



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional de Propriedade Industrial

(11) PI 0408419-5 B1



(22) Data de Depósito: 12/03/2004

(45) Data da Concessão: 28/07/2015
(RPI 2325)

(54) Título: Dispositivo e processo de aquecimento e de isolamento térmico de pelo menos uma conduta submarina, e instalação de ligação fundo-superfície entre uma conduta submarina apoiada no fundo do mar e um suporte flutuante

(51) Int.CI.: E21B36/00; E21B17/01; E21B43/12

(30) Prioridade Unionista: 18/03/2003 FR 03 03274

(73) Titular(es): Saipem S.A.

(72) Inventor(es): Floriano Casola, François-Régis Pionetti, Giovanni Chiesa

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"DISPOSITIVO E PROCESSO DE AQUECIMENTO E DE ISOLAMENTO TÉRMICO DE PELO MENOS UMA CONDUTA SUBMARINA, E INSTALAÇÃO DE LIGAÇÃO FUNDO-SUPERFÍCIE ENTRE UMA CONDUTA SUBMARINA APOIADA NO FUNDO DO MAR E UM SUPORTE FLUTUANTE"**.

5 A presente invenção refere-se a dispositivos e a um processo de aquecimento e de isolamento térmico de pelo menos uma conduta submarina a grande profundidade. Ela refere-se mais particularmente a condutas de ligação fundo-superfície que ligam o fundo do mar a suportes flutuantes na superfície.

10 O setor técnico da invenção é o domínio do fabrico e da montagem de sistemas de isolamento e de aquecimento exterior e em torno das condutas nas quais circulam efluentes quentes de que se pretende limitar as perdas de calor.

15 Esta invenção aplica-se mais particularmente aos desenvolvimentos de campos petrolíferos em mar profundo, isto é, instalações petrolíferas instaladas em pleno mar, nas quais os equipamentos de superfície estão em geral situados sobre estruturas flutuantes, estando as cabeças de poço no fundo do mar. As condutas em causa na presente invenção são mais particularmente os "tubos de subidas" chamadas condutas de ligação fundo-superfície que sobem para a superfície, e ainda as condutas que ligam as cabeças de poço às ditas condutas de ligação fundo-superfície.

20 A presente invenção refere-se igualmente a uma instalação de ligação fundo-superfície de pelo menos uma conduta submarina instalada a grande profundidade do tipo torre híbrida.

25 A aplicação principal da invenção é o isolamento térmico e o aquecimento de condutas ou canalizações imersas, submarinas ou subaquáticas, e mais particularmente a grande profundidade, além de 300 metros, que transportam produtos petrolíferos quentes de que um arrefecimento exagerado seria problemático tanto em regime de produção normal como em caso de parada de produção. Os desenvolvimentos em mar profundo são realizados em profundidades de água que atingem atualmente 1500 m. Os desenvolvimentos futuros estão previstos para profundidades de água até 3000-4000 m e mais.

Neste tipo de aplicações, colocam-se inúmeros problemas se a temperatura dos produtos petrolíferos diminui de um valor significativo importante em relação a sua temperatura de produção que é freqüentemente superior a 60 a 80°C enquanto que a temperatura da água envolvente, sobretudo a grandes profundidades, pode ser muito inferior a 10°C e atingir 4°C. Se os produtos petrolíferos arrefecerem, por exemplo, abaixo de 30 a 60°C para uma temperatura inicial de 70 a 80°C observa-se geralmente:

- Um forte aumento da viscosidade que diminui então o caudal da conduta,
- Uma precipitação de parafina dissolvida que aumenta então a viscosidade do produto e cuja deposição pode diminuir o diâmetro interior útil da conduta,
- A floculação dos asfaltenos induzindo os mesmos problemas,
- A formação súbita, compacta e massiva de hidratos de gás que precipitam sob forte pressão e baixa temperatura, obstruindo assim bruscamente a conduta.

As parafinas e os asfaltenos ficam agarrados à parede e necessitam então de uma limpeza por raspagem do interior da conduta; por outro lado, os hidratos são ainda mais difíceis, ou mesmo por vezes impossíveis de serem reabsorvidos.

Além disso, nas colunas montantes, o gás misturado com o petróleo bruto e com a água tem tendência a expandir-se à medida que sobe, porque a pressão hidrostática diminui. Sendo esta expansão quase-adiabática, as calorias são retiradas do próprio fluido polifásico, e daí resulta um abaixamento significativo da temperatura interna, este abaixamento podendo atingir 8 a 15°C para um desnivelamento de 1500 m.

O isolamento térmico e o aquecimento de tais condutas têm portanto por função retardar o arrefecimento dos efluentes petrolíferos veiculados não apenas em regime de produção estabilizado, para que a sua temperatura seja, por exemplo, de pelo menos de 40°C à chegada à superfície, para uma temperatura de produção à entrada da conduta de 70 a 80°C, mas igualmente em caso de diminuição ou mesmo de parada de produção, com o

fim de evitar que a temperatura dos efluentes desça, por exemplo, abaixo de 30°C, a fim de evitar os problemas acima referidos, ou pelo menos, de permitir torná-los reversíveis.

No caso da instalação de condutas únicas ou de feixes de condutas (comumente designados por "bundles"), prefere-se em geral pré-fabricar as ditas condutas em terra em comprimentos unitários de 250 a 500 m, que se puxam em seguida do largo por meio de um rebocador. No caso de uma ligação fundo-superfície do tipo torre, o comprimento de conduta representa em geral 50 a 95% da altura de água, isto quer dizer que ela pode atingir 2400 m para uma profundidade de água de 2500 m. Quando do seu fabrico em terra, puxa-se desde o mar o primeiro comprimento unitário que se une topo a topo com o seguinte, o rebocador mantém o conjunto em tração durante a fase de união, que pode durar várias horas, ou mesmo vários dias. Logo que a totalidade da conduta ou do feixe de condutas tenha sido posta na água, o conjunto é rebocado para o sítio, em geral à superfície, sensivelmente na horizontal, onde ele é então "verticalizado", isto é, virado para a posição vertical, para atingir a posição vertical, após o que é colocado na posição definitiva.

É conhecido um dispositivo de isolamento de pelo menos uma conduta submarina que pode eficazmente ser única ou associada a outras condutas, constituindo então o que se designa por "bundles" ou "feixes" destinados a serem posicionados no fundo a grande profundidade, comportando um revestimento exterior isolante envolvendo aquela e um invólucro exterior de proteção. O isolamento da ou das condutas ou do feixe de condutas comumente designado por "bundle" é então protegido por um invólucro exterior de proteção que tem uma dupla função:

- Por um lado evitar danos que possam ocorrer durante o fabrico ou durante o reboque como durante a deposição, sobretudo nas zonas de baixa profundidade de água, podendo o dito reboque em certos casos fazer-se ao longo de distâncias de várias centenas de quilómetros. Para este efeito, utilizam-se materiais muito resistentes, tais como aço, composto termo-plástico ou termoendurecível ou ainda material compósito;

1. Por outro lado criar um confinamento estanque em torno do sistema de isolamento. Este confinamento é necessário no caso de revestimentos exteriores isolantes constituídos por materiais sujeitos a migração, por exemplo, compreendendo compostos fluidos.

5 Com efeito, em fundos de 2000 m, a pressão hidrostática é da ordem de 200 bar, ou seja 20 Méga Pascal, o que implica que o conjunto das condutas e o seu revestimento em material isolante deva ser capaz de resistir não só a essas pressões sem degradação quando das pressurizações e despressurizações da conduta na qual circula o fluido quente, mas
10 ainda aos ciclos de temperatura que geram variações de volume dos diferentes componentes, e portanto pressões positivas ou negativas podendo conduzir à destruição parcial ou total do invólucro seja por ultrapassagem das tensões admissíveis, seja pela implosão deste invólucro exterior (variações de pressão interna negativas).

15 O petróleo bruto percorrendo grandes distâncias, vários quilômetros, procura-se proporcionar-lhe um nível de isolamento exterior para, por um lado minimizar o aumento de viscosidade que conduziria a uma redução da produção horária dos poços, e por outro lado evitar a limitação do caudal por depósitos de parafina, ou formação de hidratos a partir do momento em
20 que a temperatura desce para próximo de 30-40°C. Estes últimos fenômenos são tanto mais críticos, particularmente na África ocidental, quanto a temperatura do fundo do mar é da ordem de 4°C e os petróleos brutos sejam de tipo parafínico.

São conhecidos numerosos sistemas de isolamento térmico que
25 permitem atingir o nível de desempenho requerido e resistir à pressão do fundo do mar que é da ordem de 150 bar a 1500 m de profundidade. Citamos entre outros os conceitos de tipo "tubos concêntricos", compreendendo uma conduta que transporta o fluido quente instalada dentro de uma conduta de proteção exterior, estando o espaço compreendido entre as duas condu-
30 tas, seja simplesmente preenchido com um calorífugo, confinado ou não em vácuo, seja simplesmente sujeito a vácuo. Numerosos outros materiais isolantes foram desenvolvidos para assegurar um isolamento com elevado de-

sempenho, sendo alguns deles resistentes à pressão. Esses materiais isolantes envolvem simplesmente a conduta quente e estão em geral confinados ao interior de um invólucro exterior flexível ou rígido, em equilíbrio de pressão e cuja função principal é manter uma geometria sensivelmente constante no tempo.

Todos estes dispositivos que veiculam um fluido quente no interior de uma conduta isolada apresentam, em diversos graus, fenômenos de dilatação diferencial. Com efeito a conduta interior, geralmente em aço, encontra-se a uma temperatura que se procura manter tão elevada quanto possível, por exemplo, 60 ou 80°C, enquanto que o invólucro exterior, frequentemente também ele em aço, se encontra à temperatura da água do mar, isto é, próximo de 4°C. Os esforços exercidos sobre os elementos de ligação entre a conduta interior e o invólucro exterior são consideráveis e podem atingir várias dezenas, ou mesmo várias centenas de toneladas e o alongamento total resultante é da ordem de 1 a 2 m no caso de condutas isoladas de 1000 a 1200 m de comprimento.

Nas patentes WO 00/49263, WO 02/066786 e WO 02/103153 em nome da requerente, foram descritas diferentes instalações do tipo de torre híbrida, comportando condutas isoladas.

Um problema que se coloca de acordo com a presente invenção é o de poder realizar e instalar tais ligações fundo-superfície para condutas submarinas em grandes profundidades, tais como além de 1000 metros por exemplo, e do tipo comportando uma torre vertical e em que o fluido transportado deve ser mantido a uma temperatura acima de um valor mínimo até a sua chegada à superfície, reduzindo ao mínimo os componentes sujeitos a perdas térmicas, evitando os inconvenientes criados pela expansão térmica própria, ou diferencial, dos diversos componentes da dita torre, de modo a resistir aos esforços extremos e aos fenômenos de fadiga acumulada ao longo da vida útil da instalação, que ultrapassa correntemente os 20 anos.

A patente WO 00/40886 descreve um material isolante térmico com mudança de fase sólido-líquido e calor latente de fusão, capaz de restituir calor à conduta interna, e confinado em torno da dita conduta interna

no interior de um invólucro estanque e deformável, o que a torna capaz de acompanhar a expansão e a contração dos diversos componentes sob a influência de todos os parâmetros de ambiente, e portanto das temperaturas interna e externa.

5 Mais precisamente na WO 00/40886, aplica-se um material isolante de mudança de fase sólido-líquido e calor latente de fusão, e cuja mudança de fase se verifica a uma temperatura T_0 superior à temperatura T_1 , a partir da qual o petróleo que circula no interior da conduta se torna muito viscoso, em geral a temperatura T_1 está compreendida entre 20° e 60°C e é inferior à temperatura T_2 do petróleo bruto à entrada da conduta.

10 Este material com mudança de fase, seguidamente designado por "PCM" (Phase Change Material), permite conservar, em caso de parada de produção, o fluido normalmente em circulação no interior da conduta interna a uma temperatura elevada, de modo a evitar a formação de parafinas ou de hidratos no petróleo. Outros materiais com mudança de fase podem ser tidos em consideração, tais como sais hidratados ou não, armazenando e restituindo uma energia considerável quando da mudança de fase.

15 Assim, durante as paradas de produção, o petróleo bruto deixa de circular e fica estacionário no interior da conduta e a perda de calor para o ambiente exterior, geralmente a 4°C a grandes profundidades, tem lugar em detrimento do PCM, ficando o petróleo bruto sempre a uma temperatura superior ou sensivelmente igual a do dito PCM.

20 Durante toda a fase de solidificação ou cristalização do PCM, a temperatura do PCM fica sensivelmente constante e igual a T_0 , por exemplo, 36°C, e portanto, a conduta interna que comporta petróleo bruto fica a uma temperatura superior ou sensivelmente igual a (T_0) do PCM, isto é, 36°C, impedindo assim a formação de parafinas ou de hidratos no petróleo bruto.

25 Os materiais com mudança de fase descritos anteriormente apresentam geralmente uma variação de volume importante durante a sua mudança de estado, podendo atingir 20% no caso das parafinas. O invólucro exterior de proteção deve poder acomodar estas variações de volume sem se danificar.

É por isso que, segundo a WO 00/40886, este material isolante com mudança de fase é confinado no interior de um invólucro estanque e deformável, o que o torna capaz de acompanhar a expansão e a contração dos diversos componentes sob a influência de todos os parâmetros de ambiente, de entre os quais as temperaturas interior e exterior. A conduta é assim confinada ao interior de um invólucro flexível termoplástico, em polietileno ou polipropileno entre outros, por exemplo, circular, o aumento ou diminuição do volume interior devido às variações de temperatura, comparável a uma respiração, é absorvida pela flexibilidade do invólucro constituído, por exemplo, por um material termoplástico que apresente um elevado limite elástico. Para resistir aos esforços mecânicos, utiliza-se de preferência um invólucro semi-rígido constituído por um material resistente, tal como um aço ou um material compósito, tal como um composto obtido a partir de um ligante, tal como uma resina epóxica e fibras minerais ou orgânicas, tais como fibras de vidro ou de carbono, mas então dá-se ao feixe uma forma ovóide ou achatada, com ou sem contra-curvatura, o que lhe confere, a perímetro constante, uma seção inferior ao círculo correspondente. Assim, a "respiração" do feixe conduzirá, no caso de um aumento e de uma diminuição do volume, respectivamente a uma "retoma da forma redonda" do invólucro, ou a uma acentuação do achatamento do dito invólucro. Neste caso, o conjunto feixe-invólucro é designado pelo termo "feixe plano", por oposição a um invólucro circular.

O problema da presente invenção é, mais particularmente, o de proporcionar um sistema melhorado de isolamento térmico de uma conduta submarina ou de um feixe de condutas que integra um material isolante, especialmente um material PCM, e cujo comportamento em fase de rearranque seja tal que o dito rearranque possa ser realizado em um tempo reduzido relativamente à técnica antecedente.

Com efeito, em caso de parada de vários dias ou de várias semanas, durante o período ativo do PCM, toma-se geralmente a precaução de purgar a linha efetuando uma circulação em anel de um produto de substituição, por exemplo, óleo diesel, de modo a manter o conjunto em seguran-

ça antes de deixar a temperatura da conduta descer até 4°C. E durante o reaquecimento, utiliza-se em geral o mesmo óleo diesel para efetuar o aquecimento da conduta fazendo-o circular em anel a partir do suporte flutuante ou aquecendo-o fazendo passar em caldeiras ou permutadores de calor, recuperando calor provenientes de turbinas a gás. Assim, durante o aquecimento, as calorias vão migrar do interior da conduta para o meio ambiente exterior, em geral a 4°C e, durante toda a fase de aquecimento, a maior parte das calorias veiculadas pelo óleo diesel em circulação vão ser absorvidas pelo PCM para tornar a liquefazê-lo, o que pode levar vários dias, ou mesmo várias semanas se a conduta for muito longa, ou se a produção de calor ao nível do suporte flutuante for insuficiente. É só após esta fase de aquecimento com circulação de óleo diesel que se pode voltar a ligar as cabeças de poço e retomar a produção. Com efeito, se se reaquecer prematuramente a produção, o material isolante PCM só estará parcialmente líquido e a temperatura interior será inferior ou igual a T_0 (temperatura de mudança de fase), portanto baixa, sobre o conjunto da conduta submarina, e observam-se então os seguintes fenômenos.

Durante a progressão do petróleo que sai do poço a uma temperatura elevada, por exemplo, 75°C, para o FPSO, ele fornece calor ao PCM para este se liquefazer, e por este fato, a temperatura do petróleo baixa rapidamente, pois o PCM desempenha a função, não de sistema isolante, mas a função inversa de absorvedor de calor, conduzindo a um arrefecimento acelerado do petróleo bruto. Assim, após um percurso de alguns quilômetros, ou mesmo algumas centenas de metros apenas, a temperatura do petróleo desce para o valor crítico de T_1 , ao qual os fenômenos temidos de formação de rolhões de hidratos ou de parafina no seio do petróleo que circula na conduta se podem produzir e então conduzir a um bloqueio do fluxo de petróleo bruto. Na zona próxima das cabeças de poço, o PCM volta a liquefazer-se progressivamente e a frente de liquefação completa progride lentamente para o FPSO. Em uma zona mais distante, a temperatura mantém-se estável a cerca de T_0 e a liquefação não pode prosseguir a não ser que o petróleo bruto esteja sempre a uma temperatura superior a T_0 . Assim,

no caso de linhas muito longas, por exemplo, de 5 ou 6 Km, em uma zona muito distante da fonte quente, isto é, próxima do FPSO, não há entrega de calor suficiente e o PCM perde então calor para o meio ambiente a 4°C. Para fornecer essas calorias ele passa progressivamente ao estado

5 sólido.

Para condutas muito longas, acontece que, durante um reaquecimento, o PCM na zona próxima das cabeças de poço pode estar em fase de regresso ao estado líquido, enquanto na outra extremidade, próximo do FPSO, o PCM está em fase de regresso ao estado sólido, pois a perda de calor

10 rias para o meio ambiente é superior ao contributo em calor do petróleo bruto que circula na conduta. Com efeito o PCM está em espera de uma frente quente de petróleo bruto que o converterá de novo para a fase líquida.

Um objetivo da presente invenção é portanto realizar um sistema de isolamento de conduta permitindo o aquecimento e manutenção da temperatura do efluente que circula em uma conduta submarina além de um

15 valor fixado, de modo que após uma parada prolongada, a duração da fase de reaquecimento seja reduzida e tal que, por exemplo, se possa, no caso vertente, satisfazer com o aquecimento parcial da conduta sem se ter que esperar que a totalidade do material PCM, no caso vertente, esteja completamente

20 liquefeito.

Para fazer isso, a presente invenção proporciona um dispositivo de aquecimento e de isolamento térmico de pelo menos uma conduta principal submarina destinada à circulação de um efluente quente, comportando:

2. Um revestimento de um material isolante térmico envolvendo

25 a ou as ditas condutas principais,

3. O dito revestimento isolante estando recoberto por um invólucro exterior de proteção estanque, de preferência de forma cilíndrica,

Caracterizado por compreender:

a) uma câmara interior de preferência de forma cilíndrica e coaxial com

30 o dito invólucro exterior, tal que:

- o dito revestimento isolante envolve a dita câmara interior e, de preferência, enche o espaço anular entre o dito invólucro exteri-

or e a dita câmara interior, e

- a dita conduta principal está contida no interior da dita câmara interior, de preferência de forma cilíndrica, e
- b) meios aptos a manter em temperatura um fluido transportador de calor e de o fazer circular no interior da dita câmara interior, o dito fluido transportador de calor envolvendo a conduta principal contida no interior da dita câmara interior.

Em uma forma de realização vantajosa, a dita câmara interior é percorrida por pelo menos uma conduta interna de injeção de gás apta a permitir a injeção de gás na dita conduta principal, estando a dita conduta interna de injeção de gás ligada à dita conduta principal ao nível de uma extremidade na direção longitudinal da dita conduta principal, no interior da dita câmara interior, no caso vertente ao nível de uma extremidade inferior, e, de preferência, estendendo-se a dita conduta de injeção de gás no exterior da dita câmara interior sob a forma de uma conduta externa de injeção de gás que liga a dita câmara interior de injeção de gás a um suporte flutuante.

A injeção de gás na base de uma ligação fundo-superfície do tipo "tubo de subida", cria bolhas no seio do efluente em progressão ascendente, o que reduz a sua densidade e favorece assim a subida do dito efluente. Esta tecnologia chamada de "elevação a gás", o que quer dizer elevação por injeção de gás, é bem conhecida do versado na técnica e não será aqui descrita em pormenor.

Em uma forma de realização particular, a dita câmara interior compreende meios de circulação de um fluido transportador de calor compreendendo pelo menos uma conduta interior de transporte de um fluido transportador de calor que se estende no interior da dita câmara interior desde um primeiro orifício situado ao nível de uma primeira extremidade da câmara interior, de preferência até a proximidade da segunda extremidade da dita câmara interior na direção longitudinal, e um segundo orifício de saída do dito fluido transportador de calor, de preferência ao nível da dita primeira extremidade da câmara interior, a dita conduta interna de transporte de um fluido transportador de calor estando situada ao lado da dita conduta

principal, entre esta última e o dito material isolante exterior.

Pelo fato de a conduta de transporte do fluido transportador de calor percorrer a câmara interior na quase totalidade do seu comprimento, ela pode assim contribuir também para o aquecimento da câmara interior.

- 5 Vantajosamente, pode-se dispor sobre a dita conduta de transporte de fluido transportador de calor, orifícios situados a níveis intermediários, de modo que uma parte do fluido transportador de calor quente, seja transferido diretamente para a câmara interior ao dito nível intermediário.

- 10 Neste caso, vantajosamente, a dita conduta interna de injeção de gás é uma conduta enrolada em espiral em torno da dita conduta interna de transporte do dito fluido transportador de calor no interior da dita câmara interior, de preferência uma conduta rígida formada em espiral.

- 15 Esta forma de realização é particularmente vantajosa pois permite constituir uma reserva de alongamento possível da dita conduta interna de injeção de gás quando a dita conduta principal sofre variações de comprimento em consequência de variações de temperatura do efluente quente que circula no interior.

- 20 Além disso, esta configuração da conduta interna de injeção de gás enrolada em espiral em torno da conduta interna de transporte do fluido transportador de calor, permite também aquecer o gás antes de o injetar na conduta principal e melhorar assim o desempenho da "elevação a gás".

- 25 Em uma primeira variante de realização, a dita conduta interna de transporte do fluido transportador de calor é prolongada por uma conduta exterior flexível de alimentação do dito fluido transportador de calor desde o dito primeiro orifício até um suporte flutuante, o dito segundo orifício de saída do fluido transportador de calor está ligado a uma segunda conduta exterior flexível de retorno do dito fluido transportador de calor para o dito suporte flutuante.

- 30 Nesta primeira variante de realização, o dito fluido transportador de calor pode ser aquecido fazendo-o passar em caldeiras ou permutadores de calor a bordo do dito suporte flutuante, especialmente recuperando calor provenientes, por exemplo, de turbinas a gás.

Em uma segunda variante de realização, a dita conduta interna de transporte do fluido transportador de calor está ligada a meios de circulação e de aquecimento do fluido transportador de calor compreendendo uma bomba associada ao dito primeiro orifício de chegada do fluido transportador de calor e ao segundo orifício de saída do fluido transportador de calor ao nível de uma dita primeira extremidade da câmara interior, permitindo a dita bomba fazer circular o fluido transportador de calor sucessivamente no interior da dita conduta interna de chegada do fluido transportador de calor, e seguidamente no interior da câmara interior e de o fazer sair da dita câmara interior pelo dito segundo orifício, e depois fazê-lo circular em anel na dita câmara interior através do dito primeiro orifício, uma conduta exterior de circulação do fluido transportador de calor entre o dito suporte flutuante e o corpo da bomba ou o dito primeiro orifício, permitindo ajustar a quantidade de fluido transportador de calor em circulação na câmara e nas diversas condutas.

De preferência, nesta segunda variante de realização o dispositivo segundo a invenção compreende um meio de aquecimento do fluido transportador de calor no interior da dita conduta interna de chegada do fluido transportador de calor, de preferência na forma de uma resistência elétrica.

Este meio de aquecimento permite aquecer o fluido transportador de calor de maneira muito eficaz, pois a resistência elétrica constitui um elemento muito simples e fácil de alimentar a partir do suporte flutuante por meio de um cabo de reduzidas dimensões, desde que se utilize uma tensão elevada. Além disso, a quantidade de energia transferida para o fluido transportador de calor pode ser simplesmente ajustada fazendo variar a tensão ou a intensidade, ou as duas.

Em uma forma de realização preferida, o dispositivo segundo a invenção compreende pelo menos uma tampa na extremidade transversal em pelo menos uma dita primeira extremidade, suportando a dita tampa transversal de extremidade a dita conduta principal assim como os ditos meios de circulação e sendo ainda atravessada pela dita conduta principal e,

no caso vertente, os primeiro e segundo orifícios que permitem a circulação do dito fluido transportador de calor no interior e no exterior da dita câmara interior através dos ditos orifícios.

Em uma forma mais particular de realização, o dispositivo segundo a invenção compreende uma primeira e uma segunda tampa transversais de extremidade, respectivamente em cada uma das duas extremidades da câmara interior, compreendendo a dita primeira tampa de extremidade, no caso vertente, os ditos primeiro e segundo orifícios, e suportando as duas ditas tampas transversais de extremidade o dito invólucro exterior e a dita câmara interior e assegurando a sua ligação estanque, assegurando simultaneamente, pelo menos ao nível da dita primeira extremidade, o confinamento do fluido transportador de calor no interior da câmara interior.

De preferência, o dispositivo segundo a invenção compreende uma segunda tampa de extremidade compreendendo um grande orifício de diâmetro superior ao da conduta principal, através do qual passa a dita conduta principal, de modo que o fluido transportador de calor está em contato com a água do mar na extremidade inferior da câmara interior. Esta forma de realização convém, mais particularmente, quando o fluido transportador de calor é um fluido não poluente, tal como a água doce como explicitado na descrição pormenorizada que se segue. Esta forma de realização permite com efeito evitar dificuldades que podem resultar das dilatações diferenciais da conduta principal e da câmara interior.

Em uma outra forma de realização, a dita segunda tampa de extremidade compreende um orifício envolvendo de forma solidária uma manga tubular no interior da qual pode deslizar a conduta principal com folga reduzida, de preferência de modo estanque. Esta forma de realização convém mais particularmente se o fluido transportador de calor é um fluido poluente.

Em todos os casos, é vantajoso que a dita conduta principal seja revestida de um segundo revestimento isolante pelo menos ao nível da dita segunda extremidade da câmara interior, circulando o dito fluido transportador de calor na dita câmara interior no exterior do dito segundo revestimento.

Mais particularmente, o dito segundo revestimento é constituído por um material isolante térmico, de preferência, um material isolante sólido, de preferência ainda espuma sintética, envolvendo o dito material sólido diretamente a dita conduta principal, de preferência ainda o segundo material isolante preenche inteiramente o espaço entre a dita conduta principal e uma
5 segunda conduta coaxial, que desempenha a função de manga, e no interior da qual está inserida a dita conduta principal.

Em uma forma particularmente vantajosa de realização da presente invenção, o dito revestimento isolante em torno da câmara interior é
10 um material isolante sujeito a migração e pelo menos o dito invólucro exterior e/ou a dita câmara interior é ou são constituídos por um material sólido flexível ou semi-rígido apto a acompanhar as deformações do dito material isolante e apto a ficar em contato com este quando este se deforma.

Como mencionado anteriormente, o dito revestimento isolante
15 compreende um material isolante com mudança de fase que apresenta uma temperatura de fusão líquido/sólido (T_0) de preferência compreendida entre 20 e 80°C, superior à (T_2) do meio ambiente marinho da dita conduta em serviço e inferior à (T_1) a partir da qual os efluentes circulam no interior da conduta apresentando um aumento de viscosidade prejudicial para a sua
20 circulação na dita conduta.

Entende-se aqui por "material isolante" um material que apresenta de preferência uma condutividade térmica inferior a $0,5 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$, de preferência ainda entre $0,05$ e $0,2 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ (Watt/metro/Kelvin).

O dito material isolante PCM é escolhido especialmente entre os
25 materiais constituídos por pelo menos 90% de compostos químicos escolhidos entre os alcanos, compreendendo especialmente uma cadeia hidrocarbonada de pelo menos 10 átomos de carbono, ou ainda os sais hidratados ou não, os glicóis, os betumes, os alcatrões, as ceras, e outros corpos graxos sólidos à temperatura ambiente, tais como o sebo, a margarina ou os
30 álcoois graxos e ácidos graxos, de preferência, o material incompressível é constituído por parafina compreendendo uma cadeia hidrocarbonada com pelo menos 14 átomos de carbono.

Mais particularmente, o dito material isolante com mudança de fase compreende compostos químicos da família dos alcanos, de preferência uma parafina compreendendo uma cadeia hidrocarbonada com pelo menos 14 átomos de carbono.

5 Mais particularmente ainda, a dita parafina é heptacosano com a fórmula $C_{17}H_{36}$ ou, de preferência, tetracosano com a fórmula $C_{24}H_{50}$ que apresenta uma temperatura de fusão de cerca de 50°C . Pode-se também utilizar um produto parafínico industrial baseado no heptacosano ou no tetracosano.

10 Em uma forma de realização, o dito material isolante é constituído por um complexo isolante compreendendo um primeiro composto consistindo em um composto hidrocarbonado como a parafina ou o óleo diesel, em mistura com um segundo composto consistindo em um composto gelificante e/ou com efeito estruturante, especialmente por reticulação, tal como um
15 segundo composto do tipo poliuretano, polipropileno reticulado ou silicone, de preferência apresentando-se o dito primeiro composto sob a forma de partícula ou microcápsula dispersa no seio de uma matriz do dito segundo composto e podem citar-se mais particularmente como primeiros compostos os compostos químicos da família dos alcanos, tais como as parafinas ou as
20 ceras, os betumes, os alcatrões, os álcoois graxos, os glicóis, mais particularmente ainda os compostos cuja temperatura de fusão dos materiais está compreendida entre a temperatura T_1 dos efluentes quentes que circulam em uma das condutas e a temperatura T_2 do meio envolvente da conduta em serviço, ou seja de fato em geral uma temperatura de fusão compreendida
25 entre 20 e 80°C .

Estes diferentes materiais isolantes são materiais "sujeitos a migração", isto é, materiais líquidos, pastosos ou de consistência sólida, tal como a consistência de uma massa consistente, de uma parafina ou de um gel, que são susceptíveis de ser deformados por esforços resultantes de
30 pressões diferenciais entre dois pontos distintos do invólucro e/ou de variações de temperatura no seio do dito material isolante.

É por isso que, de acordo com uma forma de realização preferi-

da, o dispositivo de acordo com a presente invenção compreende um dito revestimento isolante que é constituído por um material sólido viscoso sujeito a migração assim como pelo menos duas divisórias transversais intermediárias estanques, cada uma das ditas divisórias transversais intermediárias sendo constituída por uma estrutura rígida fechada atravessada pela dita câmara interior e solidária com as paredes da dita câmara e do dito invólucro exterior, estando de preferência as ditas divisórias transversais intermediárias espaçadas a intervalos regulares ao longo do eixo longitudinal da câmara interior e do invólucro exterior coaxiais, de preferência ainda de uma distância de 50 a 200 metros.

Esta estrutura rígida solidária do invólucro impede o deslocamento do dito invólucro em face da dita divisória e em relação a esta e fixa portanto a geometria da seção transversal do invólucro ao nível da dita divisória. Entende-se aqui por "estanque" e "fechado" que a dita divisória não permite a passagem da matéria constituinte do dito revestimento isolante através da dita divisória, e que em particular, a junta entre a dita conduta e os orifícios através dos quais a dita conduta atravessa a dita divisória transversal intermediária não permite a passagem da dita matéria do revestimento isolante.

As ditas divisórias transversais intermediárias estanques asseguram o confinamento do ou dos dito(s) material(is) isolante(s) sujeito(s) a migração que constituem o dito revestimento isolante entre o dito invólucro e as ditas divisórias.

No caso de uma ligação fundo-superfície, por exemplo, a parte vertical de uma torre ou então a seção em catenária que liga o topo da torre ao suporte de superfície, ou ainda as condutas apoiadas em um forte declive no fundo do mar, a pressão exterior varia ao longo da conduta e decresce à medida que se sobe para a superfície. No caso de materiais isolantes pastosos ou fluidos, este último apresentando uma densidade inferior à da água do mar, em geral uma densidade de 0,8 a 0,85, a pressão diferencial entre o exterior e o interior variará ao longo da dita conduta, aumentando à medida que se sobe para a superfície. Assim, decorrem daí deformações acentua-

das nas partes que apresentam o máximo de pressão diferencial, induzindo assim importantes transferências de fluido paralelamente ao eixo longitudinal da dita conduta. Além disso, as transferências são amplificadas por fenômenos de "respiração" devidos às variações de temperatura, tal como descritos
5 acima.

Um "feixe plano" é sensível às variações de pressão devidas aos declives: sobrepressão em baixo, depressão em cima, e a fase de reboque é crítica, pois o comprimento pode atingir vários quilômetros, o "feixe" nunca está de fato perfeitamente na horizontal e daí resultam variações de pressão
10 diferencial importantes durante o dito reboque e sobretudo durante a operação de verticalização.

Quando o "feixe" está na posição vertical ou no fundo do mar sobre um declive importante, o diferencial de pressão criado para a baixa densidade do material isolante, associado à variação de volume criada pela
15 expansão térmica do material isolante, gera movimentos do material isolante que deve poder suportar o invólucro exterior. Procura-se evitar os movimentos de partículas paralelamente ao eixo do feixe, isto é, as migrações de material isolante entre duas zonas distantes do "feixe", pois há o risco de eles destruírem a estrutura propriamente dita do material isolante.

20 Este dispositivo com divisórias transversais intermediárias estanques torna possível fabricar um "feixe" ao melhor custo em terra, aplicar um revestimento em material isolante do tipo semi-fluido ou pastoso, rebocar em subsuperfície, rodá-lo para a posição vertical para o instalar, e ao mesmo tempo respeitando a integridade do conjunto até a sua colocação em produ-
25 ção e durante toda a sua vida útil, que ultrapassa em geral 30 anos.

Este dispositivo com divisórias transversais intermediárias estanques permite também realizar um isolamento de pelo menos uma condu-
ta submarina destinada a ser colocada no fundo, em particular a grande pro-
fundidade, em particular em zonas com forte declive, a partir de um invólucro
30 do tipo "feixe plano" estanque, capaz de disponibilizar uma flexibilidade transversal importante para absorver as variações de volume, conservando ao mesmo tempo uma rigidez longitudinal suficiente para permitir as manu-

tenções, tais como a pré-fabricação em terra, o reboque para o sítio, e a conservação da integridade mecânica do dito invólucro durante toda a vida útil do produto, a qual atinge e ultrapassa 30 anos.

Em uma forma de realização particular, a dita estrutura fechada da dita divisória transversal intermediária estanque compreende uma peça cilíndrica que apresenta uma seção transversal, cujo perímetro apresenta a mesma forma fixa que a da dita seção transversal do invólucro.

Entende-se por "seção transversal" a seção no plano XX' , YY' perpendicular ao eixo longitudinal ZZ' do dito invólucro, sendo o dito invólucro de forma tubular e apresentando um eixo longitudinal central ZZ' , e de preferência, e definindo a seção transversal do dito invólucro um perímetro que apresenta dois eixos de simetria XX' e YY' perpendiculares entre si, e ao dito eixo longitudinal ZZ' .

Na presente descrição entende-se por "perímetro da seção transversal", a linha em forma de curva fechada que delimita a superfície definida pela dita seção transversal.

O perímetro da seção transversal do invólucro exterior ao nível das divisórias estanques é de forma fixa e não pode portanto deformar-se por contração ou por expansão do dito invólucro a este nível.

Segundo diferentes variantes de realização, a dita seção transversal do invólucro exterior é de forma circular, ou de forma oval, ou ainda de forma retangular, de preferência com cantos arredondados.

As ditas divisórias transversais intermediárias estanques criam pontes térmicas. Procura-se portanto espaçá-las o mais possível para reduzir as pontes térmicas.

Em uma forma particular de realização, o espaçamento entre duas das ditas divisórias transversais intermediárias estanques sucessivas segundo o dito eixo longitudinal ZZ' do dito invólucro é de 50 a 200 metros, especialmente de 100 a 150 metros.

Para reduzir o número de divisórias transversais intermediárias estanques, segundo uma característica preferencial, o dispositivo compreende pelo menos um, de preferência uma pluralidade de cércea(s) confor-

madora(s), constituída(s) por uma estrutura rígida solidária da dita câmara interior e atravessada por esta e solidária do dito invólucro exterior na sua periferia, disposta(s) entre duas ditas divisórias transversais intermediárias estanques sucessivas, a dita cêrcea conformadora apresentando aberturas
5 que permitem a passagem da matéria constituinte do dito material isolante sujeito a migração através da dita cêrcea conformadora.

Tal como a dita divisória transversal intermediária estanque, a dita cêrcea conformadora fixa a forma da seção transversal do invólucro exterior e da câmara interior ao nível da dita cêrcea conformadora, ao mesmo
10 tempo que minimiza as pontes térmicas.

Mais particularmente a dita estrutura aberta da dita cêrcea conformadora compreende uma peça cilíndrica que apresenta uma seção transversal cujo perímetro se inscreve em uma figura geométrica idêntica à figura geométrica definida pela forma do perímetro da seção transversal da dita
15 divisória estanque.

De preferência, um dispositivo segundo a invenção comporta uma pluralidade de cêrceas conformadoras dispostas ao longo do dito eixo longitudinal ZZ' do invólucro de preferência a intervalos regulares, duas cêrceas conformadoras sucessivas estando espaçadas de preferência ainda de
20 5 a 50 metros, de preferência 5 a 20 metros.

Em uma forma de realização preferida, o dispositivo segundo a invenção compreende além do mais pelo menos uma cêrcea de centragem, de preferência uma pluralidade de cêrceas de centragem, disposta(s) de preferência a intervalos regulares, entre duas ditas divisórias transversais intermediárias estanques sucessivas ao longo do dito eixo longitudinal, cada cêrcea de centragem sendo constituída por uma peça rígida solidária da parede da câmara interior ou do dito invólucro exterior, apresentando uma forma que permite um deslocamento limitado do dito invólucro exterior ou respectivamente da dita câmara interior, em contração e em expansão, em face da
25 dita cêrcea de centragem, sendo pelo menos o dito invólucro exterior ou respectivamente a dita câmara interior constituídos por um material flexível ou
30 semi-rígido apto, no caso vertente, a ficar em contato com o revestimento

isolante quando aquela se deforma.

Mais particularmente, a dita cércea de centragem é de preferência constituída por uma peça rígida com superfície livre externa ou respectivamente interna cilíndrica cujo perímetro da seção transversal está retraído em relação ao dito invólucro exterior ou respectivamente à dita câmara interior e limita as deformações do dito invólucro exterior ou respectivamente da dita câmara interior por encosto mecânico desta sobre a dita peça rígida em pelo menos dois pontos opostos do perímetro da seção transversal do dito invólucro exterior ou respectivamente da dita câmara interior. O dito deslocamento do invólucro exterior ou respectivamente da dita câmara interior, em face a uma cércea de centragem pode representar uma variação de 0,1 a 10%, de preferência de 0,1 a 5%, da distância entre os dois pontos opostos do perímetro da seção transversal do dito invólucro exterior ou respectivamente da dita câmara interior. Assim, a dita peça rígida que constitui a dita cércea de centragem apresenta uma parte da superfície livre exterior ou respectivamente interna suficientemente retraída em relação à superfície do invólucro exterior ou respectivamente da câmara interior, e/ou apresenta perfurações que a atravessam, de modo a criar um espaço que permite transferir matéria constituinte do dito revestimento isolante através da dita cércea de centragem.

Esta cércea de centragem visa assegurar um envolvimento mínimo com revestimento isolante em torno da dita câmara interior em caso de deformação por contração do invólucro e transferência da dita matéria escoável entre as duas ditas divisórias estanques.

Mais particularmente, a dita cércea de centragem apresenta uma seção transversal cujo perímetro se inscreve no interior de uma figura geométrica que é sensivelmente homotética em relação à figura geométrica definida pelo perímetro da seção transversal da dita divisória transversal intermediária estanque.

A distância entre duas cérceas de centragem ao longo do dito eixo longitudinal ZZ' é tal que permite assegurar a manutenção de uma quantidade de matéria constituinte do dito revestimento isolante, suficiente para

assegurar um envolvimento mínimo necessário ao isolamento térmico da dita câmara interior, tendo em conta deformações em contração suportadas pelo dito invólucro exterior e/ou pela dita câmara interior.

Vantajosamente, o dispositivo segundo a invenção comporta
5 uma pluralidade de cérceas de centragem, e duas cérceas de centragem sucessivas estão espaçadas ao longo do dito eixo longitudinal ZZ' do invólucro de uma distância de 2 a 5 metros.

Essas diferentes divisórias intermediárias estanques, cércea de centragem e cércea conformadora, foram descritas em FR 2 821 915 segun-
10 do uma configuração diferente porque diretamente solidária da conduta submarina que veicula os efluentes.

Como mencionado anteriormente, vantajosamente, o dito invólucro exterior e a dita câmara interior são coaxiais ao longo de um eixo longitudinal ZZ' e definem um perímetro que apresenta em repouso dois eixos de
15 simetria XX' e YY' perpendiculares entre si e ao dito eixo longitudinal ZZ', e pelo menos uma das paredes constituintes do dito invólucro exterior e/ou câmara interior é constituída por um material flexível ou semi-rígido (isto é, apto a acompanhar as deformações do material isolante e apto a estar em contato com este quando ele se deforma), de preferência, o outro invólucro
20 sendo rígido e de preferência ainda com seção transversal de forma circular.

Segundo uma primeira variante da realização, a dita câmara interior é realizada em material rígido e o dito invólucro exterior em material flexível ou semi-rígido.

Segundo diferentes variantes da realização, a seção transversal
25 do invólucro exterior e/ou da câmara interior é ou são de forma circular ou de forma oval, ou ainda de forma retangular, de preferência com os cantos arredondados.

No caso em que o dispositivo comporta pelo menos duas condutas dispostas segundo um mesmo plano, a seção transversal do dito invólucro exterior ou da dita câmara interior é de preferência de forma alongada na
30 mesma direção que desse plano.

Mais particularmente, o perímetro exterior da seção transversal

do dito invólucro exterior de proteção ou da dita câmara interior é uma curva fechada cuja relação do quadrado e do comprimento sobre a superfície que ela delimita é pelo menos igual a 13, como descrito em WO 00/40886.

5 Durante as variações de volume interior, o invólucro exterior ou a dita câmara interior terá então tendência a deformar-se para uma forma circular, a qual constitui matematicamente a forma que apresenta, a perímetro constante, a maior área.

No caso de um perfil circular, um aumento de volume gera tensões na parede, as quais estão ligadas ao aumento de pressão resultante deste aumento de volume.

10 Pelo contrário, caso se achate a forma da seção transversal, melhor será a capacidade do invólucro ou da dita câmara interior para absorver as expansões devido à dilatação dos diferentes componentes sob o efeito da temperatura, sem criar uma sobrepressão significativa, pois o invólucro tem a possibilidade de retomar a forma redonda.

No caso do perfil de forma oval, uma variação de pressão interna implicará uma combinação de esforços de flexão e de esforços de tração pura, pois a curvatura variável da oval comporta-se então como uma abóbada em arquitetura contudo com a diferença de que no caso do invólucro, as tensões são tensões de tração e não tensões de compressão. Assim, uma forma oval ou próxima de uma oval será de considerar para baixas capacidades de expansão e convirá considerar então ovais com uma relação de comprimento do eixo maior p_{max} sobre o do eixo menor p_{min} tão elevada quanto possível, por exemplo, de pelo menos 2/1 ou 3/1.

25 Selecionar-se-á então a forma de invólucro em função da expansão global do volume do revestimento exterior isolante, sob o efeito de variações de temperatura. Assim, para um sistema de isolamento utilizando principalmente materiais sujeitos à expansão, uma forma retangular, uma forma poligonal ou ainda uma forma oval permite uma expansão por flexão da parede ao mesmo tempo que induz um mínimo de tensões de tração no invólucro exterior.

Em uma primeira forma de realização, a seção transversal da

câmara interior, de preferência constituída por um material rígido, é de forma circular e a seção transversal do invólucro exterior, de preferência constituído por um material flexível ou semi-rígido, é de forma oval ou de forma retangular com os cantos arredondados.

5 Em uma outra forma de realização, a seção transversal do invólucro exterior, de preferência constituído por um material rígido, é de forma circular e a seção transversal da dita câmara interior, de preferência constituída por um material flexível ou semi-rígido, é de forma oval ou de forma retangular com os cantos arredondados.

10 Vantajosamente ainda, a dita conduta principal e, no caso vertente, a dita conduta interior de transporte de fluido transportador de calor associam-se no interior da dita câmara interior com os elementos de centragem que mantêm a ou as ditas condutas sensivelmente paralelas ao eixo ZZ' da dita câmara interior ao mesmo tempo que permitem o movimento das
15 ditas condutas devido às dilatações diferenciais destas segundo o dito eixo ZZ'.

A presente invenção tem igualmente por objeto um dispositivo de aquecimento e de isolamento térmico de um feixe de condutas principais submarinas, caracterizado por compreender um dispositivo de isolamento
20 térmico e aquecimento segundo a invenção compreendendo pelo menos duas ditas condutas principais dispostas em paralelo e no interior da dita câmara interior.

A presente invenção tem igualmente por objeto uma instalação de ligação fundo-superfície entre uma conduta submarina apoiada no fundo do mar, especialmente a grande profundidade, e um suporte flutuante
25 do mar, especialmente a grande profundidade, e um suporte flutuante 10, compreendendo:

a) pelo menos um tubo de subida vertical ligado na sua extremidade inferior a pelo menos uma dita conduta submarina apoiada no fundo do mar, e na sua extremidade superior a pelo menos um flutuador, estando o
30 dito tubo de subida vertical incluído em um dispositivo de isolamento térmico e aquecimento segundo a invenção, correspondendo o dito tubo de subida vertical à dita conduta principal, e a dita câmara interior estendendo-se ao

longo de uma altura de pelo menos 1000 metros, e

b) pelo menos uma conduta de ligação, de preferência uma conduta flexível, assegurando a ligação entre um suporte flutuante e a extremidade superior do dito tubo de subida vertical, e

5 c) no caso vertente, as ditas condutas flexíveis exteriores de circulação do fluido transportador de calor entre o suporte flutuante e os ditos primeiro e segundo orifícios da primeira extremidade da câmara interior e, no caso vertente, pelo menos uma dita conduta exterior flexível de injeção de gás.

10 De preferência, a ligação entre a extremidade inferior do tubo de subida vertical e uma dita conduta submarina apoiada no fundo do mar, é feita por intermédio de um sistema de ancoramento compreendendo uma base disposta no fundo, a dita base assegurando a manutenção e o guia-
15 da vertical e a extremidade da dita conduta apoiada no fundo do mar, compreendendo os ditos elementos de união um elemento de conduta curvo e um elemento de acoplamento de conduta, de preferência um único elemento de acoplamento, de preferência ainda, um único acoplador automático, e compreendendo o dito tubo de subida vertical na sua parte terminal inferior
20 uma união flexível permitindo movimentos angulares por parte do tubo de subida vertical situada por cima da dita união flexível, e compreendendo os ditos elementos de união a dita união flexível ou uma parte do tubo de subida vertical situada por cima da dita união flexível.

Utiliza-se aqui o termo "tubo de subida vertical" para ter em conta a posição teórica do tubo de subida quando este não está em serviço tendo em conta que o eixo do tubo de subida pode sofrer movimentos angulares em relação à vertical e mover-se em um cone de ângulo α cujo vértice corresponde ao ponto de fixação da extremidade inferior do tubo de subida sobre a dita base.

30 Os ditos elementos de acoplamento, especialmente do tipo acopladores automáticos, são conhecidos do versado na técnica e compreendem o bloqueio entre uma parte macho e uma parte fêmea complementar,

sendo este bloqueio concebido para se realizar de forma simples no fundo do mar com o auxílio de um ROV, robô comandado da superfície, sem necessidade de uma intervenção manual direta de pessoal.

A instalação segundo a presente invenção é vantajosa pois apresenta uma geometria relativamente estática dos ditos elementos de união em relação à dita base, e mais particularmente em relação ao dito suporte móvel, sendo os ditos elementos de união mantidos de maneira rígida sobre o dito suporte móvel. A parte baixa da torre encontra-se assim perfeitamente estabilizada e não suporta esforços nenhum, especialmente ao nível do acoplamento entre o tubo de subida vertical e a conduta apoiada no fundo do mar, pois os movimentos de translação longitudinal do suporte móvel criam uma flexibilidade na extremidade da conduta submarina apoiada no fundo do mar, sendo a dita flexibilidade capaz de absorver por deformação o alongamento ou a retração da conduta submarina sob o efeito da temperatura e da pressão, evitando assim criar esforços de impulso consideráveis no seio da conduta submarina, podendo esses esforços atingir 100, ou mesmo 200 toneladas ou mais, e transmiti-los à fundação da torre do tubo de subida.

Em um modo de realização preferido, o dito tubo de subida vertical compreende na sua parte terminal inferior uma junta flexível, de preferência reforçada, que permite movimentos angulares α da parte do dito tubo de subida vertical situada acima da dita junta flexível, e os ditos elementos de união compreendem a dita junta flexível ou uma parte de tubo de subida vertical situada abaixo da dita junta flexível.

Uma junta flexível permite uma variação importante do ângulo α entre o eixo do tubo de subida e a sua posição teórica vertical em repouso, sem gerar esforços significativos nas partes da conduta situadas de um lado e do outro da dita junta flexível: estas juntas flexíveis são conhecidas do versado na técnica e podem ser constituídas por uma rótula esférica com junta de estanquicidade, ou uma rótula laminada constituída por alternâncias de folhas de elastômero e de chapa aderente, capaz de absorver movimentos angulares importantes por deformação dos elastômeros, conservando ao mesmo tempo uma estanquicidade perfeita em consequência da ausência

de junta de atrito. O dito ângulo α está em geral compreendido entre 10 e 15 graus.

Em todos os casos, a dita junta flexível é oca para deixar passar o fluido, e o seu diâmetro interior é, de preferência sensivelmente do mesmo diâmetro que o das condutas adjacentes que estão ligadas a ela, especial-
5 mente a do tubo de subida vertical.

Entende-se aqui por "junta flexível reforçada", uma junta capaz de transferir para o suporte móvel os esforços verticais criados pela tensão gerada pelo flutuador de subsuperfície, e os esforços horizontais criados pe-
10 la ondulação, e a corrente que atua sobre a parte vertical do tubo de subida, do flutuador e da ligação flexível para o suporte flutuante, assim como pelos deslocamentos do dito suporte flutuante.

Desde que os ditos elementos de união compreendam a dita junta flexível, a dita junta flexível corresponde então a um elemento terminal
15 dos elementos de união que asseguram a união com o dito tubo de subida vertical.

Devido à presença da dita junta flexível, e da ligação flexível para o suporte flutuante situado na cabeça do tubo de subida vertical, o deslocamento horizontal da base do tubo de subida vertical que se encontra em
20 um ponto sensivelmente fixo em altitude, não gera esforços significativos no conjunto articulado constituído pelo dito suporte móvel, da dita junta flexível, do dito tubo de subida e da dita ligação para o suporte de superfície, sob o efeito dos deslocamentos do dito suporte móvel no seio da dita plataforma base, deslocamento que não ultrapassa em geral os 5 m.

25 Conhece-se o método de intervenção no interior das canalizações, dita "coiled-tubing", que consiste em empurrar um tubo rígido de pequeno diâmetro, em geral 20 a 50 mm, através da conduta. O dito tubo rígido é armazenado enrolado por simples dobragem sobre um tambor, e depois destorcido quando se desbobina. O dito tubo pode medir vários milhares de
30 metros em um único comprimento. A extremidade do tubo situada no núcleo do tambor de armazenagem está ligada por intermediário de uma junta rotativa a um dispositivo de bombagem capaz de injetar um líquido à alta pres-

são e à alta temperatura. Assim, empurrando o tubo delgado através da conduta, e mantendo a bombagem e a contrapressão, esta conduta é limpa graças à injeção de um produto quente capaz de dissolver os rolhões. Este método de intervenção é correntemente utilizado durante as intervenções em poços verticais ou em condutas obstruídas por formações de parafinas ou de hidratos, fenômenos correntes e receados em todas as instalações de produção de petróleo bruto. O procedimento de "coiled-tubing" é designado seguidamente por "limpeza por tubagem contínua" ou NTC.

A instalação segundo a invenção compreende portanto vantajosamente um dispositivo em forma de pescoço de cisne que assegura a ligação entre a extremidade superior do dito tubo de subida e uma conduta de ligação com o suporte flutuante, de modo que se pode intervir no interior do dito tubo de subida vertical desde a parte superior do flutuador através do dito dispositivo em forma de pescoço de cisne, de modo a aceder ao interior do tubo de subida e limpar por injeção de líquido e/ou por raspagem da parede interna do dito tubo de subida, e em seguida, no caso vertente, da dita conduta submarina apoiada no fundo do mar.

Vantajosamente ainda, a instalação segundo a invenção compreende um segundo invólucro exterior à seção transversal circular contendo pelo menos um dispositivo de isolamento e de aquecimento segundo a invenção, o dito invólucro exterior do dito dispositivo de isolamento e de aquecimento sendo tornado solidário do dito segundo invólucro exterior, de preferência por ligações elásticas e de preferência ainda o dito segundo invólucro exterior compreende meios em forma de espiral sobre a sua periferia externa aptos a impedir a formação de vórtices ou de desprendimento tubular sob o efeito da corrente marítima.

Este modo de realização é particularmente vantajoso quando o dispositivo de isolamento e de aquecimento segundo a invenção compreende um dito invólucro exterior com seção transversal não-circular ou quando a instalação compreende pelo menos dois ditos dispositivos de isolamento e de aquecimento com dois ditos invólucros exteriores lado a lado com a seção transversal circular ou não-circular.

A presente invenção tem igualmente por objeto um processo de aquecimento e isolamento térmico de pelo menos uma conduta principal submarina de ligação fundo-superfície destinado a assegurar a circulação de um efluente quente no fundo do mar ou desde o fundo do mar até a superfície, caracterizado por se utilizar um dispositivo de aquecimento e de isolamento térmico segundo a invenção, de preferência em uma instalação segundo a invenção, e se fazer circular um dito fluido transportador de calor no interior da dita câmara interior.

Em uma forma de realização particular, o dito fluido transportador de calor é escolhido de entre a água do mar, a água doce, o óleo diesel, o óleo.

De preferência, escolhe-se um fluido transportador de calor de densidade inferior à da água de modo que este contribua para dar fluidez ao dispositivo de isolamento e de aquecimento segundo a presente invenção. Poderá tratar-se especialmente de óleo diesel com densidade da ordem de 0,85.

É vantajoso aplicar um fluido transportador de calor de elevado calor específico, tal como a água do mar ou a água doce, mas prefere-se esta última, pois ela é menos agressiva face às paredes metálicas da câmara interior e quando se juntam aditivos para evitar a proliferação de algas e outros organismos, pelo simples fato da diferença de densidade em relação à água do mar, a interface entre os dois fluidos existentes na parte baixa da coluna montante será apenas ligeiramente perturbada e os ditos aditivos permanecerão por um longo período no seio da água doce em circulação.

O processo de aquecimento e isolamento térmico segundo a invenção é particularmente vantajoso quando se aquece a dita conduta principal com a dita circulação do dito fluido transportador de calor durante uma fase de arranque da produção após uma parada prolongada.

Outras características e vantagens da presente invenção ressaltarão melhor da leitura da descrição que se segue, feita de modo ilustrativo e não-limitativo, com referência aos desenhos anexos nos quais:

A figura 1 é uma vista de lado de uma ligação fundo-superfície

de tipo torre tubo de subida ligando uma conduta submarina 13 apoiada no fundo do mar 30 e um suporte flutuante 10 à superfície 31.

A figura 1a é uma vista em corte de uma dupla conduta de circulação do fluido transportador de calor.

5 A figura 1b é uma vista da extremidade inferior do dispositivo segundo a invenção associada a uma base de ancoramento 19 no fundo do mar 30.

As figuras 2, 3 e 4 são seções transversais de um dispositivo de isolamento térmico e aquecimento segundo a invenção cujo invólucro exterior 3 é respectivamente de configuração circular (figura 2), de tipo retangular (figura 3) e de tipo oval (figura 4), a câmara interior 4 comportando duas condutas 1a, 1b de produção, uma conduta 7₁ de injeção de gás e uma conduta 6₁ de aquecimento.

15 As figuras 5 e 6 representam seções de um dispositivo de isolamento térmico e aquecimento segundo a invenção, de tipo invertido ou seja com um invólucro exterior 3 de configuração circular e uma câmara interior 4 com configuração oval (figura 5) e retangular (figura 6).

A figura 7 é um corte em vista lateral de um dispositivo de isolamento térmico e aquecimento 1 segundo a invenção, comportando uma conduta 1a de produção, uma conduta 6₁ de aquecimento por transporte de fluido transportador de calor, que atravessa uma câmara interior de aquecimento 4, estando esta envolvida por um isolamento periférico com um revestimento isolante térmico 2, estando a parte inferior do dispositivo em comunicação direta com a água do mar.

25 A figura 8 é uma variante da figura 7, na qual se representaram dispositivos 16₁ de manutenção das condutas 1a e 6₁ no interior da câmara interior de aquecimento 4 e dispositivos 15, 16 e 17 que permitem o controle das deformações do invólucro exterior 3, e cuja parte inferior do dispositivo comporta um sistema de isolamento suplementar 2₁ diretamente em torno da conduta, estando a extremidade inferior do dispositivo completamente tapada 11₂.

As figuras 8A a C representam uma vista em seção transversal,

da figura 8, ao nível das divisórias estanques, cérceas de centragem e cérceas de conformação.

A figura 9 é um corte em vista lateral da parte superior de um dispositivo segundo a invenção, de acordo com a figura 7 ou 8 e comportando um dispositivo de bombagem 9 e de aquecimento 6₄ do fluido transportador de calor que se faz circular em anel no interior da câmara 4 intermediária da conduta de chegada 6₁ do fluido transportador de calor.

A figura 10 é um corte em seção transversal horizontal de um duplo dispositivo de isolamento e de aquecimento segundo a invenção, equipado na sua periferia de um segundo invólucro exterior circular 3₁.

A figura 11 é uma vista lateral de um dispositivo segundo a figura 10 cujo dito segundo invólucro circular 3₁ está equipado com uma hélice que visa reduzir os fenômenos de turbulência sob o efeito da corrente.

Na figura 1, representou-se uma instalação de ligação fundo-superfície entre uma conduta submarina 13 apoiada no fundo do mar, especialmente a grande profundidade, e um suporte flutuante 10 de tipo FPSO, compreendendo:

a) um tubo de subida vertical 1a, 1b ligado na sua extremidade inferior a pelo menos uma dita conduta submarina 13 apoiada no fundo do mar, e na sua extremidade superior a pelo menos um flutuador 14, estando o dito tubo de subida vertical incluído em um dispositivo de isolamento térmico e de aquecimento 1 segundo a invenção, correspondendo o dito tubo de subida vertical à dita conduta principal, estendendo-se a dita câmara interior 4 sobre uma altura de pelo menos 1000 metros, e

b) uma conduta de ligação 12 flexível, que assegura a ligação entre um suporte flutuante 10 e a extremidade superior do dito tubo de subida vertical 1, e

c) uma dupla conduta flexível exterior 6₂, 6₃ de circulação respectivamente de chegada e de retorno do fluido transportador de calor 5 entre o suporte flutuante 10 e os ditos primeiro e segundo orifícios 8₁, 8₂ da primeira extremidade 4₁ da câmara interior 4 e uma dita conduta exterior flexível de injeção de gás 7₂, e

d) a ligação entre a extremidade inferior do tubo de subida vertical 1a, 1b e uma dita conduta submarina 13 apoiada no fundo do mar, é feita por intermédio de um sistema de ancoramento compreendendo uma base 19 pousada no fundo, assegurando a dita base 19 a manutenção e o guiamento dos elementos de união entre a extremidade inferior do tubo de subida vertical 1a, 1b e a extremidade da dita conduta apoiada no fundo do mar 13, compreendendo os ditos elementos de união um elemento de conduta curvo 20 e um elemento de acoplamento de conduta 21, consistindo em um único acoplador automático, e compreendendo o dito tubo de subida vertical 1a, 1b na sua parte terminal inferior uma junta flexível 22 que permite movimentos angulares da parte do tubo de subida vertical 1a, 1b situada acima da dita junta flexível 22, compreendendo os ditos elementos de união a dita junta flexível 22 ou uma parte do tubo de subida vertical situada abaixo da dita junta flexível 22.

As diferentes condutas flexíveis 6₂, 6₃, 7₂ e 12 estão suspensas do bordo do FPSO e estão ligadas ao topo da instalação, sendo esta designada seguidamente por torre, seja ao nível de uma mesa superior 11₁, seja ao nível de um dispositivo de pescoço de cisne 24. Todas estas condutas flexíveis adotam uma configuração de catenária. A instalação compreende com efeito um dispositivo em forma de pescoço de cisne 24 que assegura a ligação entre a extremidade superior do dito tubo de subida vertical 1a, 1b e uma dita conduta de ligação 12 com o suporte flutuante 10, de modo que se pode intervir no interior do dito tubo de subida vertical a partir da parte superior do dito flutuador 14 através do dito dispositivo em forma de pescoço de cisne 24, de modo a aceder ao interior do dito tubo de subida vertical e limpá-lo por injeção de líquido e/ou por raspagem da parede interna do dito tubo de subida vertical 5, e em seguida, no caso vertente, a dita conduta submarina 13 apoiada no fundo do mar.

A dita conduta flexível 12 de produção está portanto ligada ao pescoço de cisne 24 no topo do qual está instalado um flutuador 14 de grande capacidade. O pescoço de cisne 24 está ligado ao flutuador 14 por intermédio de uma conduta flexível, o que permite efetuar, desde a superfície,

intervenções de limpeza da conduta vertical 1a com a ajuda de um navio 10₁ equipado com um dispositivo de "coiled-tubing" conhecido dos versados na técnica. A conduta de produção 1a atravessa a totalidade do dispositivo de isolamento e de aquecimento 1 segundo a invenção e termina na sua parte inferior por uma junta flexível 22 estanque cujo diâmetro interno corresponde sensivelmente ao diâmetro da conduta principal 1a. A base 19 está ancorada no fundo do mar 31 e ligada por intermediário de uma conduta em forma de cotovelo 20 e de um acoplador automático 21, estando a conduta submarina 13 apoiada no fundo do mar 30. Como explicitado anteriormente, a dita junta flexível 22 permite movimentos angulares do dispositivo de isolamento e de aquecimento 1 sob o efeito da ondulação e da corrente, e além disso, é capaz de absorver os esforços verticais de tração criados pelo flutuador 14, assim como pela eventual fluatibilidade própria dos componentes isolantes integrados no dispositivo de isolamento e de aquecimento 1.

A dupla conduta de circulação do fluido transportador de calor 6₂, 6₃ e a conduta de chegada do gás 7₂, entre o suporte flutuante 10 e o topo do dispositivo de isolamento 1, estão associadas aos orifícios 8₁, 8₂ e respectivamente 8₃ previstos na tampa transversal de extremidade superior 11₁, ainda chamada seguidamente mesa superior 11₁, no topo 4₁ do dispositivo de isolamento e de aquecimento 1 segundo a invenção. Como representado nas figuras 7 a 9, a mesa superior 11₁ está solidária com a conduta vertical de produção 1a e atravessada 8₅ por esta, ao mesmo tempo que suporta o invólucro exterior 3₁ e a parede periférica tubular da câmara interior 4. Assim a conduta de produção 1a suporta a totalidade da tensão criada pelo flutuador 14 e, além disso, suporta a mesa superior 11₁ assim como os elementos constituintes do dispositivo de isolamento e de aquecimento 1 que consistem no invólucro exterior 3 e na câmara interior 4.

Nas figuras 7 a 9, representou-se o dispositivo de aquecimento e de isolamento térmico 1 segundo a invenção, que compreende:

- a conduta principal submarina 1a ou tubo de subida vertical 1a destinado à circulação de petróleo quente,
- uma câmara interior 4 de forma cilíndrica com seção circular

no interior da qual está contido o dito tubo de subida vertical 1a,

- um dito invólucro exterior 3, igualmente de forma cilíndrica e coaxial com a dita câmara interior 4.

Os meios de isolamento térmico e de aquecimento são constituídos por:

- um revestimento isolante térmico 2 que preenche o espaço entre a câmara interior 4 e o invólucro exterior 3, e

- um fluido transportador de calor 5 que circula no interior da câmara interior 4 a partir de sua extremidade inferior 4₂ até a sua extremidade superior 4₁ ao nível do dito segundo orifício 8₂ que atravessa a mesa superior 11₁.

O fluido transportador de calor é levado ao topo do dispositivo de isolamento e de aquecimento 1 segundo a invenção pela conduta exterior flexível 6₂, a qual está ligada a uma conduta interior 6₁ de circulação do fluido transportador de calor no interior da câmara 4, ao nível do primeiro orifício 8₁ que atravessa a mesa superior 11₁.

A conduta interior 6₁ estende-se paralelamente à conduta principal 1a na direção longitudinal ZZ' da câmara interior 4, de modo que o fluido transportador de calor desemboca na câmara interior 4 pela extremidade 6₅ da dita conduta de chegada 6₁ na proximidade da extremidade inferior 4₂ do dispositivo de isolamento e de aquecimento 1. A circulação do fluido transportador de calor 5 no interior da câmara 4 faz-se por aspiração ao nível do orifício de saída 8₂ no topo 4₁ do dispositivo de isolamento e de aquecimento 1 segundo duas variantes de realização.

Segundo uma primeira variante representada nas figuras 7 e 8, o segundo orifício de saída 8₂ do fluido transportador de calor está ligado a uma segunda conduta exterior flexível 6₃ de retorno do dito fluido transportador de calor para o suporte flutuante 10, e é ao nível do suporte flutuante 10 que se encontra um sistema de bombagem e de aquecimento do fluido.

Segundo uma segunda variante de realização representada na figura 9, um dispositivo de bombagem 9 está instalado sobre a mesa 11₁ de modo a cooperar com os ditos primeiro orifício 8₁ do fluido transportador de

calor 5 e segundo orifício 8_2 de saída do fluido transportador de calor que permite fazer circular em anel o fluido transportador de calor no interior da câmara 4.

Como representado na figura 9, a bomba 9 que pode ser elétrica, 5 hidráulica ou pneumática está contida no interior de um contentor 9_1 apoiado na mesa superior 11_1 . O orifício de aspiração da bomba está ligado ao orifício de saída 8_2 do fluido transportador de calor ao nível da mesa 11_1 e o orifício de saída da bomba está ligado ao orifício de alimentação 8_1 do fluido no interior da câmara 4 ao nível da mesa superior 11_1 . A resistência elétrica 6_4 10 mergulha no interior da conduta 6_1 em um comprimento suficiente para que o fluido transportador de calor 5 possa ser aquecido à temperatura conveniente antes de prosseguir o seu curso para a parte inferior da câmara 4. Para clareza do desenho, o orifício 8_3 da conduta de injeção de gás 7_1 foi desviado para a esquerda em relação à representação das figuras 7 e 8. A resis- 15 tência elétrica 6_4 assim como o motor da bomba 9 são alimentados por um cabo elétrico 6_6 com configuração de catenária que liga o bordo do FPSO (não representado). A conduta flexível exterior 6_2 de alimentação em fluido transportador de calor coopera com o orifício 6_7 e permite efetuar o enchimento em fluido transportador de calor da câmara 5. A bomba 9 e o disposi- 20 tivo de resistência elétrica 6_4 no seio do contentor 9_1 podem ser mantidos pois o contentor 9_1 é independente e vem ligar-se por meios não representados ao nível da mesa superior 11_1 . Pode pois desligar-se o contentor 9_1 e proceder à sua deslocação até um navio de intervenção 10_1 posicionado na vertical da mesa 11_1 . Após reparação ou substituição, o contentor 9_1 é des- 25 cido novamente, os cabos elétricos são religados, as válvulas de isolamento, não representadas, são abertas e o fluido transportador de calor 5 pode ser, de novo, posto a circular e aquecido segundo as necessidades.

Esta segunda variante de realização com uma bomba 9 instalada no topo do dispositivo de isolamento 1 é vantajosa no caso em que as calorias 30 necessárias ao aquecimento do fluido transportador de calor 5 são produzidas por geradores elétricos. Pelo contrário, a primeira variante representada nas figuras 7 e 8 é vantajosa no caso em que as calorias são recupera-

das em diversas instalações existentes a bordo do suporte flutuante e, em particular, ao nível das turbinas a gás, dos grupos diesel ou dos fornos de eliminação de produtos poluentes.

Nas figuras 7 e 8, vê-se que a mesa superior 11₁ está solidarizada com a conduta principal 1a ao nível do reforço 11₄ e suportada por este último. A parede da câmara interior 4 assim como o invólucro exterior 3 são solidários de forma estanque com a mesa superior 11₁. A conduta de chegada interior 6₁ do fluido transportador de calor é suportada de forma estanque pela mesa superior 11₁ com o auxílio do reforço 11₅, a dita conduta de chegada 6₁ atravessa toda a altura da câmara interior 4 para desembocar em um ponto 6₅ próximo do fundo 4₂. Assim o fluido transportador de calor preenche o espaço compreendido entre as diferentes condutas 1a, 6₁ no interior da câmara 4, espaço delimitado no seu topo pela mesa superior 11₁. Seguidamente o fluido sai pelo segundo orifício 8₂ para chegar, através de uma ligação exterior flexível 6₃, ao suporte flutuante 10 onde o fluido transportador de calor é aquecido e depois bombado de novo para o orifício de alimentação 8₁ através da conduta exterior flexível de alimentação 6₂, de modo a assegurar uma circulação contínua e manter o conjunto dos componentes a uma temperatura que impeça o bloqueamento das condutas por formação de parafina ou de hidrato. A conduta de injeção de gás interior 7₁ está solidarizada de forma estanque à mesa superior 11₁ com o auxílio do reforço 11₆ aonde ela é mantida em suspensão. A conduta interna de injeção de gás 7₁ está vantajosamente enrolada em espiral em torno da conduta de chegada 6₁ do fluido transportador de calor quente, para finalmente ser acoplada diretamente em 7₄ à conduta principal 1a de produção para efetuar a "elevação a gás" (elevação por injeção de gás).

Em configuração de produção, o gás é injetado sob uma pressão ligeiramente superior à pressão interna reinante na conduta principal 1a ao nível do orifício 7₄, por exemplo, 0,5 a 2 bar a mais, o que produz bolhas 7₃ no seio do petróleo bruto, que têm por efeito modificar-lhe a densidade e assim criar um efeito acelerador sobre a veia fluida. À medida que as bolhas 7₃ se elevam, a pressão hidrostática no seio do petróleo bruto diminui, o que

gera um aumento do volume das bolhas, reduzindo assim a densidade aparente do petróleo e acelerando o processo de transferência do petróleo bruto do fundo do mar para o FPSO.

A disposição em espiral da conduta interna de injeção de gás 7_1 apresenta três vantagens particulares:

- por um lado, a conduta de injeção de gás 7_1 encontra-se mais perto da conduta exterior de chegada 6_1 do fluido transportador de calor e mantém portanto o gás a uma temperatura ótima até que ele seja injetado na base da conduta principal 1a de produção,

- por outro lado, estando a dita conduta 7_1 fixada rigidamente 11_5 na sua parte superior, ao nível da mesa superior 11_1 , e na sua parte inferior ao nível do orifício 7_4 de injeção, as dilatações diferenciais entre a conduta principal 1a de produção e a conduta de injeção de gás 7_1 , são absorvidas sem danos por deformação elástica da espiral que forma a dita conduta 7_1 enrolada em espiral em torno da conduta 6_1 de fluido transportador de calor, o que permite o emprego de simples condutas em aço.

- finalmente, em caso de parada da instalação, o tubo de subida 1a está cheio de petróleo bruto, que invade também a conduta de injeção de gás 7_1 sobre uma certa altura, em consequência da ausência de válvula de retenção ao nível do orifício de injeção 7_4 ; com efeito, evita-se instalar tais válvulas de retenção pois elas necessitam de manutenção e podem originar falhas intempestivas caso deixem de desempenhar a sua função, por exemplo, tendo fugas o ficando bloqueadas em posição aberta ou fechada. Assim, durante os rearranques, faz-se circular vantajosamente fluido transportador de calor 5 na câmara 4, o que tem por efeito imediato fluidificar a rama contida na conduta de injeção 7_1 de gás enrolada em espiral e em contato direto com a conduta de chegada de fluido quente 6_1 , e de o manter a uma temperatura elevada, ao mesmo tempo que aquece pouco a pouco o petróleo bruto contido na conduta principal 1a de produção. Ao manter-se uma pressão de gás suficientemente elevada, desde que o petróleo no tubo de subida 1a está suficientemente fluido, a conduta de injeção 7_1 de gás é purgada rapidamente e a "elevação a gás" entra em ação imediatamente, permitindo as-

sim um rearranque óptimo da instalação.

Na figura 7, o revestimento isolante 2 é confinado no espaço compreendido entre a mesa superior 11₁, a câmara interior 4, o envelope exterior 3, e a tampa transversal 11₂ situada na extremidade inferior 4₂ do dispositivo de isolamento e aquecimento 1. Esta tampa transversal de extremidade 11₂ na extremidade inferior 4₂ do dispositivo é aberta no seu centro por um orifício 8₄ de modo que, na parte inferior do dispositivo 1, o interior da câmara 4 está em contato direto com a água do mar. Na medida em que o fluido transportador de calor é suficientemente não miscível com a água do mar e tem densidade inferior, cria-se uma zona de interface entre o fluido transportador quente e a água do mar. O fluido transportador pode ser água doce quente e a mistura eventual das águas não apresenta inconveniente maior a não ser o de perder localmente uma pequena parte das calorias do fluido transportador de calor. Por outro lado, para melhorar o isolamento do tubo de subida 1, dispõe-se vantajosamente um isolamento suplementar 2₁, por exemplo, espuma sintética ou ainda uma seção de tubo concêntrico estendendo-se, por exemplo, sobre uma altura de 30 a 40 metros, centrada sobre a zona interface entre fluido transportador de calor e água do mar, na direção longitudinal ZZ'. Assim, dispondo-se a extremidade inferior 6₅ da conduta de chegada 6₁ do fluido transportador de calor a, por exemplo, 20 metros do ponto baixo 4₂ da câmara interior 4 e equipando vantajosamente ainda a extremidade 6₅ da conduta de chegada 6₁ do fluido transportador de calor com um defletor 6₈, mantém-se a interface água quente-água fria muito acima do ponto baixo 4₂ da câmara interior 4 e minimizam-se as perdas caloríficas inúteis. Quanto mais o isolamento complementar 2₁ se estender bem acima do defletor 6₈, garante-se, para além de um excelente nível de isolamento, um aquecimento plenamente eficaz à conduta 1a na sua parte inferior. Este modo de realização, no qual a extremidade inferior 4₂ da câmara interior 4 está aberta por um orifício 8₄ de diâmetro superior ao da conduta principal 1a equipada com o seu revestimento isolante complementar 2₁, é vantajoso pois permite o alongamento e a retração do tubo de subida 1a em conseqüência das variações de temperatura sem gerar dificuldades mecâni-

cas de interface para a ligação da extremidade inferior da conduta principal 1a com a tampa transversal da extremidade inferior 11₂ do dispositivo de isolamento 1 segundo a invenção.

Na figura 8, representou-se uma variante de realização, na qual a tampa transversal da extremidade inferior 11₂ está associada a um bucim tubular 11₃ que envolve a extremidade inferior da conduta principal 1a equipada com o seu revestimento isolante complementar 2₁ de modo a confinar, de preferência de modo estanque, o interior da câmara 4. Assim minimizam-se as trocas com o exterior, o que é preferível quando o fluido transportador de calor é um fluido poluente como o óleo diesel. Além disso, o óleo diesel é interessante pois, devido à sua fraca densidade ($d=0,85$), o óleo diesel pode contribuir a conferir flutuabilidade ao dispositivo de isolamento e de aquecimento 1 no seu conjunto. A superfície exterior dos meios de isolamento 2₁, que envolvem a conduta principal 1a na sua extremidade inferior, desliza com folga reduzida no interior da manga tubular 11₃, e, para eliminar os riscos de fugas, instalam-se vantajosamente juntas de estanquidade, não representadas, em pelo menos uma das duas extremidades dessa manga tubular 11₃, estando esta solidária da tampa da extremidade inferior 11₂.

Na figura 8, representou-se no interior da câmara interior 4, elementos de centragem 16₁ que permitem manter as condutas 1a e 6₁ sensivelmente paralelamente à direção longitudinal ZZ' da câmara, ao mesmo tempo que permite movimentos devido às dilatações diferenciais segundo o dito eixo ZZ'.

Por outro lado, na figura 8, representou-se igualmente uma variante de realização com divisórias estanques intermediárias 15, cérceas de centragem 16 e cérceas conformadoras 17 no espaço entre a câmara interior 4 e o invólucro exterior 3 no caso em que o revestimento isolante 2 é um material sujeito a migração. Divisórias estanques intermediárias 15, cérceas de centragem 16 e cérceas conformadoras 17 limitam a expansão e a contração do material isolante sujeito a migração, e portanto as deformações do invólucro exterior 3 como explicitado anteriormente. As divisórias transversais intermediárias estanques 15 assim como as tampas de extremidade

11₁, 11₂ são constituídas por uma estrutura rígida fechada solidária, atravessada pela parede da dita câmara interior 4 e solidária com a parede do invólucro exterior 3; elas estão espaçadas de preferência a intervalos regulares de pelo menos 200 metros na direção ZZ'. No espaço entre as duas tampas transversais estanques 11₁, 11₂, dispõe-se pelo menos uma cércea de centragem 16. Cada cércea de centragem 16 é constituída por uma peça rígida solidária da parede da câmara interior 4 e apresenta uma forma que permite um deslocamento limitado do invólucro exterior 3 tanto em contração como em expansão. Este modo de realização convém para uma câmara interior cuja parede é rígida, especialmente de forma circular, e o invólucro exterior 3 é constituído por um material flexível ou semi-rígido apto a estar em contato com a superfície exterior do revestimento isolante 2 quando este se deforma. Na figura 8A, representou-se um modo de realização em que o perímetro da seção transversal da superfície livre exterior cilíndrica da peça rígida que constitui a cércea de centragem 16, está retraída em relação à da divisória estanque intermediária 15 e limita as deformações do invólucro exterior 3 por encosto mecânico desta sobre a peça rígida 16 em pelo menos dois pontos opostos do perímetro da seção transversal do dito invólucro exterior 3. Como descrito em FR 2 821 915, a peça rígida 16 apresenta uma parte da sua superfície livre exterior cilíndrica suficientemente retraída em relação à superfície do invólucro exterior 3 e/ou apresenta perfurações que a atravessam de modo a criar um espaço que permite a transferência de matéria isolante 2 através da cércea de centragem ou em torno da cércea de centragem 16.

Em uma variante de realização não representada, quando o invólucro exterior 3 é realizado em material rígido e apresenta um perfil de seção transversal horizontal circular e que é a câmara interior 4 que é realizada em material flexível ou semi-rígido, de preferência um perfil de seção transversal horizontal oval ou alongado de tipo retangular, a peça rígida constituinte das cérceas de centragem 16 é solidária do invólucro exterior 3 e é a superfície livre interior cilíndrica da peça rígida 16 que está então retraída em relação à parede da câmara interior 4, de modo a permitir a expansão ou a contração da parede da câmara interior 4 em face da cércea de centragem 16.

É igualmente vantajoso prever cêrceas conformadoras 17 entre duas cêrceas de centragem 16 como representado no compartimento inferior entre a tampa da extremidade inferior 11₂ e a primeira divisória transversal intermediária estanque 15 na figura 8. Esta cêrcea conformadora 17 é constituída por uma estrutura rígida solidária das paredes do invólucro exterior 3 e da câmara interior 4. Na figura 8C, a cêrcea conformadora 17 apresenta aberturas 17₁ que permitem a passagem da matéria sujeita a migração do dito material isolante 2 através da cêrcea conformadora 17 e depois obter o efeito técnico exposto anteriormente descrito em FR 2 821 915.

10 Nas figuras 2 a 6, representou-se diferentes tipos de configuração geométrica da seção transversal horizontal das câmaras interiores 4 e do invólucro exterior 3, antes de mais as câmaras interiores 4 e invólucros exteriores 3 podem ser constituídos ambos por um material rígido e apresentar uma seção transversal horizontal de configuração circular. Este tipo de
15 configuração pode convir quando o material isolante térmico 2 é um material rígido, tal como espuma sintética.

Contudo, quando o material isolante térmico 2 é um material sujeito a migração, especialmente do tipo gel, e mais particularmente ainda um composto com mudança de fase, tal como uma parafina ou ainda uma combinação desses diversos sistemas de isolamento e de acumulação de energia, é preferível que o invólucro exterior 3 e/ou a câmara interior 4 sejam
20 constituídos por um material flexível ou semi-rígido apto a acompanhar as deformações do dito material isolante. Diferentes configurações podem ser consideradas.

25 Notar-se-á que nas figuras 2 a 6, se representou um dispositivo de isolamento e de aquecimento que compreende um feixe de condutas 1a, 1b dispostas paralelamente no interior da câmara interior 4 ao longo da sua direção longitudinal ZZ'.

30 Nas figuras 3 e 4, representou-se um dispositivo de isolamento 1 mais particularmente adaptado ao revestimento isolante 2 de tipo gel ou material com mudança de fase sujeito a fortes variações de volume devido à temperatura e/ou aos fenômenos de mudança de fase. Estes dispositivos

têm a capacidade de absorver as variações de volume importantes por "retoma da forma redonda" da forma do invólucro exterior representado na figura 3 com uma seção transversal horizontal de tipo retangular com cantos arredondados e na figura 4 com uma seção transversal horizontal com configuração oval. O invólucro exterior 3 deforma-se em expansão para uma forma circular sem gerar tensões significativas no invólucro exterior 3 durante os aumentos de volume interno. Nesta versão, o invólucro exterior pode ser realizado de material semi-rígido, de aço ou qualquer outro metal ou ainda de material compósito. Nas realizações da figura 3, a parede da câmara interior 4 pode, ela também, ser realizada de material semi-rígido mas é realizada de preferência de material de tipo rígido.

Nas figuras 5 e 6, representou-se uma configuração invertida da seção transversal horizontal das câmaras interiores 4 e invólucros exteriores 3. A forma deformável sob o efeito de expansão/contração do material isolante 2 é constituída pela parede da câmara interior 4 cuja seção transversal horizontal apresenta uma forma alongada de tipo retangular com bordos arredondados (figura 6) ou oval (figura 5) e o invólucro exterior 3 sendo então de configuração circular e podendo ser constituído por um material rígido. Assim, quando da retração do material isolante 2, a parede da câmara 4 tem tendência a tornar-se redonda, ao passo que ela se achata quando o material 2 se expande.

Na figura 10, representou-se em corte horizontal uma instalação compreendendo dois dispositivos de isolamento e de aquecimento 1 segundo a invenção, que apresentam cada um um invólucro exterior 3 cuja seção transversal horizontal apresenta um perfil retangular de cantos arredondados. Estes dois dispositivos 1 estão instalados no centro de um segundo invólucro exterior circular 3_1 desempenhando a função de resguardo. Os segundos invólucros circulares de resguardo foram igualmente descritos no estado da técnica. O dito segundo invólucro circular 3_1 minimiza os coeficientes hidrodinâmicos próprios do conjunto e portanto os esforços devido à corrente marítima. Este segundo invólucro circular 3_1 é tomado solidário dos dispositivos 1 por intermediário de espaçadores elásticos 3_5 , em elastômero

ou em material termoplástico, ou ainda por simples molas. Na figura 11, representou-se alhetas 3_2 em forma de espiral, ligadas ao exterior do segundo invólucro circular 3_1 e cuja função é de impedir a formação de vórtices ou descolamento turbilhonar sob o efeito de correntes marítimas. Estas disposições são igualmente conhecidas do versado na técnica e outras disposições equivalentes podem ser consideradas.

A invenção foi descrita com todos os pormenores para o caso de uma coluna montante, mas fica-se dentro do espírito da invenção quando se aplicam as diversas disposições da invenção a condutas submarinas apoiadas no fundo do mar.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo de aquecimento e de isolamento térmico (1) de pelo menos uma conduta principal submarina (1a, 1b) de ligação fundo-superfície destinada à circulação de um efluente quente, comportando:

- 5 - um revestimento de um material isolante térmico (2) envolvendo a ou as ditas condutas principais (1a, 1b),
- o dito revestimento isolante (2) estando revestido por um invólucro exterior de proteção estanque (3), de preferência de forma cilíndrica, caracterizado por compreender:
 - 10 a) uma câmara interior (4) de preferência de forma cilíndrica e coaxial (ZZ') no dito invólucro externo (3), tal que:
 - o dito revestimento isolante envolve a dita câmara interior e, de preferência, preenche o espaço anular entre o dito invólucro exterior (3) e a dita câmara interior (4), e
 - 15 - a dita conduta principal (1a, 1b) está contida no interior da dita câmara interior (4), de preferência de forma cilíndrica, e
 - b) os meios (6₁, 9) aptos a manter um fluido transportador de calor (5) em temperatura e fazê-lo circular no interior da dita câmara interior, o dito fluido transportador de calor (5) envolvendo a con-
 - 20 duta principal (1a, 1b) contida no interior de uma dita câmara interior (4).

2. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a dita câmara interior (4) ser percorrida por pelo menos uma conduta interior de injeção de gás (7₁) apta a permitir a injeção de gás na dita conduta principal (1a, 1b), estando a dita conduta interior de injeção de gás (7₁) acoplada (7₄) à dita conduta principal (1a, 1b) ao nível de uma extremidade (4₂) na direção longitudinal (ZZ') da dita conduta principal (1a, 1b) no interior da dita câmara interior (4) e, de preferência, a dita conduta de injeção de gás (7₁) estendendo-se no exterior da dita câmara interior (4) sob a forma de uma

30 conduta exterior de injeção de gás (7₂) que liga a dita conduta interna de injeção de gás (7₁) a um suporte flutuante (10).

3. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracteri-

zado por compreender meios de circulação de um fluido transportador de calor (5) compreendendo pelo menos uma conduta interna de chegada (6₁) de um fluido transportador de calor, que se estende no interior da dita câmara interior (4) desde um primeiro orifício (8₁) situado ao nível de uma primeira
5 extremidade (4₁) da câmara interior (4), de preferência até a proximidade da segunda extremidade (4₂) da dita câmara interior (4) na direção longitudinal (ZZ'), e um segundo orifício (8₂) de saída do dito fluido transportador de calor, de preferência ao nível da dita primeira extremidade (4₁) da câmara interior (4), a dita conduta interna de chegada (6a) de um fluido transportador de calor estando situada ao lado da dita conduta principal, entre esta última e o
10 dito material isolante exterior.

4. Dispositivo de acordo com uma das reivindicações 2 ou 3, caracterizado por a dita conduta interior de injeção de gás (7₁) é uma conduta enrolada em espiral em torno da dita conduta interior de chegada (6₁) do dito
15 fluido transportador de calor no interior da dita câmara interior (4).

5. Dispositivo de acordo com a reivindicação 3 ou 4, caracterizado pelo fato de que a dita conduta interior de chegada (6₁) do fluido transportador de calor ser prolongada por uma conduta exterior flexível (6₂) de alimentação em dito fluido transportador de calor desde o dito primeiro orifício
20 (8₁) até um suporte flutuante (10), e o dito segundo orifício de saída (8₂) do fluido transportador de calor estar acoplado a uma segunda conduta exterior flexível (6₃) de retorno do dito fluido transportador de calor para o dito suporte flutuante (10).

6. Dispositivo de acordo com a reivindicação 3 ou 4, caracterizado por a dita conduta interior de chegada (6₁) do fluido transportador de calor estar ligada a meios de circulação do fluido transportador de calor compreendendo uma bomba (9) associada ao dito primeiro orifício (8₁) de chegada do fluido transportador de calor e o dito segundo orifício (8₂) de saída do fluido transportador de calor ao nível de uma primeira extremidade (4₁) da câmara interior (4), a dita bomba (9) permitindo fazer circular o fluido transportador de calor sucessivamente no interior da dita conduta interior de chegada (6₁) do fluido transportador de calor, depois no interior da câmara interior (4),
25
30

depois fazê-lo sair da dita câmara interior (4) através do dito segundo orifício (8₂) e, enfim, de fazer recircular em anel na referida câmara interna (4) através do referido primeiro orifício (8₁), uma conduta exterior flexível (6₂) de circulação do fluido transportador de calor que assegura a ligação entre o dito
5 suporte flutuante e o corpo da bomba (9) ou o dito primeiro orifício (8₁).

7. Dispositivo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por compreender um meio de aquecimento (6₄) do fluido transportador de calor no interior da dita conduta interior de chegada (6₁) do fluido transportador de calor, de preferência sob a forma de uma resistência elétrica.

10 8. Dispositivo de acordo com uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado por compreender pelo menos uma tampa de extremidade transversal (11₁) em pelo menos uma dita primeira extremidade (4₁), suportando a dita tampa de extremidade transversal (11₁) a dita conduta principal (1a, 1b) assim como os ditos meios de circulação (6₁, 9), e sendo atravessado
15 (8₅) pela dita conduta principal (1a, 1b) e, no caso vertente, um primeiro e um segundo orifício (8₁, 8₂) que permitem a circulação do dito fluido transportador de calor (5) no interior e no exterior da dita câmara interior (4) através dos ditos orifícios (8₁, 8₂).

9. Dispositivo de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por
20 compreender uma primeira e segunda tampas transversais de extremidade (11₁, 11₂), respectivamente em cada uma das duas extremidades (4₁, 4₂) da câmara interior (4), a dita primeira tampa de extremidade (11₁) compreendendo, no caso vertente, os ditos primeiro e segundo orifícios (8₁, 8₂), e as duas ditas tampas transversais de extremidade (11₁, 11₂) que suportam o
25 dito invólucro exterior (3) e a dita câmara interior (4) e assegurando a sua ligação estanque, assegurando ao mesmo tempo, pelo menos ao nível da primeira extremidade (4₁), o confinamento do fluido transportador de calor (5) no interior da câmara interior (4).

30 10. Dispositivo de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por a dita segunda tampa de extremidade (11₂) compreender um grande orifício (8₄) de diâmetro superior ao da conduta principal, através do qual orifício, passa a dita conduta principal (1a), de modo que o fluido transportador

de calor (5) está em contato com a água do mar na extremidade inferior (4₂) da câmara interior (4).

11. Dispositivo de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por a dita segunda tampa de extremidade (11₂) compreender um orifício (8₄) envolvendo de forma solidária uma manga tubular (11₃) no interior da qual a dita conduta principal (1a) pode deslizar com folga reduzida, de preferência de modo estanque.

12. Dispositivo de acordo com uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado por a dita conduta principal (1a) ser revestida de um segundo revestimento isolante (2₁), pelo menos ao nível da dita segunda extremidade (4₂) da câmara interior (4), circulando o dito fluido transportador de calor na dita câmara interior (4) no exterior do dito segundo revestimento (2₂).

13. Dispositivo de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por o segundo revestimento (2₁) ser constituído por um material isolante térmico, de preferência um material isolante sólido, de preferência ainda espuma sintética, o dito material sólido envolvendo diretamente a dita conduta principal (1a), de preferência ainda o dito segundo material isolante enchendo por completo o espaço entre a dita conduta principal (1a) e uma segunda conduta coaxial no interior da qual está inserida a dita conduta principal.

14. Dispositivo de acordo com uma das reivindicações 1 a 13, caracterizado por o dito material isolante (2) compreender um material isolante sujeito a migração e pelo menos o dito invólucro exterior (3) e/ou a dita câmara interior (4) ser ou serem constituídos de um material sólido flexível ou semi-rígido apto a acompanhar as deformações do material isolante (2) e apto a estar em contato com este quando se deforma.

15. Dispositivo de acordo com uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado por o dito material isolante (2) ser um material com mudança de fase que apresenta uma temperatura de fusão líquido/sólido (T₀) de preferência compreendida entre 20 e 80°C, superior à (T₂) do meio envolvente marinho da conduta em operação e inferior à (T₁) a partir da qual os efluentes que circulam no interior da conduta apresentam um aumento de viscosidade prejudicial para a sua circulação na dita conduta principal (1a, 1b).

16. Dispositivo de acordo com a reivindicação 15, caracterizado por o dito material isolante (2) com mudança de fase compreender compostos químicos da família dos alcanos, de preferência uma parafina que compreende uma cadeia hidrocarbonada de pelo menos catorze átomos de carbono, de preferência ainda tetracosano de fórmula $C_{24}H_{50}$ que apresenta uma temperatura de fusão de cerca de 50°C.

17. Dispositivo de acordo com uma das reivindicações 1 a 16, caracterizado por o dito material isolante (2) compreender um complexo isolante compreendendo um primeiro composto, consistindo em um composto hidrocarbonado como a parafina ou o óleo diesel, em mistura com um segundo composto que consiste em um composto gelificante e/ou com efeito estruturante, especialmente por reticulação, tal como um segundo composto do tipo poliuretano, polipropileno reticulado, polietileno reticulado ou silicone, de preferência o dito primeiro composto apresentando-se sob a forma de partículas ou microcápsulas dispersas no seio de uma matriz do dito segundo composto, e o dito primeiro composto sendo escolhido, de preferência, entre os alcanos, tais como parafinas, ceras de betumes, alcatrões, álcoois graxos ou glicóis, de preferência ainda o dito primeiro composto sendo um composto com mudança de fase.

18. Dispositivo de acordo com uma das reivindicações 1 a 17, caracterizado por compreender um dito revestimento isolante (2) compreendendo um dito material sólido viscoso sujeito a migração e que compreende pelo menos duas divisórias transversais intermediárias estanques (15), cada uma das ditas divisórias transversais intermediárias (15) sendo constituída por uma estrutura rígida fechada atravessada pela dita câmara interior (4), e solidárias com as paredes da dita câmara interior (4) e do dito invólucro exterior (3), de preferência as ditas divisórias intermediárias (15) estando espaçadas a intervalos regulares ao longo do eixo longitudinal (ZZ') dos ditos câmara interior (4) e invólucro externo (3) coaxiais, de preferência ainda a uma distância de 50 a 200 metros.

19. Dispositivo de acordo com a reivindicação 18, caracterizado por compreender pelo menos uma cêrcea de centragem (16), de preferência

uma pluralidade de cérceas de centragem (16), disposta(s) de preferência a intervalos regulares, entre duas ditas divisórias transversais intermediárias estanques (15) sucessivas ao longo do dito eixo longitudinal (ZZ'), cada cércea de centragem (16) sendo constituída por uma peça rígida solidária da
5 parede da câmara interior (4) ou do dito invólucro exterior (3), apresentando uma forma que permite um deslocamento limitado do dito invólucro exterior(3) ou respectivamente da dita câmara interior (4), em contração ou em expansão, em face da dita cércea de centragem (16), pelo menos o dito invólucro exterior (3) ou respectivamente a dita câmara interior (4) sendo cons-
10 tituídos por um material flexível ou semi-rígido apto, no caso vertente, a estar em contato com o revestimento isolante quando este se deforma.

20. Dispositivo de acordo com uma das reivindicações 18 ou 19, caracterizado por compreender pelo menos uma, de preferência uma pluralidade, de cércea(s) conformadora(s) (17) constituída(s) por uma estrutura
15 rígida solidária da dita câmara interior e atravessada por esta e solidária com o dito invólucro exterior (3) na sua periferia, disposta(s) entre duas ditas divisórias transversais intermediárias estanques (15) sucessivas, a dita cércea conformadora apresentando aberturas que permitem a passagem da matéria constituinte do dito material isolante sujeito a migração (2) através da dita
20 cércea conformadora (17).

21. Dispositivo de acordo com uma das reivindicações 1 a 17, caracterizado por o dito invólucro exterior (3) e a dita câmara interior (4) serem coaxiais ao longo de um eixo longitudinal (ZZ') e definirem um perímetro que apresenta em repouso dois eixos de simetria (XX') e (YY') perpendicula-
25 res entre si e ao dito eixo longitudinal (ZZ'), e pelo menos uma das paredes constituintes dos dito invólucro exterior (3) e/ou câmara interior (4), serem constituídos por um material flexível ou semi-rígido, de preferência a outra parede sendo constituída por um material rígido, de preferência ainda com seção transversal de forma circular.

30 22. Dispositivo de acordo com a reivindicação 21, caracterizado por a seção transversal do invólucro exterior (3), de preferência constituído por um material rígido, ser de forma circular e a seção transversal da dita

câmara interior (4), de preferência constituída por um material flexível ou semi-rígido, e de forma oval ou de forma retangular com os cantos arredondados.

23. Dispositivo de acordo com a reivindicação 21, caracterizado
5 por a seção transversal da câmara interior (4), de preferência constituída por um material rígido, ser de forma circular e a seção transversal do invólucro (3), de preferência constituída por um material flexível ou semi-rígido, ser de forma oval ou de forma retangular com os cantos arredondados.

24. Dispositivo de acordo com uma das reivindicações 1 a 23,
10 caracterizado por a dita conduta principal (1a) e, no caso vertente, a dita conduta interna de chegada (6₁) de fluido transportador de calor estarem associadas no interior da dita câmara interior (4) com os elementos de centragem (16₁) que mantêm a ou as ditas condutas (1a, 6₁) sensivelmente paralelas ao eixo (ZZ') da dita câmara interior (4) ao mesmo tempo que permi-
15 tem o movimento das ditas condutas (1a, 6₁) devido às dilatações diferenciais destas.

25. Dispositivo de aquecimento e isolamento térmico (1) de um feixe de condutas principais submarinas (1a, 1b), caracterizado por compreender um dispositivo de acordo com uma das reivindicações 1 a 24 compre-
20 endendo pelo menos duas ditas condutas principais (1a, 1b) dispostas em paralelo e no interior da dita câmara interior (4).

26. Instalação de ligação fundo-superfície entre uma conduta submarina (13) apoiada no fundo do mar, especialmente a grande profundidade, e um suporte flutuante (10), compreendendo:

25 pelo menos um tubo de subida vertical (1a, 1b) ligado à sua extremidade inferior a pelo menos uma dita conduta submarina (13) apoiada no fundo do mar, e na sua extremidade superior a pelo menos um flutuador (14) estando o dito tubo de subida vertical incluído em um dispositivo (1) como definido em uma das reivindicações 1 a 25, correspondendo o dito tubo de
30 subida vertical à dita conduta principal, e a dita câmara interior (4) estendendo-se sobre uma altura de pelo menos 1000 metros, e

pelo menos uma conduta de ligação (12), de preferência uma

conduta flexível, assegurando a ligação entre o suporte flutuante (10) e a extremidade superior do dito tubo de subida vertical (4), e

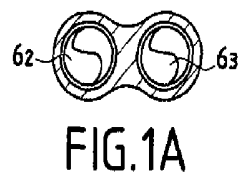
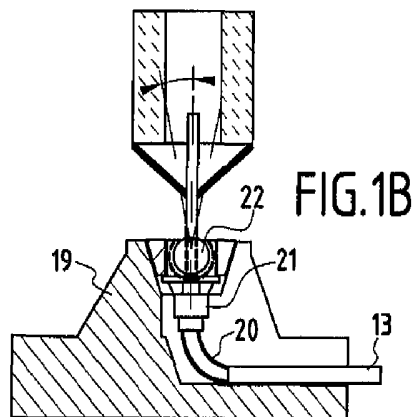
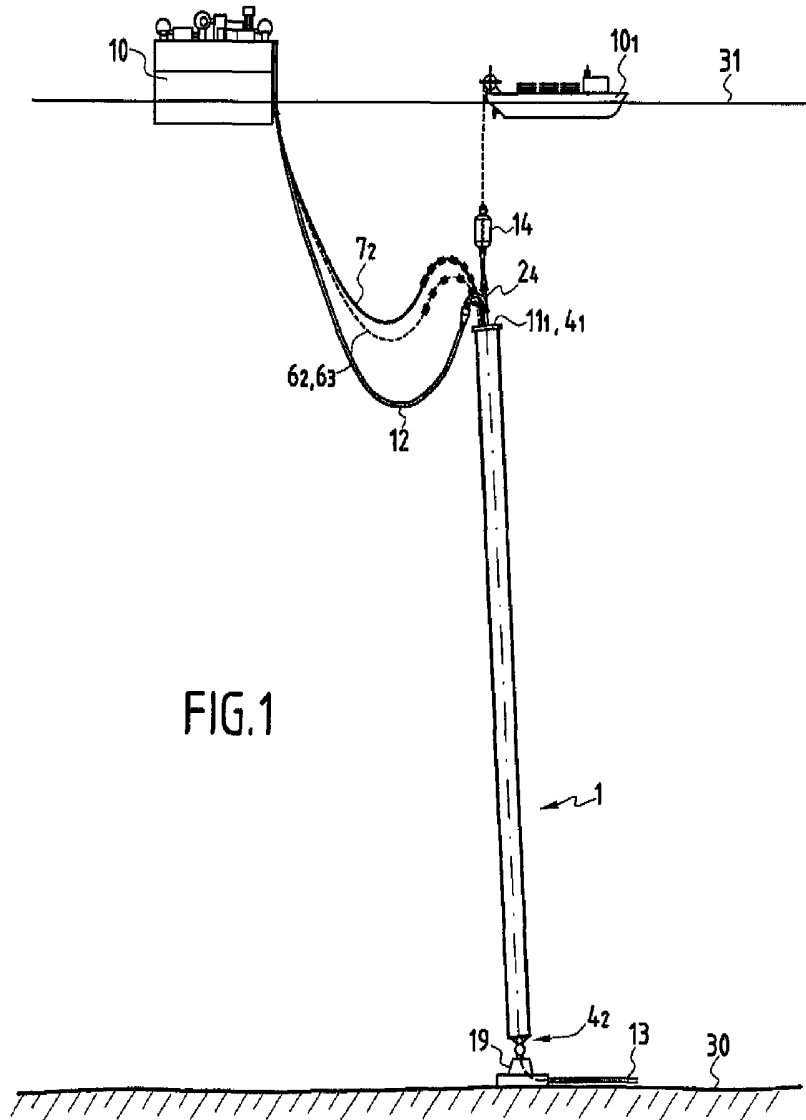
no caso vertente, as ditas condutas flexíveis exteriores (6₂, 6₃) de circulação do fluido transportador de calor (5) entre o suporte flutuante (10) e os ditos primeiro e segundo orifícios (8₁, 8₂) da primeira extremidade (4₁) da câmara interior (4) e, no caso vertente, pelo menos uma dita conduta exterior flexível de injeção de gás (7₂).

27. Instalação de acordo com a reivindicação 26, caracterizada por compreender um segundo invólucro exterior (3₁) de seção transversal circular contendo pelo menos um dispositivo de isolamento e de aquecimento (1) como definido em uma das reivindicações 1 a 25, sendo o dito invólucro exterior (3) do dito dispositivo de isolamento térmico e de aquecimento (1) tornado solidário com o dito segundo invólucro exterior (3₁), de preferência por ligações elásticas (3₅) e de preferência ainda compreendendo o segundo invólucro exterior (3₁) meios (3₂) em forma de espiral sobre a periferia exterior aptos a impedir a formação de vórtices ou de descolamento turbilhonar sob o efeito da corrente marítima.

28. Processo de aquecimento e isolamento térmico de pelo menos uma conduta principal submarina (1a, 1b) de ligação fundo-superfície destinada a assegurar a circulação de um efluente quente ao fundo do mar ou desde o fundo do mar até a superfície, caracterizado por se utilizar um dispositivo de aquecimento e isolamento térmico (1) como definido em uma das reivindicações 1 a 25, de preferência em uma instalação como definido em uma das reivindicações 26 ou 27, e fazer-se circular um dito fluido transportador de calor (5) no interior de uma dita câmara interior (4).

29. Processo de acordo com a reivindicação 28, caracterizado por o dito fluido transportador de calor ser escolhido entre a água do mar, a água doce, o óleo diesel e o óleo.

30. Processo de acordo com uma das reivindicações 28 ou 29, caracterizado pelo fato de que a dita conduta principal é aquecida pela dita circulação do dito fluido transportador de calor na fase de rearranque da produção após uma parada prolongada.



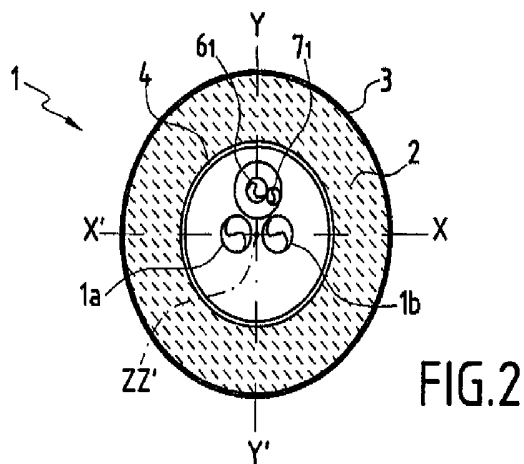


FIG. 2

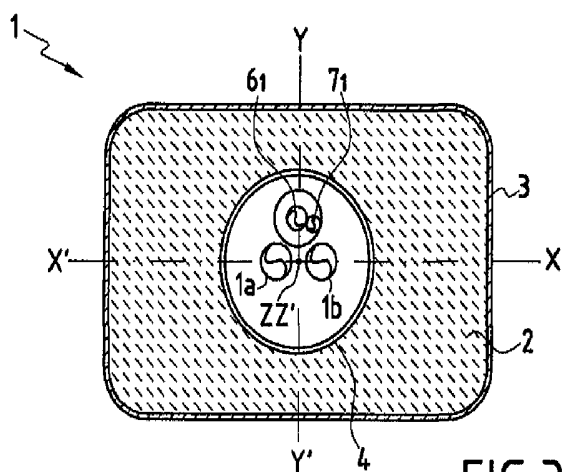


FIG. 3

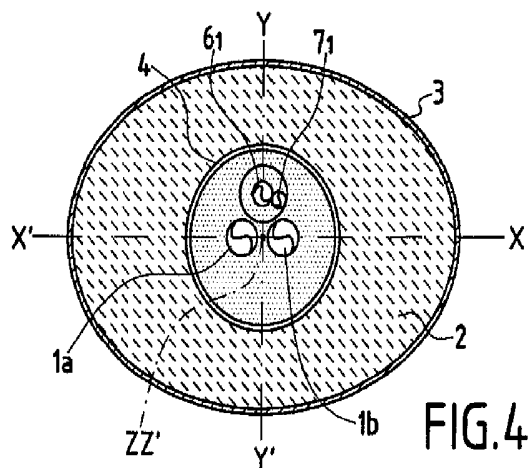


FIG. 4

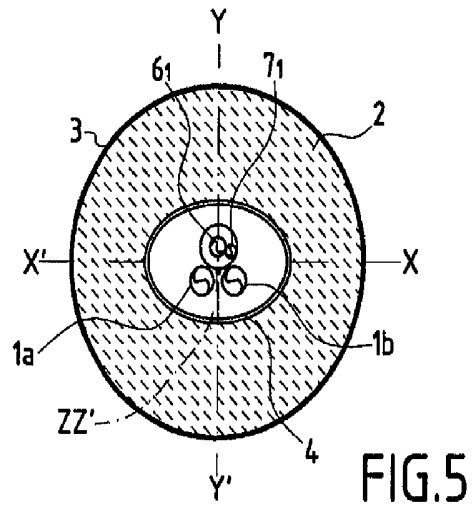


FIG. 5

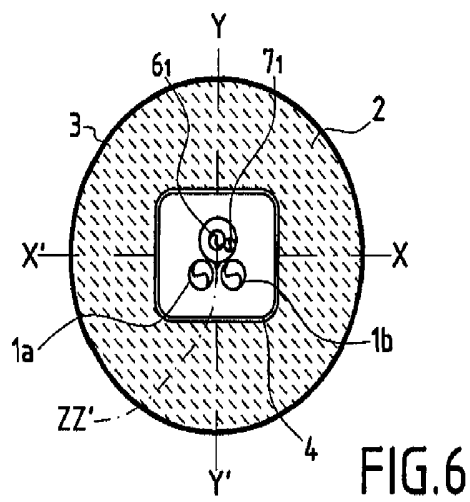


FIG. 6

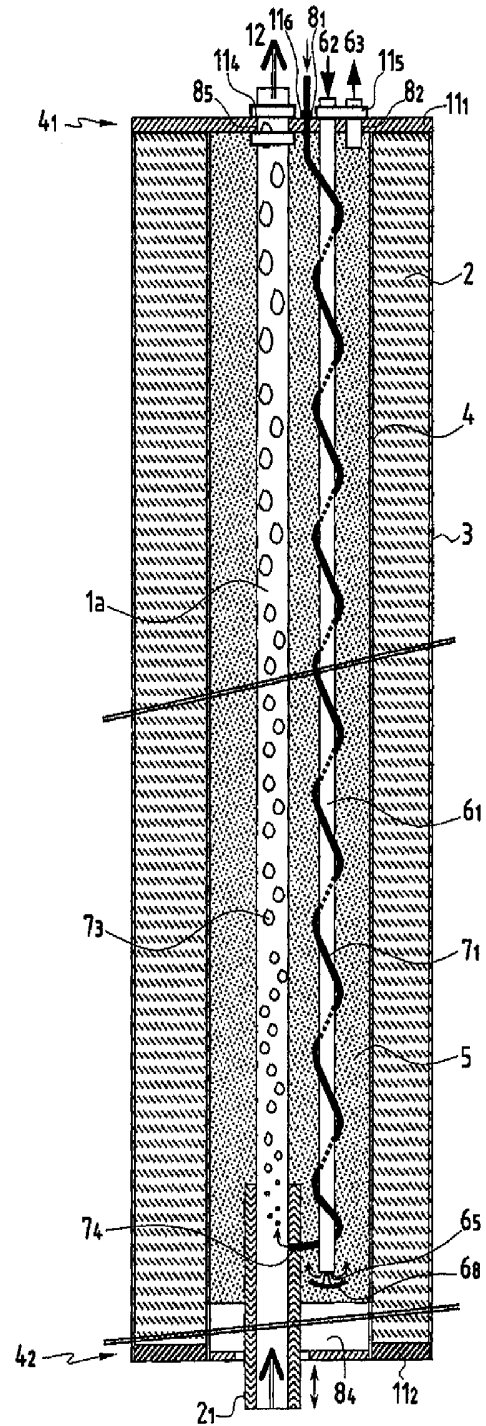


FIG. 7

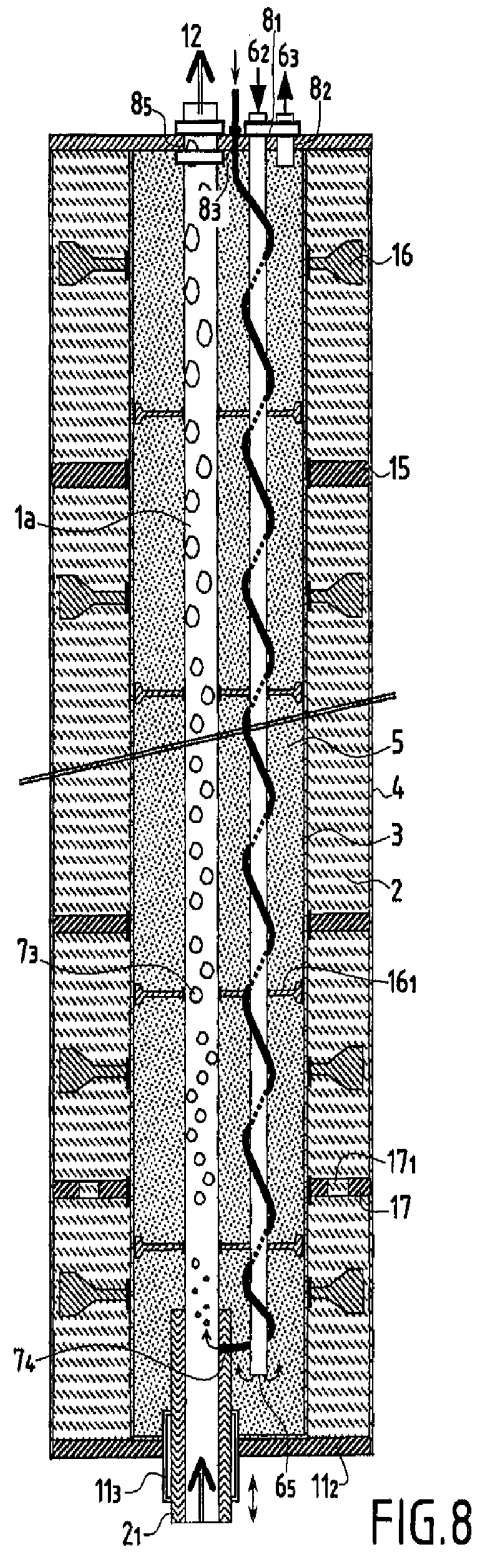


FIG. 8

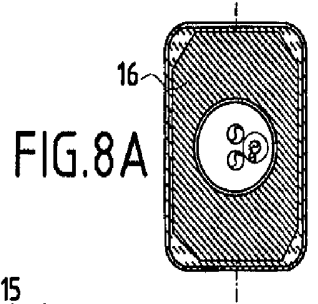


FIG. 8A

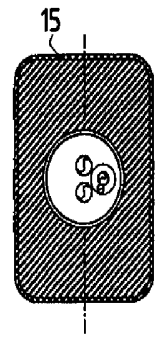


FIG. 8B

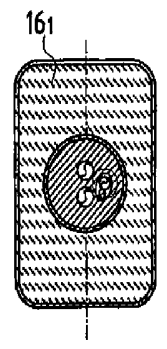


FIG. 8C

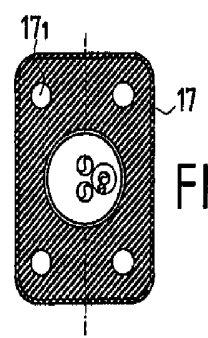


FIG. 8D

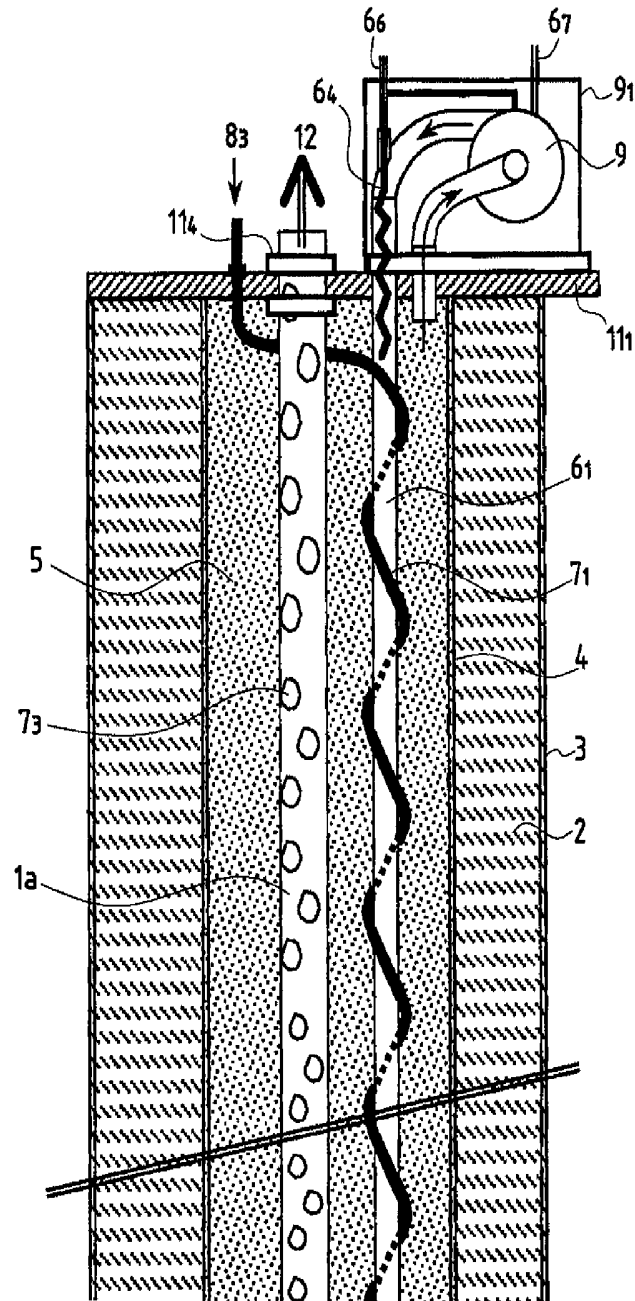
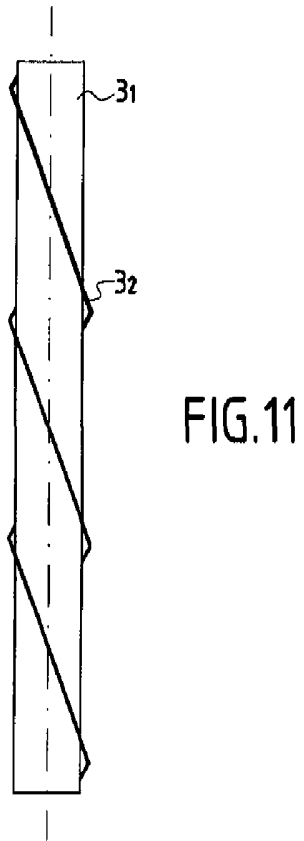
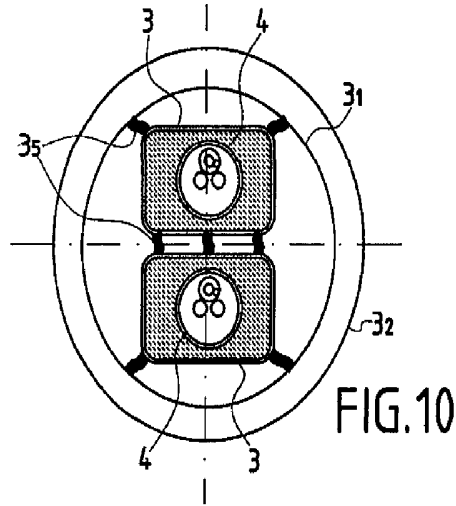


FIG.9



RESUMO

Patente de Invenção: **"DISPOSITIVO E PROCESSO DE AQUECIMENTO E DE ISOLAMENTO TÉRMICO DE PELO MENOS UMA CONDUTA SUBMARINA, E INSTALAÇÃO DE LIGAÇÃO FUNDO-SUPERFÍCIE ENTRE**
5 **UMA CONDUTA SUBMARINA APOIADA NO FUNDO DO MAR E UM SUPORTE FLUTUANTE"**.

A presente invenção refere-se a um dispositivo de aquecimento e isolamento térmico de pelo menos uma conduta principal submarina (1a) destinada à circulação de um efluente quente, comportando:

- 10 - um revestimento de um material isolante térmico (2) envolvendo a ou as ditas condutas principais (1a), recoberto de um invólucro exterior de proteção estanque (3),
 - uma câmara interior (4) coaxial com o dito invólucro exterior (3), envolvendo o dito revestimento isolante a dita câmara interior no espaço
- 15 - a dita conduta principal (1a) estando contida no interior de uma câmara interior (4), de preferência de forma cilíndrica, e
 - meios (61) aptos a manter um fluido transportador de calor (5)
- 20 em temperatura e fazer circular no interior da dita câmara interior, o dito fluido transportador de calor (5) envolvendo a conduta principal (1a) contida no interior da dita câmara interior (4).