

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication :

3 099 077

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

19 08353

⑤1 Int Cl⁸ : **B 29 C 44/20** (2019.01), B 32 B 15/08, F 17 C 3/06,
B 63 B 25/16, F 17 C 13/00

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 Procédé de fabrication d'une paroi pour une cuve étanche et thermiquement isolante.

②2 Date de dépôt : 23.07.19.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 29.01.21 Bulletin 21/04.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 10.06.22 Bulletin 22/23.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ
Société Anonyme à conseil d'administration — FR.

⑦2 Inventeur(s) : LAURAIN Nicolas et DE COMBARIEU
Guillaume.

⑦3 Titulaire(s) : GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ
Société Anonyme à conseil d'administration.

⑦4 Mandataire(s) : LOYER & ABELLO.

FR 3 099 077 - B1



Description

Titre de l'invention : Procédé de fabrication d'une paroi pour une cuve étanche et thermiquement isolante

Domaine technique

- [0001] L'invention concerne le domaine des cuves, étanches et thermiquement isolantes, à membranes, pour le stockage et/ou le transport de fluide. En particulier, l'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes pour le stockage et/ou le transport de gaz liquéfié à basse température, telles que des cuves pour le transport de Gaz de Pétrole Liquéfié (aussi appelé GPL) présentant par exemple une température comprise entre -50°C et 0°C , ou pour le transport de Gaz Naturel Liquéfié (GNL) à environ -162°C à pression atmosphérique. Ces cuves peuvent être installées à terre ou sur un ouvrage flottant. Dans le cas d'un ouvrage flottant, la cuve peut être destinée au transport de gaz liquéfié ou à recevoir du gaz liquéfié servant de carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant.
- [0002] L'invention se rapporte plus particulièrement à un procédé de fabrication d'une paroi d'une telle cuve étanche et thermiquement isolante.

Arrière-plan technologique

- [0003] Dans l'état de la technique, il est connu des cuves étanches et thermiquement isolantes à membranes. Les parois de ces cuves comportent une structure multicouche présentant de l'intérieur vers l'extérieur de la cuve, au moins une membrane étanche primaire destinée à être en contact avec le fluide stocké dans la cuve et une barrière thermiquement isolante primaire et, optionnellement, une membrane secondaire et une barrière thermiquement isolante secondaire.
- [0004] Les barrières thermiquement isolantes comportent une pluralité de panneaux isolants qui sont juxtaposés selon des rangés parallèles. Les membranes primaire et secondaire sont respectivement supportées par les panneaux isolants de la barrière thermiquement isolante primaire et ceux de la barrière thermiquement isolante secondaire.
- [0005] Les panneaux isolants comportent chacun une couche de mousse isolante expansée. La couche de mousse isolante expansée est réalisée par un procédé de moussage en expansion libre en continu. A la sortie du procédé de fabrication de la mousse, la mousse isolante est découpée aux dimensions souhaitées du panneau à réaliser. En outre, les faces internes et externes de la couche de mousse isolante sont rectifiées afin d'assurer leur planéité. Par la suite, des plaques de bois contreplaqués sont généralement collées contre l'une et/ou l'autre des faces interne et externe de la couche de mousse isolante expansée.
- [0006] Les membranes d'étanchéité sont soit des membranes métalliques, soit des

membranes composites. Les membranes métalliques sont réalisées au moyen de tôles métalliques qui sont soudées, in-situ à l'intérieur de la cuve, les unes aux autres et sur des supports de soudures fixés sur les faces internes des panneaux isolants de manière à fixer les tôles métalliques aux panneaux isolants. Les membranes composites comportent des éléments de membrane rigides qui sont collés sur les faces internes des panneaux isolants. Des éléments de membrane souples sont collés à cheval sur les éléments de membrane rigides des panneaux isolants adjacents de manière à assurer l'étanchéité de la membrane composite.

[0007] Ainsi, la fabrication des parois des cuves étanches et thermiquement isolantes à membranes est particulièrement complexe et nécessite de nombreuses étapes.

Résumé

[0008] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit un procédé de fabrication d'un paroi pour une cuve étanche et thermiquement isolante comportant au moins une barrière thermiquement isolante et une membrane d'étanchéité reposant contre la barrière thermiquement isolante, le procédé comportant :

- fabriquer une pluralité d'éléments de parois, la fabrication de chaque élément de paroi comportant :
 - fournir une plaque étanche ;
 - placer une solution de mousse isolante expansible contre la plaque étanche ; et
 - expanser la solution de mousse isolante expansible contre ladite plaque étanche de manière à réaliser une couche de mousse isolante expansée adhérant à la plaque étanche ;
- ancrer lesdits éléments de paroi ainsi fabriqués à une structure porteuse ; la couche de mousse isolante expansée desdits éléments de paroi formant au moins une partie de la barrière thermiquement isolante ; et
- assembler les plaques étanches desdits éléments de paroi de manière étanche de sorte que lesdites plaques étanches forment au moins une partie de la membrane d'étanchéité.

[0009] Ainsi, selon un tel procédé, la couche de mousse isolante expansée destinée à former une partie de la barrière thermiquement isolante et la plaque étanche destinée à former une partie de la membrane d'étanchéité sont fixés l'un à l'autre directement lors de la fabrication de la couche de mousse isolante expansée. Ceci permet de simplifier considérablement la fabrication de la paroi.

[0010] En outre, la plaque étanche forme une surface de référence lors du moussage de sorte que la planéité de la face de l'élément de paroi formée par la plaque étanche n'a pas à être rectifiée pour assurer sa planéité, ce qui permet de simplifier encore davantage la réalisation de l'élément de paroi.

[0011] Selon des modes de réalisation, un tel procédé peut comporter une ou plusieurs des

caractéristiques suivantes.

- [0012] Selon un mode de réalisation, la couche de mousse isolante expansée est une mousse de polyuréthane (PUR) ou une mousse de polyisocyanurate (PIR).
- [0013] Selon un mode de réalisation, la solution de mousse isolante expansible comporte au moins un polyol, un polyisocyanate et un agent d'expansion.
- [0014] Selon un mode de réalisation, la plaque étanche comporte un film étanche.
- [0015] Selon un mode de réalisation, l'étape d'assemblage des plaques étanches comporte le collage d'un film étanche additionnel à cheval sur les films composites rigides.
- [0016] Selon un mode de réalisation, le film étanche est un film composite rigide.
- [0017] Selon un mode de réalisation, le film composite rigide comporte une feuille d'aluminium intercalée entre deux couches de fibres.
- [0018] Bien entendu, d'autres types de films étanches peuvent être réalisés.
- [0019] Selon un mode de réalisation, la plaque étanche comporte une plaque métallique.
- [0020] Selon un mode de réalisation, la plaque métallique comporte des ondulations. Selon un mode de réalisation, la plaque métallique comporte deux séries d'ondulations parallèles, les ondulations de l'une des séries d'ondulations étant perpendiculaires aux ondulations de l'autre série d'ondulations.
- [0021] Selon un mode de réalisation, la plaque métallique présente une pluralité de reliefs faisant saillie dans une direction d'épaisseur par rapport au plan de la plaque métallique.
- [0022] Selon un mode de réalisation, chaque relief comporte une base faisant la liaison entre le relief et la portion plane, et comportant au moins un sommet, la base comprenant dans le plan formé par la portion plane une première dimension égale au diamètre du plus petit cercle circonscrit autour de la base et une deuxième dimension égale au diamètre du plus grand cercle inscrit dans la base, et la distance entre le sommet et la base dans la direction d'épaisseur formant une hauteur du relief. On entend par le diamètre du plus petit cercle circonscrit autour de la base, le diamètre du plus petit cercle situé autour et à l'extérieur de la base, et ayant au moins deux points d'intersection avec la base de sorte que le cercle entoure la base sans la couper. Par exemple dans le cas d'une base triangulaire, ce cercle a pour centre le point d'intersection des médiatrices des côtés de la base. On entend par le diamètre du plus grand cercle inscrit dans la base, le diamètre du plus grand cercle situé à l'intérieur de la base et ayant au moins deux points d'intersection avec la base de sorte que le cercle soit situé entièrement dans la base sans la couper. Par exemple dans le cas d'une base triangulaire, ce cercle a pour centre le point d'intersection des bissectrices de la base.
- [0023] Selon un mode de réalisation, la plaque métallique comporte dans toutes les directions du plan au moins un relief.
- [0024] Selon un mode de réalisation, la hauteur du relief est inférieure à 20 mm, avanta-

geusement comprise entre 8 mm et 20 mm, de préférence compris entre 10 mm et 14 mm.

- [0025] Selon un mode de réalisation, chaque relief est écarté d'un relief adjacent dans toutes les directions du plan par une distance inférieure ou égale à 2 fois la première dimension de la base.
- [0026] Selon un mode de réalisation, le ratio de la première dimension de la base sur la hauteur du relief est inférieur ou égal à 2.
- [0027] Selon un mode de réalisation, le ratio de la deuxième dimension de la base sur la hauteur du relief est inférieur ou égal à 0,6.
- [0028] Selon un mode de réalisation, les reliefs sont réalisés par forgeage, de préférence emboutissage, ou bien par estampage, matriçage, etc.
- [0029] Selon un mode de réalisation, la plaque métallique présente une épaisseur comprise entre 0,5 mm et 2 mm.
- [0030] Selon un mode de réalisation, les plaques métalliques sont réalisées dans un matériau métallique dont le module d'Young est compris entre 130 GPa et 230 GPa.
- [0031] Selon un mode de réalisation, les plaques métalliques sont réalisées dans un matériau métallique dont la limite élastique est supérieure à 170 MPa.
- [0032] Selon un mode de réalisation, la plaque métallique est réalisée en acier inoxydable ou en acier à haut manganèse.
- [0033] Ainsi, pour un acier inoxydable ayant un module d'Young de 200 GPa, l'épaisseur minimale de la plaque est donc environ égale à 0,58 mm. Pour un acier à haut manganèse ayant un module d'Young de 170 GPa, l'épaisseur minimale de la plaque est donc environ égale à 0,68 mm.
- [0034] Selon un mode de réalisation, le nombre de reliefs par mètre linéaire de plaque métallique N_{relief} est compris dans l'intervalle suivant :
- $$\frac{\alpha \times \Delta T \times 10^6}{11 \times h} \leq N_{\text{relief}} \leq \frac{\alpha \times \Delta T \times 10^7}{35 \times h}$$
- avec α le coefficient de dilatation thermique de la plaque métallique en K^{-1} , ΔT la différence de température entre la température ambiante et la température du fluide stocké dans la cuve en K, et h la hauteur du relief en mm.
- [0035] Selon un mode de réalisation, chaque relief présente une forme pyramidale ou de demi ellipsoïde, par exemple de demi-sphère ou de pyramide à base carré.
- [0036] Selon un mode de réalisation, la base présente une forme d'ellipse, par exemple un cercle, ou de polygone.
- [0037] Selon un mode de réalisation, chaque relief présente une forme s'évasant vers la base.
- [0038] Selon un mode de réalisation, l'étape d'assemblage des plaques étanches comporte souder de manière étanche les plaques métalliques les unes aux autres.

- [0039] Selon un mode de réalisation, les plaques métalliques sont soudées bord à bord.
- [0040] Selon un autre mode de réalisation, les plaques métalliques sont soudées les unes aux autres au moyen de pièces métalliques supplémentaires qui sont soudées à cheval sur les plaques métalliques des éléments de paroi adjacents.
- [0041] Selon un mode de réalisation, la plaque étanche comporte une plaque métallique et un ou plusieurs organes d'ancrage destinés à l'ancrage d'un panneau isolant primaire sur ledit élément de paroi.
- [0042] Selon un mode de réalisation, la plaque étanche comporte une plaque métallique et une ou plusieurs plaques d'ancrage.
- [0043] Selon un mode de réalisation, la plaque étanche comporte une ou plusieurs zones plus épaisses dans lesquelles sont ménagés un ou plusieurs taraudages destinés à recevoir un goujon de fixation.
- [0044] Selon un mode de réalisation, la plaque étanche comporte une plaque métallique et une ou plusieurs bandes de protection thermique le long des bords de ladite plaque métallique.
- [0045] Selon des variantes de réalisation non illustrées et non couverts par les revendications, la solution de mousse isolante expansible n'est pas expansée contre la plaque métallique. Ainsi, la plaque métallique est collée à la couche de mousse isolante expansée après sa formation. De telles variantes de réalisation peuvent être librement combinées avec les différentes caractéristiques des modes de réalisation décrits dans le présent document, et en particulier avec les caractéristiques suivantes :
- une ou plusieurs bandes de protection thermique sont positionnées le long des bords de la plaque métallique collée sur la couche de mousse isolante expansée ;
 - la plaque métallique comporte un ou plusieurs organes d'ancrage destinés à l'ancrage d'un panneau isolant primaire sur ledit élément de paroi ; et/ou .
 - la plaque métallique comporte une ou plusieurs zones plus épaisses dans lesquelles sont ménagés un ou plusieurs taraudages destinés à recevoir un goujon de fixation.
- [0046] Selon un mode de réalisation, la solution de mousse isolante expansible est expansée dans un laminoir contraignant l'expansion de la solution de mousse isolante.
- [0047] Selon un mode de réalisation, le laminoir est un laminoir à double bande comportant une bande inférieure, une bande supérieure et des parois latérales qui forment ensemble un tunnel de section rectangulaire.
- [0048] Selon un mode de réalisation, le laminoir est agencé de telle sorte que la contrainte à l'expansion de la solution de mousse isolante expansible conduit à une couche de mousse isolante expansée présentant un volume, en sortie du laminoir représentant entre 92% et 99% du volume d'expansion de cette solution de mousse isolante expansible dans le cas d'une expansion libre. Ceci permet de conférer à la couche de mousse isolante expansée d'excellentes performances mécaniques.

- [0049] Selon un mode de réalisation, la fabrication de chaque élément de paroi comporte déposer un ou plusieurs renforts de fibres sur la plaque étanche et imprégner lesdits renforts de fibres lorsque la solution de mousse isolante expansible est placée contre la plaque étanche.
- [0050] Selon un mode de réalisation, les renforts de fibres sont des mats de fibres.
- [0051] Selon un mode de réalisation, les renforts de fibres sont déposés parallèlement les uns aux autres et à la plaque étanche.
- [0052] Selon un mode de réalisation, les renforts de fibres comportent des fibres de verre qui sont liées entre elles par une résine, telle qu'une résine de polyuréthane.
- [0053] Selon un mode de réalisation, lors de la fabrication de chaque élément de paroi, l'on fait adhérer un support à une face de la couche de mousse isolante expansée opposée à la plaque étanche.
- [0054] Selon un mode de réalisation, le support est une plaque de bois contreplaqué.
- [0055] Selon un mode de réalisation, l'on colle le support à la couche de mousse polymère expansée.
- [0056] Selon un mode de réalisation, l'on place la plaque étanche sur une bande de transport, l'on dépose la solution de mousse isolante expansible contre la plaque étanche reposant sur le tapis de transport et l'on conduit la plaque étanche et la solution de mousse isolante jusqu'au laminoir au moyen de ladite bande de transport.
- [0057] Selon un mode de réalisation, l'on usine au moins une face de la couche de mousse isolante expansée opposée à la plaque étanche. De manière avantageuse, lorsque l'on utilise un laminoir pour contraindre l'expansion de la solution de mousse isolante, la face de la couche de mousse isolante expansée opposée à la plaque étanche est usinée à la sortie du laminoir.
- [0058] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit également une paroi pour une cuve étanche et thermiquement isolante obtenue au moyen du procédé précité, ladite paroi comportant une pluralité d'éléments de paroi, chaque élément de paroi comportant une plaque étanche et une couche de mousse isolante expansée adhérant directement à la plaque étanche, lesdits éléments de paroi étant ancrés à une structure porteuse et disposés les uns à côté des autres de sorte que les couches de mousse isolantes expansées forment une barrière thermiquement isolante, les plaques étanches desdits éléments de paroi étant assemblées de manière étanche les unes aux autres de sorte à former au moins une partie d'une membrane d'étanchéité.
- [0059] La couche de mousse isolante expansée adhérant directement à la plaque étanche, il n'y a donc pas de couche de colle intermédiaire.
- [0060] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit également une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide comportant une paroi précitée.
- [0061] Une telle cuve peut faire partie d'une installation de stockage terrestre, par exemple

pour stocker du GNL ou être installée dans une structure flottante, côtière ou en eau profonde, notamment un navire méthanier, une unité flottante de stockage et de regazéification (FSRU), une unité flottante de production et de stockage déporté (FPSO), et autres.

[0062] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit un navire pour le transport d'un fluide, le navire comportant une double coque et une cuve précitée, disposée dans la double coque.

[0063] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé de chargement ou déchargement d'un tel navire, dans lequel on achemine un fluide à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[0064] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un fluide, le système comportant le navire précité, des canalisations isolées agencées de manière à relier la cuve installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre et une pompe pour entraîner un fluide à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

Brève description des figures

[0065] L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante de plusieurs modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés.

[0066] [fig.1] La figure 1 est une illustration schématique d'une structure multicouche d'une paroi d'une cuve à membranes.

[0067] [fig.2] La figure 2 est une illustration schématique d'un élément de paroi associant une plaque étanche destinée à former une partie d'une membrane d'étanchéité et une couche de mousse isolante expansée destinée à former une partie d'une barrière thermiquement isolante.

[0068] [fig.3] La figure 3 est une illustration schématique d'une installation pour la fabrication d'un élément de paroi.

[0069] [fig.4] La figure 4 illustre un élément de paroi selon un autre mode de réalisation.

[0070] [fig.5] La figure 5 illustre de manière détaillée la plaque étanche de l'élément de paroi de la figure 4.

[0071] [fig.6] La figure 6 est une vue en coupe schématique selon la ligne II-II de la figure 5.

[0072] [fig.7] La figure 7 est une vue de détail d'un relief selon une variante de réalisation de la plaque étanche de la figure 5.

- [0073] [fig.8] La figure 8 est une vue en coupe selon le plan IV-IV de la figure 7.
- [0074] [fig.9] La figure 9 représente schématiquement un élément de paroi selon une variante de réalisation de la figure 4.
- [0075] [fig.10] La figure 10 représente schématiquement une zone d'un élément de paroi secondaire destiné à l'ancrage d'un panneau isolant primaire selon un mode de réalisation.
- [0076] [fig.11] La figure 11 représente schématiquement un élément de paroi selon un autre mode de réalisation.
- [0077] [fig.12] La figure 12 représente schématiquement un élément de paroi selon un autre mode de réalisation.
- [0078] [fig. 13] La figure 13 est une vue en perspective de la plaque métallique ondulée de l'élément de paroi de la figure 10.
- [0079] [fig. 14] La figure 14 est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

Description des modes de réalisation

- [0080] La figure 1 représente la structure d'une paroi 31 d'une cuve à membranes. La paroi présente une structure multicouche et comporte, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire 14 comportant des panneaux isolants secondaires 17 ancrés à une structure porteuse 15, une membrane secondaire 13 reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire 14, une barrière thermiquement isolante primaire 12 comportant des panneaux isolants primaires 14 reposant contre la membrane secondaire 13 et ancrés à la structure porteuse 15 ou aux panneaux isolants secondaires 17 et une membrane primaire 1 qui repose contre la barrière thermiquement isolante primaire 12 et qui est destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve.
- [0081] Pour réaliser une telle paroi, plusieurs éléments de paroi 32, dont l'un est représenté sur la figure 2, sont préalablement fabriqués. Chaque élément de paroi 32 comporte une plaque étanche 33 destinée à former une partie de l'une des membranes primaire 1 et secondaire 13 et une couche de mousse isolante expansée 34 destinée à former une partie de la barrière thermiquement isolante correspondante.
- [0082] Une méthode de fabrication d'un tel élément de paroi 32 ainsi qu'une installation 35 permettant de mettre œuvre cette méthode sont décrites ci-dessous en relation avec la figure 3.
- [0083] L'installation 35 comporte une bande de transport 36, un distributeur 37 pour distribuer une solution de mousse isolante extensible et un laminoir 38. La bande de transport 36 est destinée à recevoir la plaque étanche 33 destinée à former une partie de l'une des membranes primaire 1 et secondaire 13 de la paroi de la cuve. Selon un mode

de réalisation, avant d'être disposée sur la bande de transport 36, la plaque étanche 33 a préalablement été découpée aux dimensions de l'élément de paroi 32 à réaliser. Selon un autre mode de réalisation, la plaque étanche 33 est disposée en continu sur la bande de transport 36 et est découpée aux dimensions de l'élément de paroi 32 à réaliser après que la couche de mousse isolante expansée 34 ait été formée et expansée.

[0084] En outre, comme représenté sur la figure 3, la bande de transport 36 est également destinée à recevoir des renforts de fibres 39, tels que des mats de fibres. Dans le mode de réalisation, les renforts de fibres 39 sont fournis sous forme de bobine. Les renforts de fibres 39 sont déroulés et amenés parallèlement les uns aux autres contre la plaque étanche 33. Selon un mode de réalisation, les renforts de fibres 39 sont préalablement découpés aux dimensions de l'élément de paroi 32 à réaliser. Selon un autre mode de réalisation, les renforts de fibres 39 sont disposés en continu et découpés après la formation et l'expansion de la couche de mousse isolante expansée 34. Les renforts de fibres 39 comportent par exemple des fibres de verre qui sont liées entre-elles par une résine, telle qu'une résine de polyuréthane.

[0085] Le distributeur 37 est situé au-dessus de la bande de transport 36. Il est destiné à dispenser une solution de mousse isolante expansible 40 sur les renforts de fibres 39 et la plaque étanche 33. La solution de mousse isolante expansible 40 comporte un mélange de composant chimiques, d'agent(s) gonflant(s) et d'éventuels autres agents fonctionnels permettant la formation d'une mousse isolante expansée. Les composants de la solution de mousse expansible sont mélangés dans un mélangeur, non représenté, avant d'être conduits au distributeur 37.

[0086] Selon un mode de réalisation, la mousse isolante expansée à fabriquer est une mousse de polyuréthane (PUR) ou une mousse de polyisocyanurate (PIR). Aussi, la solution de mousse isolante expansible comporte au moins un polyol, un polyisocyanate et un agent d'expansion, également désigné par l'expression agent gonflant.

[0087] Le polyol est par exemple choisi parmi les polyols polyéther, les polyols polyester et leurs mélanges. Le polyisocyanate est, par exemple, choisi parmi les polyisocyanates aromatiques, aliphatiques, cycloaliphatiques, arylaliphatiques et leurs mélanges.

[0088] L'agent gonflant consiste en un agent d'expansion physique et/ou chimique, de préférence une combinaison des deux types. Selon un mode de réalisation, l'agent d'expansion physique est choisi parmi les alcanes et les cycloalcanes ayant au moins 4 atomes de carbone, les éthers dialkyls, les esters, les cétones, les acétals, les fluoroalcanes, les fluoro-oléfines ayant entre 1 et 8 atomes de carbone et les tétraalkylsilanes ayant entre 1 et 3 atomes de carbone dans la chaîne alkyle, en particulier le tétraméthylsilane, ou un mélange de ceux-ci. Selon un autre mode de réalisation, l'agent d'expansion physique choisi est le 1,1,1,3,3-pentafluoropropane, ou HFC-245fa, (commercialisé par la société Honeywell), le 1,1,1,3,3-pentafluorobutane, ou

365mfc, (par exemple le solkane® 365mfc commercialisé par la société Solvay), le 2,3,3,3-tétrafluoroprop-1-ene, le 1,1,1,2,3,3,3-heptafluoropropane (également désigné internationalement en tant que le HFC-227ea, par exemple commercialisé par la société Dupont), le 1,1,1,4,4,4-hexafluorobutène (par exemple le HFO FEA1100 commercialisé par la société Dupont), le trans- 1-chloro-3,3,3- trifluoropropene (solstice LBA - société Honeywell) ou un mélange de ceux-ci. Selon un mode de réalisation, l'agent d'expansion chimique consiste en de l'eau.

[0089] Selon un mode de réalisation, la solution de mousse isolante expansible 40 comporte un catalyseur de réaction qui pourra par exemple être choisi parmi les amines tertiaires, telles que la N,N-diméthylcyclohexylamine ou la N,N-diméthylbenzylamine ou parmi les composés organo-métalliques à base de bismuth, de potassium ou d'étain.

[0090] Le distributeur 37 est agencé pour dispenser la solution de mousse isolante expansible 40 de manière régulière sur la largeur de la plaque étanche 33. Pour ce faire, selon un mode de réalisation, le distributeur 37 comporte une ou plusieurs buses qui sont mobiles transversalement, c'est-à-dire horizontalement et perpendiculairement à la direction d'avance de la bande de transport 36. Selon un autre mode de réalisation, le distributeur 37 comporte une pluralité de buses régulièrement réparties selon la direction horizontale transversale, perpendiculaire à la direction d'avance de la bande de transport 36.

[0091] La solution de mousse isolante expansible 40 et en particulier sa viscosité sont déterminées de telle sorte que ladite solution imprègne les renforts de fibres 39 et viennent en contact contre la plaque étanche 33 au cours du temps de crème, correspondant à la période entre la dispense de la solution de mousse isolante expansible 40 et le début de l'expansion de la mousse. Ainsi, la couche de mousse isolante expansée 34 ayant été expansée en contact avec la plaque étanche 33, elles adhèrent l'une à l'autre.

[0092] La vitesse d'avance de la bande de transport 36 ainsi que les caractéristiques de la solution de mousse isolante expansible 40 sont déterminées de sorte que le temps de crème est écoulé mais que l'expansion de la mousse isolante expansible n'est pas complète lorsque l'ensemble comportant la plaque étanche 33, les renforts de fibres 39 et la mousse isolante est introduit dans le laminoir 38. Notons que le temps de parcours entre le mélange des composants et leur dispense par le distributeur 37 peut être négligée si le mélangeur est disposé à proximité du distributeur 37.

[0093] Dans un mode de réalisation non représenté, l'installation 35 comporte en amont du laminoir 38, un système de pression comportant un ou plusieurs rouleaux qui sont disposés au-dessus de la bande de transport 36 et en appui contre les renforts de fibres 39. Le système de pression permet notamment de contrôler l'épaisseur de la mousse à l'entrée dans le laminoir 38 et de donner à la surface supérieure une bonne planéité.

[0094] Le laminoir 38 permet de contraindre l'expansion de la mousse et de durcir ainsi progressivement la couche de mousse isolante expansée 34 dans le format désiré. Selon un mode de réalisation, le laminoir 38 est un laminoir 38 à double bande, désigné par le sigle DBL pour « double band laminator » en langue anglaise. Un tel laminoir 38 à double bande comporte une bande inférieure 41, une bande supérieure 42 et des parois latérales, non représentées sur la figure 3, qui forment ensemble un tunnel de section rectangulaire ou carré.

1. De manière avantageuse, le positionnement des parois du tunnel du laminoir 38 est défini de telle sorte que la contrainte à l'expansion de la mousse conduit à un volume de mousse, en sortie du laminoir 38 représentant entre 92% et 99% du volume d'expansion de cette même mousse dans le cas d'une expansion libre, c'est-à-dire sans la contrainte des parois du laminoir 38. Ainsi, on obtient une couche de mousse isolante expansée 34 dans lequel au moins 60%, généralement plus de 80% voire plus de 90%, des cellules emmagasinant un gaz à faible conductivité thermique s'étendent longitudinalement suivant un axe parallèle à l'axe de l'épaisseur de la couche de mousse isolante expansée 34. En outre, on contribue également à une meilleure homogénéité de la répartition des renforts de fibres 39 dans le bloc de mousse. Ceci permet d'obtenir une couche de mousse isolante expansée 34 présentant d'excellentes propriétés mécaniques.

[0095] A la sortie du laminoir 38, la couche de mousse polymère isolante est usinée afin, d'une part, que l'élément de paroi 32 soit découpé aux dimensions souhaitées et, d'autre part, afin d'assurer la planéité d'au moins la face de la couche de mousse polymère isolante expansée qui est opposée à la plaque étanche 33. Grâce à l'utilisation d'une plaque étanche 33 formant une surface de référence, la planéité de la face de l'élément de paroi 32 formée par la plaque étanche 33 n'a pas à être rectifiée pour assurer sa planéité, ce qui permet de simplifier encore davantage la réalisation de l'élément de paroi 32.

[0096] Selon un autre mode de réalisation non représenté, l'expansion de la mousse isolante expansible n'est pas réalisée dans un laminoir. En d'autres termes, l'expansion est réalisée sur un dispositif comportant une bande inférieure et des parois latérales mais pas de bande supérieure visant à contraindre l'expansion de la mousse isolante expansible. On parle dans ce cas d'expansion libre.

[0097] Selon un mode de réalisation, non représenté, l'installation comporte en amont du distributeur 37, un distributeur de colle qui est apte à distribuer de la colle sur la plaque étanche 33 et permet ainsi de favoriser l'adhésion entre la plaque étanche 33 et la couche de mousse isolante expansée 34. La colle peut par exemple être distribuée sous la forme de gouttes ou d'un film continu ou discontinu.

- [0098] Selon un mode de réalisation avantageux, comme représenté sur la figure 2, l'élément de paroi 32 comporte en outre un support 43 qui adhère à la couche de mousse isolante expansée 34 sur la face opposée à la plaque étanche 33. Selon un mode de réalisation, le support 43 est une plaque de bois contreplaqué 43. Le support 43 est collé à la couche de mousse polymère expansée à la sortie du laminoir 38. Ceci est avantageux en ce que cela autorise l'usinage de la face de la couche de mousse isolante expansée 34 destinée à recevoir le support 43 avant qu'il ne soit collé et permet ainsi d'obtenir de faibles tolérances sur l'épaisseur de l'élément de paroi 32 ainsi réalisé. support
- [0099] Par la suite, un ou plusieurs éléments de paroi 32, réalisés au moyen de la méthode décrite ci-dessus, sont ancrés à une structure porteuse 15, soit directement si l'élément de paroi 32 est un élément de paroi secondaire soit en étant fixés à la membrane secondaire 13 ou à la barrière thermiquement isolante secondaire 14 s'il s'agit d'un élément de paroi primaire. Les éléments de paroi 32 sont avantageusement de forme parallélépipédique et sont juxtaposés selon des rangées parallèles. Les interstices entre les couches de mousse isolante expansée 34 des éléments de paroi 32 sont comblés avec de la garniture isolante de manière à former l'une des barrières thermiquement isolantes 12, 14. En outre, les plaques étanches 33 sont reliées de manière étanche les unes aux autres afin de former l'une des membranes 1, 13
- [0100] Selon un mode de réalisation, la plaque étanche 33 comporte un film. Selon un mode de réalisation, le film est un film composite qui comporte une feuille d'aluminium intercalée entre deux couches de fibres de verres et de résine. Un tel film composite est notamment commercialisé sous la marque Triplex ®. Dans un tel cas, la plaque étanche 33 est destinée à former une partie d'une membrane secondaire 13. Aussi, l'élément de paroi 32 est un élément de paroi secondaire et est par conséquent fixé directement à la structure porteuse 15. Les éléments de paroi 32 sont par exemple ancrés à la structure porteuse 15 au moyen de cordons de résine et/ou de goujons soudés sur la structure porteuse 15, tel que décrit par exemple dans le document FR2691520.
- [0101] Selon un mode de réalisation, lors de la fabrication de l'élément de paroi 32, la solution de mousse isolante expansible 40 est directement en contact contre le film composite. Selon un autre mode de réalisation, la face du film composite qui est destinée à être mise en contact avec la solution de mousse isolante extensible 40 est préalablement revêtue d'une colle permettant d'augmenter encore davantage l'adhésion de la couche de mousse isolante expansée 34 sur le film composite. Selon encore un autre mode de réalisation, la plaque étanche 33 comporte en outre une couche de bois contreplaqué qui est collée sur le film composite et à laquelle adhère la couche de mousse isolante expansée 34.
- [0102] Lorsque les éléments de paroi 32 sont fixés à la structure porteuse 15, des films

composites souples sont collés à cheval sur les films composites des éléments de paroi 32 adjacents afin d'assurer une jonction étanche et réaliser ainsi la membrane secondaire 13.

- [0103] En relation avec les figures 4 à 6, on décrit un élément de paroi selon un autre mode de réalisation. Ce mode de réalisation diffère du mode de réalisation décrit ci-dessus en ce que la plaque étanche 33 ne comporte pas un film composite mais une plaque métallique 2 présentant des reliefs 4.
- [0104] La plaque métallique 2, représentée de manière détaillée sur la figure 5, comporte une portion plane 3 définissant un plan de la plaque et une pluralité de reliefs 4 faisant saillie de la portion plane 3 dans une direction d'épaisseur perpendiculaire au plan de la plaque.
- [0105] Les reliefs 4 sont espacés les uns des autres et répartis sur l'ensemble de la plaque métallique 2 de façon qu'il ne soit pas possible de tracer une ligne droite dans le plan de la plaque sans traverser un relief 4. En effet, en vue d'assurer la contraction de la plaque métallique 2 lorsque la cuve est chargée ou sa dilatation lorsque la cuve est vidée, la plaque métallique 2 présente des reliefs dans toutes les directions du plan de la plaque. La portion plane 3 sépare ainsi les reliefs 4 les uns des autres. Chaque relief 4 comporte une base 5 et au moins un sommet 6. Les reliefs sont réalisés par forgeage, de préférence emboutissage, ou bien par estampage, matriçage, etc. Selon un mode de réalisation, la hauteur des reliefs est inférieure à 20 mm, par exemple de l'ordre de 10 mm.
- [0106] Pour réaliser un élément de paroi 32, tel que représenté sur la figure 4, la plaque métallique 2 est disposée sur la bande de transport 36 de manière que les reliefs 4 fassent saillie vers le bas. La solution de mousse isolante expansible 40 pénètre à l'intérieur des reliefs 4 ce qui permet notamment d'assurer une bonne adhésion de la plaque métallique 2 à la couche de mousse isolante expansée 34. Selon un mode de réalisation, afin d'éviter que les reliefs 4 ne soient écrasés lorsque la plaque métallique 2 passe dans le laminoir 38, la plaque métallique 2 est positionnée sur la bande de transport 36 au moyen d'un support avec des cavités ayant des formes correspondant chacune à l'un des reliefs 4.
- [0107] Comme représenté sur les figures 5 et 6, les reliefs 4 ont une base 5 circulaire et présente un unique sommet 6 de sorte à former des demi-sphères ou demi-ellipsoïdes. Les reliefs 4 sont ici régulièrement répartis sur la plaque métallique 2 mais pourraient, dans un autre mode de réalisation non représenté, être irrégulièrement répartis.
- [0108] La figure 6 représente en coupe l'un des reliefs de la figure 5 de façon à représenter les différentes dimensions du relief 4. La base 5 comporte dans le plan de la plaque une première dimension 7 et une deuxième dimension 8 qui dans le cas du premier mode de réalisation sont égales. La première dimension 7 est égale au diamètre du plus petit

cercle circonscrit autour de la base 5 tandis que la deuxième dimension 8 est égale au diamètre du plus grand cercle inscrit dans la base 5. De plus, la distance entre le sommet 6 et la base 5 dans la direction d'épaisseur de la plaque métallique 2 définit la hauteur 9 du relief 4.

- [0109] Dans le mode de réalisation de la figure 6, chaque relief 4 est écarté d'un relief adjacent 4 d'une distance inférieure ou égale à une fois la première dimension 7 de la base 5. Le ratio de la deuxième dimension 8 de la base 5 sur la hauteur 9 du relief 4 est environ égal à 3,33. Ainsi le ratio de la première dimension 7 de la base 5 sur la hauteur 9 du relief 4 est environ égal à 0,3.
- [0110] Un tel élément de paroi 32 peut former un élément de paroi secondaire ou un élément de paroi primaire. Lorsque les éléments de paroi 32 sont ancrés à la structure porteuse 15, les plaques métalliques 2 sont soudées bord à bord de manière étanche les unes aux autres.
- [0111] Les figures 7 et 8 représentent une variante de réalisation des reliefs 4 de la plaque métallique 2 des figures 4 à 6. Dans cette variante de réalisation, la forme de la base 5 des reliefs 4 est différente de celle du premier mode de réalisation. En effet, la base 5 est ici un quadrilatère ayant une plus grande dimension 7 formée par la diagonale du quadrilatère et une plus petite dimension 8 formée par le plus petit côté du quadrilatère. Le ratio entre la première dimension 7 de la base 5 sur la deuxième dimension 8 de la base 5 est ici égal à environ 1,4 tandis que le ratio entre la deuxième dimension 8 de la base 4 sur la hauteur 9 du relief 4 est environ égal à 2,5. Ainsi, le ratio de la première dimension 7 de la base 5 sur la hauteur 9 du relief 4 est environ égal à 0,56.
- [0112] Dans les deux premiers modes de réalisation, les plaques métalliques 2 comprennent des reliefs de forme et taille identique d'une plaque métallique à l'autre. Dans d'autres modes de réalisation non illustrés, les reliefs 4 peuvent posséder des formes et tailles différentes respectant les ratios décrits ci-dessus et la plaque métallique 2 peut également comprendre plus de deux séries de relief différentes.
- [0113] La figure 9 illustre un élément de paroi 32 selon une variante de réalisation de la figure 4. L'élément de paroi 32 comporte en-dessous des zones de la plaque métallique 2 destinées à être soudées à la plaque métallique 2 d'un élément de paroi 32 adjacent, des bandes de protection thermique 52. Les bandes de protection thermique 52 permettent de protéger la couche de mousse isolante expansée 34 contre des températures susceptibles de la dégrader lors des opérations de soudage des plaques métalliques 2 les unes aux autres. Pour réaliser un tel élément de paroi 32, la plaque étanche 33 sur laquelle est dispensée la solution de mousse isolante expansible 40 comporte une plaque métallique 2 et des bandes de protection thermique 52 qui sont collés à la plaque métallique 2, sur la face de la plaque métallique 2 destinée à recevoir la solution de mousse isolante expansible 40. Les bandes de protection thermique 52

sont par exemple des bandes composites qui comportent une feuille d'aluminium intercalée entre deux couches de fibres de verres et de résine.

- [0114] Par ailleurs, l'élément de paroi 32 est un élément de paroi secondaire. Aussi, la plaque métallique 2, représentée sur la figure 9, intègre un ou plusieurs organes d'ancrage 49 destinés à l'ancrage d'un panneau isolant primaire sur ledit élément de paroi 32. L'organe d'ancrage 49 est par exemple un goujon fileté qui est fixé à la plaque métallique ou un écrou fileté qui est destiné à recevoir un goujon fileté.
- [0115] En relation avec la figure 10, l'on illustre de manière détaillée une zone d'un élément de paroi 32 selon un mode de réalisation. Dans ce mode de réalisation, l'élément de paroi 32 comporte, dans une zone, destinées à recevoir un dispositif d'ancrage d'un panneau primaire, une platine d'ancrage 50. Cette platine d'ancrage 50 est disposée entre le plaque métallique 2 est la couche de mousse polymère isolante expansée 34 et permet de renforcer localement la plaque métallique 2. Selon un mode de réalisation, un ou plusieurs écrous 51 borgnes sont fixés à la platine de renfort 50. Pour ce faire, selon la variante de réalisation représentée, l'écrou 51 présente un filetage coopérant avec un alésage ménagé dans la platine d'ancrage 50.
- [0116] L'écrou 51 comporte une collerette qui permet de prendre en sandwich la plaque métallique 2 entre la collerette et la platine d'ancrage 50. La collerette est soudée en périphérie sur la plaque métallique 2 afin d'assurer l'étanchéité. Par ailleurs, l'écrou 51 présente un alésage borgne fileté destiné à recevoir un goujon de fixation d'un panneau isolant de la barrière thermiquement isolante primaire.
- [0117] Pour réaliser un tel élément de paroi 32, la plaque étanche 33 sur laquelle est dispensée la solution de mousse isolante expansible 40 comporte une plaque métallique 2, la platine de renfort 50 et un écrou 51 borgne, tels que décrits ci-dessus.
- [0118] Selon une variante de réalisation non représentée, la platine d'ancrage 50 est montée dans un logement ménagé dans une couche de bois contreplaqué. Dans ce cas, la plaque étanche 33 comporte une plaque métallique 2, la platine de renfort 50, un écrou 51 borgne et une couche de bois contreplaqué contre laquelle est dispensée la solution de mousse isolante expansible 40.
- [0119] En relation avec la figure 11, l'on illustre de manière détaillée une zone d'un élément de paroi 32 selon une variante de réalisation. Dans ce mode de réalisation, la plaque étanche 33 comporte une ou plusieurs zones plus épaisses 53 dans lesquelles sont ménagés un ou plusieurs taraudages 54 destinés à recevoir un goujon de fixation d'un panneau isolant primaire.
- [0120] Selon un autre mode de réalisation représenté sur les figures 12 et 13, la plaque étanche 33 est une plaque métallique ondulée 44. Une telle plaque métallique ondulée 44 est représentée en perspective sur la figure 11.
- [0121] La plaque métallique ondulée 44 comporte une première série d'ondulations pa-

rallèles 45, dites basses, s'étendant selon une direction y et une seconde série d'ondulations parallèles 46, dites hautes, s'étendant selon une direction x. Les directions x et y des séries d'ondulations sont perpendiculaires. La plaque métallique ondulée 44 comporte entre les ondulations 45, 46, une pluralité de surfaces planes 47. Au niveau de chaque croisement entre une ondulation basse 45 et une ondulation haute 46, la plaque métallique 1 comporte une zone de nœud 48.

- [0122] La plaque métallique ondulée 44 peut notamment être réalisée en acier inoxydable, en aluminium, en Invar ® : c'est-à-dire un alliage de fer et de nickel dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre $1,2 \cdot 10^{-6}$ et $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, ou dans un alliage de fer à forte teneur en manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement de l'ordre de $7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Toutefois, l'utilisation d'autres métaux ou alliages est également envisageable.
- [0123] De manière avantageuse, lorsque la plaque étanche 33 est une telle plaque métallique ondulée 44, elle est positionnée sur la bande de transport 36 au moyen d'un support ayant des cavités correspondant à la forme des ondulations 45, 46 et dans lesquelles celles-ci sont insérées. Ceci permet d'éviter que les ondulations 45, 46 soient écrasées lorsque la plaque métallique ondulée 44 passe dans le laminoir 38.
- [0124] Comme représenté sur la figure 12, la couche de mousse isolante expansée 34 pénètre dans les ondulations 45, 46 ce qui permet notamment d'assurer une bonne adhésion de la plaque métallique ondulée 44 à la couche de mousse isolante expansée 34.
- [0125] Selon un mode de réalisation, la plaque métallique ondulée 44 est destinée à former une partie d'une membrane primaire 1 et la couche de mousse isolante expansée 34 est destinée à former une partie de la barrière thermiquement isolante primaire 12. Selon un autre mode de réalisation, la plaque métallique ondulée 44 est destinée à former une partie d'une membrane secondaire 13 et la couche de mousse isolante expansée 34 est destinée à former une partie de la barrière thermiquement isolante secondaire 14.
- [0126] Lorsque les éléments de paroi 32 ont été fixés à la structure porteuse 15, les tôles métalliques ondulées 44 des éléments de paroi 32 sont reliées de manière étanche les unes aux autres, soit en étant soudées bord à bord les unes aux autres soit au moyen de pièces métalliques supplémentaires qui sont soudées à cheval sur les plaques métalliques ondulées 44 des éléments de paroi 32 adjacents.
- [0127] En référence à la figure 14, une vue écorchée d'un navire méthanier 170 montre une cuve étanche et isolée 171 de forme générale prismatique montée dans la double coque 172 du navire. La paroi de la cuve 171 comporte une membrane primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une membrane secondaire agencée entre la membrane primaire et la double coque 172 du navire, et deux barrières thermiquement isolantes agencées respectivement entre la membrane primaire et la

membrane secondaire et entre la membrane secondaire et la double coque 172.

- [0128] De manière connue en soi, des canalisations de chargement/déchargement 173 disposées sur le pont supérieur du navire peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriés, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 171.
- [0129] La figure 14 représente également un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 175, une conduite sous-marine 176 et une installation à terre 177. Le poste de chargement et de déchargement 175 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 174 et une tour 178 qui supporte le bras mobile 174. Le bras mobile 174 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 179 pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 173. Le bras mobile 174 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 178. Le poste de chargement et de déchargement 175 permet le chargement et le déchargement du méthanier 170 depuis ou vers l'installation à terre 177. Celle-ci comporte des cuves de stockage de gaz liquéfié 180 et des conduites de liaison 181 reliées par la conduite sous-marine 176 au poste de chargement ou de déchargement 175. La conduite sous-marine 176 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 175 et l'installation à terre 177 sur une grande distance, par exemple 5 km, ce qui permet de garder le navire méthanier 170 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et de déchargement.
- [0130] Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz liquéfié, on met en œuvre des pompes embarquées dans le navire 170 et/ou des pompes équipant l'installation à terre 177 et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de déchargement 175.
- [0131] Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec plusieurs modes de réalisation particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention revendiquée.
- [0132] L'usage du verbe « comporter », « comprendre » ou « inclure » et de ses formes conjuguées n'exclut pas la présence d'autres éléments ou d'autres étapes que ceux énoncés dans une revendication.
- [0133] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

Revendications

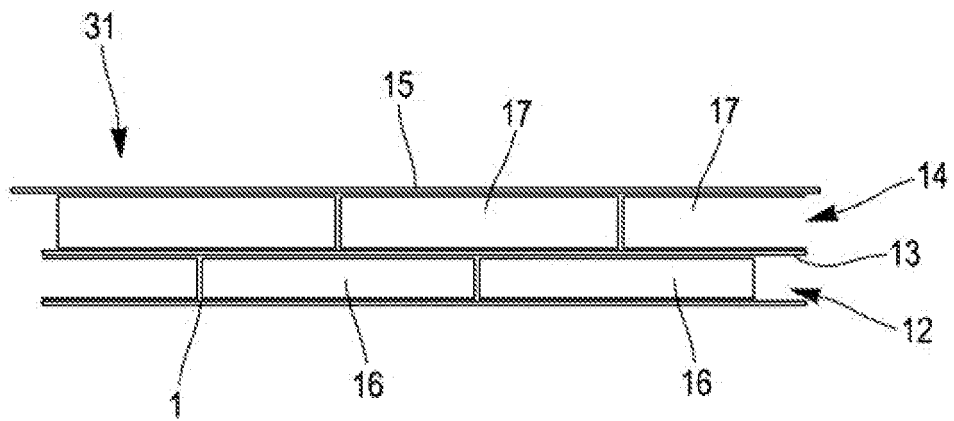
- [Revendication 1] Procédé de fabrication d'une paroi (31) pour une cuve étanche et thermiquement isolante comportant au moins une barrière thermiquement isolante (12, 14) et une membrane d'étanchéité (1, 13) reposant contre la barrière thermiquement isolante, le procédé comportant :
- fabriquer une pluralité d'éléments de parois (32), la fabrication de chaque élément de paroi (32) comportant :
 - fournir une plaque étanche (33) ;
 - placer une solution de mousse isolante expansible (40) contre la plaque étanche (33) ; et
 - expandre la solution de mousse isolante expansible (40) contre ladite plaque étanche (33) de manière à réaliser une couche de mousse isolante expansée (34) adhérant à la plaque étanche (33) ;
 - ancrer lesdits éléments de paroi (32) ainsi fabriqués à une structure porteuse (15) ; la couche de mousse isolante expansée (34) desdits éléments de paroi (32) formant au moins une partie de la barrière thermiquement isolante (12, 14) ; et
 - assembler les plaques étanches (33) desdits éléments de paroi (32) de manière étanche de sorte que lesdites plaques étanches (33) forment au moins une partie de la membrane d'étanchéité (1, 13).
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel la plaque étanche (33) comporte un film étanche.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 2, dans lequel l'étape d'assemblage des plaques étanches comporte le collage d'un film additionnel à cheval sur les films étanches des éléments de paroi (32).
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 2 ou 3, dans lequel le film étanche est un film composite rigide comportant une feuille d'aluminium intercalée entre deux couches de fibres.
- [Revendication 5] Procédé selon la revendication 1, dans lequel la plaque étanche comporte une plaque métallique (2, 44).
- [Revendication 6] Procédé selon la revendication 5, dans lequel la plaque métallique (44) comporte des ondulations (45, 46).
- [Revendication 7] Procédé selon la revendication 5, dans lequel la plaque métallique (2) présente une pluralité de reliefs (4) faisant saillie dans une direction d'épaisseur par rapport au plan de la plaque métallique (2).
- [Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, dans lequel l'étape d'assemblage des plaques étanches comporte le soudage de

- manière étanche des plaques métalliques (2, 44) les unes aux autres.
- [Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel la solution de mousse isolante expansible (40) est expansée dans un laminoir (38) qui contraint l'expansion de la solution de mousse isolante expansible (40).
- [Revendication 10] Procédé selon la revendication 9, dans lequel le laminoir (38) est un laminoir à double bande comportant une bande inférieure (41), une bande supérieure (42) et des parois latérales qui forment ensemble un tunnel de section rectangulaire.
- [Revendication 11] Procédé selon la revendication 9 ou 10, dans lequel le laminoir (38) est agencé de telle sorte que la contrainte à l'expansion de la solution de mousse isolante expansible (40) conduit à une couche de mousse isolante expansée (34) présentant un volume, en sortie du laminoir (38) représentant entre 92% et 99% du volume d'expansion de cette solution de mousse isolante expansible (40) dans le cas d'une expansion libre.
- [Revendication 12] Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 11, dans lequel l'on place la plaque étanche (33) sur une bande de transport (36), l'on dépose la solution de mousse isolante expansible (40) contre la plaque étanche (33) reposant sur le tapis de transport (36) et l'on conduit la plaque étanche (33) et la solution de mousse isolante expansible (40) jusqu'au laminoir (38) au moyen de ladite bande de transport (36).
- [Revendication 13] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel la fabrication de chaque élément de paroi (32) comporte déposer un ou plusieurs renforts de fibres (39) sur la plaque étanche (33) et imprégner lesdits renforts de fibres (39) lorsque la solution de mousse isolante expansible (40) est placée contre la plaque étanche (33).
- [Revendication 14] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel, lors de la fabrication de chaque élément de paroi (32), l'on fait adhérer un support (43) à une face de la couche de mousse isolante expansée (34) opposée à la plaque étanche (33).
- [Revendication 15] Procédé selon la revendication 14, dans lequel l'on colle le support (43) à la couche de mousse polymère expansée (34).
- [Revendication 16] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, dans lequel, l'on usine au moins une face de la couche de mousse isolante expansée (34) opposée à la plaque étanche (33).
- [Revendication 17] Paroi pour une cuve étanche et thermiquement isolante obtenue au moyen d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, ladite paroi (31) comportant une pluralité d'éléments de paroi (32),

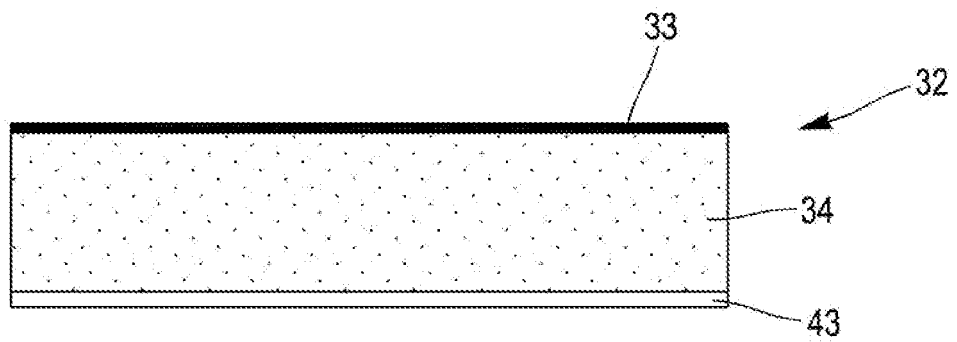
chaque élément de paroi (32) comportant une plaque étanche (33) et une couche de mousse isolante expansée (34) adhérant directement à la plaque étanche (33), lesdits éléments de paroi (32) étant ancrés à une structure porteuse (15) et disposés les uns à côté des autres de sorte que les couches de mousse isolantes expansées (34) forment une barrière thermiquement isolante (12, 14), les plaques étanches (33) desdits éléments de paroi (32) étant assemblées de manière étanche les unes aux autres de sorte à former au moins une partie d'une membrane d'étanchéité (1, 13).

- [Revendication 18] Cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide comportant au moins une paroi (31) selon la revendication 17.
- [Revendication 19] Navire (170) pour le transport d'un fluide, le navire comportant une double coque (172) et une cuve (171) selon la revendication 18, disposée dans la double coque.
- [Revendication 20] Système de transfert pour un fluide, le système comportant un navire (170) selon la revendication 19, des canalisations isolées (173, 179, 176, 181) agencées de manière à relier la cuve (171) installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre (177) et une pompe pour entraîner un flux de fluide à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.
- [Revendication 21] Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (170) selon la revendication 19, dans lequel on achemine un fluide à travers des canalisations isolées (173, 179, 176, 181) depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre (177) vers ou depuis la cuve (171) du navire.

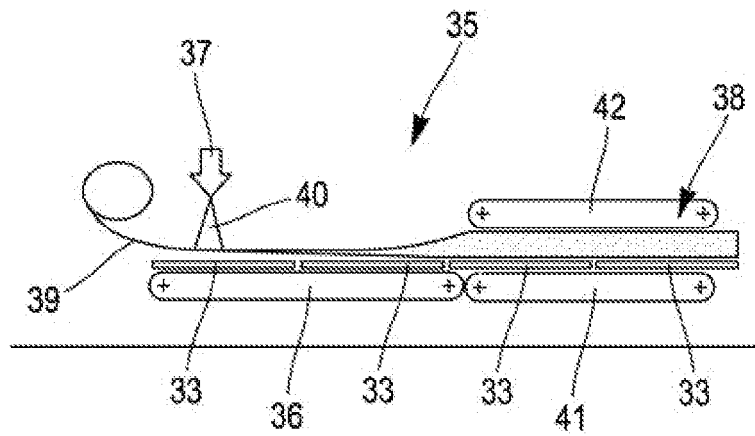
[Fig. 1]



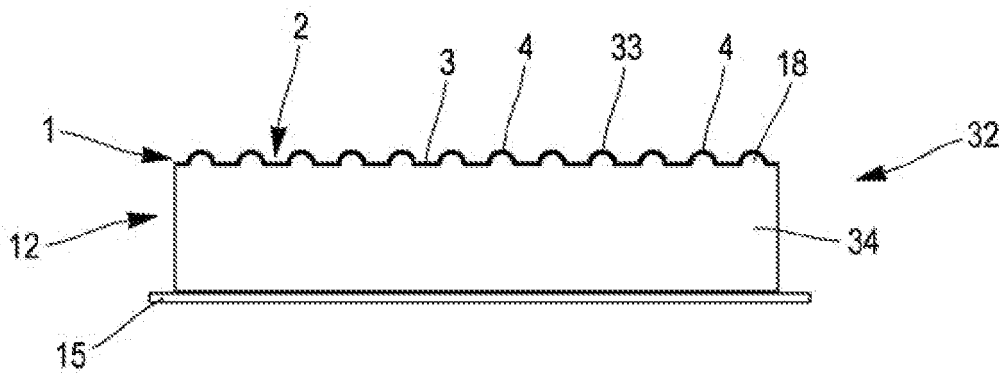
[Fig. 2]



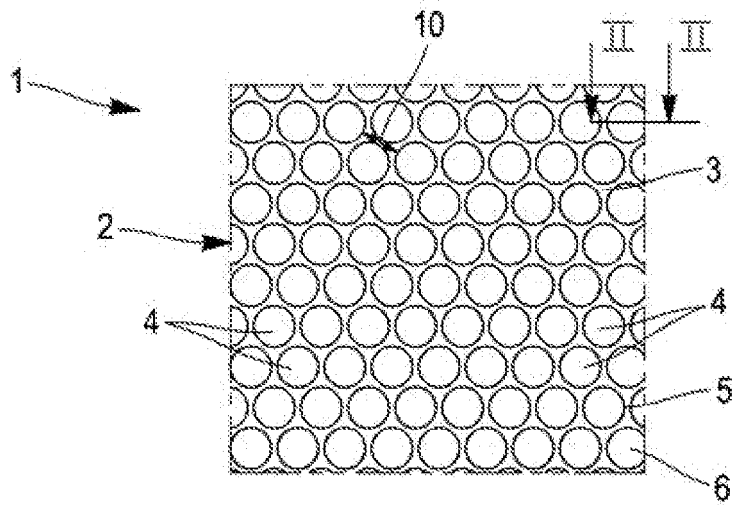
[Fig. 3]



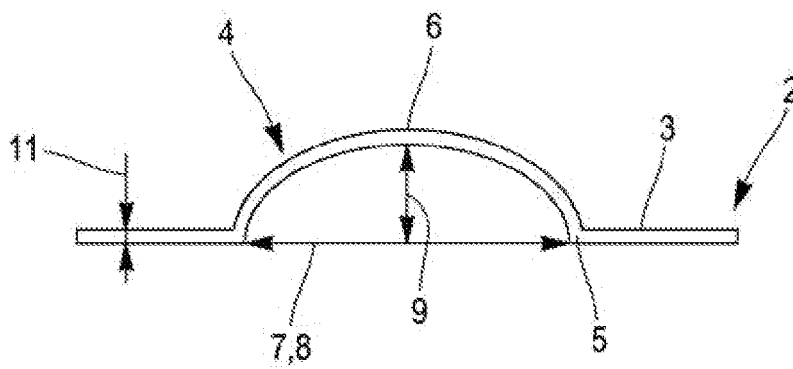
[Fig. 4]



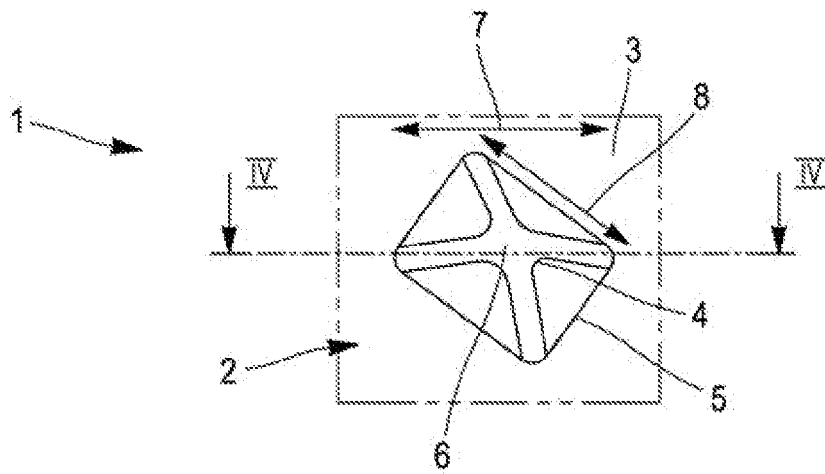
[Fig. 5]



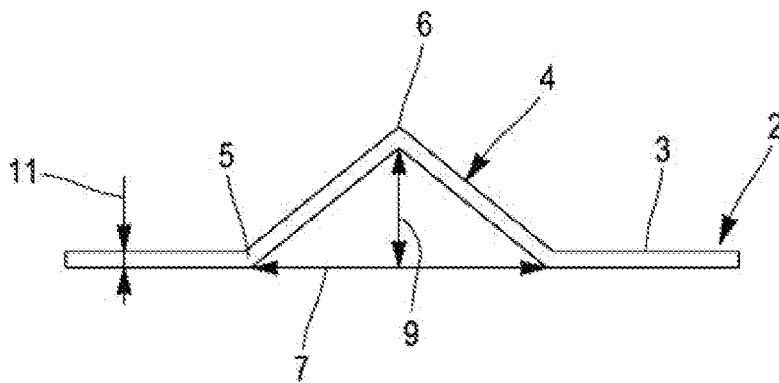
[Fig. 6]



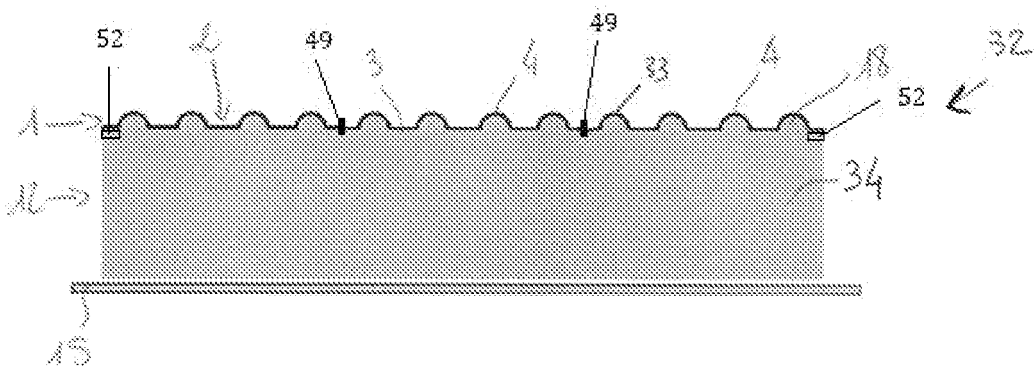
[Fig. 7]



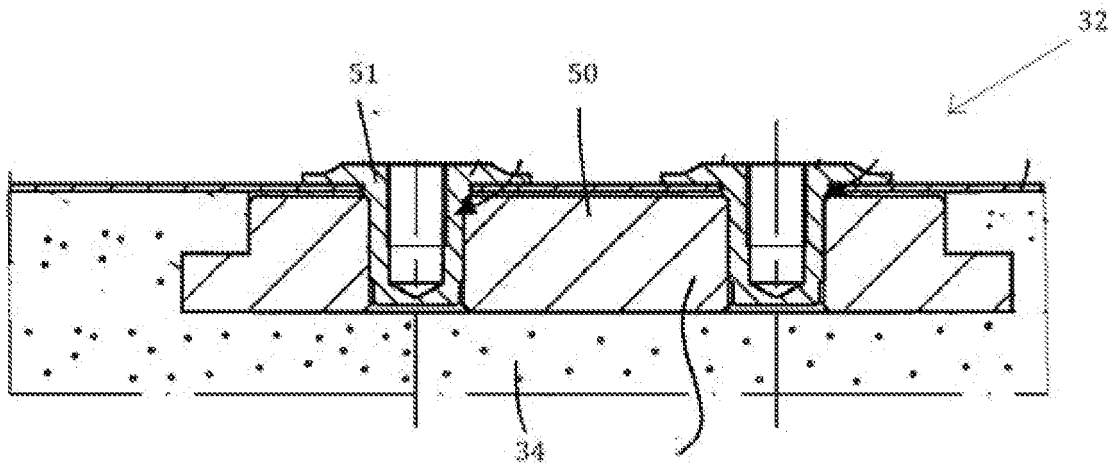
[Fig. 8]



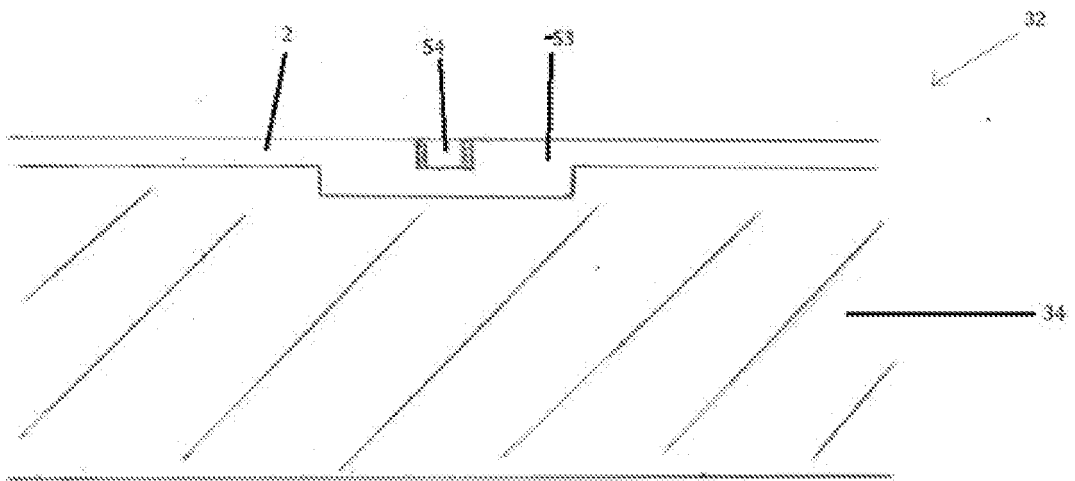
[Fig. 9]



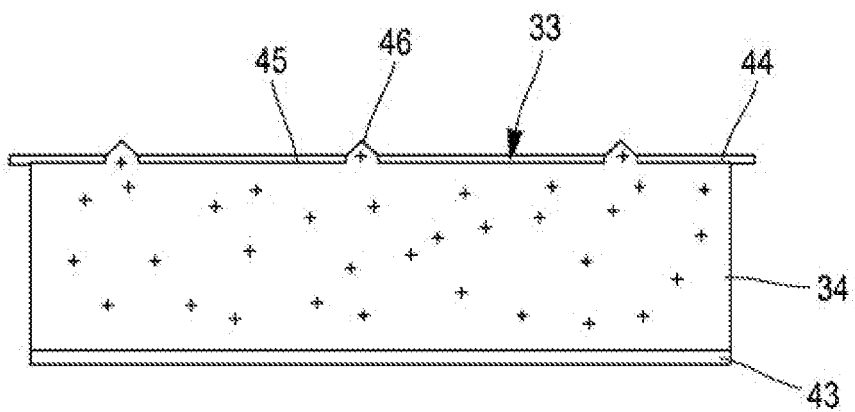
[Fig. 10]



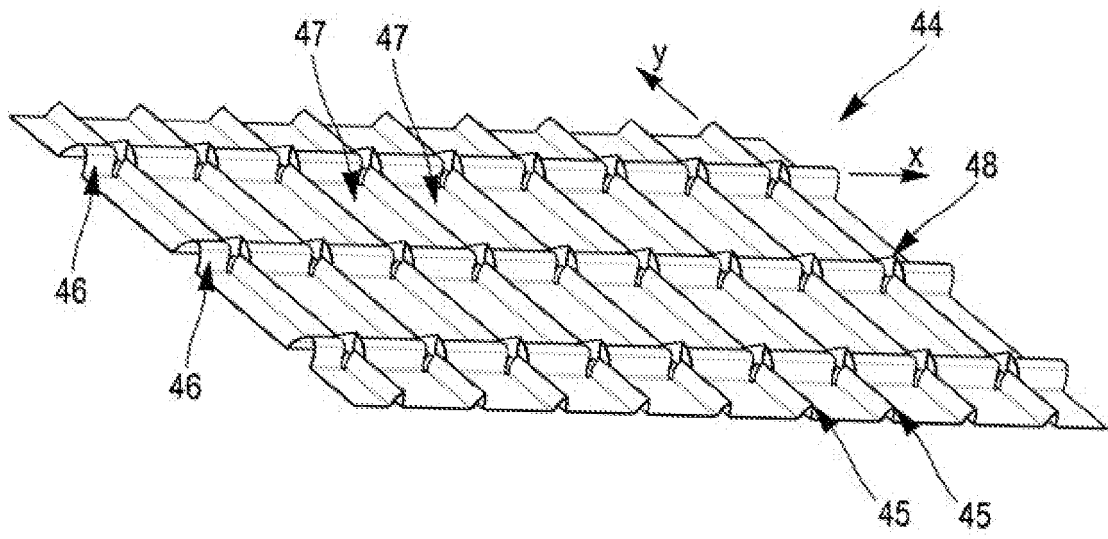
[Fig. 11]



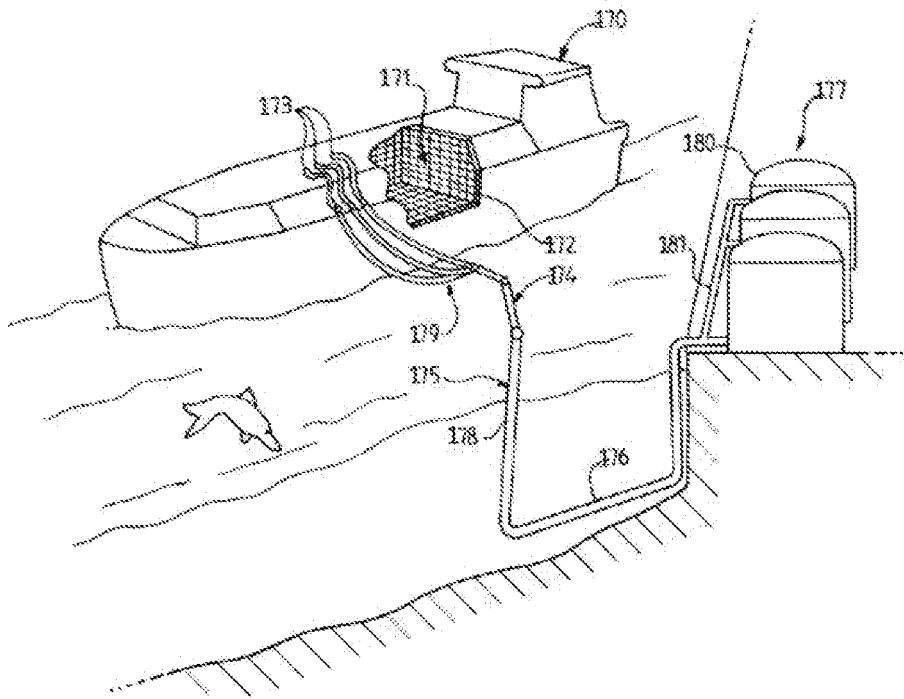
[Fig. 12]



[Fig. 13]



[Fig. 14]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

WO 2016/046487 A1 (GAZTRANSP ET TECHNIGAZ
[FR]) 31 mars 2016 (2016-03-31)

WO 2014/020439 A2 (DOW GLOBAL TECHNOLOGIES
LLC [US]) 6 février 2014 (2014-02-06)

WO 2015/132307 A1 (GAZTRANSP ET TECHNIGAZ
[FR]) 11 septembre 2015 (2015-09-11)

EP 1 690 893 A1 (WORLD PROPERTIES INC
[US]) 16 août 2006 (2006-08-16)

DE 20 50 530 A1 (NAT GYPSUM CO)
5 août 1971 (1971-08-05)

US 2017/157815 A1 (VOLPATO MARCO [IT] ET
AL) 8 juin 2017 (2017-06-08)

WO 2009/126768 A2 (VELCRO IND [NL]; KRAUS
DAVID P JR [US] ET AL.)
15 octobre 2009 (2009-10-15)

FR 2 911 576 A1 (ALSTOM SA [FR])
25 juillet 2008 (2008-07-25)

GB 1 224 028 A (SAINT GOBAIN [FR])
3 mars 1971 (1971-03-03)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT