

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

**N° 80 24892**

---

⑭ Procédé et dispositif de détection, à distance, de défauts d'étanchéité d'une conduite de transport d'un fluide, immergée dans un fluide ambiant; conduite de transport comprenant ce dispositif de détection et procédé de construction d'une telle conduite.

⑮ Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). G 01 M 3/18; B 65 G 53/60; F 16 L 9/18; F 17 D 5/04.

⑯ Date de dépôt..... 24 novembre 1980.

⑰ ⑱ ⑲ Priorité revendiquée :

⑳ Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 21 du 28-5-1982.

---

㉑ Déposant : Société dite : TECHNIGAZ, résidant en France.

㉒ Invention de : Claude Jean.

㉓ Titulaire : *Idem* ㉑

㉔ Mandataire : Cabinet Z. Weinstein,  
20, av. de Friedland, 75008 Paris.

La présente invention concerne essentiellement un procédé et un dispositif de détection, à distance, de défauts d'étanchéité d'une conduite de transport d'un fluide quelconque, immergée dans un fluide ambiant, et un procédé  
5 de construction d'une telle conduite équipée du dispositif de détection de l'invention.

Plus particulièrement, l'invention s'applique à la détection à distance des défauts d'étanchéité d'une conduite sous-marine de transport de fluide, tel qu'un gaz liquéfié  
10 ou analogue, entre un point à terre d'une région côtière et un point avancé en mer pour le déchargement et/ou le chargement d'un navire.

On sait déjà réaliser des conduites sous-marines de transport de fluide pour permettre le déchargement et/ou  
15 le chargement de navire en un point sensiblement éloigné de la côte. Toutefois, en cas de défaut d'étanchéité d'une telle conduite de transport, entraînant des fuites de l'un des fluides transporté ou ambiant vers l'autre, on ne sait pas détecter de manière continue et à distance ces  
20 fuites, et de plus après avoir constaté l'existence d'une fuite sur la longueur de la conduite, on ne sait pas la localiser de manière précise, sans inspection manuelle de toute la longueur de la conduite.

En effet, dans l'art antérieur, lorsque l'on avait  
25 constaté que la conduite présentait un défaut d'étanchéité, il était alors nécessaire d'envoyer un opérateur inspecter la longueur totale de la conduite pour déceler ce défaut d'étanchéité et la fuite de l'un des fluides. Il est donc évident que cette inspection de la conduite se déroulant  
30 dans un milieu ambiant relativement hostile pour l'homme, à savoir les profondeurs marines, était très difficile et demandait beaucoup de temps et une infrastructure importante. D'autre part, comme les conduites sous-marines de transport de fluide sont généralement enrobées par  
35 une gaine de béton, l'opérateur était souvent amené à détériorer ladite couche de protection pour déceler et localiser la ou les fuites de l'un des fluides.

La présente invention a pour but de résoudre tous ces problèmes en fournissant une solution qui permette de détecter et localiser à distance et en continu les défauts d'étanchéité de ladite conduite de transport.

5 Cette solution consiste selon la présente invention en un procédé notamment automatique de détection de défauts d'étanchéité d'une enceinte de confinement de fluide, caractérisé en ce qu'il consiste, pour une conduite de transport d'un fluide quelconque, immergée dans un fluide  
10 ambiant, à détecter, à distance, une fuite de l'un des fluides vers l'autre, ledit procédé comprenant au moins deux opérations, de préférence sensiblement simultanées ou concomitantes, respectivement de détection locale et de détection globale sur l'ensemble de ladite conduite,  
15 de fuite.

Ainsi, selon le procédé de détection de défauts d'étanchéité de l'invention, il est possible de déceler rapidement une fuite intervenant sur toute la longueur de la conduite par une détection globale, et de localiser  
20 cette fuite par une détection locale. De plus, cette double détection de fuite permet d'éliminer tout risque d'erreur dû à un fonctionnement anormal de l'une des détections globale ou locale.

Selon une caractéristique de l'invention, l'opération  
25 de détection globale précitée consiste à entourer constamment la conduite de transport d'une couche confinée de fluide auxiliaire de balayage interposée entre ladite conduite de fluide ambiant, ledit fluide auxiliaire étant à une pression inférieure aux pressions respectives du fluide  
30 transporté et du fluide ambiant, et étant maintenu constamment en circulation sur toute la longueur de ladite conduite. Cette opération de détection globale consiste également à déceler la présence d'au moins un des fluides respectivement transporté ou ambiant dans ledit fluide  
35 auxiliaire au moyen d'une surveillance ou d'un contrôle continu de la composition de courant de fluide auxiliaire sortant à une extrémité accessible de la conduite.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le fluide auxiliaire précité est un gaz simple éventuellement inerte, ou un mélange de gaz dont au moins le constituant principal est éventuellement un gaz inerte, et de préférence de l'azote.

Selon encore une autre caractéristique de l'invention, la surveillance ou le contrôle précité de la composition du courant de fluide auxiliaire consiste en une analyse dudit fluide auxiliaire notamment par analyse aux infrarouges ou détermination de la limite inférieure d'explosivité dudit fluide.

Ainsi, selon l'invention, il est aisé de pratiquer l'analyse du courant de fluide auxiliairesortant à une extrémité accessible de la conduite, pour déceler la présence du fluide ambiant ou transporté dans ledit fluide auxiliaire, sansqu'il soit nécessaire d'évoluer dans le milieu ambiant.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le procédé est applicable à une conduite enrobée d'une couche de matière solide entourée par le fluide auxiliaire dans lequel toute fuite de fluide transporté est canalisée généralement selon une direction circonférentielle le long de la paroi de ladite conduite de façon à accumuler ledit fluide en un volume continu et relativement réduit s'étendant le long de ladite conduite, et à transférer au moins partiellement la fuite accumulée au fluide auxiliaire précité.

Selon encore une autre caractéristique de l'invention, en cas de présence de l'un des fluides respectivement transporté ou ambiant dans le fluide auxiliaire, on accroit le débit de fluide auxiliaire pour évacuer le fluide fuyard, et on élimine le fluide auxiliaire ainsi pollué du circuit de balayage.

En outre, en cas de présence du fluide ambiant dans le fluide auxiliaire, on augmente la pression du fluide auxiliaire jusqu'à une valeur au moins égale à la pression du fluide ambiant.

Une autre caractéristique de l'invention consiste à effectuer le transfert du fluide transporté fuyard collecté vers la couche de fluide auxiliaire lorsque la pression du fluide transporté fuyard accumulé atteint une valeur  
5 déterminée.

Selon une autre caractéristique de la présente invention, l'opération de détection locale de fuite du fluide transporté consiste à confiner la fuite accumulée du fluide transporté en subdivisant le volume d'accumulation en sections adjacentes, isolées de manière étanche  
10 les unes des autres, à déceler dans chaque section précitée la présence du fluide transporté, et en cas de présence dudit fluide transporté à émettre un signal pour déclencher une alarme.

15 Avantagement, le signal précité correspondant à la présence du fluide transporté fuyard dans au moins l'une des sections précitées, est émis lorsque la pression du fluide transporté dans ladite section atteint une valeur déterminée.

20 Selon une autre caractéristique de l'invention, en cas de présence du fluide transporté dans le fluide auxiliaire précité, et de détection locale de la présence dudit fluide transporté dans au moins une des sections précitées, on augmente avantagement le débit du fluide  
25 auxiliaire pour évacuer ladite fuite de fluide transporté.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la détection locale de la présence du fluide ambiant dans le fluide auxiliaire précité consiste à déceler en des points répartis statistiquement sur la longueur de la  
30 conduite et correspondant sensiblement aux points bas locaux de ladite conduite, la présence de fluide ambiant, et à émettre un signal en cas de détection pour déclencher une alarme.

Avantagement, on émet un signal lorsque le niveau  
35 du fluide ambiant localement accumulé dans l'espace de confinement du fluide auxiliaire précité atteint une valeur déterminée.

Selon la présente invention, en cas d'émission d'au moins un signal de détection locale du fluide ambiant, il est avantageux d'élever la pression du fluide auxiliaire au moins sur une partie de la longueur de la conduite jusqu'à une valeur au moins égale à la pression du fluide ambiant.

Avantageusement, selon l'invention on évacue chaque poche locale de fluide ambiant fuyard accumulé.

Le procédé selon l'invention est applicable à un fluide transporté liquide tel qu'un gaz liquéfié notamment de pétrole, véhiculé dans une conduite sous-marine, caractérisé en ce que le fluide auxiliaire précité est un mélange de gaz dont au moins le constituant principal est de l'azote, et le débit dudit fluide auxiliaire est d'environ  $1 \text{ Nm}^3$  par heure en l'absence des défauts d'étanchéité, et en cas de fuite de l'un des fluides ambiants ou transportés le débit de fluide auxiliaire est avantageusement augmenté pour atteindre une valeur de plusieurs dizaines de  $\text{Nm}^3/\text{h}$ . Ainsi, cette augmentation de débit permet d'éliminer les quantités de fluide transporté ou ambiant fuyard, par entraînement par le débit de fluide auxiliaire.

La présente invention vise également une conduite de transport d'un fluide quelconque immergée dans un milieu ambiant fluide, caractérisée selon l'invention, en ce qu'elle comprend des moyens de détection locale et des moyens de détection globale de fuite de l'un des fluides vers l'autre.

La conduite selon l'invention, est caractérisée de plus en ce qu'elle comprend un tube intérieur de transport, notamment métallique, entouré par un tube extérieur de préférence métallique, radialement espacé du tube intérieur, définissant un espace annulaire continu sur toute la longueur de la conduite. Selon l'invention, les moyens de détection globale de fuite de l'un des fluides vers l'autre comprennent ledit espace annulaire, des moyens de balayage dudit espace annulaire par un fluide auxiliaire, des moyens d'analyse de la composition du flux sortant

udit fluide auxiliaire à une extrémité accessible de ladite conduite, des moyens d'alarme reliés auxdits moyens d'analyse.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la conduite est du type comprenant un tube de transport calorifugé extérieurement et une enveloppe, de préférence imperméable, de faible épaisseur entourant jointivement le calorifuge, et comprend selon l'invention, interposé entre ledit tube de transport et le calorifuge, un dispositif de canalisation des fuites de fluide transporté, et un dispositif de collecte desdites fuites canalisées communiquant avec le dispositif de canalisation. Avantageusement, selon l'invention, le dispositif de collecte a une section transversale réduite s'étendant sur toute la longueur du tube, et est muni d'au moins un organe de mise en communication avec l'espace annulaire précité entourant ledit tube calorifugé. Cet organe est selon un mode de réalisation préféré de l'invention, une soupape à ouverture automatique par la pression régnant dans ledit dispositif de collecte.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le dispositif de canalisation précité est constitué par au moins une couche de tissu, résistant au fluide transporté, enroulée de manière continue autour du tube de transport. Selon l'invention, ce tissu est avantagement un tissu de verre à bouclettes libres et à tissage taffetas.

En outre, le dispositif de collecte précité est selon l'invention un conduit en forme sensiblement d'auge fixé sur ledit tissu et rempli d'une matière poreuse telle que par exemple une mousse polyuréthane à cellules éclatées ou analogue. Avantagement, l'enveloppe définissant ledit dispositif de collecte est réalisée en matière plastique résistant à la pression, pour éviter la déformation dudit dispositif de collecte au cours de la construction de la conduite de transport.

Selon encore une autre caractéristique de l'invention, les moyens de balayage précités de l'espace annulaire comprennent une source de fluide auxiliaire, un dispositif d'alimentation et de préférence de recyclage du fluide

auxiliaire sous un débit variable et sous une pression réglable, au moins un conduit de circulation dudit fluide agencé dans l'espace annulaire précité et s'étendant sensiblement sur toute la longueur de la conduite, et  
5 des moyens d'évacuation sélective dudit fluide auxiliaire.

En outre, les moyens d'analyse précités comprennent avantageusement, selon l'invention, un dispositif de mesure de la concentration du fluide ambiant dans le flux sortant du fluide auxiliaire, par exemple un appareil de contrôle  
10 de l'humidité contenu dans le fluide auxiliaire, et un dispositif de détermination de la concentration du fluide transporté dans ledit flux sortant de fluide auxiliaire. Dans le cas d'un gaz de pétrole liquéfié, ce dernier  
15 dispositif est avantageusement un explosimètre afin de déterminer la limite inférieure d'explosivité du fluide transporté dans ledit fluide auxiliaire.

La conduite selon l'invention est de plus caractérisée en ce que le dispositif de collecte précité est subdivisé en sections adjacentes longitudinalement successives,  
20 isolées de manière étanche les unes des autres, et des moyens de détection locale de fuite de fluide transporté comprenant ces sections et au moins un détecteur agencé sur chaque section indépendante précitée, ledit détecteur étant relié à des moyens d'alarme et étant avantageusement  
25 selon l'invention, un pressostat.

La subdivision dudit dispositif de collecte, selon l'invention, en sections indépendantes de longueur réduite par rapport à la longueur totale de la conduite permet une localisation, à distance, précise des fuites de fluide  
30 transporté, et donc cette détection permet à un opérateur d'effectuer une intervention ponctuelle et rapide pour remédier à ladite fuite de fluide transporté.

La conduite selon l'invention est de plus caractérisée en ce que les moyens de détection locale de fuite de fluide  
35 ambiant comprennent des détecteurs de présence de fluide ambiant dans l'espace annulaire, agencés dans ledit espace annulaire en étant répartis sur la longueur totale

de la conduite, à des positions correspondant sensiblement aux points bas locaux de ladite conduite, lesdits détecteurs étant reliés à des moyens d'alarme. Selon l'invention, ces détecteurs de présence de fluide sont avantageusement  
5 des détecteurs de niveau du fluide ambiant localement accumulé dans l'espace annulaire, lesdits détecteurs émettant un signal transmis aux moyens d'alarme lorsque le niveau local du fluide ambiant accumulé atteint une valeur déterminée.

10 Selon une autre caractéristique de l'invention, des moyens d'évacuation du fluide ambiant accumulé dans l'espace annulaire précité, sont agencés dans ledit espace annulaire.

Selon un premier mode de réalisation préféré de  
15 l'invention, les moyens d'évacuation précités sont constitués par au moins un conduit d'évacuation agencé dans ledit espace annulaire et s'étendant sur toute la longueur de la conduite, des purgeurs étant montés sur ledit conduit d'évacuation et répartis statistiquement sur la longueur  
20 dudit conduit. Avantageusement, selon l'invention, ces purgeurs sont à ouverture commandée par un dispositif automatique tel que par exemple un dispositif à calorstat, un dispositif à servo-valve hydraulique ou analogue.

Selon un second mode de réalisation préféré de  
25 l'invention, les moyens d'évacuation précités comprennent plusieurs tubes siphons de faible diamètre agencés dans la partie inférieure de l'espace annulaire, chaque élément de tube siphon reliant deux points bas locaux et voisins de la conduite de manière à canaliser automatiquement  
30 le fluide ambiant vers l'extrémité inférieur de ladite conduite.

La présente invention vise en outre un procédé de construction d'une conduite de transport de fluide immergée dans un fluide ambiant et décrite ci-dessus. Selon  
35 l'invention, ce procédé de construction comprend les opérations suivantes :

- préfabriquer des éléments de conduite comprenant un

tube métallique de transport calorifugé et des dispositifs de canalisation et de collecte des fuites de fluide transporté ;

- 5           - souder bout-à-bout au moins deux éléments préfabriqués
- enfiler ceux-ci dans un élément de tube métallique extérieur pour définir l'espace annulaire précité ;
- agencer des éléments des différents tubes respectivement de circulation du gaz auxiliaire et d'évacuation du fluide ambiant dans ledit espace annulaire ;
- 10          - à une des extrémités de l'ensemble ainsi réalisé, souder un nouveau élément préfabriqué et un nouveau élément de tube extérieur, agencer et souder de nouveaux éléments de tubes de circulation et d'évacuation précités, et ainsi de suite, pour réaliser une longueur de conduite déterminée;
- 15          - enrober ladite conduite dans une couche de béton servant de couche de protection et de lest ;
- et enfin immerger ladite conduite dans le milieu ambiant

          Selon une caractéristique de l'invention, l'opération de préfabrication précitée des éléments de conduite

20       consiste à enrouler au moins une couche de tissu de verre, de préférence avec recouvrement partiel des spires d'enroulement, sur une partie de la longueur du tube de transport métallique, de telle manière à laisser découverte une faible longueur de tube à chacune de ses extrémités. Ainsi,

25       il est possible et aisé de souder bout-à-bout deux tubes de transport, sans risque de détérioration du tissu de verre, et du calorifuge.

          De plus, cette opération de préfabrication consiste à coller ledit tissu sur ledit tube de transport ; à fixer,

30       notamment par collage, sur ledit tube et suivant une génératrice dudit tube, le dispositif de collecte du fluide transporté. Avantagement, ce dispositif de collecte fait saillie de part et d'autre de la partie recouverte dudit tube de transport. L'opération de préfabrication précitée consiste également à monter de manière

35       sensiblement concentrique, au moyen d'éléments de centrage tels que des plots ou analogues, ledit tube de transport

dans une enveloppe à paroi mince de longueur sensiblement égale à ladite partie recouverte du tube de transport, et à injecter dans l'espace ainsi défini une matière solide telle que de la mousse polyuréthane dense et thermiquement  
5 isolante ou analogue.

Selon encore une autre caractéristique de l'invention, le procédé consiste à fixer sur le dispositif de collecte d'au moins certains éléments de conduite précités, un organe de mise en communication précité tel que par  
10 exemple une soupape ou analogue, et/ou un détecteur précité de présence de fluide transporté tel qu'un pressostat ou analogue.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le procédé consiste à monter sur l'extérieur du tube à paroi  
15 mince d'au moins certains éléments de conduite précités un détecteur de niveau de fluide ambiant dans l'espace annulaire précité.

Selon encore une autre caractéristique de l'invention, au moins certains éléments de conduite précités sont munis  
20 d'un manchon d'obturation d'une extrémité du calorifuge et du dispositif de collecte pour fermer de manière étanche ladite extrémité. Avantageusement, ledit manchon est de préférence en plastique thermorétractable.

Selon encore une autre caractéristique de l'invention,  
25 on soude bout-à-bout deux éléments de conduite préfabriqués et on fixe un élément de joint autour de la zone de jonction pour réaliser une structure continue du dispositif de canalisation, du dispositif de collecte et du calorifuge entourant ledit tube de transport.

30 Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, on réalise l'élément de joint précité, tout d'abord en disposant au moins une couche de tissu de verre sur les parties de tube de transport non encore recouvertes, puis en fixant sur ladite couche de tissu, un élément de  
35 dispositif de collecte de manière à relier les deux extrémités des dispositifs de collecte déjà fixés sur les deux éléments de conduite assemblés, et en disposant

autour de l'ensemble, une couche de calorifuge maintenue en position par une enveloppe extérieure de préférence en plastique thermorétractable. Le procédé de construction d'une conduite selon l'invention est de plus caractérisé en ce qu'on assemble entre deux éléments de conduite préfabriqués muni à une de leur extrémité du manchon d'obturation précité, au moins un autre élément de conduite de telle manière que la longueur de conduite ainsi réalisée comprenne au moins un pressostat et au moins une soupape.

Selon une autre caractéristique de l'invention, on positionne l'élément de conduite préfabriqué précité à l'intérieur d'éléments de tube métallique extérieur au moyen de patins de positionnement ou analogues répartis selon la direction longitudinale desdits tubes.

Avantageusement, selon l'invention, la surface de contact du patin de positionnement précité avec le tube extérieur est recouverte d'une couche mince de produit à coefficient de frottement faible tel que par exemple du polyéthylène ou analogue. Ainsi, les éléments de conduite préfabriqués peuvent se déplacer aisément à l'intérieur desdits éléments de tube métallique.

En outre, selon l'invention, il est avantageux de fixer entre certains éléments de conduite préfabriquée, et de manière répartie sur la longueur totale de la conduite, un joint de dilatation, connu en soi.

La présente invention vise aussi une conduite de transport d'un fluide liquide, immergée dans un fluide ambiant décrite ci-dessus et réalisée selon le procédé de construction de l'invention.

La conduite de transport d'un fluide, immergée dans un fluide ambiant tel que notamment une conduite de transport sous-marine d'un gaz liquéfié, proposée par l'invention, permet de détecter et de localiser, à distance, d'une manière certaine les défauts d'étanchéité de la conduite grâce au double dispositif de détection de ces défauts.

En outre, en cas de fuite peu importante de l'un des

fluides transporté ou ambiant vers l'autre, il est possible, selon l'invention, de stopper cette fuite en établissant une surpression dans l'espace annulaire interposé entre le fluide ambiant et le fluide transporté, sans nécessiter une intervention humaine sur la partie de conduite immergée.

L'invention sera mieux comprise, et d'autres caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative qui va suivre faite en se référant aux dessins schématiques annexés donnés uniquement à titre d'exemple non limitatif, et dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique générale illustrant le positionnement d'une conduite de transport de fluide, conforme à l'invention, sur un fond marin ;
- la figure 2 est une vue, à plus grande échelle, d'une coupe transversale selon la ligne II-II de la figure 1, illustrant un mode de réalisation de la conduite conforme à l'invention ;
- la figure 3 est une vue en coupe axiale selon la ligne III-III de la figure 2, illustrant notamment la structure de la conduite, selon l'invention, au niveau de raccordement de deux éléments de conduite et au niveau de jonction de deux sections indépendantes et adjacentes du dispositif de collecte des fuites de fluide transporté ;
- la figure 4 est une vue, à plus grande échelle, schématique et en coupe axiale de la partie IV de la figure 1, illustrant un premier mode de réalisation préféré de l'invention des moyens d'évacuation du fluide ambiant ;
- la figure 5 est une vue identique à la figure 4, illustrant un second mode de réalisation préféré de l'invention des moyens d'évacuation du fluide ambiant ;
- la figure 6 est un diagramme synoptique illustrant l'installation de détection à distance des défauts d'étanchéité d'une conduite de transport de fluide selon le principe de l'invention ;
- les figures 7 et 8 sont des organigrammes illustrant

respectivement les différentes phases de détection, à distance de fuite de fluide transporté, et de fuite de fluide ambiant selon le principe de l'invention.

5 En se référant aux dessins annexés et plus particulièrement aux dessins 1, 2, 3, 4, 5, nous décrivons maintenant la structure d'une conduite 1 de transport d'un fluide immergée dans un fluide ambiant, conforme à l'invention, et comprenant des moyens de détection locale et globale, à distance, des défauts d'étanchéité de ladite conduite.

10 En se référant aux dessins, la figure 1 illustre le positionnement d'une conduite 1 sous-marine de transport d'un fluide, par exemple d'un gaz de pétrole liquéfié, sur le fond marin Q, entre un point avancé en mer (non représenté) de déchargement et/ou de chargement  
15 d'un navire de transport et un point à terre P d'une région côtière. De manière générale, et comme illustré partiellement par la figure 1, une conduite sous-marine 1 repose sur le fond marin Q en décrivant des oscillations de faible amplitude et présente donc sur toute sa longueur  
20 des points hauts  $P_h$  et des points bas  $P_b$ . A titre d'exemple, pour une conduite sous-marine d'une longueur de 3500 m, l'amplitude des oscillations est d'environ 2 m, en moyenne, et fréquence de celles-ci d'environ 150 m.

25 En se référant à la figure 2, la conduite 1 de transport d'un fluide, selon un mode de réalisation préféré de l'invention, comprend un tube 2 interne et métallique de transport de gaz de pétrole liquéfié. Le tube de transport 2 est noyé dans une couche 4 de matière présentant des qualités d'isolation thermique et de résistance  
30 mécanique convenables pour calorifuger le tube de transport 2. A titre d'exemple on peut citer le polyuréthane injecté sous forme de mousse dense. De plus, ladite couche 4 de calorifuge est entourée par une enveloppe ou gaine imperméable 5 de faible épaisseur. Cette gaine imperméable  
35 est constituée de feuilles d'acier enroulées en spirale, avec de préférence recouvrement des spires et soudage au niveau desdits recouvrements, et pour les tubes de

plus faible diamètre , en matière plastique telle que par exemple du polyéthylène.

Comme cela est illustré sur la figure 2, il est  
5  
avantageux de disposer des plots 6 de centrage autour desdits tubes de transport 2, pour enrouler aisément ladite gaine imperméable 5, et injecter le calorifuge dans l'espace défini entre le tube 2 et la gaine imperméable 5.

Selon une caractéristique importante de l'invention,  
10  
le tube de transport 2 est recouvert extérieurement et jointivement par au moins une couche 3 de tissu enroulée en spirale, avec de préférence un recouvrement partiel des spires 3a (figure 3). Selon l'invention, il est avantageux de coller les couches de tissu 3 sur la paroi externe du tube de transport 2 par une mince couche de  
15  
résine par exemple une résine époxy.

Selon l'invention, il est avantageux que la couche de tissu 3 soit réalisée au moyen d'une bande de tissu de verre de préférence siliconée à bouclettes libres et à tissage taffetas. En effet, les bouclettes libres du tissu  
20  
de verre permettent une adhérence grandement améliorée du calorifuge 4 sur la surface dudit tissu. En outre, le tissage taffetas permet un meilleur drainage des fuites éventuelles de fluide transporté.

Selon l'invention, la conduite 1 comprend également  
25  
sur toute sa longueur un dispositif de collecte 7 ou drain des fuites de fluide transporté et, canalisées par la couche de tissu de verre 3. Ce dispositif de collecte est constitué par une enveloppe 8 présentant à ses bords libres des pattes 8a permettant de la coller contre la couche  
30  
de tissu de verre, de préférence à la partie inférieure du tube 2 et suivant une génératrice longitudinale de ladite conduite.

Selon l'invention, le drain 7 est avantageusement rempli par une matière poreuse 9, par exemple une mousse  
35  
polyuréthane à cellules éclatées.

En outre, l'enveloppe 8 du drain doit être réalisée en matière résistante à la pression, par exemple en matière

plastique, pour éviter d'être déformée pendant la prise ou la polymérisation du calorifuge 4 injecté dans l'espace défini entre la couche de tissude verre 3 et la gaine imperméable 5.

5 Selon l'invention, la conduite de transport de fluide comprend également une enveloppe extérieure métallique 10 ou tube extérieur de manière à définir un espace annulaire 11 entre ledit tube extérieur 10 et la gaine imperméable 5.

10 Pour positionner de manière correcte et aisée l'ensemble constitué par le tube de transport 2, la couche de verre 3 le calorifuge 4 et la gaine imperméable 5, appelé ci-après élément de conduite 17, on dispose des éléments de positionnement ou patins 12 sur la surface extérieure des-  
15 dits éléments de conduite, et on positionne le tube extérieur 10 autour des patins. Il est avantageux de prévoir sur la surface 12a de contact des patins 12 avec le tube extérieur 10 un film de matériau 13 à coefficient de frottement faible pour faciliter les mouvements relatifs  
20 entre l'élément de conduite 17 et ledit tube extérieur 10.

Il est à noter que, sans sortir de l'esprit de l'invention, l'élément de conduite 17 et le tube extérieur 10 peuvent être concentriques ou excentrés de manière à augmenter la largeur de l'espace annulaire 11 à un endroit  
25 quelconque de la conduite, de préférence à sa partie inférieure.

En outre, la conduite 1 comprend, de manière connue en soi, une couche de protection externe 14 constituée par un enrobage de béton. Cet enrobage de béton est  
30 également utilisé comme lest de la conduite 1 pour la maintenir sur le fond marin Q.

Conformément à l'invention, la conduite 1 comprend au moins deux conduits disposés dans l'espace annulaire 11. Selon le mode de réalisation représenté par la figure 2,  
35 le conduit 16, qui s'étend sur toute la longueur de la conduite, est le conduit de circulation du fluide auxiliaire utilisé pour balayer l'espace annulaire 11.

Le conduit 15 situé de préférence à la partie la plus inférieure de la conduite, constitue le dispositif d'évacuation du fluide ambiant éventuellement accumulé dans ledit espace annulaire. Ce dispositif d'évacuation sera décrit plus en détail ci-après.

En se référant aux figures 2 et 3, nous décrirons maintenant le procédé de construction d'une conduite conforme à l'invention.

Il est évident de comprendre que la longueur totale de la conduite est réalisée sur un chantier terrestre, par soudage bout-à-bout de plusieurs éléments de conduite 17 et de plusieurs éléments de tube extérieur 10, comme cela est illustré sur la figure 3. En effet, cette figure représente une partie de la conduite 1, conforme à l'invention, comprenant un premier élément de conduite 17a, et les parties extrêmes de deux éléments de conduite 17b, 17c soudées aux extrémités respectives de l'élément de conduite 17a, et de manière identique des éléments de tube extérieur 10a, 10c et 10b pour réaliser l'enveloppe extérieure 10 de la conduite. La figure 3 montre également la disposition des patins 12 le long de ladite conduite.

En se référant à la figure 3 nous décrirons maintenant la structure d'un élément de conduite par exemple l'élément de conduite 17a. Cet élément de conduite 17a comprend une partie centrale et deux parties de faible longueur à chaque extrémité dudit élément de conduit 17a. Comme illustré sur la figure 3, la partie centrale de cet élément de conduit a une structure identique à la structure représentée sur la figure 2 et définie ci-dessus. Toutefois, il est préférable que le drain 7a dépasse légèrement à chaque extrémité de ladite partie centrale. Les deux parties extrêmes de l'élément 17a sont constituées par une partie du tube 2a métallique. De ce fait, il est aisé de souder les deux parties extrêmes de deux éléments de conduite adjacents, par exemple les parties extrêmes de l'élément de conduite 17a et de l'élément de conduite 17c pour réaliser le tube de transport 2.

Pour obtenir une structure de conduite sensiblement continue sur toute la longueur, on recouvre les extrémités de chaque élément de conduite 17a, 17c par un élément de joint

5 Comme illustré sur la figure 3, cet élément de joint comprend une couche de tissu de verre 3d collée sur les parties extrêmes des conduites 17a et 17c pour réaliser la jonction entre les couches de tissu de verre 3a et 3c respectivement des éléments de conduite 17a, 17c. On colle sur ladite couche de tissu de verre 3d un élément de drain 7d de 10 manière à relier le drain 7a de l'élément de conduite 17a au drain 7c de l'élément de conduite 17c. Puis on dispose autour de l'ensemble une couche de calorifuge 4d constituée par deux demi-coquilles maintenues en position serrée l'une contre l'autre par une enveloppe extérieure ou manchon 19 constitué 15 de préférence en matière thermorétractable. La couche de calorifuge 4d peut être également réalisée de manière identique à la couche 4a, par injection de mousse polyuréthane entre la couche de tissu 3d et une enveloppe métallique extérieure (non représentée).

20 De plus, pour compléter l'étanchéité, des manchons 20 de faible largeur sont collés autour de la ligne de jonction entre les couches de calorifuge 4a, 4d et 4c adjacentes. Ces manchons peuvent être soit une feuille métallique mince soit une feuille en matière plastique.

25 Les éléments de tube extérieur 10a, 10b et 10c sont soudés bout-à-bout pour constituer le tube extérieur 10 de la conduite 1.

Par ailleurs, on prévoit un joint de dilatation (non représenté) monté sur le tube d'acier interne 2 et réparti 30 sur la longueur totale de la conduite, selon le principe décrit par exemple dans le brevet français n°2362330 de la demanderesse

Selon une particularité de l'invention, et comme illustré schématiquement sur la figure 1, la structure composite constituée par la couche 4 de calorifuge et le drain 7 est subdivisée en sections adjacentes longitudinalement successives 1a à 1x, isolées de manière étanche les unes des autres. Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, ces sections comprennent plusieurs 35

éléments de conduite 17a, 17c ..., et par exemple sont constituées de six éléments de conduite représentant une longueur de conduite d'environ 72 m.

5 La figure 3 montre la séparation entre deux sections adjacentes par exemple 1a et 1b. Cette séparation, selon un mode de réalisation préféré de l'invention, est obtenue par fixation d'un manchon d'obturation 21 sur une des extrémités du drain 7a et du calorifuge 4a de l'élément de conduite 17a d'extrémité de la section 1a.

10 Comme illustré sur la figure 3, l'extrémité de la section 1b est constituée par un élément de conduite 17b ne comprenant pas de manchon d'obturation 21. L'autre extrémité de la section 1a (non représentée) est identique à l'extrémité de la section 1b illustrée sur la figure 3, de manière analogue, l'autre extrémité de la section 1b (non représentée) est identique à l'extrémité de la section 1a montrée sur la figure 3.

20 Par ailleurs, chaque section indépendante 1a, 1b, 1c...1x comprend un élément de conduite 17a sur lequel a été montée une soupape 22 à ouverture automatique permettant de mettre en communication le drain 7 de la section 1a avec l'espace annulaire 11. L'ouverture de la soupape est commandée par la pression régnant dans le drain 7 de la section 1a. Il est avantageux de régler l'ouverture de la soupape pour 25 une pression suffisamment faible afin de ne pas provoquer le décollement du calorifuge 4 du tube de transport intérieur 2.

30 En outre, chaque section indépendante 1a, 1b, 1c... 1x comprend un élément de conduite, comme illustré sur la figure 3, l'élément de conduite 17b, sur lequel est fixé un détecteur 23 d'élévation de pression ou pressostat. Ce détecteur décèle une élévation de pression dans le drain 7 de la section correspondante, c'est-à-dire la section 1b de la figure 3.

35 Il est évident, sans sortir du cadre de l'invention, que chaque section indépendante peut comprendre plusieurs soupapes 22 et/ou plusieurs pressostats 23. En outre, la

position des pressostats 23 et des soupapes 22 sur la longueur de la section indépendante considérée peut être quelconque. Toutefois selon un mode de réalisation préféré de l'invention, il est avantageux de disposer  
5 un pressostat 23 au voisinage d'une extrémité d'une section, et une soupape 22 au voisinage de l'autre extrémité de ladite section.

Selon une autre particularité de l'invention, et en se référant aux figures 3, 4 et 5, des détecteurs de niveau  
10 24 sont montés sur l'enveloppe imperméable 5. Selon un mode de réalisation de l'invention, ces détecteurs de niveau, par exemple des flotteurs à contact, sont répartis statistiquement sur la longueur totale de la conduite, de manière à être situés au niveau des points bas  $P_b$  (figure  
15 1) probables de la conduite.

Il est bien entendu évident que des câbles de connexion relient les différents détecteurs de niveau 24 et les différents pressostats 23 à un récepteur de signal ou moyen  
alarme .

En se référant maintenant aux figures 4 et 5 nous décrirons les deux modes de réalisation préférés de l'invention, des moyens d'évacuation du fluide ambiant éventuellement accumulé dans l'espace annulaire 11. Selon un premier mode de réalisation, montré sur la figure 4  
25 et sur la figure 2, ces moyens d'évacuation sont constitués par un tube 15 agencé à la partie la plus inférieure de l'espace annulaire 11. Ce tube s'étend sur toute la longueur de la conduite, et permet d'évacuer par pompage ou analogue le fluide ambiant accumulé. Ce tube  
30 d'évacuation est muni de plongeurs ou soupapes 25 à ouverture commandée à distance par un dispositif automatique tel que par exemple un dispositif à calorstat ou un dispositif à servo-valve hydraulique. De manière analogue, au détecteur de niveau 24, ces purgeurs sont répartis  
35 statistiquement sur la longueur du tube d'évacuation 15, de manière à ce qu'ils soient positionnés sensiblement au niveau d'un point bas  $P_b$  (figure 1) de la conduite 1.

Selon un deuxième mode de réalisation, montré sur la figure 5, les moyens d'évacuation du fluide ambiant éventuellement accumulé dans l'espace annulaire 11 sont constitués par plusieurs tubes siphons 15a, 15b, 15c... de faible diamètre. Ces tubes siphons sont agencés dans la partie la plus inférieure de l'espace annulaire 11 et chaque tube siphon relie deux points bas  $R_p$  successifs de la conduite 1. Comme montré sur la figure 5, la sortie d'un tube siphon 15a est située en aval de l'entrée du tube siphon successif 15b.

Après avoir assemblé et monté ces différents éléments sur un chantier terrestre, on enrobe ladite conduite 1 par une couche de protection en béton 14 et on immerge, selon un procédé très bien connu, la conduite 1 dans le milieu ambiant.

En se référant plus particulièrement à la figure 6, on décrira maintenant les moyens de détection globale et de détection locale des défauts d'étanchéité de la conduite 1, selon l'invention. Dans cette figure, les traits épais de liaison représentent le circuit du fluide auxiliaire et les traits fins de liaison représentent soit les liaisons de transmission de signaux d'alarme ou les liaisons de transmission de signaux de commande.

Selon l'invention, la détection globale de défaut d'étanchéité de la conduite 1 consiste à balayer l'espace annulaire 11 par un fluide auxiliaire comprenant en majeure partie de l'azote.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, une installation de détection globale des défauts d'étanchéité comprend une source de fluide auxiliaire 26 constituée soit par un stock de gaz ou par un appareil à distillation d'air, producteur d'azote. Ladite source de fluide auxiliaire 26 est reliée à un dispositif d'alimentation 27 constitué avantageusement par une pompe et un compresseur permettant d'alimenter le fluide auxiliaire dans l'espace annulaire 11 sous un débit variable et une pression réglable. Le courant de fluide auxiliaire ressort de la conduite

1 par l'intermédiaire d'un conduit de circulation 16 s'étendant sur toute la longueur de la conduite et présentant une sortie à l'extrémité accessible de ladite conduite au voisinage du point P (figure 1). Ledit conduit de  
5 circulation 16 est relié à des moyens d'analyse et de contrôle 28 de la composition du flux sortant du fluide auxiliaire. Dans le cas d'une conduite sous-marine de transport de gaz liquéfié de pétrole, ces moyens d'analyse sont avantageusement constitués par un spectromètre infrarouge pour  
10 détecter les traces d'humidité dans le gaz auxiliaire et par un explosimètre pour déterminer en pourcentage, la limite inférieure d'explosivité du fluide transporté, éventuellement contenu dans le fluide auxiliaire. Puis le flux de gaz auxiliaire peut être soit recyclé dans le  
15 circuit de balayage ou évacué au moyen d'une vanne de sélection 29, selon que la détection par les moyens d'analyse 28 ait été respectivement négative ou positive.

Il est bien entendu que les moyens d'analyse 28 décrits ci-dessus ne sont donnés qu'à titre d'exemple et  
20 peuvent être remplacés par tout moyen d'analyse équivalent sans pour cela sortir de l'esprit de l'invention.

En outre, les moyens d'analyse 28 sont reliés à un système d'alarme qui permet de déclencher un dispositif de commande 31 pour actionner notamment la vanne de  
25 sélection 29.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la détection locale des défauts d'étanchéité de la conduite 1 comprennent tout d'abord un détecteur de niveau de fluide ambiant 24 monté dans ledit espace annulaire 11.  
30 Ces détecteurs de niveau 24 transmettent un signal, en cas d'accumulation locale de fluide ambiant dans l'espace annulaire 11, à un dispositif d'alarme 30 relié à un dispositif de commande 31 pour actionner les moyens d'évacuation du fluide ambiant. Ces moyens d'évacuation  
35 sont constitués soit par le conduit d'évacuation 15, et les purgeurs 25, soit par les tubes siphons 15a, 15b et par un moyen d'aspiration (non représenté) du fluide ambiant.

Les moyens de détection locale de défauts d'étanchéité, selon l'invention, comprennent également les pressostats 23 montés dans chaque section 1a, 1b, 1c... 1x de la conduite 1. De manière analogue aux détecteurs de niveau, ces pressostats 23 transmettent un signal au dispositif d'alarme en cas de fuite du fluide transporté.

En se référant notamment aux figures 7, 8 nous décrivons maintenant le procédé, selon l'invention, de détection, à distance, des défauts d'étanchéité de la conduite 1.

Dans un premier temps, nous décrivons, en se référant plus particulièrement à la figure 7, le fonctionnement de la détection, à distance, des défauts d'étanchéité du tube interne de transport 2, en d'autres termes des fuites de fluide transporté.

Comme décrit précédemment, le tube de transport 2 est de préférence calorifugé avec une résine époxy à cellules fermées, donc dense. Selon l'invention, le fluide transporté fuyard suit le chemin de moindre résistance offert par la couche de tissu de verre 3. En raison de la pression du fluide transporté et de son poids, celui-ci se collecte et s'accumule dans la section de drain 7 correspondante. Le tissu de verre en canalisant les fuites de fluide transporté dans le drain, permet d'éviter une augmentation de pression entre le tube de transport 2 et le calorifuge 4 en un point quelconque de la conduite, une telle augmentation de pression pourrait éventuellement provoquer un décollement et une détérioration de ladite couche calorifuge 4.

L'accumulation du fluide transporté fuyard dans une section de drain 7 (par exemple le drain 7a correspondant à la section 1a de la conduite), induit une augmentation de pression dans ladite section de drain. Ainsi, la soupape 22 est ouverte par cette pression et permet au fluide transporté fuyard de s'échapper dans l'espace annulaire 11. Avantageusement, la soupape 22 est tarée à une pression suffisamment faible pour que

la pression maximum régnant dans le drain 7 ne puisse provoquer un décollement de l'isolant du tube intérieur 2, par exemple à environ 2 bars.

5 Donc, lorsque la pression de fluide transporté fuyard accumulé dans une section de drain 7 atteint une certaine valeur, ce fluide se dégage et pollue le fluide auxiliaire de balayage de l'espace annulaire 11, et d'autre part le pressostat 23 de ladite section de drain émet un signal transmis au moyen d'alarme 30.

10 La figure 7 représente l'organigramme de la détection de fuite du fluide transporté. Cette détection consiste en une analyse continue A du flux de fluide auxiliaire sortant pour détecter la présence de fluide transporté, par exemple dans le cas de propane ou de butane ou analogue, 15 la détermination en pourcentage de la limite inférieure d'explosivité, et en une surveillance continue B des pressostats 23 montés sur chaque section indépendante de drain 1a, 1b ... 1x. Lorsque le résultat de l'analyse C du flux sortant de fluide auxiliaire est positif, par 20 exemple lorsque le pourcentage de la limite inférieure d'explosivité atteint un certain seuil (environ 30%), et lorsque au moins un des pressostats 23 émet un signal D, l'existence d'une fuite de fluide transporté sur le tube interne 2 est décelée de manière certaine (phase E). 25 En outre, la localisation du pressostat émetteur d'un signal permet de situer la section indépendante de conduite 1a, 1b, 1c... 1x présentant un défaut d'étanchéité.

On déclenche alors la phase F qui consiste à augmenter le débit de balayage du fluide auxiliaire 30 à une valeur supérieure à  $10 \text{ N m}^3/\text{h}$  pour évacuer le fluide transporté fuyard présent dans l'espace annulaire 11. Bien entendu, pendant cette opération d'évacuation du fluide transporté fuyard, le fluide auxiliaire n'est pas recyclé et est rejeté à l'atmosphère par exemple par un 35 mât de dégazage.

Dans le cas d'une analyse A négative du flux de fluide sortant auxiliaire, le débit de balayage du fluide auxi-

liaire est maintenu à une valeur d'environ  $1 \text{ N m}^3/\text{h}$ .

Dans le cas d'une analyse négative du flux sortant du fluide auxiliaire, et d'émission d'un signal par au moins un des pressostats 23, le système d'alarme de présence de fuite de fluide transporté n'est pas déclenché, mais  
5 on réalise un contrôle du fonctionnement desdits pressostats.

Ainsi, le procédé de détection, à distance, des fuites de fluide transporté dans une conduite de transport, selon l'invention, permet, grâce aux deux détections  
10 simultanées ou concomitantes, respectivement locale et globale des fuites, de déterminer et de localiser, de manière certaine la présence d'une fuite de fluide transporté, et seulement dans ce cas d'intervenir sur la conduite pour réparer le défaut d'étanchéité ainsi détecté.

Il est bien entendu évident, que les moyens d'analyse  
15 sont adaptés à la nature du fluide transporté et que les moyens de détection locale comprennent tous les moyens permettant la détection locale d'un fluide dans un volume restreint.

Nous décrirons maintenant, en se référant à l'organigramme de la figure 8, le procédé de détection de défaut d'étanchéité de l'enveloppe extérieure de la conduite, en d'autres termes les fuites de fluide ambiant.

En cas de défaut d'étanchéité de l'enveloppe constituée  
25 par le tube 10 et le béton 14, le fluide ambiant pénètre dans l'espace annulaire 11 et s'accumule au point bas  $P_p$  de la conduite (illustré sur la figure 1). Selon l'invention, la présence de fluide ambiant dans cet espace annulaire 11 est détectée en continu par l'analyse du  
30 flux du fluide auxiliaire sortant, et lorsque la quantité de fluide ambiant accumulé atteint un certain niveau, les détecteurs de niveaux locaux 24 émettent un signal transmis au moyen d'alarme 30. Donc le procédé de détection de défaut d'étanchéité de l'enveloppe extérieure  
35 de la conduite 1 repose sur une double détection concomitante ou simultanée, respectivement globale et locale de la présence de fluide ambiant dans l'espace annulaire 11.

La figure 8 représente l'organigramme de la détection de fuite de fluide ambiant. Cette détection comprend l'analyse  $A_1$  en continu du flux de fluide auxiliaire sortant par détermination de la présence de fluide ambiant dans le fluide auxiliaire, par exemple dans le cas d'une conduite sous-marine, analyse des traces d'humidité, et la surveillance G, en continu des détecteurs de niveau 24 répartis sur la longueur totale de la conduite, par exemple répartis environ tous les 100 m.

Dans le cas de réponses  $C_1$ , H négatives des opérations de détection  $A_1$ , G, l'enveloppe extérieure de la conduite ne présente aucun défaut d'étanchéité.

Si l'on a une réponse positive de l'analyse  $A_1$  du fluide auxiliaire et l'émission d'un signal par au moins un détecteur de niveau 24, on détecte alors de manière certaine l'existence d'un défaut d'étanchéité sur l'enveloppe extérieure de la conduite et l'accumulation du fluide ambiant en un point bas de la conduite, localisée par la position du détecteur émettant le signal. Dans ce cas, on met en œuvre la phase I du procédé qui consiste à pressuriser l'espace annulaire à une valeur supérieure à la pression du fluide ambiant, pour empêcher toute entrée ultérieure de fluide ambiant dans l'espace annulaire. Il est important de noter que cette pressurisation doit être réalisée sur la longueur totale de la conduite.

Dans le cas d'un maintien de la pression J, on évacue l'eau de l'espace annulaire 11 par les moyens d'évacuation agencés dans la conduite, cette phase est illustrée par la référence K sur la figure 8. Cette phase d'évacuation de l'eau est réalisée, dans un premier mode de réalisation préféré de l'invention, par ouverture des purgeurs 25 disposés sur le conduit 15 d'évacuation, commandés automatiquement ou manuellement par les moyens de commande 31 (figure 6). Selon un deuxième mode de réalisation préféré de l'invention, l'évacuation du fluide ambiant est réalisée par les tubes siphons 15a, 15b reliés à un dispositif d'aspiration (non représenté).

Dans le cas où la pression dans l'espace annulaire n'est pas maintenue on effectue la réparation L de l'enveloppe extérieure de la conduite.

5 Selon l'invention, quand l'analyse  $A_1$  du fluide  
auxiliaire de balayage donne une réponse  $C_1$  positive,  
et quand aucun signal n'est détecté par la surveillance G  
du détecteur de niveau 24, il est avantageux de pressuriser  
l'espace annulaire 11 à une pression supérieure à la pression  
10 du fluide ambiant, pour empêcher toute entrée ultérieure  
de fluide ambiant dans ledit espace annulaire 11. En effet,  
dans ce cas, la fuite de fluide ambiant est faible  
et peut être facilement arrêtée par l'augmentation de  
pression dans l'espace annulaire. En outre, il est préfé-  
rable d'augmenter le débit dudit fluide auxiliaire pour  
15 entraîner et éliminer le fluide ambiant.

Si on ne réalise pas le maintien de la pression N, il est alors nécessaire de procéder à la phase L de réparation de l'enveloppe extérieure.

20 Le procédé et le dispositif de détection des défauts  
d'étanchéité de l'enveloppe extérieure d'une conduite de  
transport de fluide, proposée par l'invention permet  
donc de détecter de manière certaine la présence d'un  
ou plusieurs défauts d'étanchéité de ladite enveloppe  
extérieure par la double détection simultanée de présence  
25 de fluide ambiant dans l'espace annulaire 11.

Un autre avantage important du procédé et du dispositif  
proposés par l'invention réside dans le fait que, même  
en cas d'existence de défaut d'étanchéité de l'enveloppe  
extérieure de la conduite, on peut continuer le transfert  
30 du fluide transporté vers ou depuis le point P, par  
simple pressurisation de l'espace annulaire 11. En effet,  
cette pressurisation stoppe l'entrée du fluide ambiant  
dans l'espace annulaire et permet d'attendre la fin de  
l'opération de transfert du fluide transporté pour  
35 réaliser la réparation de l'enveloppe extérieure.

Il est bien entendu, comme cela a déjà été décrit, que la détection de défauts d'étanchéité du tube de transport

2 et la détection de défauts d'étanchéité de l'enveloppe  
extérieure sont réalisées simultanément par une surveillance  
continue des détecteurs de niveau 24 et des pressostat 23,  
et une double analyse du flux sortant du fluide auxiliaire  
5 pour détecter la présence de fluide ambiant et celle  
de fluide transporté.

La présente invention propose donc une conduite de  
transport de fluide, notamment une conduite sous-marine  
de transport de gaz liquéfié de pétrole, comprenant un  
10 dispositif de détection des défauts d'étanchéité du tube  
2 de transport proprement dit et de l'enveloppe extérieure  
de ladite conduite.

Donc, l'invention permet de déterminer avec certitude,  
la nécessité d'une intervention manuelle pour réparer  
15 la conduite et, permet également de localiser cette  
intervention sur la longueur de la conduite, ceci est  
très important dans le cas où la conduite est d'un accès dif-  
cile dû à son immersion dans un fluide ambiant hostile pour  
l'être humain.

20 Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée  
aux modes de réalisation décrits et représentés qui n'ont  
été donnés qu'à titre d'exemple. C'est ainsi que la  
nature du calorifuge, la nature du lest peuvent être  
quelconques sans sortir du cadre de l'invention. C'est  
25 dire que l'invention comprend tous les moyens constituant  
des équivalents techniques des moyens décrits ainsi que  
leurs combinaisons si celles-ci sont exécutées suivant  
son esprit et mises en œuvre dans le cadre de la protection  
revendiquée.

R E V E N D I C A T I O N S  
-----

1. Procédé notamment automatique de détection de défauts d'étanchéité d'une enceinte de confinement de fluide, caractérisé en ce qu'il consiste, pour une conduite de transport d'un fluide quelconque, immergé dans un fluide  
5 ambiant, à détecter, à distance, une fuite de l'un des fluides vers l'autre, ledit procédé comprenant au moins deux opérations, de préférence sensiblement simultanées ou concomitantes, respectivement de détection locale et de détection globale sur l'ensemble de ladite conduite,  
10 de fuite.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'opération de détection globale précitée consiste à entourer constamment la conduite de transport d'une couche confinée de fluide auxiliaire de balayage interposée  
15 entre ladite conduite et le fluide ambiant, ledit fluide auxiliaire étant à une pression inférieure aux pressions respectives du fluide transporté et du fluide ambiant et étant maintenu constamment en circulation sur toute la longueur de ladite conduite, et à déceler la présence d'au moins un  
20 des fluides respectivement transporté ou ambiant dans ledit fluide auxiliaire au moyen d'une surveillance ou d'un contrôle continu de la composition de courant de fluide auxiliaire sortant à une extrémité accessible de la conduite.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé  
25 en ce que le fluide auxiliaire précité est un gaz simple éventuellement inerte, ou un mélange de gaz dont au moins le constituant principal est éventuellement un gaz inerte.

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé  
30 en ce que la surveillance ou le contrôle précité consiste en une analyse dudit fluide auxiliaire notamment par analyse aux infrarouges ou détermination de la limite inférieure d'explosivité dudit fluide.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, applicable à une conduite enrobée d'une couche de matière

solide entourée par le fluide auxiliaire, caractérisé en ce que toute fuite de fluide transporté est canalisée généralement selon une direction circonférentielle le long de la paroi de ladite conduite (1) de façon à accumuler ledit fluide en un volume (7) continu et relativement réduit s'étendant le long de ladite conduite (1), et à transférer au moins partiellement la fuite accumulée au fluide auxiliaire précité.

6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce qu'en cas de présence de l'un des fluides respectivement transporté ou ambiant dans le fluide auxiliaire, on accroit le débit de fluide auxiliaire pour évacuer le fluide fuyard, et on élimine le fluide auxiliaire ainsi pollué du circuit de balayage.

7. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6, caractérisé en ce que en cas de présence du fluide ambiant dans le fluide auxiliaire, on augmente la pression du fluide auxiliaire jusqu'à une valeur au moins égale à la pression du fluide ambiant.

8. Procédé selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que on effectue le transfert précité lorsque la pression du fluide transporté fuyard accumulé atteint une valeur déterminée.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que la détection locale de fuite du fluide transporté consiste à confiner la fuite accumulée du fluide transporté en subdivisant le volume d'accumulation (7) en sections adjacentes, isolées de manière étanche les unes des autres, à déceler dans chaque section précitée la présence du fluide transporté, et en cas de présence dudit fluide transporté à émettre un signal.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le signal précité correspondant à la présence du fluide transporté fuyard dans au moins l'une des sections précitées, est émis lorsque la pression du fluide transporté dans ladite section atteint une valeur déterminée.

11. Procédé selon l'une des revendications précitées

caractérisé en ce que en cas de présence du fluide transporté dans le fluide auxiliaire précité, et de détection locale de la présence dudit fluide transporté dans au moins une des sections précitées, on augmente le débit du fluide auxiliaire.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la détection locale de présence du fluide ambiant dans le fluide auxiliaire précité consiste à déceler en des points répartis statistiquement sur la longueur de la conduite et correspondant sensiblement aux points bas locaux de la conduite, la présence de fluide ambiant, et à émettre un signal en cas de détection.

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'on émet un signal lorsque le niveau du fluide ambiant localement accumulé dans l'espace de confinement (11) du fluide auxiliaire précité atteint une valeur déterminée.

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que en cas d'émission d'au moins un signal de détection locale du fluide ambiant, on élève la pression du fluide auxiliaire au moins sur une partie de la longueur de la conduite jusqu'à une valeur au moins égale de la pression du fluide ambiant.

15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'on évacue chaque poche locale de fluide ambiant fuyard accumulé.

16. Procédé selon l'une des revendications précédentes, applicable à un fluide transporté liquide tel qu'un gaz liquéfié notamment de pétrole, véhiculé dans une conduite sous-marine, caractérisé en ce que le fluide auxiliaire précité est un mélange de gaz dont au moins le constituant principal est de l'azote.

17. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, en l'absence de défaut d'étanchéité, le débit du fluide auxiliaire est d'environ  $1\text{Nm}^3$  par heure et en cas de fuite de l'un des fluides ambiant ou transporté, ledit débit est alors de l'ordre de plusieurs dizaines de  $\text{Nm}^3$  par heure.

18. Conduite de transport d'un fluide quelconque immergé dans un milieu ambiant fluide et comprenant des moyens pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que lesdits  
5 moyens sont constitués par des moyens de détection locale et des moyens de détection globale de fuite de l'un des fluides vers l'autre.

19. Conduite selon la revendication 18, caractérisée par un tube (2) intérieur de transport, notamment métallique, entouré par un tube (10) extérieur de préférence  
10 métallique, radialement espacé du tube (2) intérieur en définissant un espace (11) annulaire continu, les moyens de détection globale précités comprenant ledit espace (11) annulaire, des moyens de balayage (26, 27) dudit espace  
15 annulaire (11) par un fluide auxiliaire, des moyens d'analyse (28) de la composition du flux sortant dudit fluide auxiliaire à une extrémité accessible de ladite conduite (1), des moyens d'alarme (30) reliés auxdits  
moyens d'analyse (28).

20. Conduite selon la revendication 18 ou 19, du type comprenant un tube de transport calorifugé extérieurement et une enveloppe, de préférence imperméable de faible épaisseur entourant jointivement le calorifuge, caractérisée en ce que entre ledit tube (2) de transport  
25 et le calorifuge (4) sont interposés un dispositif de canalisation (3) des fuites de fluide transporté, et un dispositif de collecte (7) desdites fuites canalisées communiquant avec le dispositif de canalisation (3), ledit dispositif de collecte (7) ayant une section  
30 transversale réduite s'étendant sur toute la longueur du tube (2) et étant muni d'au moins un organe (22) de mise en communication avec l'espace annulaire (11) précité entourant ledit tube calorifugé (1).

21. Conduite selon la revendication 20, caractérisée en ce que le dispositif de canalisation (3) précité est  
35 constitué par au moins une couche de tissu, résistant au

fluide transporté, enroulée de manière continue autour du tube (2) précité, et le dispositif de collecte (7) précité est un conduit (8) en forme sensiblement d'auge fixé sur ledit tissu, et rempli d'une matière poreuse  
5 telle que par exemple une mousse polyuréthane à cellules éclatées.

22. Conduite selon l'une des revendications 19 à 21, caractérisée en ce que les moyens de balayage précités de l'espace annulaire (11) comprennent une source (26)  
10 de fluide auxiliaire, un dispositif d'alimentation (27) et de préférence de recyclage du fluide auxiliaire sous un débit variable et sous une pression réglable, au moins un conduit (16) de circulation dudit fluide agencé dans l'espace annulaire (11) précité et s'étendant sensiblement  
15 sur toute la longueur de la conduite (1), et des moyens d'évacuation sélective (29) dudit fluide auxiliaire.

23. Conduite selon l'une des revendications 19 à 22, caractérisée en ce que les moyens d'analyse (28) précités comprennent un dispositif de mesure de la concentration  
20 du fluide ambiant dans le flux sortant du fluide auxiliaire et un dispositif de détermination de la concentration du fluide transporté dans ledit flux sortant de fluide auxiliaire tel que par exemple la détermination de la limite inférieure d'explosivité au moyen d'un explosimètre.

24. Conduite selon l'une des revendications 20 à 23, caractérisée en ce que l'organe (22) précité de mise en communication du dispositif de collecte (7) précité et de l'espace annulaire (11) précité est une soupape à  
ouverture automatique par la pression régnant dans ledit  
30 dispositif de collecte (7).

25. Conduite selon l'une des revendications 18 à 24, caractérisée en ce que le dispositif de collecte (7) précité est subdivisé en sections adjacentes longitudinalement successives, isolées de manière étanche les unes  
35 des autres, et les moyens de détection locale de fuite de fluide transporté comprennent ces sections et au moins

un détecteur (23) agencé sur chaque section indépendante précitée, ledit détecteur (23) étant relié à des moyens d'alarme (30).

5 26. Conduite selon la revendication 25, caractérisée en ce que le détecteur (23) précité est un pressostat.

27. Conduite selon l'une des revendications 18 à 26, caractérisée en ce que les moyens de détection locale de fuite de fluide ambiant comprennent des détecteurs (24) de présence de fluide ambiant dans l'espace annulaire (11) agencés dans ledit espace annulaire (11) en étant répartis sur la longueur totale de la conduite (1) à des positions correspondant sensiblement aux points bas locaux de ladite conduite (1), lesdits détecteurs (24) étant reliés à des moyens d'alarme (30).

15 28. Conduite selon la revendication 27, caractérisée en ce que les détecteurs (24) précités sont des détecteurs de niveau de fluide ambiant localement accumulés dans l'espace annulaire (11), émettant un signal transmis aux moyens d'alarme (30) précités, lorsque le niveau atteint une valeur déterminée.

20 29. Conduite selon l'une des revendications 27 ou 28, caractérisée en ce que les moyens de détection locale de fuite de fluide ambiant comprennent également des moyens d'évacuation dudit fluide ambiant de l'espace annulaire (11) précité.

25 30. Conduite selon la revendication 29, caractérisée en ce que les moyens d'évacuation précités sont constitués par au moins un conduit d'évacuation (15) agencé dans l'espace annulaire (11) précité et s'étendant sur toute la longueur de la conduite (1), des purgeurs (25) étant montés sur ledit conduit d'évacuation (15) et répartis statistiquement sur la longueur dudit conduit (15).

30 31. Conduite selon la revendication 30, caractérisée en ce que les purgeurs (25) précités sont des purgeurs à ouverture commandée par un dispositif automatique tel que par exemple un dispositif à calorstat ou un dispositif

à servo-valve hydraulique.

32. Conduite selon la revendication 29, caractérisée en ce que les moyens d'évacuation précités comprennent plusieurs tubes siphons (15a, 15b) de faible diamètre  
5 agencés dans la partie inférieure de l'espace annulaire (11), chaque élément de tube siphon (15a, 15b) reliant deux points bas locaux et voisins de la conduite (1) de manière à canaliser automatiquement le fluide ambiant vers l'extrémité inférieure de ladite conduite.

10 33. Conduite selon la revendication 21, caractérisée en ce que le tissu précité (3) est un tissu de verre, à bouclettes libres, de préférence à tissage taffetas, et l'enveloppe (8) définissant le dispositif (7) de collecte précité est de préférence en une matière plastique  
15 résistante.

34. Procédé de construction d'une conduite décrite dans l'une des revendications 18 à 35, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations suivantes :

- préfabriquer des éléments de conduite (17)  
20 comprenant un tube métallique de transport (2) calorifugé, et des dispositifs de canalisation (3) et de collecte (7) précités ;
  - souder bout-à-bout au moins deux éléments préfabriqués (17a, 17b) ;
  - 25 - enfiler ceux-ci dans un élément de tube métallique (10) extérieur pour définir l'espace annulaire précité (11);
  - agencer des éléments des différents tubes (15, 15a, 15b, 16) respectivement de circulation du gaz auxiliaire et d'évacuation du fluide ambiant dans ledit espace  
30 annulaire (11) ;
    - à une des extrémités de l'ensemble ainsi réalisé, souder un nouveau élément (17c) préfabriqué et un nouveau élément (10c) de tube extérieur, agencer et souder de nouveaux éléments de tubes de circulation et d'évacuation  
35 précités, et ainsi de suite, pour réaliser une longueur de conduite déterminée ;

- enrober ladite conduite dans une couche de béton servant de couche de protection et de lest ;

- et enfin immerger ladite conduite dans le milieu ambiant.

5           35. Procédé selon la revendication 34, caractérisé en ce que l'opération de préfabrication précitée des éléments de conduite (17) consiste à enrouler au moins une couche (3) de tissu de verre, de préférence avec recouvrement partiel des spires, sur une partie de la  
10 longueur du tube de transport métallique (2), de telle manière à laisser découverte une faible longueur de tube à chacune de ces extrémités ; à coller ledit tissu sur ledit tube de transport (2) ; à fixer sur ledit tissu et suivant une génératrice dudit tube (2) le dispositif  
15 de collecte (7) précitée, ledit dispositif de collecte (7) faisant saillie de part et d'autre de la partie recouverte dudit tube de transport (2) ; à monter de manière sensiblement concentrique, au moyen d'éléments de centrage (6) tels que des plots, ledit tube de transport (2) dans  
20 une enveloppe (5) à paroi mince de longueur sensiblement égale à ladite partie recouverte du tube de transport, et à injecter dans l'espace ainsi défini une matière solide telle que de la mousse polyuréthane dense et thermiquement isolante.

25           36. Procédé selon la revendication 35, caractérisé en ce qu'on fixe sur le dispositif de collecte (7) d'au moins certains éléments (17a, 17b) de conduite précités, un organe de mise en communication (22) précité tel que par exemple une soupape, et/ou un détecteur (23) précité  
30 de présence de fluide transporté tel qu'un pressostat.

          37. Procédé selon la revendication 35 ou 36, caractérisé en ce qu'on monte sur l'extérieur du tube à paroi mince (5) d'au moins certains éléments (17) de conduite précités un détecteur de niveau précité (24).

35           38. Procédé selon l'une des revendications 35 à 37, caractérisé en ce qu'on fixe sur une extrémité du calorifuge

et du dispositif de collecte (7) précité d'au moins certains éléments de conduite (17a) précités, un manchon d'obturation (21) pour fermer de manière étanche ladite extrémité, ledit manchon (21) étant de préférence en  
5 plastique thermorétractable.

39. Procédé selon l'une des revendications 34 à 38, caractérisé en ce qu'on soude bout-à-bout deux éléments (17) de conduite préfabriqués et on fixe un élément de joint (18) autour de la zone de jonction pour réaliser  
10 une structure continue du dispositif de canalisation (3), du dispositif de collecte (7) et du calorifuge (4) entourant ledit tube de transport (2).

40. Procédé selon la revendication 39, caractérisé en ce qu'on réalise l'élément de joint (18) précité, tout  
15 d'abord en disposant au moins une couche de tissu de verre (3d) sur les longueurs de tube de transport (2) non encore recouvertes, puis en fixant sur ladite couche de tissu une partie de dispositif de collecte (7d) de manière à relier les deux extrémités de dispositif de collecte (7)  
20 déjà fixées sur les deux éléments de conduite (17a, 17b) assemblés, et en disposant autour de l'ensemble, une couche de calorifuge maintenue en position par une enveloppe extérieure (19) de préférence en matière thermorétractable.

25 41. Procédé selon l'une des revendications 34 à 40, caractérisé en ce qu'on assemble entre deux éléments de conduite (17) préfabriqués munis à une de leurs extrémités du manchon d'obturation (21) précité, au moins un autre élément de conduite (17) de telle manière que la longueur  
30 de conduite ainsi réalisée comprenne au moins un pressostat (23) et au moins une soupape (22).

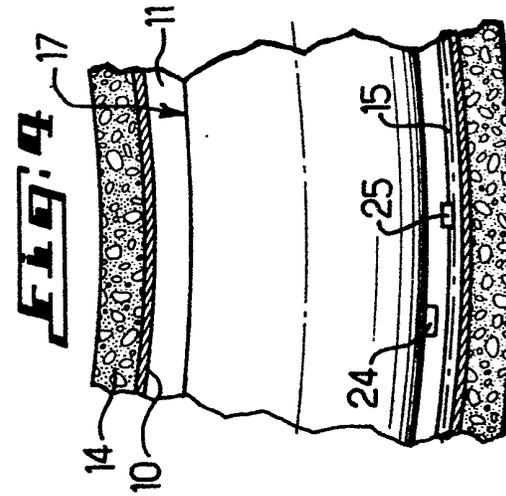
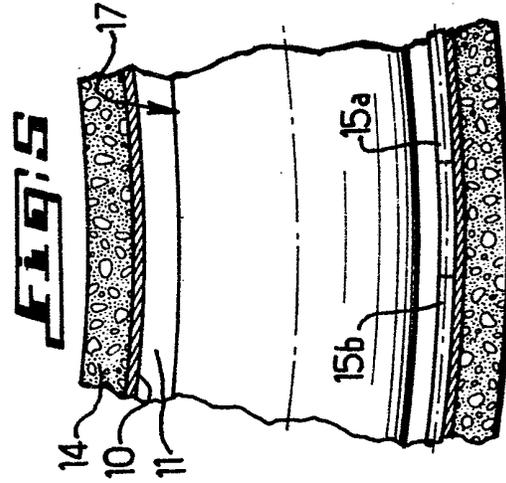
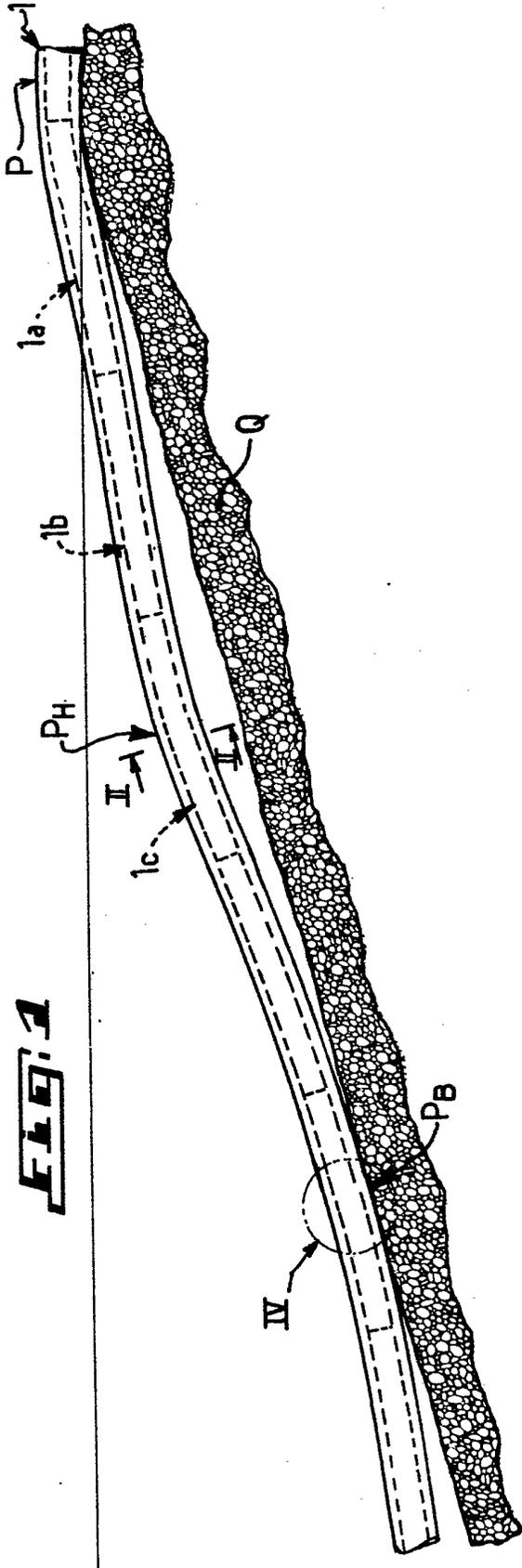
42. Procédé selon l'une des revendications 34 à 41, caractérisé en ce qu'on positionne les éléments de conduite (17) préfabriqués précités à l'intérieur d'éléments de  
35 tube (10a, 10b, 10c) métallique extérieur au moyen de patins de positionnement (12) répartis selon la direction

longitudinale desdits tubes.

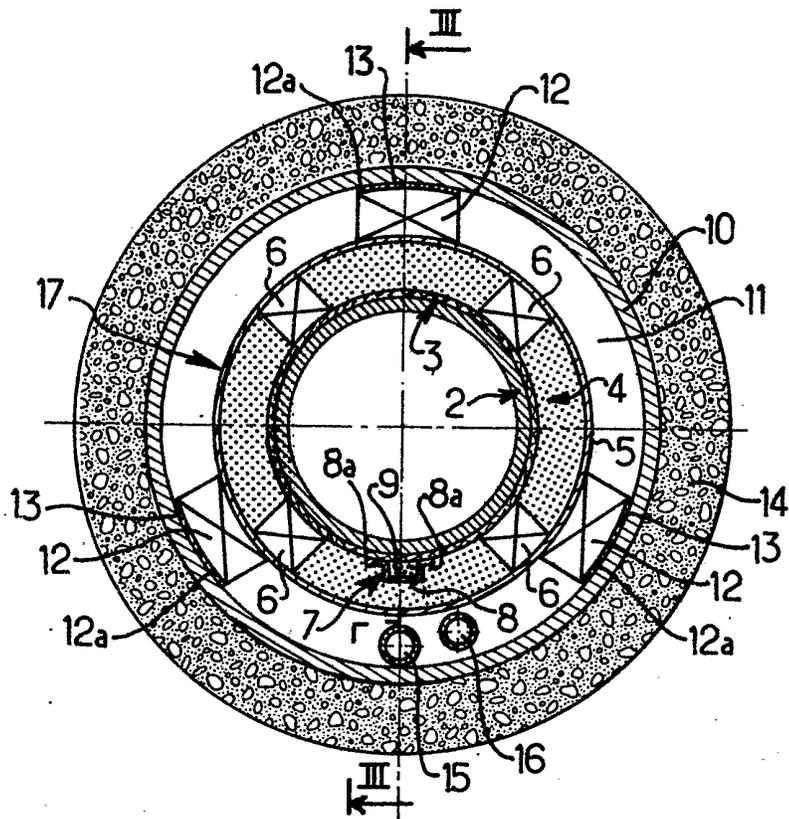
43. Procédé selon la revendication 42, caractérisé en ce qu'on recouvre la surface de contact des patins de positionnement (12) avec le tube extérieur (10) par  
5 une couche mince (13) de produit à coefficient de frottement faible tel que par exemple du polyéthylène.

44. Procédé selon l'une des revendications 34 à 43, caractérisé en ce qu'on fixe entre certains éléments de conduite préfabriquée un joint de dilatation.

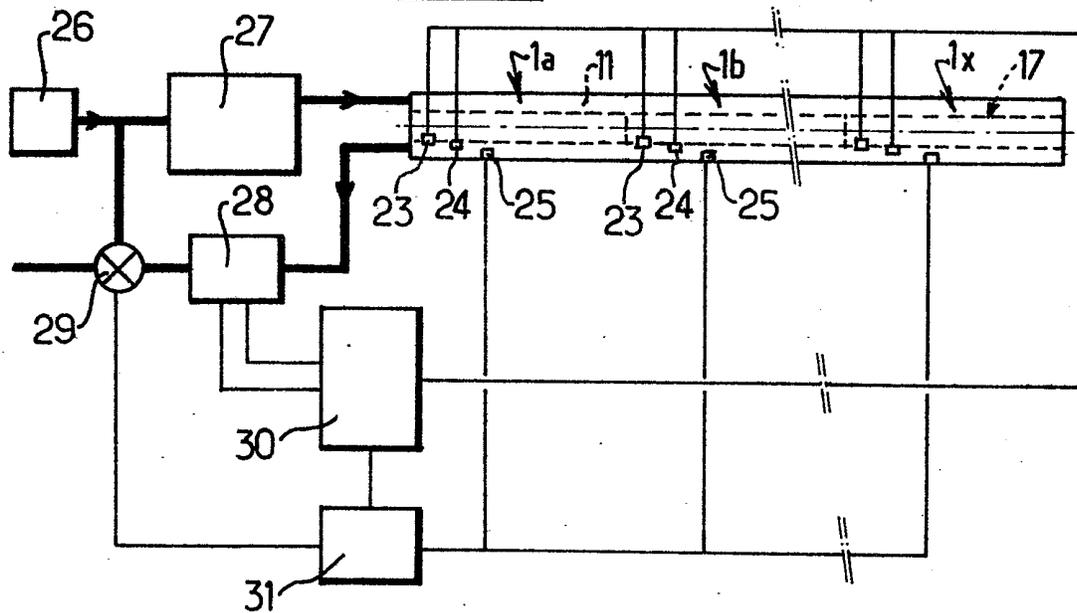
10 45. Conduite de transport d'un fluide liquide, immergé dans un fluide ambiant selon l'une des revendications 18 à 33, caractérisée en ce qu'elle est réalisée selon le procédé de construction décrit dans l'une des revendications de 34 à 44.



**FIG. 2**



**FIG. 6**



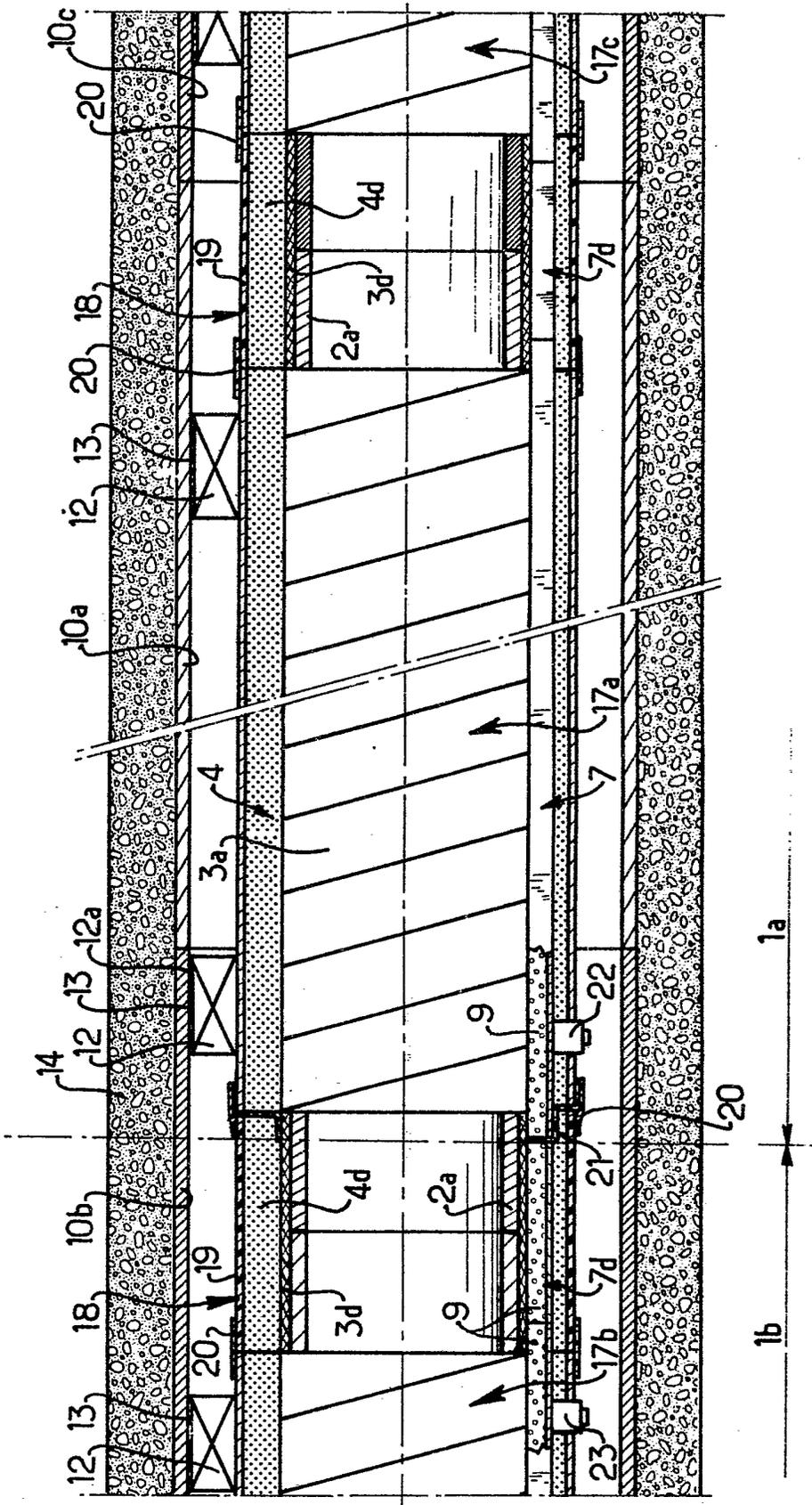


FIG. 8

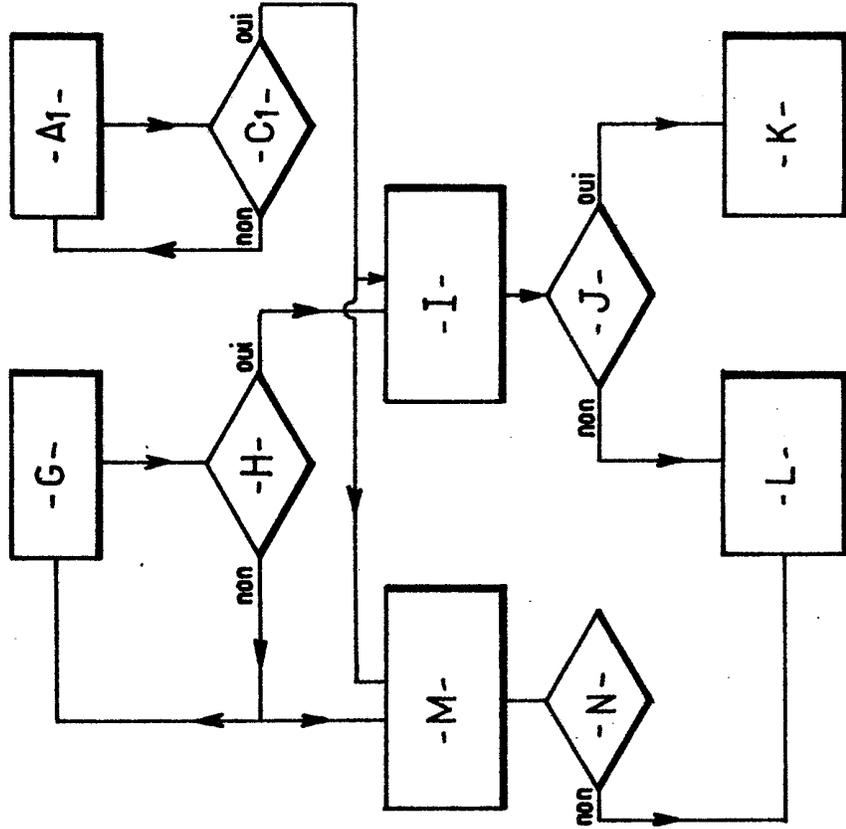


FIG. 7

