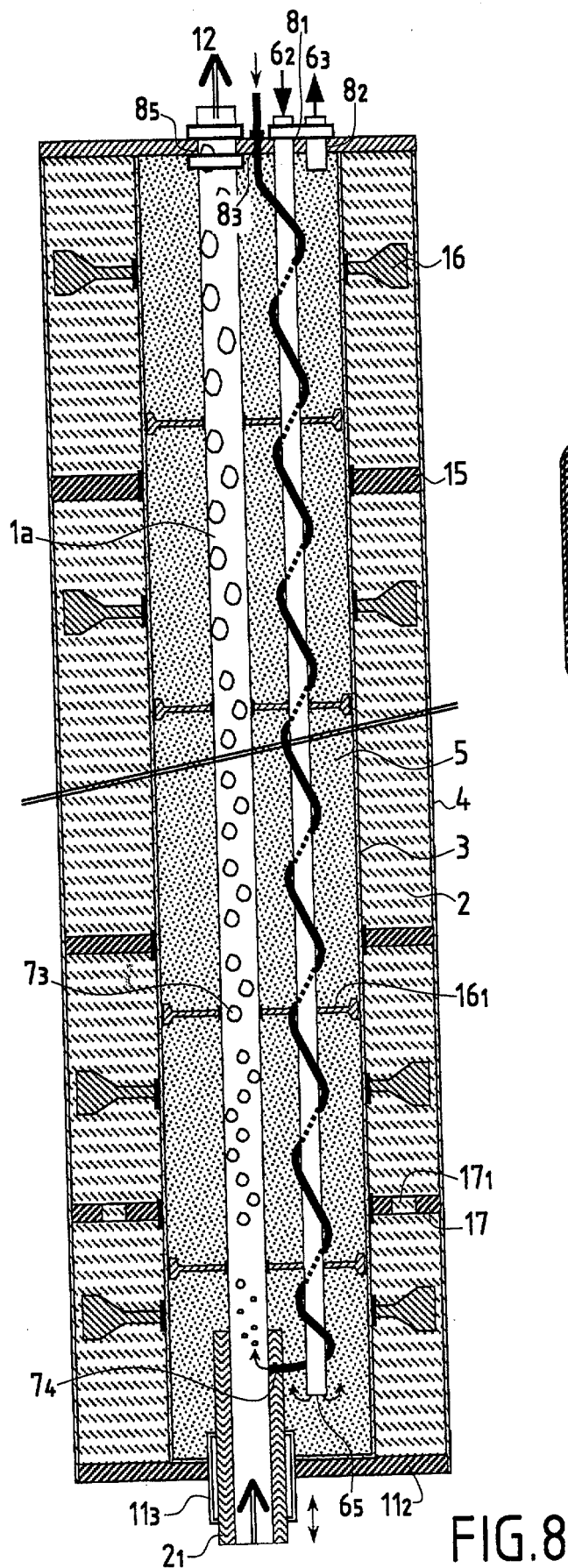


FIG. 8A

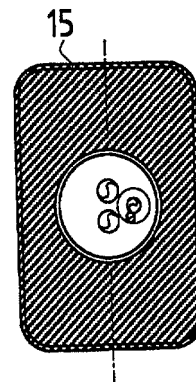
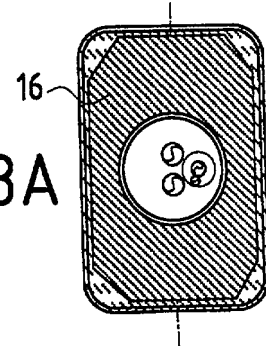


FIG. 8B

FIG. 8C

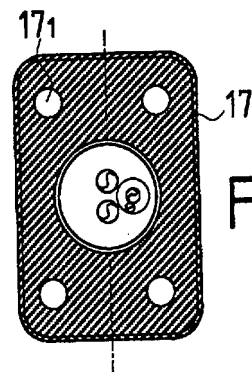
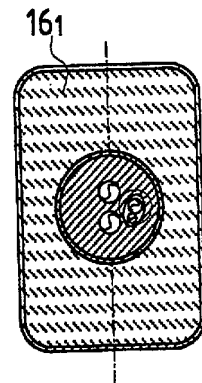


FIG. 8D

FIG. 8

7/7

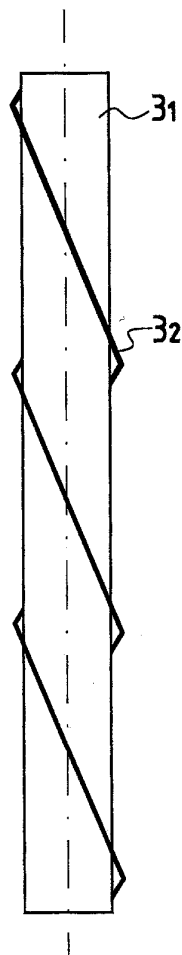
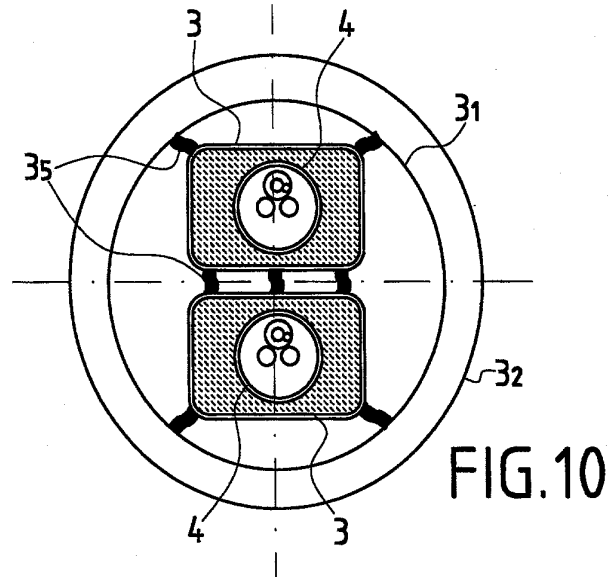


FIG. 11



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 631424
FR 0303274

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	FR 2 821 917 A (BOUYGUES OFFSHORE) 13 septembre 2002 (2002-09-13) * page 14, ligne 6 - page 14, ligne 15; revendications 1-22 * * figures 1-20 *	1-29	F28D7/12 F16L53/00 F16L59/14 E21B17/01 E21B43/01
Y	US 6 419 018 B1 (FLOYD TERRY L ET AL) 16 juillet 2002 (2002-07-16) * abrégé; figure 2 *	1-29	
Y	WO 02 063128 A (STOLT OFFSHORE SA ;DE ROUX GREGOIRE FRANCOIS CHRI (FR); MIORCEC DE) 15 août 2002 (2002-08-15) * page 9, ligne 30 - page 10, ligne 18 * * abrégé; figures 2-4 *	2-15,17, 26	
Y,D	WO 02 066786 A (BOUYGUES OFFSHORE ;CHENIN LAURENT (FR)) 29 août 2002 (2002-08-29) * page 8, ligne 35 - page 9, ligne 11 * * page 19, ligne 34 - page 20, ligne 7 * * revendications 1-18; figures 1,6-8 *	14,15, 17,26	
Y,D	WO 00 40886 A (BOUYGUES OFFSHORE ;BAYLOT MICHEL (FR); ROCHER XAVIER (FR); HALLOT) 13 juillet 2000 (2000-07-13) * page 13, ligne 30 - page 15, ligne 22; figures 1,6-17 *	14-17	E21B
Y,D	WO 02 103153 A (BOUYGUES OFFSHORE ;PIONNETTI FRANCOIS-REGIS (FR)) 27 décembre 2002 (2002-12-27) * page 22, ligne 18 - page 22, ligne 30; figures 1,6A,6B *	14,15, 17,26	
Y,D	WO 00 49267 A (BOUYGUES OFFSHORE ;ROCHER XAVIER (FR); PIONNETTI REGIS (FR)) 24 août 2000 (2000-08-24) * abrégé; figure 6 *	26	
		-/--	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 décembre 2003		Tompouloglou, C	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons --- & : membre de la même famille, document correspondant	
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			



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 631424
FR 0303274

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	FR 2 788 831 A (BOUYGUES OFFSHORE) 28 juillet 2000 (2000-07-28) * revendications 1-14; figures 1-12 * -----	1-29	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 décembre 2003		Tompouloglou, C	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0303274 FA 631424**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **02-12-2003**

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

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2821917 A	13-09-2002	FR 2821917 A1 WO 02073084 A1	13-09-2002 19-09-2002
US 6419018 B1	16-07-2002	AU 4345101 A EP 1264077 A1 NO 20024428 A WO 0171157 A1	03-10-2001 11-12-2002 16-09-2002 27-09-2001
WO 02063128 A	15-08-2002	WO 02063128 A1 BR 0206204 A WO 02053869 A1	15-08-2002 21-10-2003 11-07-2002
WO 02066786 A	29-08-2002	FR 2821143 A1 EP 1362161 A1 WO 02066786 A1	23-08-2002 19-11-2003 29-08-2002
WO 0040886 A	13-07-2000	FR 2788100 A1 FR 2788831 A1 AU 3049700 A BR 9908377 A CN 1292074 T EP 1058800 A1 WO 0040886 A1 US 6513577 B1	07-07-2000 28-07-2000 24-07-2000 31-10-2000 18-04-2001 13-12-2000 13-07-2000 04-02-2003
WO 02103153 A	27-12-2002	FR 2826051 A1 WO 02103153 A1	20-12-2002 27-12-2002
WO 0049267 A	24-08-2000	FR 2790054 A1 AU 2809200 A BR 0004931 A CN 1294654 T EP 1073823 A1 WO 0049267 A1 US 6461083 B1	25-08-2000 04-09-2000 26-12-2000 09-05-2001 07-02-2001 24-08-2000 08-10-2002
FR 2788831 A	28-07-2000	FR 2788831 A1 AU 3049700 A BR 9908377 A CN 1292074 T EP 1058800 A1 WO 0040886 A1 US 6513577 B1	28-07-2000 24-07-2000 31-10-2000 18-04-2001 13-12-2000 13-07-2000 04-02-2003

EPO FORM P0465