

⑤④ Procédé de fabrication de cordons de mastic.

②② Date de dépôt : 25.03.19.

③⑦ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

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

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 02.10.20 Bulletin 20/40.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 24.09.21 Bulletin 21/38.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : LANDRU Pierre.

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

⑦④ Mandataire(s) : LOYER & ABELLO.



Description

Titre de l'invention : Procédé de fabrication de cordons de mastic

Domaine technique

- [0001] L'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes, à membranes. 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] Dans un mode de réalisation, le gaz liquéfié est du GNL, à savoir un mélange à forte teneur en méthane stocké à une température d'environ -162°C à la pression atmosphérique. D'autres gaz liquéfiés peuvent aussi être envisagés, notamment l'éthane, le propane, le butane ou l'éthylène mais aussi l'hydrogène. Des gaz liquéfiés peuvent aussi être stockés sous pression, par exemple à une pression relative comprise entre 2 et 20 bar, et en particulier à une pression relative voisine de 2 bar. La cuve peut être réalisée selon différentes techniques, notamment sous la forme d'une cuve intégrée à membrane ou d'une cuve autoporteuse.

Arrière-plan technologique

- [0003] Une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage de gaz naturel liquéfié agencée dans une structure porteuse présente une structure multicouche, à savoir de l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire ancrée contre la structure porteuse, une membrane étanche secondaire qui repose sur la barrière thermiquement isolante secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire qui repose sur la membrane étanche secondaire et une membrane étanche primaire qui repose sur la barrière thermiquement isolante primaire et qui est destinée à être en contact avec le gaz naturel liquéfié stocké dans la cuve.
- [0004] Selon un exemple de réalisation d'une telle cuve, chaque barrière thermiquement isolante, primaire et secondaire, comporte un ensemble de blocs isolants, respectivement primaire et secondaire (selon d'autres modes d'exécution, la cuve ne comporte qu'une seule barrière thermiquement isolante), de forme générale parallélépipédique qui sont juxtaposés et qui forment ainsi une surface de support pour la membrane étanche respective. Cette surface de support doit présenter une bonne planéité afin de fournir un appui continu et plat pour les membranes étanches. En effet,

les parois de cuves sont sujettes à de nombreuses contraintes thermiques, hydrostatiques et hydrodynamiques lorsque la cuve contient du GNL. Une surface d'appui plane et continue permet d'éviter la génération de zones de concentration des contraintes dans la membrane étanche, ces zones de concentration des contraintes pouvant entraîner la dégradation de la membrane étanche.

[0005] Cependant, bien que les blocs isolants présentent une surface interne plane pour former la surface de support de la membrane étanche, la structure porteuse sur laquelle sont ancrés lesdits blocs ne présente elle pas toujours une planéité suffisante pour que les blocs ancrés sur ladite structure porteuse forment une surface de support continue et plane. Par exemple dans le cadre d'une structure porteuse formée par la double coque d'un navire, les zones de jonction entre les différentes portions de la double coque forment des irrégularités par rapport au plan général de la paroi porteuse correspondante, ces irrégularités étant par exemple liées à la soudure entre lesdites deux portions de double coque.

[0006] Afin de rattraper ces défauts de planéité, des cordons de mastic sont habituellement intercalés entre les blocs isolants et la structure porteuse, comme décrit dans FR-A-2259008. En particulier les cordons de mastic peuvent être déposés sur une surface inférieure des blocs isolants dans un état plastique, puis appuyés contre la paroi porteuse pour fluer jusqu'à remplir exactement l'écart entre la paroi porteuse et les blocs isolants lorsque ceux-ci sont dans leur position finale. De tels cordons de mastics sont par exemple décrits aussi dans les documents FR2909356, FR2877638 ou WO14057221 qui décrivent différentes structures de cuves étanches et thermiquement isolantes intégrées dans différents types de structures porteuses.

Résumé

[0007] Une idée à la base de l'invention est de fournir un procédé de fabrication des cordons de mastics destinés à être intercalés entre une cuve étanche et thermiquement isolante et une structure porteuse. En particulier, une idée à la base de l'invention est de fabriquer des cordons de mastics présentant une dimension d'épaisseur satisfaisante pour permettre la formation d'une surface de support pour les membranes étanches présentant une planéité satisfaisante. Une idée à la base de l'invention est également d'éviter une consommation excessive de mastic lors de la fabrication des cordons de mastic.

[0008] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit un procédé de fabrication de cordons de mastics destinés à installer une cuve étanche et thermiquement isolante dans une structure porteuse, la structure porteuse comportant une surface interne délimitant un espace interne,

le procédé comportant les étapes de :

- déterminer une pluralité d'écarts entre une pluralité de points de mesure distribués

sur une surface externe de la cuve et la surface interne de la structure porteuse, lesdits écarts étant déterminés parallèlement à une direction d'épaisseur de la cuve au niveau desdits points de mesure, lesdits écarts étant déterminés en fonction d'une position d'implantation de la cuve dans l'espace interne de la structure porteuse et de dimensions tridimensionnelles de ladite cuve et dudit espace interne de la structure porteuse,

- fabriquer des cordons de mastic destinés à être appliqués entre la surface interne de la structure porteuse et la surface externe de la cuve, lesdits cordons présentant des dimensions de section transversale définies en fonction desdits écarts déterminés.

[0009] Grâce à ces caractéristiques, il est possible de fabriquer des cordons de mastics permettant de rattraper les défauts de planéité de la surface interne de la structure porteuse. En outre, des cordons de mastics fabriqués selon un tel procédé permettent de fournir une barrière thermiquement isolante présentant une planéité satisfaisante pour le support de la membrane étanche.

[0010] Selon des modes de réalisation, un tel procédé de fabrication de cordons de mastics peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

[0011] Un cordon de mastic peut être fabriqué par dépôt d'une quantité de mastic polymérisable dans un état plastique sur une surface choisie parmi la surface interne de la structure porteuse et la surface externe de la cuve. La forme en section transversale du cordon de mastic ainsi déposé peut être plus ou moins irrégulière, par exemple approximativement circulaire. Cette forme est ensuite modifiée en une section sensiblement rectangulaire par écrasement entre la surface interne de la structure porteuse et la surface externe de la cuve lors de la mise en place de la cuve dans la structure porteuse, puis le cordon durcit par polymérisation dans cette forme sensiblement rectangulaire. La section transversale du cordon lors du dépôt du mastic polymérisable est de préférence suffisante pour que la section du cordon de mastic finalement polymérisé présente une largeur supérieure ou égale à une constante prédéfinie. Cette constante prédéfinie (i.e. largeur minimale admissible) peut être obtenue dans une phase antérieure par un calcul de dimensionnement.

[0012] Selon un mode de réalisation, le cordon de mastic est fabriqué continûment sur une longueur correspondant à la longueur d'application dudit cordon de mastic sur la surface externe de la cuve ou la surface interne de la structure porteuse.

[0013] Selon un mode de réalisation, un tel procédé peut comporter en outre :

- fournir une pluralité de tailles de section transversale, ladite pluralité de tailles comportant un nombre entier t de tailles, la pluralité de tailles présentant une borne supérieure, ladite borne supérieure étant plus grande qu'une section rectangulaire associée à l'écart maximal de la pluralité d'écarts, la section rectangulaire associée présentant une largeur prédéfinie et une hauteur égale à l'écart maximal de la pluralité

d'écarts.

Dans ce procédé, les cordons de mastics sont fabriqués avec des dimensions de section transversale choisies parmi ladite pluralité de tailles.

- [0014] Grâce à ces caractéristiques, il est possible de limiter le nombre des différentes tailles de cordons de mastics à fabriquer. Un tel procédé de fabrication permet ainsi une fabrication simple et rapide des cordons de mastics pour rattraper les défauts de planéité de la structure porteuse. Si la distribution des écarts est très hétérogène, notamment si quelques valeurs très élevées sont isolées par rapport au restant de la distribution, il peut être avantageux de traiter séparément les quelques écarts les plus élevés, par exemple en construisant des cordons de mastic sur mesure pour ces points isolés, et de déterminer la pluralité de tailles uniquement pour couvrir la distribution d'écarts restante.
- [0015] L'invention n'est pas limitée à la réalisation d'un nombre limité de tailles de cordons optimisé pour rattraper les défauts de planéité de la structure porteuse, elle permet d'offrir un choix modulable aux opérateurs, en charge du montage/assemblage de chaque cuve dans une structure porteuse, au regard de deux paramètres clés, à savoir :
- un nombre de tailles de cordons de mastic limité et adapté aux défauts de planéité de la structure porteuse, et
 - une optimisation parfaite de la quantité de mastic nécessaire au montage/assemblage adéquat (au regard de toutes les exigences structurelles et de tenue mécanique) et pérenne de la cuve dans la structure porteuse.
- [0016] Ainsi, en fonction de l'étape de détermination d'une pluralité d'écarts entre une pluralité de points de mesure distribués sur une surface externe de la cuve et la surface interne de la structure porteuse, c'est-à-dire essentiellement en fonction de la précision ou du nombre de points de mesure lors d'une telle étape de détermination, les opérateurs, grâce au procédé selon l'invention, ont la possibilité de privilégier le choix d'un nombre limité de tailles de cordons de mastic, par exemple un nombre de tailles de cordons de mastic souhaité compris entre 3 et 8, ou de privilégier l'optimisation parfaite de la quantité de mastic nécessaire à l'opération de montage/assemblage de la cuve.
- [0017] En effet, la gestion d'un grand nombre de tailles de cordons de mastic peut s'avérer problématique pour les opérateurs ou tout simplement impossible compte tenu d'un équipement de fabrication desdits cordons non adapté.
- [0018] Dans ce dernier cas, l'invention permet néanmoins non seulement d'optimiser la taille des cordons de mastic aux défauts de planéité de la structure porteuse afin de réduire la quantité non techniquement utile de mastic mais offre également la possibilité aux opérateurs de choisir le nombre de tailles de cordons qu'ils désirent ou qu'ils peuvent utiliser dans le cadre de l'opération de montage/assemblage de la cuve.

- [0019] Dans une situation inverse dans laquelle les opérateurs disposent d'un équipement de fabrication de cordons de mastic leur permettant de fabriquer un nombre illimité de tailles de cordons de mastic et que ces opérateurs choisissent ou sont disposés à utiliser autant de tailles de cordons de mastic qu'il sera utile ou nécessaire pour réduire la quantité de mastic non techniquement utile, l'invention permet la meilleure optimisation possible de la quantité de mastic.
- [0020] Pour toutes les situations intermédiaires entre les deux situations extrêmes exposées ci-dessus, le procédé selon l'invention apporte une solution technique optimisée, compte tenu en particulier, mais non exclusivement, des paramètres relatifs à :
- un choix d'un nombre de tailles de cordons de mastic, prédéterminé ou déterminable dans un domaine de nombre de tailles de cordons de mastic suite à l'étape de détermination d'une pluralité d'écarts entre une pluralité de points de mesure distribués sur une surface externe de la cuve et la surface interne de la structure porteuse,
 - les caractéristiques de l'équipement de fabrication de cordons de mastic (en particulier ses capacités de fabrication et sa localisation),
 - la nature et les caractéristiques du mastic (à l'heure actuelle de type époxy incorporant un taux élevé de charges et/ou de microsphères),
 - les caractéristiques des opérateurs (nombre, qualification etc.) en charge du montage/assemblage de la cuve dans la structure porteuse.
- [0021] Selon un mode de réalisation, pour un écart de la pluralité d'écarts, on fabrique un cordon de mastic dont la dimension de section transversale est égale à une taille minimale parmi les tailles qui est supérieure ou égale à une section rectangulaire associée audit écart, la section rectangulaire associée présentant ladite largeur prédéfinie et une hauteur égale audit écart.
- [0022] Grâce à ces caractéristiques, les cordons de mastics fabriqués permettent un rattrapage des défauts de planéité de la structure porteuse satisfaisant sans consommation excessive de mastic.
- [0023] Selon un mode de réalisation, l'étape de fournir la pluralité de tailles de section transversale comporte :
- calculer une fréquence d'apparition des écarts de la pluralité d'écarts,
 - fixer le nombre entier t inférieur à un nombre total desdits écarts de la pluralité d'écarts,
 - calculer la pluralité de tailles de cordons de mastics en fonction de la fréquence d'apparition des écarts et des écarts déterminés de manière à ce que chaque écart de la pluralité d'écarts puisse être associé à une taille de la pluralité de tailles qui est immédiatement supérieure à la section rectangulaire associée audit écart, et de manière à limiter une différence cumulée entre les sections rectangulaires associées auxdits écarts

de la pluralité d'écarts et lesdites tailles auxquels lesdits écarts sont associés.

- [0024] En complément de ce qui a été exposé précédemment, la fixation du nombre t de tailles différentes et/ou le calcul des t tailles sont des opérations qui peuvent être effectuées selon différentes stratégies. Par exemple la fixation du nombre t de tailles différentes et/ou le calcul des t tailles peuvent être effectués pour une unité de construction plus ou moins grande, par exemple pour une pluralité de cuves, pour une seule cuve ou pour une portion de cuve, notamment pour une paroi plane d'une cuve polyédrique, voire encore pour une portion de paroi plane. Il est nécessaire de reconfigurer l'outil de production des cordons de mastic d'autant plus souvent que l'unité de construction pour laquelle le calcul a été réalisé est petite.
- [0025] Si le nombre t est très élevé, par exemple proche du nombre total de cordons de mastics à fabriquer dans l'unité de construction, le procédé revient à fabriquer chaque cordon de mastic sur mesure, ce qui supprime très sensiblement toute surconsommation de mastic, mais accroît sensiblement les contraintes opérationnelles lors de l'installation de la cuve, puisque chaque cordon de mastic devra être fabriqué et acheminé à un emplacement précisément localisé. Inversement, un nombre t relativement faible permet de standardiser la fabrication des cordons de mastic, au moins pour une unité de construction, et de réduire les contraintes opérationnelles. Selon un mode de réalisation, le nombre entier t de tailles est inférieur ou égal à 10, de préférence inférieur ou égal à 5.
- [0026] Selon un mode de réalisation, un tel procédé peut comporter en outre :
- réaliser une mesure tridimensionnelle de l'espace interne de la structure porteuse,
 - définir des dimensions et une forme de la cuve en fonction de ladite mesure tridimensionnelle de manière à permettre l'insertion de ladite cuve dans l'espace interne de la structure porteuse,
 - définir la position d'implantation de la cuve dans l'espace interne de la structure porteuse en fonction de la mesure tridimensionnelle de l'espace interne de la structure porteuse et des dimensions et de la forme de la cuve définies.
- [0027] Grâce à ces caractéristiques, il est possible de connaître les écarts à rattraper de manière précise, permettant ainsi une fabrication des cordons de mastics plus précise.
- [0028] Selon un mode de réalisation, la cuve comporte une pluralité de blocs isolants comportant des panneaux de fond définissant ladite surface externe de la cuve, et dans lequel définir une position d'implantation de la cuve comporte définir une position d'ancrage de la pluralité de blocs isolants sur la surface interne de la structure porteuse.
- [0029] Selon un mode de réalisation, un ou plusieurs ou chacun des blocs isolants présente une forme parallélépipédique, par exemple parallélépipédique rectangle.
- [0030] Selon un mode de réalisation, les points de mesure comportent, pour chaque bloc isolant, un point d'un panneau de fond dudit bloc isolant lorsque ledit bloc isolant est

dans la position d'ancrage.

- [0031] Selon un mode de réalisation, la structure porteuse comporte au moins une paroi porteuse plane, la cuve comportant une paroi de cuve comportant une pluralité de blocs isolants destinés à être ancrés sur la paroi porteuse, lesdits blocs isolants présentant une surface interne parallèle au panneau de fond, ladite surface interne formant une surface de support pour une membrane étanche de la paroi de cuve, le procédé comportant en outre :
- déterminer pour la paroi porteuse un plan de référence,
 - et la position d'ancrage des blocs isolants est définie de manière que la surface interne dudit bloc isolant présente, lorsque ledit bloc isolant est dans la position d'ancrage, une inclinaison inférieure à un angle seuil par rapport au plan de référence.
- [0032] Selon un mode de réalisation, une paroi de cuve comporte une pluralité de blocs isolants juxtaposés selon un motif régulier.
- [0033] Selon un mode de réalisation, la cuve étanche et thermiquement isolante comporte en outre une membrane étanche reposant sur la surface interne des blocs isolants.
- [0034] Selon un mode de réalisation, l'angle seuil est inférieur à $\text{Arctan}(10^{-2})$, de préférence inférieur à $\text{Arctan}(6.10^{-3})$.
- [0035] Selon un mode de réalisation, les cordons de mastics sont fabriqués de manière à ce que la surface interne du bloc isolant présente une inclinaison inférieure audit angle seuil par rapport à la surface interne d'un bloc isolant présentant une position d'ancrage adjacente sur la paroi porteuse.
- [0036] Selon un mode de réalisation, les cordons de mastics sont fabriqués avec une longueur inférieure ou égale une dimension du panneau de fond d'un bloc isolant.
- [0037] Selon un mode de réalisation, l'espace interne de la structure porteuse présente une direction longitudinale, une direction transversale et une direction de hauteur, le procédé comportant les étapes de
- définir un axe central longitudinal de la cuve, ledit axe central longitudinal étant parallèle à l'axe longitudinal de l'espace interne de la structure porteuse,
 - définir un axe central transversal de la cuve, ledit axe central transversal étant parallèle à l'axe transversal de l'espace interne de la structure porteuse, et
 - définir un axe central de hauteur de la cuve, ledit axe central de hauteur étant parallèle à l'axe de hauteur de l'espace interne de la structure porteuse.
- [0038] Selon un mode de réalisation, l'étape de positionnement de la cuve dans l'espace interne de la structure porteuse comporte une étape de définition d'une pluralité de premières lignes de positionnement et d'une pluralité de deuxièmes lignes de positionnement, les premières lignes de positionnements étant parallèles entre elles, les deuxièmes lignes de positionnement étant parallèles entre elles, les premières lignes de positionnement étant perpendiculaires aux deuxièmes lignes de positionnement, les

premières lignes de positionnement étant espacées d'un premier pas d'écartement égal à la dimension d'un premier côté de la surface externe d'un bloc isolant, les deuxièmes lignes de positionnement étant espacées d'un deuxième pas d'écartement égal à la dimension d'un deuxième côté de la surface externe dudit bloc isolant.

- [0039] Selon un mode de réalisation, au moins l'un parmi l'axe central longitudinal de la cuve, l'axe central transversal de la cuve et l'axe central de hauteur de la cuve définit une première ou une deuxième ligne de positionnement de la paroi de cuve et/ou un axe de symétrie des premières ou deuxièmes lignes de positionnement de ladite paroi de cuve.
- [0040] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi une installation de stockage comportant une structure porteuse et une cuve étanche et thermiquement isolante installée dans un espace interne de la structure porteuse, ladite installation de stockage comportant des cordons de mastics fabriqués selon les procédés précités et appliqués entre une surface interne de l'espace interne de la structure porteuse et une surface externe de la cuve.
- [0041] 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. Une telle cuve peut aussi servir de réservoir de carburant dans tout type de navire.
- [0042] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit également une telle installation de stockage sous la forme d'un navire pour le transport d'un produit liquide froid comportant une double coque formant ladite structure porteuse.
- [0043] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé de chargement ou déchargement d'un tel navire, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.
- [0044] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un produit liquide froid, 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 flux de produit liquide froid 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

- [0045] . 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.

[0046] [fig.1] La figure 1 est une vue avec écorché d'une structure porteuse destinée à recevoir une cuve étanche et thermiquement isolante.

[0047] [fig.2] La figure 2 est une représentation schématique de la paroi transversale de la structure porteuse de la figure 1 illustrant la position d'implantation des blocs isolants de la paroi de cuve étanche et thermiquement isolante destinée à être ancrée sur ladite paroi porteuse transversale.

[0048] [fig.3] la figure 3 est une vue en coupe de la paroi porteuse transversale de la figure 2 illustrant les défauts de planéité d'une surface interne de ladite paroi porteuse transversale.

[0049] [fig.4] la figure 4 est une vue en coupe de la paroi porteuse transversale de la figure 3 illustrant un plan de référence optimal.

[0050] [fig.5] la figure 5 est une vue analogue à la figure 4 illustrant une interpolation du plan de référence de la figure 4 par sections linéaires correspondant aux dimensions des blocs isolants de la paroi de cuve destinée à être ancrée sur ladite paroi porteuse transversale.

[0051] [fig.6] la figure 6 est une vue analogue à la figure 3 sur laquelle sont ancrés des blocs isolants de la paroi de cuve étanche et thermiquement isolante.

[0052] [fig.7] La figure 7 est un graphique illustrant des dimensions des cordons de mastics en fonction de la fréquence d'apparition des écarts à rattraper entre la surface externe de la cuve étanche et thermiquement isolante et la surface interne de la structure porteuse et fabriqués selon différents modes de réalisation.

[0053] [fig.8] la figure 8 est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier comportant une cuve étanche et thermiquement isolante et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

Description des modes de réalisation

[0054] Dans la suite de la description, on utilisera les termes "externe" et "interne" pour désigner, selon les définitions données dans la description, la position relative d'un élément par rapport à un autre, par référence à l'intérieur de la cuve. Ainsi, un élément proche de ou tourné vers l'intérieur de la cuve est qualifié d'interne par opposition à un élément externe situé proche de ou tourné vers l'extérieur de la cuve.

[0055] En relation avec la figure 1, on observe une structure porteuse 1 destinée à recevoir les parois d'une cuve étanche et thermiquement isolante. La structure porteuse 1 est formée par la double coque d'un navire. La structure porteuse 1 présente une forme générale polyédrique. La structure porteuse 1 présente des parois transversales 2, typiquement avant et arrière, ici de forme octogonale. Sur la figure 1, la paroi

transversale 2 avant n'est représentée que partiellement afin de permettre la visualisation d'un espace interne 9 de la structure porteuse 1. Les parois transversales 2 sont des parois de cofferdam du navire et s'étendent transversalement à la direction longitudinale du navire. La structure porteuse 1 comporte également une paroi supérieure 3, une paroi inférieure 4 et des parois latérales 5. La paroi supérieure 3, la paroi inférieure 4 et les parois latérales 5 s'étendent selon la direction longitudinale du navire et relient les parois transversales 2 avant et arrière.

- [0056] La paroi supérieure 3 comporte, à proximité de la paroi transversale 2 arrière, un espace, de forme parallélépipédique rectangle, en saillie vers le haut, appelé dôme liquide 6. Le dôme liquide 6 délimite une ouverture 7 de la paroi supérieure 3 permettant le passage de conduites de transfert de liquide depuis ou vers la cuve lorsque celle-ci est montée dans la structure porteuse 1.
- [0057] Les parois porteuses 2, 3, 4, 5 de la structure porteuse présentent une surface interne 10 délimitant l'espace interne 9 dans lequel est logée la cuve. La cuve comporte une pluralité de parois de cuve, chaque paroi de cuve étant ancrée sur une paroi porteuse 2, 3, 4, 5 respective de la structure porteuse 1.
- [0058] Dans l'exemple choisi ici pour illustrer, la cuve est une cuve à membrane présentant une structure multicouche. Aussi, chaque paroi de la cuve présente successivement, de l'extérieur vers l'intérieur, selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve correspondante, une barrière thermiquement isolante secondaire ancrée sur la paroi porteuse 2, 3, 4, 5 correspondante, une membrane étanche secondaire reposant sur la barrière thermiquement isolante secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire reposant contre la membrane étanche secondaire et une membrane étanche primaire reposant sur la barrière thermiquement isolante primaire et destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve.
- [0059] A titre d'exemples, les parois de la cuve peuvent être fabriquées selon différentes techniques décrites dans FR-A-2691520, FR-A-2877638, ou WO-A-14057221. Dans ces différents modes de réalisation, chaque paroi de cuve comporte une pluralité de blocs isolants 11 formant au moins la barrière thermiquement isolante secondaire. Ces blocs isolants 11 sont préfabriqués hors de l'espace interne et présentent des dimensions standardisées.
- [0060] Selon un mode de réalisation tel que par exemple décrit dans le document FR2877638, les blocs isolants 11 sont de forme parallélépipédique. Les barrières thermiquement isolantes primaire et secondaire sont formées par une pluralité de ces blocs isolants 11 parallélépipédiques juxtaposés.
- [0061] Selon un autre mode de réalisation par exemple décrit dans le document FR2691520, les blocs isolants 11 comportent une portion de barrière thermiquement isolante secondaire et une portion de barrière thermiquement isolante primaire superposées. Une

couche étanche formant une portion de la membrane étanche secondaire étant intercalé entre ces deux portions de barrière thermiquement isolante. Dans ce mode de réalisation, les portions de barrières isolantes primaire et secondaire présentent des formes parallélépipédiques et la portion de barrière thermiquement isolante primaire présente des dimensions inférieures aux dimensions de la portion de barrière thermiquement isolante secondaire.

- [0062] Dans tous ces cas, les blocs isolants 11 présentent un panneau de fond formant une surface externe 12 rectangulaire, cette surface externe 12 étant destinée à reposer contre la surface interne 10 de l'espace interne 9. De même, ces blocs isolants 11 présentent une surface interne plane formant une surface de support pour recevoir une membrane étanche.
- [0063] Cependant, la structure porteuse 1 présente en pratique des dimensions pouvant varier par rapport aux dimensions théoriques. Il est donc nécessaire de prendre en compte les variations de dimensions de la structure porteuse 1 liées par exemple aux tolérances de constructions pour intégrer une cuve étanche et thermiquement isolante dans l'espace interne 9.
- [0064] Pour cela, une mesure tridimensionnelle de l'espace interne 9 de la structure porteuse 1 est réalisée. Cette mesure tridimensionnelle de l'espace interne 9 est réalisée par tout moyen adapté, par exemple en utilisant des télémètres lasers ou des émetteurs lasers et des capteurs positionnés dans l'espace interne 9 afin de mesurer les dimensions et l'agencement des différentes parois porteuses 2, 3, 4, 5.
- [0065] A partir de cette mesure tridimensionnelle de l'espace interne 9, une position et des dimensions de la cuve à installer dans la structure porteuse sont calculées.
- [0066] Plus particulièrement, les parois de cuve sont dimensionnées et leur position déterminée d'une part en fonction des dimensions des blocs isolants 11, et plus particulièrement de la surface externe 12 desdits blocs isolants 11, et d'autre part de la mesure tridimensionnelle de l'espace interne 9. Les blocs isolants 11 étant ancrés de façon juxtaposée selon un maillage régulier sur chaque paroi porteuse 2, 3, 4, 5, des positions d'ancrage des blocs isolants 11 sur la paroi porteuse 2, 3, 4, 5 correspondante sont déterminées pour chaque paroi de cuve.
- [0067] Pour chaque paroi de cuve, un maillage 15 des blocs isolants 11 est ainsi calculé. La figure 2 illustre un exemple de maillage 15 sur une paroi porteuse transversale 2. Ce maillage 15 comporte une pluralité de premières lignes de positionnement 16 et une pluralité de deuxièmes lignes de positionnement 17. Les premières lignes de positionnement 16 sont parallèles entre elles. De même, les deuxièmes lignes de positionnement 17 sont parallèles entre elles. Les premières lignes de positionnement 16 et les deuxièmes lignes de positionnement 17 sont perpendiculaires entre elles. Les premières lignes de positionnement 16 sont espacées selon un premier pas

d'écartement 18 régulier, ce premier pas d'écartement 18 correspondant à la dimension d'un premier côté de la surface externe 12 d'un bloc isolant 11. De même, les deuxièmes lignes de positionnement 17 sont écartées d'un deuxième pas d'écartement 19 régulier, ce deuxième pas d'écartement 19 correspondant à la dimension d'un deuxième côté de la surface externe 12 des blocs isolants 11. Ces premières lignes de positionnement 16 et ces deuxièmes lignes de positionnement 17 correspondent à des lignes le long desquelles lesdits blocs isolants 11 sont ancrés sur la paroi porteuse transversale 2, par exemple au moyen d'organes d'ancrage non représentés tels que des goujons. Le maillage 15 permet ainsi de déterminer les positions des blocs isolants 11 sur la paroi porteuse 2 transversale.

- [0068] Selon un mode de réalisation, il est calculé un axe central longitudinal (non illustré), un axe central transversal 13 (voir figure 2) et un axe central de hauteur 14 (voir figure 2) de la cuve. Ces axes centraux sont déterminés en fonction de la mesure tridimensionnelle de l'espace interne 9. Ces axes centraux sont éventuellement ajustés en fonction de la position du dôme liquide 6 dans la structure porteuse 1 et permettent de déterminer l'agencement du maillage 15. Par exemple, comme illustré sur la figure 2, le maillage 15 déterminé pour l'ancrage des blocs isolants 11 sur une paroi porteuse 2 transversale peut être symétrique de part et d'autre de l'axe central de hauteur 14. En outre, l'axe central transversal 13 peut déterminer une première ligne de positionnement 16.
- [0069] Dans le cadre d'une cuve étanche et thermiquement isolante présentant au moins une membrane étanche ondulée, par exemple telle que décrite dans le document FR-A-2691520, les maillages 15 sur les différentes parois porteuses 2, 3, 4, 5 sont préférentiellement déterminés de manière à assurer une continuité dans les ondulations entre les différentes parois de cuve. Typiquement, le positionnement des blocs isolants 11 sur deux parois porteuses 2, 3, 4, 5 adjacentes sont modulés de façon à former des surfaces de supports permettant une installation de la membrane étanche de telle sorte que les ondulations puissent être continues entre les parois de cuves.
- [0070] Cependant, la surface interne 10 formée par les parois porteuses 2, 3, 4, 5 peut présenter une planéité imparfaite du fait par exemple des tolérances de construction ou encore de l'assemblage des différents éléments formant lesdites parois porteuses 2, 3, 4, 5. Ainsi par exemple, les soudures réalisées entre deux portions de double coque assemblées entre elles peuvent constituer des zones d'irrégularité dans la planéité de la surface interne 10. De même, les zones comportant des raidisseurs agencés entre les deux parois formant la double coque d'un navire peuvent également former des zones d'irrégularité dans la planéité de la surface interne 10.
- [0071] Ces défauts de planéité de la surface interne 10 doivent être rattrapés lors de la mise en place des blocs isolants 11. En effet, les parois de cuve sont sujettes à des

contraintes importantes à l'usage, par exemple sous l'effet des déformations de la structure porteuse 1 liées à la navigation, sous l'effet des contraintes thermiques ou encore sous l'effet des mouvements de liquide dans la cuve. Pour éviter une dégradation de l'étanchéité de la cuve, les membranes étanches sont agencées de la façon la plus plane possible. Il est donc important que les barrières thermiquement isolantes primaires et secondaires forment des surfaces de support planes et continues pour les membranes étanches. Les défauts de planéité dans la surface interne 10 doivent donc être rattrapés afin de fournir une surface de support satisfaisante pour les blocs isolants 11 sur lesquels reposent les membranes étanches de la cuve.

[0072] La figure 3 illustre une paroi porteuse transversale 2 présentant de tels défauts de planéité. Ces défauts de planéité engendrent des écarts 20 plus ou moins importants entre les points de la surface interne 10 et une ligne moyenne plane de la paroi porteuse.

[0073] Afin de rattraper ces écarts 20, un plan de référence 21 est déterminé correspondant à une position idéale de la membrane étanche, c'est-à-dire une position idéale de la surface interne 22 des blocs isolants 11. Ce plan de référence 21 illustré sur la figure 4 est sensiblement parallèle à un plan moyen de la paroi porteuse transversale 2, c'est-à-dire qu'il correspond à un plan parallèle à la paroi porteuse transversale 2 abstraction faite des défauts de planéité précités. Sur cette figure 4 sont également illustrées les premières lignes de positionnement 16.

[0074] Le plan de référence 21 est un plan théorique optimal. Il peut être toléré que les blocs isolants 11 présentent une surface interne 22, c'est-à-dire une surface de support pour une membrane étanche primaire ou secondaire, présentant une légère inclinaison par rapport à ce plan de référence 21. Chaque bloc isolant 11 présente une surface interne 22 présentant avec le plan de référence 21 optimal un angle inférieur à $\text{Arctan}(10^{-2})$, et de préférence inférieur à $\text{Arctan}(6.10^{-3})$. En outre, la surface interne 22 de deux blocs isolants 11 adjacents ne doit pas non plus former un angle trop important et de préférence inférieur à $\text{Arctan}(10^{-2})$, et de préférence inférieur à $\text{Arctan}(6.10^{-3})$. Ces angles correspondent à une limite au-delà de laquelle la surface de support de la membrane étanche présenterait une planéité insuffisante et susceptible de générer à l'usage une ou des zones de concentration des contraintes sur la membrane étanche.

[0075] Comme illustré sur la figure 5 illustrant une vue en coupe perpendiculaire aux premières lignes de positionnement 16, une ligne de référence 23 est interpolée par portions linéaires 24 à partir du plan de référence 21 pour chaque deuxième ligne de positionnement 17. Chaque portion linéaire 24 présente une dimension correspondant au premier pas d'écartement, autrement dit, chaque portion linéaire correspond à la dimension de côté d'un bloc isolant 11. Cette interpolation est réalisée de façon analogue pour chaque première ligne de positionnement avec des portions linéaires

correspondant au deuxième pas d'écartement.

- [0076] Afin d'assurer l'ancrage des blocs isolants 11 selon une position correspondant à la portion linéaire 24 correspondante de la ligne de référence 23, des cales d'épaisseur 25 sont agencées sur les ou à proximité des organes d'ancrage destinés à coopérer avec les blocs isolants 11. Ces cales 25 sont dimensionnées de manière à présenter un écart constant, égal à l'épaisseur d'un bloc isolant 21, entre la surface interne desdites cales 25 et la ligne de référence 23.
- [0077] En outre, comme illustré sur la figure 6, des cordons de mastic 26 sont intercalés entre la surface externe 12 des blocs isolants 11 et la surface interne 10. Ces cordons de mastic 26 sont fabriqués par mélange d'une résine polymérisable et d'un durcisseur sur le site de fabrication de la cuve afin d'être appliqués immédiatement, avant durcissement par polymérisation, sur les blocs isolants 11. Cette fabrication sur site est nécessaire si le temps de polymérisation du mastic est relativement court, par exemple environ 1 heure ou moins.
- [0078] Ces cordons de mastic 26 permettent de rattraper les défauts de planéité de la surface interne 10 et de fournir un support pour les blocs isolants 11 entre les cales d'épaisseur 25. Pour cela, les cordons de mastics 26 sont dimensionnés pour combler des écarts 27 entre la surface externe 12 des blocs isolants 11 et la surface interne 10 tout en présentant une surface de coopération avec d'une part les blocs isolants 11 sur lesquels ils sont appliqués et, d'autre part, la surface interne 10 de la structure porteuse suffisante pour supporter lesdits blocs isolants 11 et transmettre les efforts entre les blocs isolants 11 et la structure porteuse 1. Autrement dit, ces cordons de mastic 26 sont dimensionnés en fonction d'écarts 27 mesurés entre la surface externe 12 des blocs isolants 11 et la surface interne 10 et en fonction d'une largeur prédéfinie de ladite surface de coopération.
- [0079] Ainsi, la quantité de mastic déposée dans un état malléable pour former un cordon de mastics 26 est donc dimensionnée avec une section transversale suffisante pour que, à l'état final, après écrasement dudit cordon de mastic 26 entre la surface externe 12 du bloc isolant 11 et la surface interne 10 lors de la pose dudit bloc isolant 11 sur la structure porteuse 1, une surface d'application dudit cordon de mastic 26 sur le bloc isolant 11 et sur la surface interne 10 présente une largeur supérieure ou égale à une largeur minimale prédéfinie.
- [0080] Le dimensionnement de la section transversale des cordons de mastic est donc déterminé à partir de la largeur minimale prédéfinie et des positions des cordons de mastic, puisque la dimension d'épaisseur d'un cordon dépend de l'écart 27 à combler à son emplacement précis. Ces positions (et donc le nombre de cordons de mastic 26 à poser) ainsi que cette largeur prédéfinie résultent d'un calcul préalable tenant compte de la résistance mécanique en flexion des blocs isolants 11.

- [0081] Les écarts 27 sont mesurés en fonction d'une part des lignes de référence 23 et d'autre part de la mesure tridimensionnelle de la surface interne 10 réalisée préalablement. Plus particulièrement, pour la position d'ancrage de chaque blocs isolants 11 déterminée par le maillage 15, une pluralité d'écarts 27 entre la surface externe 12 dudit bloc isolant 11 et la surface interne 10 de la structure porteuse 1. Dans l'exemple illustré sur la figure 6, trois cordons de mastic 26 sont intercalés entre chaque bloc isolant 11 et la surface interne 10 de la structure porteuse 1, ces cordons de mastics se développant sur toute la longueur du bloc isolant 11. Ainsi, un ou plusieurs écarts 27 sont mesurés le long de chaque ligne de la surface externe 12 des blocs isolants au niveau desquelles doivent être appliqués les cordons de mastics 26. En outre, ces écarts 27 sont mesurés selon une direction d'épaisseur de la paroi de cuve correspondante. En d'autres termes, l'écart est mesuré en un ou plusieurs points de mesure, par exemple trois points de mesure, pour chaque cordon de mastic. Si plusieurs points de mesure sont associés à un même cordon de mastic, le dimensionnement du cordon de mastic peut être réalisé de manière variable dans la longueur du cordon de mastic, ou de manière uniforme sur toute la longueur du cordon de mastic à une valeur moyenne des écarts obtenus en ces points de mesure.
- [0082] Selon un mode de réalisation, de tels cordons de mastics 26 sont fabriqués de façon continue au moyen d'une extrudeuse à mastic. Différentes techniques sont utilisables pour régler la section transversale des cordons de mastics 26 lors de la fabrication.
- [0083] Le réglage de la section transversale peut être obtenu en réglant le débit de mastic à travers la tête de distribution de l'extrudeuse. Ce réglage de débit peut être optionnellement accompagné d'un réglage de la section de sortie de la tête de distribution de l'extrudeuse. Ce réglage de la section de sortie peut être effectué de différentes manières, par exemple au moyen d'une tête de distribution à section réglable ou au moyen de têtes de distribution interchangeables, présentant des sections fixes différentes.
- [0084] Une autre manière de régler la section transversale du cordon de mastic, notamment si le mastic est suffisamment thixotrope, est de régler une vitesse d'avance relative entre la tête de distribution de l'extrudeuse et la surface sur laquelle le cordon de mastic est déposé, c'est-à-dire par exemple en réglant la vitesse de défilement des blocs isolants dans la technique décrite par la publication FR-A-2259008.
- [0085] Une première méthode de dimensionnement des cordons de mastics consiste à dimensionner la section transversale de chaque cordon de mastic 26 sur mesure, en fonction de l'écart 27 mesuré à l'emplacement que doit occuper le cordon de mastic sur la structure porteuse 1. Cependant, une telle méthode de dimensionnement présente l'inconvénient de devoir modifier en permanence le réglage de l'outil de production. Ainsi, les cordons de mastic ne peuvent pas être fabriqués de façon uniformisée.

- [0086] Pour remédier à cet inconvénient, une autre méthode de dimensionnement des cordons de mastics consiste à prévoir un nombre t déterminé de tailles discrètes. Ce mode de réalisation, bien qu'il entraîne une consommation de mastic plus importante que le mode de réalisation décrit ci-dessus dans lequel chaque cordon de mastic 26 est fabriqué individuellement en fonction de sa localisation dans la cuve, permet de simplifier la fabrication des cordons de mastics 26 en définissant des tailles uniformisées ne nécessitant ainsi pas une adaptation de l'outil de production pour chaque cordon de mastic 26 fabriqué. Pour cela, plusieurs méthodes vont être décrites en référence à la figure 7.
- [0087] La figure 7 illustre une distribution 28 des écarts 27 mesurés comme décrit plus haut. L'ordonnée représente la dimension de l'écart 27 dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve. Cette dimension peut être multipliée par la largeur prédéfinie pour obtenir l'aire de section transversale idéale du cordon de mastic. L'abscisse représente la population des points de mesure, ramenée à un pourcentage. La distribution a été ordonnée par ordre croissant des écarts 27 et fournit ainsi la fréquence d'apparition de chaque écart dans la distribution. Plus un écart est fréquent, plus il occupe une place large dans la distribution 28.
- [0088] Selon ce mode de réalisation, des cordons de mastics 26 sont réalisés selon t différentes tailles pour l'ensemble des écarts 27 mesurés entre la surface interne 10 et la surface externe de la cuve, typiquement la surface externe 12 des blocs isolants 11. Cette distribution des écarts pourrait cependant être déterminée à l'échelle d'une unité de construction autre qu'une cuve entière, par exemple une paroi plane de la cuve.
- [0089] Sur cette figure, la distribution 28 des écarts peut être majorée par un certain coefficient de sécurité, par exemple majorée d'environ 8%, par rapport à la valeur réelle mesurée. Cette majoration permet de légèrement surdimensionner les sections des cordons de mastics 26 pour garantir une surface de coopération satisfaisante, c'est-à-dire notamment obtenir par fluage une largeur finale supérieur ou égale à la largeur prédéfinie. Une deuxième courbe 29 correspond à une interpolation polynomiale de la distribution 28 des écarts.
- [0090] Dans une première variante de ce mode de réalisation, les tailles de cordons de mastics 26 sont déterminées de façon équirépartie. Dans l'exemple illustré sur la figure 7, cinq tailles (i.e. $t=5$) de cordons de mastics 26, désignées par les chiffres 31 à 35, sont déterminées de manière à ce que chaque taille de cordons de mastic permette de couvrir 20% de la distribution 28 des écarts. Une courbe de tailles équiréparties 30 illustre en pointillés les différentes tailles 31 à 35. Ainsi, sur cette courbe 30, une première taille équirépartie 31 présente une épaisseur de 5.7mm, une deuxième taille équirépartie 32 présente une épaisseur de 8.4mm, une troisième taille équirépartie 33 présente une épaisseur de 10.3mm, une quatrième taille équirépartie 34 présente une

épaisseur de 12.9mm et une cinquième taille équirépartie 35 présente une épaisseur de 23mm. Des sections transversales correspondantes peuvent être obtenues en multipliant ces épaisseurs par la largeur prédéfinie.

- [0091] En conséquence, dans l'exemple des tailles équiréparties illustré en pointillés sur la figure 7, un nombre égal de cordons de mastic est utilisé dans chacune des tailles 31 à 35. Aux emplacements où les écarts 27 sont inférieurs à 5.7mm, c'est-à-dire les 20% écarts mesurés les plus petits, des cordons de mastics 26 de la première taille équirépartie 31 sont utilisés. Aux emplacements où les écarts 27 sont compris entre 5.7mm et 8.4mm, c'est-à-dire aussi 20% des écarts mesurés, des cordons de mastics 26 selon la deuxième taille équirépartie 32 sont utilisés, etc.
- [0092] De telles tailles équiréparties 31, 32, 33, 34 et 35 facilitent la fabrication des cordons de mastics 26 et permettent de rattraper l'ensemble des écarts 27 mesurés de façon simple, rapide et fiable.
- [0093] Cependant, ces tailles équiréparties ne sont pas adaptées à la fabrication de toutes les cuves. Les défauts de planéité de la surface interne 10 étant différents d'une cuve à l'autre, ces tailles équiréparties peuvent engendrer une consommation de mastic excessive lorsque les écarts 27 sont majoritairement éloignés des dimensions des tailles équiréparties 31, 32, 33, 34 et 35. Par exemple, en regard de la courbe 30, la cinquième taille équirépartie 35 de cordons de mastics 26 est très sensiblement supérieure à l'écart 27 mesuré pour une grande partie des points de mesure qui seront associés à ladite cinquième taille 35 de cordons de mastic 26, engendrant une surconsommation importante de mastic, c'est-à-dire notamment une surlargeur due à un fluage excessif du cordon de mastic. Dans un cas extrême, la surlarguer résultante pourrait complètement combler l'interstice entre le cordon de mastic 26 et un cordon de mastic adjacent, et ainsi créer une poche d'air piégée dans le mastic. Dans le cas où la cuve doit contenir des matières inflammables, une telle poche d'air peut être interdite par la réglementation.
- [0094] Selon une deuxième variante de ce mode de réalisation, les tailles discrètes des cordons de mastics sont déterminées en fonction des fréquences d'apparition des écarts 27 mesurés, de manière à limiter une différence cumulée entre les écarts 27 et lesdites tailles associées.
- [0095] On entend par "limiter une différence cumulée" le fait d'obtenir un meilleur dimensionnement des cordons de mastic par comparaison avec les tailles équiréparties. Pour cela, il faut minimiser la surface 37 située entre la distribution 28 des écarts et la courbe en créneaux 36 représentant les tailles discrètes des cordons, c'est-à-dire la valeur intégrale de la différence entre les deux courbes. Ce problème peut être résolu avec des méthodes numériques d'optimisation. .
- [0096] Il est possible d'augmenter le nombre t de tailles de cordons de manière à limiter les

pertes de mastic lors de la fabrication des cordons de mastic 26. De même il est possible de sortir certains points de mesure pour tronquer la distribution 38, et ainsi traiter des écarts exceptionnels de façon manuelle. Par exemple des cordons de mastics sur mesure peuvent être utilisés pour une portion allant jusqu'à 2% des écarts mesurés (les plus gros cordons de mastic). Dans ce cas, les tailles de cordons de mastic déterminées comme ci-dessus sont employés pour le restant des écarts mesurés.

- [0097] La technique décrite ci-dessus pour réaliser une cuve étanche et thermiquement isolante peut être utilisée dans différents types de réservoirs, par exemple pour constituer un réservoir de GNL dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre.
- [0098] En référence à la figure 8, une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve étanche et isolée 71 de forme générale prismatique montée dans la double coque 72 du navire. La paroi de la cuve 71 comporte une barrière étanche primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières isolante agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque 72.
- [0099] De manière connue en soi, des canalisations de chargement/déchargement 73 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 71.
- [0100] La figure 8 représente un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 75, une conduite sous-marine 76 et une installation à terre 77. Le poste de chargement et de déchargement 75 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 74 et une tour 78 qui supporte le bras mobile 74. Le bras mobile 74 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 79 pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 73. Le bras mobile 74 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 78. Le poste de chargement et de déchargement 75 permet le chargement et le déchargement du méthanier 70 depuis ou vers l'installation à terre 77. Celle-ci comporte des cuves de stockage de gaz liquéfié 80 et des conduites de liaison 81 reliées par la conduite sous-marine 76 au poste de chargement ou de déchargement 75. La conduite sous-marine 76 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 75 et l'installation à terre 77 sur une grande distance, par exemple 5 km, ce qui permet de garder le navire méthanier 70 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et de déchargement.
- [0101] Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz liquéfié, on met en œuvre

des pompes embarquées dans le navire 70 et/ou des pompes équipant l'installation à terre 77 et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de déchargement 75.

[0102] 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.

[0103] 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. L'usage de l'article indéfini « un » ou « une » pour un élément ou une étape n'exclut pas, sauf mention contraire, la présence d'une pluralité de tels éléments ou étapes.

[0104] 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 de cordons de mastics (26) destinés à installer une cuve étanche et thermiquement isolante dans une structure porteuse (1), la structure porteuse (1) comportant une surface interne (10) délimitant un espace interne (9),

le procédé comportant les étapes de :

- déterminer une pluralité d'écarts (27) entre une pluralité de points de mesure distribués sur une surface externe de la cuve et la surface interne (10) de la structure porteuse (1), lesdits écarts (27) étant déterminés parallèlement à une direction d'épaisseur de la cuve au niveau desdits points de mesure, lesdits écarts (27) étant déterminés en fonction d'une position d'implantation de la cuve dans l'espace interne (9) de la structure porteuse (1) et de dimensions tridimensionnelles de ladite cuve et dudit espace interne (9) de la structure porteuse (1),
- fournir une pluralité de tailles (31, 32, 33, 34, 35, 36) de section transversale, ladite pluralité de tailles (31, 32, 33, 34, 35, 36) comportant un nombre entier t de tailles (31, 32, 33, 34, 35, 36), le nombre entier t de tailles (31, 32, 33, 34, 35, 36) étant inférieur à un nombre total desdits écarts de la pluralité d'écarts (27), la pluralité de tailles (31, 32, 33, 34, 35, 36) présentant une borne supérieure, ladite borne supérieure étant plus grande qu'une section rectangulaire associée à l'écart maximal de la pluralité d'écarts (27), la section rectangulaire associée présentant une largeur prédéfinie et une hauteur égale à l'écart maximal de la pluralité d'écarts (27),
- fabriquer des cordons de mastic (26) destinés à être appliqués entre la surface interne (10) de la structure porteuse (1) et la surface externe de la cuve, lesdits cordons présentant des dimensions de section transversale définies en fonction desdits écarts (27) déterminés, les cordons de mastics (26) étant fabriqués avec des dimensions de section transversale choisies parmi ladite pluralité de tailles (31, 32, 33, 34, 35, 36).

[Revendication 2]

Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel, pour un écart de la pluralité d'écarts (27), on fabrique un cordon de mastic (26) dont la dimension de section transversale est égale à une taille minimale parmi les tailles (31, 32, 33, 34, 35, 36) qui est supérieure ou égale à une section rectangulaire associée audit écart, la section rectangulaire associée présentant ladite largeur prédéfinie et une hauteur égale audit

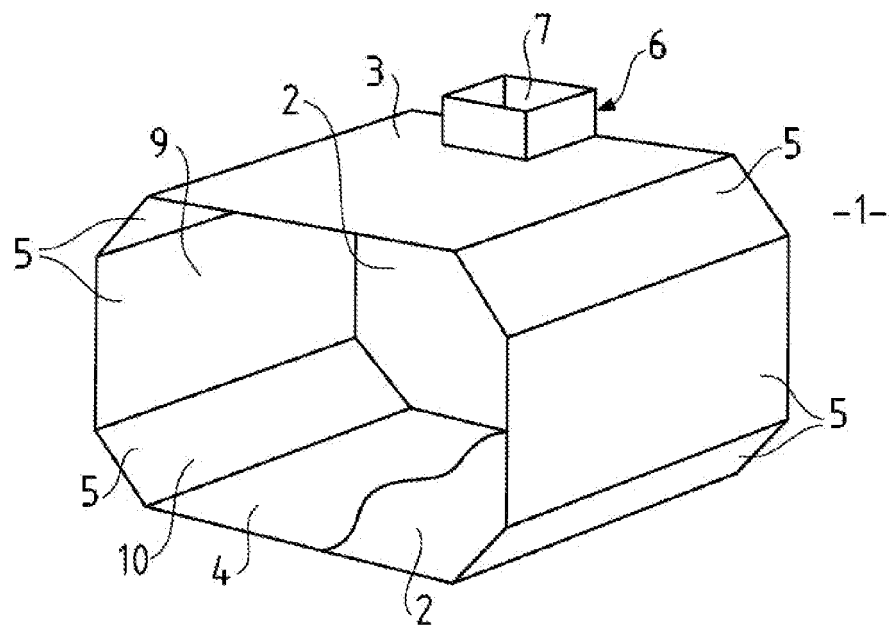
- écart.
- [Revendication 3] Procédé de fabrication selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'étape de fournir la pluralité de tailles (36) de section transversale comporte :
- calculer une fréquence d'apparition des écarts de la pluralité d'écarts (27),
 - calculer la pluralité de tailles (36) de cordons de mastics en fonction de la fréquence d'apparition des écarts et des écarts (27) déterminés de manière à ce que chaque écart de la pluralité d'écarts (27) puisse être associé à une taille de la pluralité de tailles (36) qui est immédiatement supérieure à la section rectangulaire associée audit écart, et de manière à limiter une différence cumulée entre les sections rectangulaires associées auxdits écarts de la pluralité d'écarts (27) et lesdites tailles (36) auxquels lesdits écarts sont associés.
- [Revendication 4] Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la fixation du nombre entier t et/ou le calcul de la pluralité de tailles est effectué pour une unité de construction choisie parmi une pluralité de cuves, une seule cuve, une paroi plane d'une cuve polyédrique, et une portion d'une paroi plane.
- [Revendication 5] Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel le nombre entier t de tailles est inférieur ou égal à 10, de préférence inférieur ou égal à 5.
- [Revendication 6] Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 5, comportant en outre :
- réaliser une mesure tridimensionnelle de l'espace interne (9) de la structure porteuse (1),
 - définir des dimensions et une forme de la cuve en fonction de ladite mesure tridimensionnelle de manière à permettre l'insertion de ladite cuve dans l'espace interne (9) de la structure porteuse (1),
 - définir la position d'implantation de la cuve dans l'espace interne (9) de la structure porteuse (1) en fonction de la mesure tridimensionnelle de l'espace interne (9) de la structure porteuse (1) et des dimensions et de la forme de la cuve définies.
- [Revendication 7] Procédé de fabrication selon la revendication 6, dans lequel la cuve comporte une pluralité de blocs isolants (11) comportant des panneaux de fond définissant ladite surface externe de la cuve, et dans lequel définir une position d'implantation de la cuve comporte définir une position d'ancrage de la pluralité de blocs isolants (11) sur la surface interne (10) de la structure porteuse (1).

- [Revendication 8] Procédé de fabrication selon la revendication 7, dans lequel les points de mesure comportent, pour chaque bloc isolant (11), un point d'un panneau de fond dudit bloc isolant (11) lorsque ledit bloc isolant (11) est dans la position d'ancrage.
- [Revendication 9] Procédé de fabrication selon la revendication 8, dans lequel la structure porteuse comporte au moins une paroi porteuse plane (2, 3, 4, 5), la cuve comportant une paroi de cuve comportant une pluralité de blocs isolants (11) destinés à être ancrés sur la paroi porteuse (2, 3, 4, 5), lesdits blocs isolants (11) présentant une surface interne (22) parallèle au panneau de fond, ladite surface interne (22) formant une surface de support pour une membrane étanche de la paroi de cuve, le procédé comportant en outre :
- déterminer pour la paroi porteuse un plan de référence (21),
- et dans lequel la position d'ancrage des blocs isolants (11) est définie de manière que la surface interne (22) dudit bloc isolant (11) présente, lorsque ledit bloc isolant (11) est dans la position d'ancrage, une inclinaison inférieure à un angle seuil par rapport au plan de référence (21).
- [Revendication 10] Procédé de fabrication selon la revendication 9, dans lequel l'angle seuil est inférieur à $\text{Arctan}(10^{-2})$, de préférence inférieur à $\text{Arctan}(6.10^{-3})$.
- [Revendication 11] Procédé de fabrication selon l'une des revendications 7 à 10, dans lequel les cordons de mastics (26) sont fabriqués avec une longueur inférieure ou égale une dimension du panneau de fond d'un bloc isolant (11).
- [Revendication 12] Installation de stockage comportant une structure porteuse et une cuve étanche et thermiquement isolante installée dans un espace interne de la structure porteuse, ladite installation de stockage comportant des cordons de mastics (26) fabriqués selon l'une des revendications 1 à 11 appliqués entre une surface interne de l'espace interne de la structure porteuse et une surface externe de la cuve.
- [Revendication 13] Installation de stockage selon la revendication 12 sous la forme d'un navire (70) pour le transport d'un produit liquide froid, le navire comportant une double coque formant ladite structure porteuse.
- [Revendication 14] Système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant une installation de stockage selon la revendication 13, des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) agencées de manière à relier la cuve (71) installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre (77) et une pompe pour entraîner un flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers

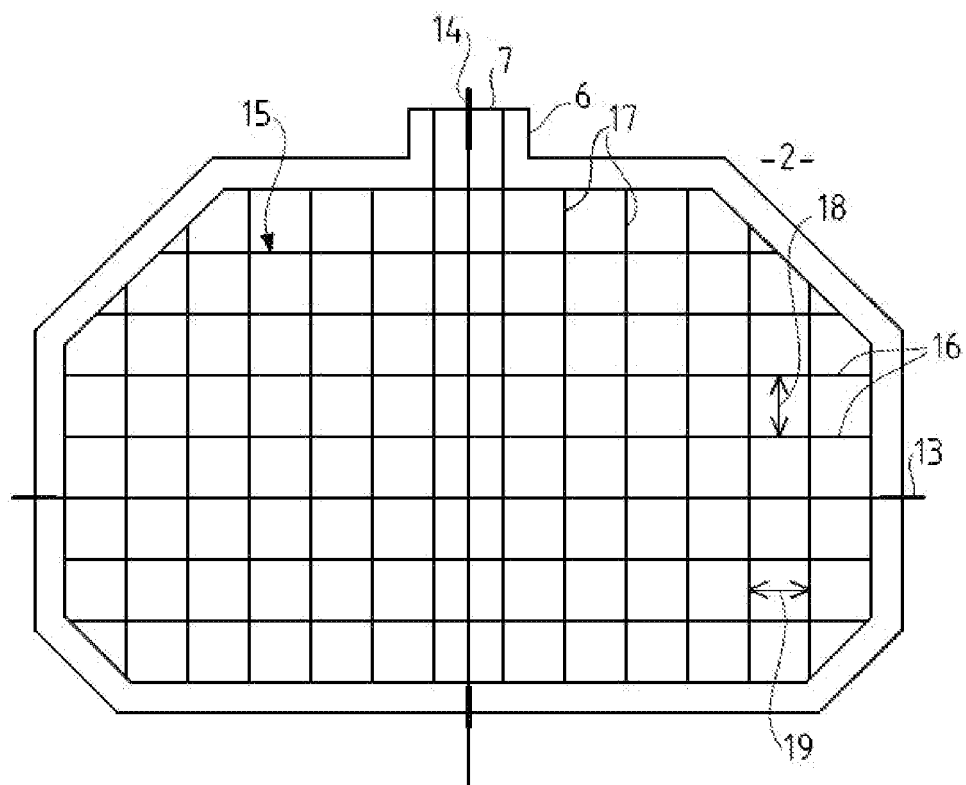
l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[Revendication 15] Procédé de chargement ou déchargement d'une installation de stockage selon la revendication 13, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre (77) vers ou depuis la cuve du navire (71).

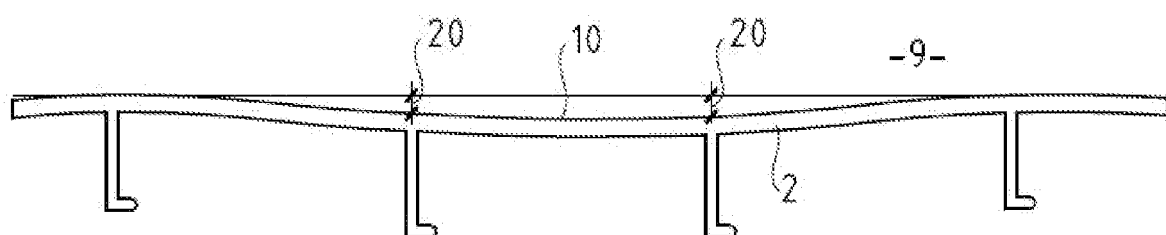
[Fig. 1]



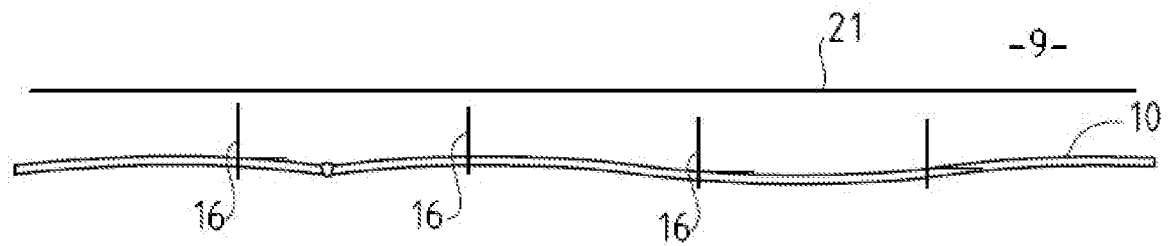
[Fig. 2]



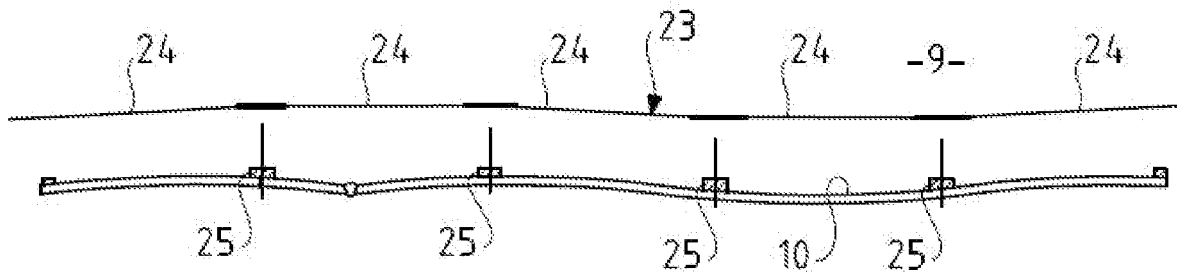
[Fig. 3]



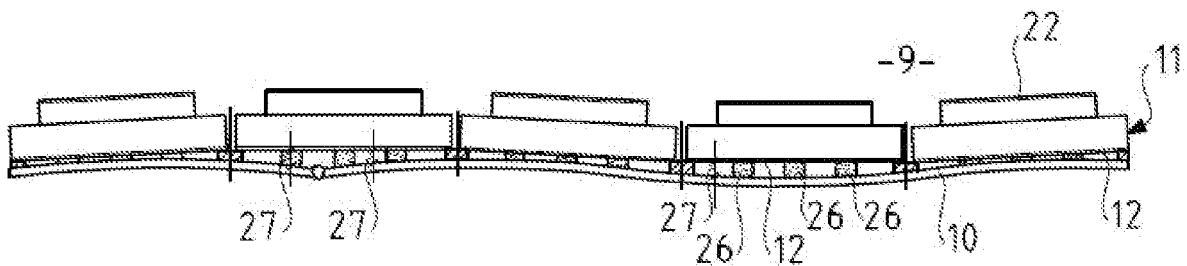
[Fig. 4]



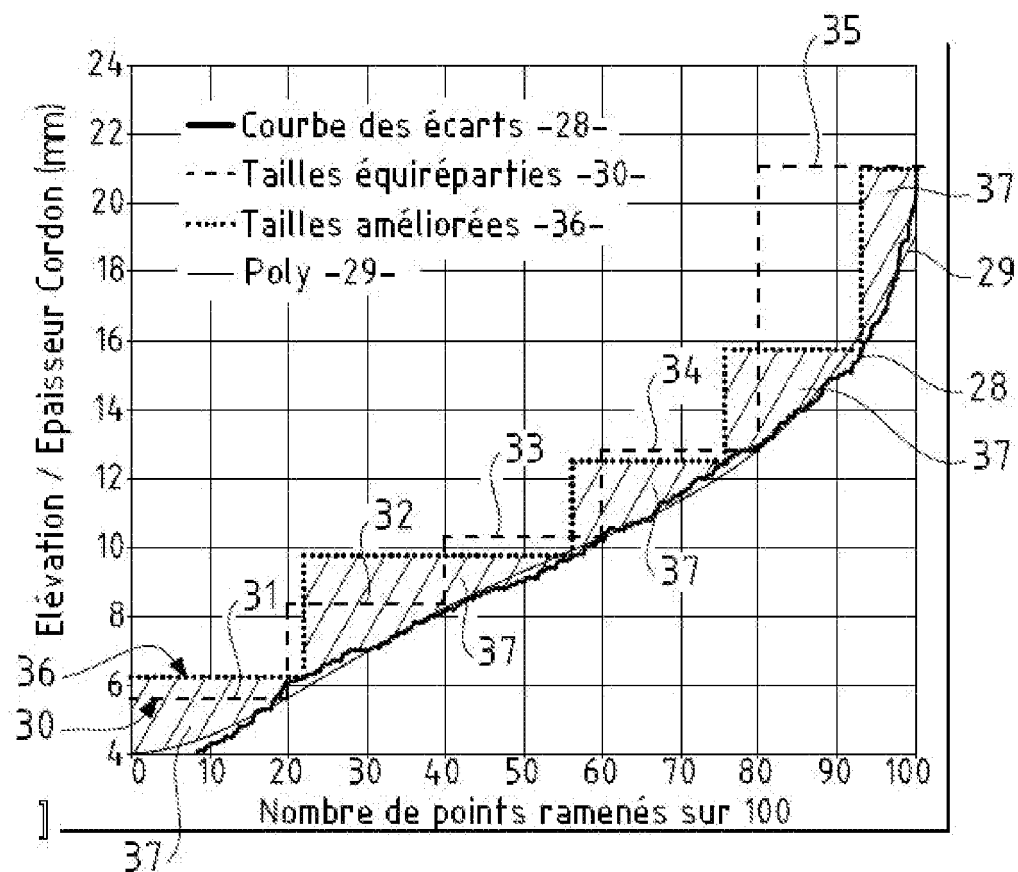
[Fig. 5]



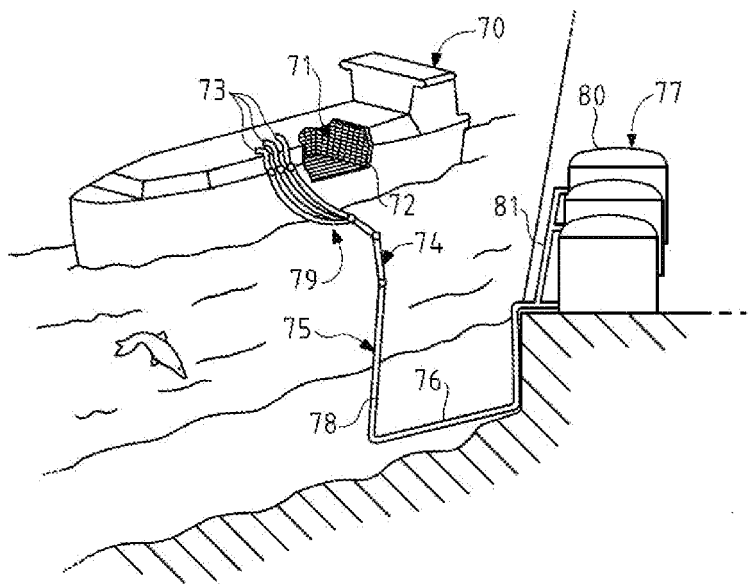
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



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**

FR 2 413 260 A1 (GAZ TRANSPORT [FR])
27 juillet 1979 (1979-07-27)

FR 2 286 305 A1 (TECHNIGAZ [FR])
23 avril 1976 (1976-04-23)

EP 0 543 686 A1 (GAZ TRANSPORT [FR])
26 mai 1993 (1993-05-26)

**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