

Description

Titre de l'invention : Cuve étanche et thermiquement isolante

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.

Arrière-plan technologique

- [0002] Il est connu du document WO 2011/157915 A1 des cuves étanches et thermiquement isolantes pour le stockage et/ou le transport de gaz liquéfié comprenant au moins une membrane d'étanchéité qui est en contact avec le gaz liquéfié. Ces cuves peuvent être équipées d'une tour de chargement/déchargement ou plus simplement de conduites de chargement et de déchargement traversant la paroi de plafond de la cuve pour atteindre l'espace interne de la cuve afin de charger ou décharger la cuve en gaz liquéfié.
- [0003] Dans le cas d'une tour de chargement/déchargement, celle-ci comporte une structure formée de plusieurs mâts reliés à une extrémité inférieure les uns aux autres à l'aide d'une base. La tour de chargement/déchargement comporte de plus un dispositif de guidage qui est fixé contre la face inférieure de la base et qui coopère avec un pied de support qui traverse la paroi de fond de la cuve et vient se fixer à la structure porteuse.
- [0004] Des pompes, notamment de déchargement, sont fixées à l'intérieur de la cuve à la tour de chargement/déchargement, aux conduites de chargement et de déchargement ou au pied de support. Afin de limiter le volume de liquide qui ne peut pas être déchargé de la cuve, l'extrémité inférieure de la pompe de déchargement est située au plus près de la membrane d'étanchéité à une distance prédéfinie, de l'ordre de quelques centimètres.
- [0005] De plus, dans le document WO 2011/157915 A1, la membrane d'étanchéité en contact avec le gaz liquéfié est une membrane d'étanchéité métallique ondulée présentant une première série d'ondulations parallèle dans une première direction et une deuxième série d'ondulations parallèle dans une deuxième direction.

[0006] Dans le document WO 2023/094330 A1, il a été proposé d'avoir sur la membrane d'étanchéité une zone dépourvue de l'une des séries d'ondulations au droit de la pompe de déchargement, l'absence des ondulations de cette série d'ondulations dans cette zone permettant d'adapter l'écartement entre la membrane d'étanchéité et l'élément interne afin d'optimiser le volume pompé.

[0007] Toutefois, la conception de la membrane d'étanchéité dans le document WO 2023/094330 A1 amène à fabriquer des tôles métalliques ondulées sur lesquelles il subsiste une ondulation de cette série d'ondulations. De telles tôles métalliques ondulées sont difficiles et coûteuses à fabriquer.

Résumé

[0008] Une idée à la base de l'invention est d'assurer que la membrane d'étanchéité peut être fabriquée simplement et à un coût modéré, grâce à l'agencement des tôles métalliques ondulées.

[0009] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et thermiquement isolante intégrée dans une structure porteuse comportant une paroi porteuse, ladite cuve comportant une paroi de cuve fixée sur la paroi porteuse de la structure porteuse, dans laquelle la paroi de cuve comporte, dans une direction d'épaisseur de l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante et une membrane d'étanchéité supportée par la barrière thermiquement isolante et destinée à être en contact avec un fluide contenu dans la cuve, la membrane d'étanchéité comportant une pluralité de portions de membrane juxtaposées et soudées les unes aux autres, la pluralité de portions de membrane comprenant au moins une portion de membrane régulière, la portion de membrane régulière présentant une série de premières ondulations parallèles s'étendant dans une première direction et espacées d'un premier pas d'onde dans une deuxième direction, la deuxième direction étant orthogonale à la première direction, et une série de deuxièmes ondulations parallèles s'étendant dans la deuxième direction et espacées d'un deuxième pas d'onde dans la première direction, la cuve comportant un élément traversant passant à travers la paroi de cuve, l'élément traversant étant centré sur l'intersection entre une première ligne directrice s'étendant dans la première direction et située entre des directrices de deux desdites premières ondulations et une deuxième ligne directrice s'étendant dans la deuxième direction et située entre une première et une deuxième desdites deuxièmes ondulations, la deuxième ligne directrice partageant le plan de la paroi porteuse en un premier demi-plan et un deuxième demi-plan, la première desdites deuxièmes ondulations étant située dans le premier demi-plan et la deuxième desdites deuxièmes ondulations étant située dans le deuxième demi-plan,

la pluralité de portions de membrane étant interrompue au niveau d'une fenêtre polygonale entourant l'élément traversant pour laisser passer l'élément traversant, la fenêtre interrompant les directrices des deux dites premières ondulations et interrompant les directrices de la première desdites deuxièmes ondulations et de la deuxième desdites deuxièmes ondulations,

la membrane d'étanchéité comprenant au moins une plaque de fermeture reliant de manière étanche la pluralité de portions de membrane à l'élément traversant,

la pluralité de portions de membrane comprenant, autour de la fenêtre, une pluralité de tôles métalliques ondulées, les tôles métalliques ondulées présentant des côtés parallèles à respectivement la première direction et la deuxième direction, la pluralité de tôles métalliques ondulées comprenant, dans le deuxième demi-plan :

- une première tôle métallique rectangulaire présentant une largeur supérieure ou égale à 4 fois le premier pas d'onde dans la deuxième direction, la première tôle métallique rectangulaire étant disposée sur la première ligne directrice et symétrique par rapport à la première ligne directrice, la première tôle métallique rectangulaire comportant un premier bord échancré tourné vers l'élément traversant,

- deux deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières présentant une largeur supérieure ou égale à 2 fois le premier pas d'onde dans la deuxième direction et une longueur de 1 fois le deuxième pas d'onde dans la première direction, et

- deux troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières présentant une largeur supérieure ou égale à 3 fois le premier pas d'onde dans la deuxième direction et une longueur de 1 fois le deuxième pas d'onde dans la première direction, et symétriques l'une de l'autre par rapport à la première ligne directrice,

les deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières étant disposées de part et d'autre de la fenêtre et soudées chacune à la première tôle métallique rectangulaire,

les troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières étant disposées de part et d'autre de la première tôle métallique et soudées chacune à l'une des deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières et à la première tôle métallique rectangulaire, dans laquelle la première tôle métallique rectangulaire prolonge les deux dites premières ondulations jusqu'à la au moins une plaque de fermeture,

dans laquelle la première tôle métallique rectangulaire, les deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières et les troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières prolongent d'autres desdites premières ondulations de part et d'autre de la fenêtre, dans laquelle la deuxième desdites deuxièmes ondulations est absente des deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières, et une troisième desdites deuxièmes ondulations est absente des troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières.

[0010] Grâce à ces caractéristiques, il est possible d'obtenir sur la membrane d'étanchéité deux zones voisines de l'élément traversant et dépourvues de deuxièmes ondulations.

Un élément interne tel qu'une pompe de déchargement peut ainsi être disposé au droit et à distance de chacune de ces zones dans un espace interne de la cuve. L'absence des deuxièmes ondulations permet d'adapter l'écartement entre la membrane d'étanchéité et la pompe de déchargement pour optimiser le volume de cargaison pouvant être pompé, comme décrit dans le document WO 2023/094330 A1.

- [0011] En outre, du fait de leurs dimensions selon la première direction, les deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières et les troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières sont entièrement dépourvues des deuxièmes ondulations. En conséquence, ou bien une tôle métallique ondulée est pourvue des deuxièmes ondulations espacées du deuxième pas d'onde sur toute sa longueur selon la première direction, ou bien une tôle métallique ondulée est entièrement dépourvue de deuxièmes ondulations. Ceci est intéressant du point de vue économique et industriel, car fabriquer des tôles métalliques ondulées pourvues des deuxièmes ondulations sur seulement une partie de leur longueur selon la première direction est difficile et coûteux.
- [0012] En synthèse, la cuve étanche et thermiquement isolante permet d'adapter l'écartement entre la membrane d'étanchéité et un élément interne tel qu'une pompe de déchargement tout en assurant que la membrane d'étanchéité peut être fabriquée simplement et à un coût modéré.
- [0013] Selon des modes de réalisation, une telle cuve étanche et thermiquement isolante peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.
- [0014] Selon un mode de réalisation, le premier pas d'onde et le deuxième pas d'onde sont égaux.
- [0015] Selon un mode de réalisation, la première tôle métallique rectangulaire présente une largeur de $N1$ fois le premier pas d'onde dans la deuxième direction, où $N1$ est un nombre entier supérieur ou égal à 4. De préférence, $N1$ est un nombre entier pair, ce qui permet à la première tôle métallique rectangulaire à la fois d'être disposée symétriquement par rapport à la première ligne directrice et de prolonger des premières ondulations de part et d'autre de la fenêtre, sans qu'un dévoiement de ces premières ondulations dans le premier demi-plan soit nécessaire. Plus préférablement, $N1 = 4$.
- [0016] Selon un mode de réalisation, la première tôle métallique rectangulaire présente une longueur de $M1$ fois le deuxième pas d'onde dans la première direction, où $M1$ est un nombre entier non nul.
- [0017] Selon un mode de réalisation, les troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières présentent une largeur de $N3$ fois le premier pas d'onde dans la deuxième direction, où $N3$ est un nombre entier supérieur ou égal à 3.
- [0018] En prévoyant que les tôles présentent des dimensions égales à des multiples entiers du premier pas d'onde et du deuxième pas d'onde, les tôles peuvent être fabriquées à un coût modéré.

- [0019] Selon un mode de réalisation, les deux deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières présentent une largeur comprise entre 2 fois et 4 fois le premier pas d'onde dans la deuxième direction, et $N3 = 3$.
- [0020] Ainsi, les deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières et les troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières sont de faibles dimensions suivant la première direction et la deuxième direction, de sorte qu'elles conservent une flexibilité suffisante à la contraction/dilatation thermique malgré l'absence des deuxièmes ondulations.
- [0021] Selon un mode de réalisation, la première ligne directrice est équidistante des directrices des deux dites premières ondulations.
- [0022] Selon un mode de réalisation, la deuxième ligne directrice est équidistante des directrices des deux dites deuxièmes ondulations.
- [0023] Selon un mode de réalisation, un bord des deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières parallèle à la deuxième direction et un bord des troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières parallèle à la deuxième direction délimitent une première zone de recouvrement, ladite première zone de recouvrement étant ancrée à la barrière thermiquement isolante sur seulement une partie de sa longueur.
- [0024] Selon un mode de réalisation, une surface interne de la barrière thermiquement isolante forme une surface de support pour la membrane d'étanchéité et porte des platines d'ancrage métalliques destinées à être soudées aux portions de membrane pour retenir ladite pluralité de portions de membrane contre ladite surface de support, et les platines d'ancrage métalliques comprennent des premières platines d'ancrage métalliques situées dans le deuxième demi-plan au droit de la première zone de recouvrement, la première zone de recouvrement étant soudée aux premières platines d'ancrage métalliques.
- [0025] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante comprend une pluralité de panneaux isolants juxtaposés présentant chacun une face interne qui forme la surface de support pour la membrane d'étanchéité, les panneaux isolants présentant des formes parallélépipédiques rectangles dont les côtés sont parallèles à respectivement la première direction et la deuxième direction du plan de la paroi porteuse et dont les dimensions en projection dans le plan de la paroi porteuse sont sensiblement égales à des multiples entiers du premier pas d'onde dans la deuxième direction et à des multiples entiers du deuxième pas d'onde dans la première direction.
- [0026] Les premières platines d'ancrage métalliques permettent d'ancrer par soudure les deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières et les troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières à la barrière thermiquement isolante, sans risquer d'endommager les panneaux isolants. L'absence des deuxièmes ondulations au moyen des deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières et des troisièmes tôles

métalliques rectangulaires singulières dont la longueur selon la première direction est de 1 fois le deuxième pas d'onde ne pose pas de difficulté en ce qui concerne la fabrication de la cuve.

- [0027] Selon un mode de réalisation, les platines d'ancrage métalliques comprennent des deuxièmes platines d'ancrage métalliques situées dans le deuxième demi-plan, un bord de la première tôle métallique rectangulaire parallèle à la deuxième direction et opposé au premier bord échancré de la première tôle métallique rectangulaire suivant la première direction étant soudé aux deuxièmes platines d'ancrage métalliques.
- [0028] Selon un mode de réalisation, la pluralité de tôles métalliques ondulées comprend, dans le premier demi-plan, une tôle métallique rectangulaire échancrée présentant une largeur supérieure ou égale à 6 fois le premier pas d'onde dans la deuxième direction et une longueur supérieure ou égale à 3 fois le deuxième pas d'onde dans la première direction, la tôle métallique rectangulaire échancrée comportant un bord échancré tourné vers l'élément traversant, les deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières sont soudées chacune à la tôle métallique rectangulaire échancrée, et la tôle métallique rectangulaire échancrée prolonge les deux dites premières ondulations et la première desdites deuxièmes ondulations jusqu'à la au moins une plaque de fermeture, et prolonge les autres desdites premières ondulations de part et d'autre de la fenêtre.
- [0029] Selon un mode de réalisation, la tôle métallique rectangulaire échancrée présente une largeur de $N4$ fois le premier pas d'onde dans la deuxième direction, où $N4$ est un nombre entier supérieur ou égal à 6.
- [0030] Selon un mode de réalisation, la tôle métallique rectangulaire échancrée présente une longueur de $M4$ fois le deuxième pas d'onde dans la première direction, où $M4$ est un nombre entier supérieur ou égal à 3.
- [0031] De préférence, $N4 = 6$ ou 7 et $M4 = 3$, ce qui permet de fabriquer la tôle métallique rectangulaire échancrée sans surcoût excessif.
- [0032] Selon un mode de réalisation, un bord de la tôle métallique rectangulaire échancrée parallèle à la deuxième direction et un bord des deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières parallèle à la deuxième direction délimitent une deuxième zone de recouvrement, la deuxième zone de recouvrement étant ancrée à la barrière thermiquement isolante sur une partie de sa longueur.
- [0033] Selon un mode de réalisation, les platines d'ancrage métalliques comprennent en outre des troisièmes platines d'ancrage métalliques disposées sur la deuxième ligne directrice, la deuxième zone de recouvrement étant soudée aux troisièmes platines d'ancrage métalliques.

- [0034] Selon un mode de réalisation, la première tôle métallique rectangulaire présente une longueur de 2 fois le deuxième pas d'onde dans la première direction (autrement dit, $M1 = 2$) et comporte une portion d'ondulation prolongeant ladite troisième desdites deuxièmes ondulations entre les deux troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières, chaque troisième tôle métallique rectangulaire singulière étant reliée de manière étanche à la portion d'ondulation.
- [0035] Selon un mode de réalisation, la première tôle métallique rectangulaire est une première tôle métallique rectangulaire singulière, ladite troisième desdites deuxièmes ondulations étant absente de la première tôle métallique rectangulaire singulière.
- [0036] Selon un mode de réalisation, la première tôle métallique rectangulaire singulière présente une longueur de 1 fois le deuxième pas d'onde dans la première direction (autrement dit, $M1 = 1$) dans la première direction.
- [0037] Selon un mode de réalisation, les deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières comportent chacune un deuxième bord échancré tourné vers l'élément traversant et prolongeant le premier bord échancré de la première tôle métallique rectangulaire
- [0038] Selon un mode de réalisation, la première tôle métallique rectangulaire singulière présente une longueur de 2 fois le deuxième pas d'onde dans la première direction (autrement dit, $M1 = 2$) dans la première direction et est soudée à chacune des deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières à distance de la fenêtre.
- [0039] Selon un mode de réalisation, les premières ondulations présentent une hauteur dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve inférieure à une hauteur dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve des deuxièmes ondulations.
- [0040] Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité comprend une première plaque de fermeture dans le premier demi-plan et une deuxième plaque de fermeture dans le deuxième demi-plan, la première plaque de fermeture et la deuxième plaque de fermeture entourant l'élément traversant. Selon un mode de réalisation dans ce cas, le premier bord échancré de la première tôle métallique rectangulaire est soudé de manière étanche à la deuxième plaque de fermeture, et le deuxième bord échancré de la tôle métallique rectangulaire échancré est soudé de manière étanche à la première plaque de fermeture. La tôle métallique rectangulaire échancrée peut prolonger les deux dites premières ondulations et la première des deux dites deuxièmes ondulations jusqu'à des premières pièces de bout reliées de manière étanche à la première plaque de fermeture. La première tôle métallique rectangulaire peut prolonger les deux dites premières ondulations jusqu'à des deuxièmes pièces de bout reliées de manière étanche à la deuxième plaque de fermeture.

- [0041] Selon un mode de réalisation, la cuve comporte un espace interne délimité par la membrane d'étanchéité, la cuve comportant un élément interne situé dans l'espace interne de la cuve, l'élément interne étant situé au droit et à distance dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve d'une dite deuxième tôle métallique rectangulaire singulière et d'une dite troisième tôle métallique rectangulaire singulière adjacente à ladite deuxième tôle métallique rectangulaire singulière.
- [0042] Selon un mode de réalisation, la cuve comporte une tour de chargement/déchargement et une pompe de déchargement fixée à la tour de chargement/déchargement, l'élément traversant étant un pied de support pour la tour de chargement/déchargement que comporte la cuve.
- [0043] Selon un mode de réalisation, la tour de chargement/déchargement comprenant une pluralité de mâts reliés à une extrémité inférieure les uns aux autres à l'aide d'une base, la base comportant un dispositif de guidage coopérant avec le pied de support, le pied de support étant configuré pour assurer un guidage en translation verticale de la tour de chargement/déchargement.
- [0044] Selon un mode de réalisation, l'élément interne situé au droit et à distance dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve d'une dite deuxième tôle métallique rectangulaire singulière et d'une dite troisième tôle métallique rectangulaire singulière adjacente à ladite deuxième tôle métallique rectangulaire singulière est formé par la pompe de déchargement.
- [0045] Comme on l'a mentionné ci-dessus, l'absence des deuxièmes ondulations sur les deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières et les troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières permet d'adapter l'écartement entre la membrane d'étanchéité et la pompe de déchargement pour optimiser le volume de cargaison pouvant être pompé.
- [0046] Selon un mode de réalisation, l'élément interne est relié au pied de support.
- [0047] Les tôles métalliques ondulées peuvent être faites de plusieurs manières. Selon un mode de réalisation, une dite tôle métallique ondulée est formée d'une seule pièce, par exemple par pliage d'une feuille métallique initialement plane. Selon un autre mode de réalisation, une dite tôle métallique ondulée comporte plusieurs pièces soudées entre elles.
- [0048] Selon un mode de réalisation, une ou plusieurs ou chacune des tôles métalliques ondulées choisies parmi : la première tôle métallique rectangulaire, les deux deuxièmes tôles métalliques rectangulaires et les deux troisièmes tôles métalliques rectangulaires, comporte plusieurs pièces soudées entre elles.
- [0049] 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. 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.

- [0050] 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.
- [0051] Selon un mode de réalisation, un navire pour le transport d'un gaz liquéfié comporte une double coque et une cuve précitée disposée dans la double coque.
- [0052] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un gaz liquéfié, le système comportant le navire précité, des canalisations isolées agencées de manière à relier la cuve du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre et une pompe pour entraîner un flux de gaz liquéfié à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.
- [0053] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé de chargement ou déchargement d'un tel navire, dans lequel on achemine un gaz liquéfié à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

Brève description des figures

- [0054] 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.
- [0055] [Fig.1] La [Fig.1] est une représentation schématique partielle en coupe d'une cuve étanche et thermiquement isolante dans la zone d'un pied de support.
- [0056] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue du détail II de la [Fig.1].
- [0057] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue de dessus partielle d'une paroi de fond au niveau d'un pied de support et selon un premier mode de réalisation.
- [0058] [Fig.4] La [Fig.4] est une vue de dessus partielle d'une barrière thermiquement isolante disposée sous la membrane d'étanchéité visible sur la [Fig.3].

- [0059] [Fig.5] La [Fig.5] est une vue de dessus partielle d'une paroi de fond au niveau d'un pied de support et selon un deuxième mode de réalisation.
- [0060] [Fig.6] La [Fig.6] est une vue de dessus partielle d'une barrière thermiquement isolante disposée sous la membrane d'étanchéité visible sur la [Fig.5].
- [0061] [Fig.7] La [Fig.7] est une vue de dessus partielle d'une paroi de fond au niveau d'un pied de support et selon un troisième mode de réalisation.
- [0062] [Fig.8] La [Fig.8] est une vue de dessus partielle d'une barrière thermiquement isolante disposée sous la membrane d'étanchéité visible sur la [Fig.7].
- [0063] [Fig.9] La [Fig.9] 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

- [0064] Sur la [Fig.1], on voit partiellement une cuve étanche et thermiquement isolante 71 destinée au stockage et/ou au transport de gaz liquéfié et constituée d'une paroi de fond 1 fixée à la surface intérieure d'une structure porteuse 2. La structure porteuse 2 est par exemple la coque intérieure d'un navire à double coque ou une construction située à terre. Pour contenir un liquide froid comme du GNL, les parois de cuve comportent au moins une membrane d'étanchéité 4 et au moins une barrière thermiquement isolante 3 située entre la membrane d'étanchéité 4 et la structure porteuse 2. Par mesure de sécurité, il est possible de prévoir une membrane d'étanchéité secondaire et une barrière thermiquement isolante secondaire, non représentées, entre la structure porteuse et la barrière thermiquement isolante 3, qui est dite primaire dans ce cas.
- [0065] Le gaz liquéfié destiné à être stocké dans la cuve 71 peut notamment être un gaz naturel liquéfié (GNL), c'est-à-dire un mélange gazeux comportant majoritairement du méthane ainsi qu'un ou plusieurs autres hydrocarbures. Le gaz liquéfié peut également être de l'éthane ou un gaz de pétrole liquéfié (GPL), c'est-à-dire un mélange d'hydrocarbures issu du raffinage du pétrole comportant essentiellement du propane et du butane.
- [0066] La cuve 71 peut être réalisée selon différentes géométries bien connues, par exemple une géométrie prismatique dans la coque d'un navire ou une géométrie cylindrique à terre ou autre. Par ailleurs, de nombreuses méthodes sont disponibles pour réaliser les barrières thermiquement isolantes et les membranes d'étanchéité, par exemple à partir d'éléments préfabriqués.
- [0067] Dans la paroi de fond 1 de la cuve, on a représenté un élément rigide allongé, constituant un pied de support 5, qui s'étend à travers la barrière thermiquement isolante 3 et la membrane d'étanchéité 4, de sorte qu'une partie du pied de support 5 prend appui contre la structure porteuse 2 et qu'une autre partie fait saillie dans la cuve à distance de la membrane d'étanchéité 4. Le pied de support 5 peut par exemple servir

à supporter un équipement 7 devant être immergé dans la cuve. Par exemple, pour supporter une pompe de déchargement 7, une tour de chargement/déchargement 6 peut être disposée dans la cuve comme représentée schématiquement en [Fig.1]. A la place d'une tour de chargement/déchargement 6, la cuve 71 peut comporter des conduites de chargement et de déchargement non liées l'une à l'autre et guidées à l'aide du pied de support 5.

- [0068] Dans le cas d'une tour de chargement/déchargement 6, celle-ci comporte une structure formée de plusieurs mâts reliés à une extrémité inférieure les uns aux autres à l'aide d'une base. La tour de chargement/déchargement 6 comporte de plus un dispositif de guidage qui est fixé contre la face inférieure de la base et qui coopère avec le pied de support 5.
- [0069] Le pied de support 5 est configuré pour assurer un guidage en translation verticale de la tour de chargement/déchargement 6 (ou seulement des conduites de chargement et de déchargement), la pompe de déchargement 7 étant fixée à la tour de chargement/déchargement 6 ou directement au pied de support 5.
- [0070] Le pied de support 5 présente ici une forme de révolution à section circulaire, avec une partie inférieure tronconique 8 qui se raccorde au niveau de son extrémité de plus petit diamètre à une partie supérieure cylindrique 9. La base de plus grand diamètre de la partie tronconique 8 est en appui contre la structure porteuse 2. La partie tronconique 8 s'étend à travers l'épaisseur de la paroi de fond 1 au-delà du niveau de la membrane d'étanchéité 4.
- [0071] De façon non représentée sur la [Fig.1] et la [Fig.2], la barrière thermiquement isolante 3 comporte une pluralité de blocs isolants parallélépipédiques rectangulaires juxtaposés les uns aux autres. Ces blocs isolants seront décrits plus en détail ci-dessous.
- [0072] En référence à la [Fig.2] et à la [Fig.3], la membrane d'étanchéité 4 comprend une pluralité 10 de tôles métalliques ondulées. Les tôles métalliques ondulées présentent une face interne destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve. Les tôles métalliques ondulées peuvent être réalisées notamment en acier inoxydable ou dans un alliage de fer et de nickel appelé Invar® et sont soudées entre elles au niveau de zones de recouvrement. Les soudures sont de type soudure à chevauchement. Les tôles métalliques ondulées peuvent être conçues de diverses façons quant à leurs formes et dimensions, de sorte que les zones de soudure peuvent être diversement positionnées. Certaines des tôles métalliques ondulées (ci-après désignées par « les tôles » par commodité) sont représentées sur la [Fig.3] et seront décrites plus en détail ci-dessous.
- [0073] Des tôles régulières 68, 69 comportent, sur leur face interne, une série de premières ondulations 11 et une série de deuxièmes ondulations 12 (cf. [Fig.2], [Fig.3]). En

référence à la [Fig.3], les premières ondulations 11 sont parallèles entre elles et s'étendent dans une première direction D1 et les deuxièmes ondulations 12 sont parallèles entre elles et s'étendent dans une deuxième direction D2. La deuxième direction D2 est orthogonale à la direction D1.

- [0074] Les premières ondulations 11 présentent une hauteur supérieure aux deuxièmes ondulations 12. La hauteur d'une ondulation est mesurée entre la crête de l'ondulation et le niveau de la portion plane 19. En référence à la [Fig.2], la membrane d'étanchéité 4 comporte de plus des nœuds d'ondulations 15 formés au croisement entre une première ondulation 11 et une deuxième ondulation 12. Chaque nœud d'ondulation 15 présente une hauteur supérieure à la hauteur des deuxièmes ondulations 12. Les nœuds d'ondulation 15 ne sont pas représentés sur les figures 3, 5, 7 pour ne pas surcharger le dessin. Les ondulations 11, 12 sont en saillie vers l'intérieur de la cuve 71.
- [0075] Toujours en référence à la [Fig.3], les premières ondulations 11 sont espacées d'un premier pas d'onde P1 dans la deuxième direction D2, et les deuxièmes ondulations 12 sont espacées d'un deuxième pas d'onde P2 dans la première direction D1. Le premier pas d'onde P1 et le deuxième pas d'onde P2 sont mesurés entre les crêtes de deux ondulations adjacentes. Le premier pas d'onde P1 et le deuxième pas d'onde P2 peuvent être identiques comme représenté, ou bien être différents. Les tôles de la pluralité 10 comporte des portions planes 19 situées entre les premières ondulations 11 et entre les deuxièmes ondulations 12 de sorte que les portions planes 19 reposent contre la barrière thermiquement isolante 3.
- [0076] On décrit maintenant un premier mode de réalisation en référence aux figures 1 à 4.
- [0077] La [Fig.3] est une vue de dessus partielle de la paroi de fond 1 depuis l'intérieur de la cuve 71, autrement dit depuis l'espace interne de la cuve délimité par la membrane d'étanchéité 4 et dans lequel le fluide est contenu. Sur la [Fig.3], on a représenté le pied de support 5 et quelques-unes des tôles disposées autour ou au voisinage du pied de support 5.
- [0078] Le pied de support 5 est centré sur l'intersection X entre une première ligne directrice A1 (représentée en trait mixte sur la [Fig.3]) et une deuxième ligne directrice A2 (représenté en pointillés et en trait fort sur la [Fig.3]). La première ligne directrice A1 s'étend dans la première direction D1 et est équidistante de deux premières ondulations 13 adjacentes parmi les premières ondulations 11. La deuxième ligne directrice A2 s'étend dans la deuxième direction D2 et est équidistante de deux premières ondulations 14, 16 adjacentes parmi les deuxièmes ondulations 12. En variante, la première ligne directrice A1 peut s'étendre entre les ondulations 13 et ne pas être équidistante des ondulations 13, et/ou la deuxième ligne directrice A2 peut s'étendre entre les ondulations 14, 16 et ne pas être équidistante des ondulations 14, 16.

- [0079] La deuxième ligne directrice A2 partage le plan de la paroi porteuse en un premier demi-plan PA, en haut du dessin sur la [Fig.3], et un deuxième demi-plan PF, en bas du dessin sur la [Fig.3]. L'ondulation 14 est située dans le demi-plan PA, et l'ondulation 16 est dans le demi-plan PF.
- [0080] La pluralité 10 de tôles métalliques ondulées est interrompue au niveau d'une fenêtre polygonale 24 (ci-après désignée par « la fenêtre 24 » par commodité). La fenêtre 24 entoure l'élément traversant 5 pour laisser passer l'élément traversant 5. Dans l'exemple représenté, la fenêtre 24 a une forme d'octogone régulier centré sur l'intersection X. En variante, d'autres formes polygonales sont envisageables pour la fenêtre 24, notamment un carré, un rectangle, etc.
- [0081] La fenêtre 24 interrompt les directrices G des deux ondulations 13 dans la direction D1 et interrompt les directrices H des deux ondulations 14, 16 dans la direction D2. Les directrices G et H sont partiellement représentées en trait mixte sur la [Fig.3].
- [0082] Pour prolonger la membrane d'étanchéité 4 et ainsi assurer l'étanchéité de la cuve autour du pied de support 5, deux plaques de fermeture 25, 26 sont disposées dans la fenêtre 24. Les plaques de fermeture 25, 26 relient de manière étanche la pluralité 10 de tôles métalliques ondulées au pied de support 5. La plaque de fermeture 25 est située dans le demi-plan PA et la plaque de fermeture 26 est située dans le demi-plan PF. Les plaques de fermeture 25, 26 peuvent par exemple être symétriques par rapport à la deuxième ligne directrice A2 comme représenté. Dans le demi-plan PA, les ondulations 13 et l'ondulation 14 sont reliées de manière étanche à la plaque de fermeture 25 par des pièces de bout 27. Dans le demi-plan PF, les ondulations 13 sont reliées de manière étanche à la plaque de fermeture 26 par des pièces de bout 28. En revanche, l'ondulation 16 n'est pas reliée à la plaque de fermeture 26 comme on va le détailler ci-dessous. Le pied de support 5, les plaques de fermeture 25, 26, et les pièces de bout 27, 28 peuvent notamment être réalisés selon l'enseignement du document WO 2011/157915 A1 ou du document WO 2016/170254 A1. En variante, d'autres constructions sont possibles. Notamment, un nombre différent de plaques de fermeture peut être prévu et/ou les plaques de fermeture peuvent avoir des géométries différentes.
- [0083] Les tôles représentées sur la [Fig.3] ont des formes rectangulaires dont les côtés sont parallèles à, respectivement, la première direction D1 et la deuxième direction D2. Les dimensions des côtés des tôles selon la première direction D1 et la deuxième direction D2 sont sensiblement égales à, respectivement, des multiples entiers du deuxième pas d'onde P2 et du premier pas d'onde P1. Il est à noter que certaines des tôles ont été omises sur la [Fig.3], notamment des tôles situées loin de la fenêtre 24.
- [0084] On décrit maintenant les tôles représentées sur la [Fig.3] qui sont situées dans le demi-plan PF.

- [0085] Une tôle 41 est disposée sur la première ligne directrice A1 et symétrique par rapport à la première ligne directrice A1. La tôle 41 comporte un bord échancré 42 tourné vers le pied de support 5. Le bord échancré 42 est soudé de manière étanche à la plaque de fermeture 26.
- [0086] Dans l'exemple représenté, la tôle 41 présente une largeur de 4 fois le premier pas d'onde P1 dans la deuxième direction D2. En variante, la tôle 41 présente une largeur supérieure à 4 fois P1 dans la deuxième direction D2, préférablement une largeur de N1 fois P1 où N1 est un nombre entier supérieur à 4. Plus préférablement, N1 est pair.
- [0087] Deux tôles singulières 51 présentant une longueur de 1 fois le deuxième pas d'onde P2 dans la première direction D1 sont disposées de part et d'autre de la première ligne directrice A1. Chaque tôle singulière 51 comporte un bord échancré 52 tourné vers le pied de support 5 et prolongeant le bord échancré 42 jusqu'à la tôle 31 décrite ci-dessous dans le demi-plan PA. Les bords échancrés 52 sont soudés de manière étanche à la plaque de fermeture 26. De chaque côté de la fenêtre 24, la tôle singulière 51 et la tôle 41 sont soudées au niveau de leurs zones de recouvrement 54 parallèles à la deuxième direction D2.
- [0088] Dans l'exemple représenté, les tôles singulières 51 présentent une largeur comprise entre 3 fois et 4 fois le premier pas d'onde P1 dans la deuxième direction D2. Plus particulièrement, l'une des tôles singulières 51 (à droite sur la [Fig.3]) présente une largeur de 4 fois P1 et l'autre des tôles singulières 51 (à gauche sur la [Fig.3]) présente une largeur plus faible, strictement inférieure à 4 fois P1. En variante, les tôles singulières 51 pourraient être symétriques l'une de l'autre par rapport à la première ligne directrice A1.
- [0089] Deux tôles singulières 61 présentant une longueur de 1 fois le deuxième pas d'onde P2 dans la première direction D1 sont disposées de part et d'autre de la tôle 41. Plus précisément, les tôles singulières 61 sont symétriques l'une de l'autre par rapport à la première ligne directrice A1. De chaque côté de la fenêtre 24, la tôle singulière 61 et la tôle 41 sont soudées au niveau de leurs zones de recouvrement 64 parallèles à la première direction D1, la tôle singulière 61 et la tôle singulière 51 sont soudées au niveau de leurs zones de recouvrement 65 parallèles à la deuxième direction D2, et la tôle singulière 61 et une tôle régulière 69 adjacente sont soudées au niveau de leurs zones de recouvrement 66 parallèles à la deuxième direction D2.
- [0090] Dans l'exemple représenté, les tôles singulières 61 présentent une largeur de 3 fois le premier pas d'onde P1 dans la deuxième direction D2. En variante, les tôles singulières 61 présentent une largeur supérieure à 3 fois P1 dans la deuxième direction D2, préférablement une largeur de N3 fois P2 où N3 est un nombre entier.
- [0091] Comme cela est visible sur la [Fig.3], la tôle 41 prolonge les ondulations 13 jusqu'à la plaque de fermeture 26, les ondulations 13 étant reliées de manière étanche à la

plaque de fermeture 26 par des pièces de bout 28 comme on l'a mentionné ci-dessus. En outre, la tôle 41 et les tôles singulières 51, 61 prolongent d'autres ondulations 11 de part et d'autre de la fenêtre 24.

- [0092] En revanche, l'ondulation 16 est absente des tôles 51, de sorte que l'ondulation 16 n'est pas prolongée jusqu'à la plaque de fermeture 26. En outre, l'ondulation 18 de la série de deuxièmes ondulations 12 la plus proche de l'ondulation 16 dans le demi-plan PF est absente des tôles 61. Il est ainsi possible d'obtenir sur la membrane d'étanchéité 4 deux zones voisines du pied de support 5 et dépourvues des deuxièmes ondulations 12. Une pompe de déchargement 7 (représentée en pointillés sur la [Fig.3]) peut ainsi être disposée au droit et à distance de chacune de ces zones dans l'espace interne de la cuve 71. En référence à la [Fig.2], l'absence des deuxièmes ondulations 12 sur les tôles 51, 61 permet de garantir que l'espacement minimal 22 sous la pompe de déchargement 7 est augmenté d'un gain d'espacement 23, ce qui permet d'adapter l'écartement entre la membrane d'étanchéité 4 et la pompe de déchargement 7 pour optimiser le volume de cargaison pouvant être pompé, comme décrit dans le document WO 2023/094330 A1.
- [0093] Les ondulations 16, 18 peuvent être fermées de manière étanche par des pièces de bout 48 analogues aux pièces de bout 27, 28 qui sont soudées au niveau de la zone de recouvrement entre les tôles 51, 61 et une tôle régulière 69 adjacente.
- [0094] La tôle 41 présente ici une portion d'ondulation 18U prolongeant l'ondulation 18 entre les tôles singulières 61. La portion d'ondulation 18U est fermée de manière étanche par des pièces de bout 49 analogues aux pièces de bout 27, 28, 48 au niveau de chaque zone de recouvrement entre la tôle 41 et une tôle singulière 61.
- [0095] Enfin, la tôle 41 présentant une longueur de 2 fois le deuxième pas d'onde P2 selon la première direction D1, la tôle 41 prolonge une deuxième ondulation 12 du côté opposé à la fenêtre 24.
- [0096] Des tôles régulières 69 sont disposées autour des tôles 41, 51, 61 dans le demi-plan PF et sont soudées aux tôles 41 et/ou 51 et/ou 61. Les tôles régulières 69 peuvent être dimensionnées d'un grand nombre de façons selon les besoins. Les dimensions des tôles régulières 69 représentées sur la [Fig.3] ne sont donc qu'un exemple.
- [0097] On décrit maintenant les tôles représentées sur la [Fig.3] qui sont situées dans le demi-plan PA.
- [0098] Une tôle échancrée 31 comporte un bord échancré 32 tourné vers le pied de support 5. Le bord échancré 32 est soudé de manière étanche à la plaque de fermeture 25. De chaque côté de la fenêtre 24, la tôle singulière 51 et la tôle échancrée 31 sont soudées au niveau de leurs zones de recouvrement 53 parallèles à la deuxième direction D2 et situés sur la deuxième ligne directrice A2.

- [0099] La tôle échancrée 31 présente ici une largeur de 7 fois le premier pas d'onde P1 dans la deuxième direction D2 et une longueur de 3 fois le deuxième pas d'onde P2 dans la première direction D1, ce qui permet de fabriquer la tôle échancrée 31 sans surcoût excessif. En variante, la tôle échancrée 31 présente une largeur supérieure ou égale à 6 fois P1 dans la deuxième direction D2, préférablement une largeur de N4 fois P1 où N4 est un nombre entier, et/ou une longueur supérieure à 3 fois P2 dans la première direction D1, préférablement une longueur de M4 fois P2 où M4 est un nombre entier.
- [0100] Comme cela est visible sur la [Fig.3], la tôle échancrée 31 prolonge les ondulations 13 jusqu'à la plaque de fermeture 25, de façon analogue à la tôle 41. En outre, la tôle échancrée 31 prolonge d'autres ondulations 11 de part et d'autre de la fenêtre 24, jusqu'aux tôles singulières 51. Enfin, la tôle échancrée 31 prolonge l'ondulation 14 jusqu'à la plaque de fermeture 25.
- [0101] Des tôles régulières 68 sont disposées autour de la tôle échancrée 31 dans le demi-plan PF et sont soudées à la tôle échancrée 31. Une seule tôle régulière 68 est représentée sur la [Fig.3] par souci de simplicité. Les tôles régulières 68 peuvent être dimensionnées d'un grand nombre de façons selon les besoins. Les dimensions de la tôle régulière 68 représentée sur la [Fig.3] ne sont donc qu'un exemple.
- [0102] On précise enfin que les tôles constituant la membrane d'étanchéité 4 qui ne sont pas représentées sur la [Fig.3] peuvent également être dimensionnées d'un grand nombre de façons selon les besoins.
- [0103] Comme on l'a mentionné ci-dessus, la barrière thermiquement isolante 3 comporte une pluralité de blocs isolants parallélépipédiques rectangles juxtaposés les uns aux autres. Sur la [Fig.4], qui est une vue de la barrière thermiquement isolante 3 disposée en-dessous de la membrane d'étanchéité 4 représentée sur la [Fig.3], on a représenté trois desdits blocs isolants 80 ensemble avec le pied de support 5. Les blocs isolants 80 comportent un panneau de couvercle tourné vers l'intérieur de la cuve, une face supérieure du panneau de couvercle portant une platine d'ancrage métallique. Des éléments de pontage 81 sont disposés dans des interstices entre les blocs isolants 80 et comportent également un panneau de couvercle tourné vers l'intérieur de la cuve, une face supérieure du panneau de couvercle pouvant porter une platine d'ancrage métallique. De tels blocs isolants 80 et éléments de pontage 81 sont par exemple décrits dans le document US6035795. L'ensemble des faces supérieures des panneaux de couvercle forme une surface de support pour la membrane d'étanchéité 4. Les platines d'ancrage métallique sont par exemple rivetées aux faces supérieures des panneaux de couvercle.
- [0104] On voit aussi sur la [Fig.4] que le pied de support 5 est entouré de blocs d'angle et de platines d'ancrage réalisés selon l'enseignement du document WO 2011/157915 A1 ou du document WO 2016/170254 A1.

- [0105] Les références 91 sur la [Fig.4] désignent des protections thermiques (symbolisées par des zones hachurées), c'est-à-dire des bandes de laine de verre ou autre isolant thermique. Les protections thermiques 91 sont disposées sur les panneaux de couvercle sous des bords des tôles métalliques ondulées ou sous les pièces de bout 27, 28, 48, 49, ce qui permet de souder ces bords des tôles métalliques ondulées et ces pièces de bout 27, 28, 48, 49 sans les ancrer aux blocs isolants 80 et sans brûler les panneaux de couvercle des blocs isolants 80. La référence 800 sur la [Fig.4] désigne des protections thermiques semblables autour du pied de support 5.
- [0106] Toujours en référence à la [Fig.4], les platines d'ancrage métalliques précitées comprennent des platines d'ancrage 95, 96, 97.
- [0107] En référence à la [Fig.3] et à la [Fig.4], les platines d'ancrage 96 sont situées dans le demi-plan PF et s'étendent dans la deuxième direction D2, et les zones de recouvrement 65 (cf. [Fig.3]) sont soudées aux platines d'ancrage 96 (cf. [Fig.4]). Ainsi, les tôles singulières 51, 61 sont non seulement soudées les unes aux autres au niveau de la zone de recouvrement 65, mais aussi ancrées par soudure aux platines d'ancrage 96 portées par la barrière thermiquement isolante 3. Ainsi, l'absence des ondulations 12 sur les tôles singulières 51, 61 ne pose pas de difficulté en ce qui concerne la fabrication de la cuve.
- [0108] Les platines d'ancrage 95 sont situées sur la deuxième ligne directrice A2 et s'étendent dans la deuxième direction D2. Les zones de recouvrement 53 (cf. [Fig.3]) sont soudées aux platines d'ancrage 95 (cf. [Fig.4]). Ainsi, les tôles singulières 51 sont non seulement soudées à la tôle 31, mais aussi ancrées à la barrière thermiquement isolante 3.
- [0109] Les platines d'ancrage 97 sont situées dans le demi-plan PF et s'étendent dans la deuxième direction D2. En référence à la [Fig.3] et à la [Fig.4], le bord 43 (cf. [Fig.3]) de la tôle 41 parallèle à la deuxième direction D2 et opposé au bord échancré 42 est soudé aux platines d'ancrage 97 (cf. [Fig.4]). Ainsi, la tôle 41 est non seulement soudée à une tôle régulière 69 adjacente, mais aussi ancrée à la barrière thermiquement isolante 3. En variante, le bord 43 peut ne pas être ancré à la barrière thermiquement isolante 3. Dans ce cas, les platines d'ancrage 97 sont remplacées par des protections thermiques 91 pour protéger la barrière thermiquement isolante 3 lors de la soudure du bord 43 à la tôle régulière 69 adjacente.
- [0110] On décrit maintenant un deuxième mode de réalisation en référence aux figures 5 et 6. Sur ces figures, les éléments analogues ou identiques à ceux décrits en référence aux figures 1 à 4 portent les mêmes signes de référence et ne sont pas décrits de nouveau.
- [0111] En référence à la [Fig.5], dans le deuxième mode de réalisation, la tôle 41 du premier mode de réalisation est remplacée par une tôle 141 d'une longueur de 1 fois P1 dans la deuxième direction D2. Les ondulations 12 et 18 sont absentes de la tôle 141, et la tôle

- 141 est en outre dépourvue de la portion d'ondulation 18U prolongeant l'ondulation 18.
- [0112] Comme le bord 43 dans le premier mode de réalisation, le bord 143 (cf. [Fig.5]) de la tôle 141 parallèle à la deuxième direction D2 et opposé au bord échancré 42 peut être soudé à des platines d'ancrage 197 (cf. [Fig.6]). En variante, le bord 143 peut ne pas être ancré à la barrière thermiquement isolante 3. Dans ce cas, les platines d'ancrage 197 sont remplacées par des protections thermiques 91.
- [0113] Le deuxième mode de réalisation est sinon identique au premier mode de réalisation et n'est donc pas davantage décrit par souci de concision.
- [0114] On décrit maintenant un troisième mode de réalisation en référence aux figures 7 et 8. Sur ces figures, les éléments analogues ou identiques à ceux décrits en référence aux figures 1 à 4 portent les mêmes signes de référence et ne sont pas décrits de nouveau.
- [0115] En référence à la [Fig.7], dans le troisième mode de réalisation, la tôle 141 du deuxième mode de réalisation est remplacée par une tôle 241 d'une longueur de 2 fois P1 dans la première direction D1. Les ondulations 12 et 18 sont absentes de la tôle 241, et la tôle 241 est en outre dépourvue de la portion d'ondulation 18U prolongeant l'ondulation 18.
- [0116] En outre, les tôles singulières 51 sont remplacées par des tôles singulières 251 d'une largeur comprise entre 2 fois et 3 fois P1 dans la deuxième direction D2. Plus particulièrement, l'une des tôles singulières 251 (à droite sur la [Fig.3]) présente une largeur de 3 fois P1 et l'autre des tôles singulières 251 (à gauche sur la [Fig.3]) présente une largeur plus faible, strictement inférieure à 3 fois P1. En variante, les tôles singulières 251 pourraient être symétriques l'une de l'autre par rapport à la première ligne directrice A1. De chaque côté de la fenêtre 24, la tôle singulière 251 et la tôle 241 sont soudées au niveau de leurs zones de recouvrement 256 parallèles à la première direction D1, la tôle singulière 251 et la tôle 31 sont soudées au niveau de leurs zones de recouvrement 253 en regard parallèles à la deuxième direction D2 et situés sur la deuxième ligne directrice A2, et la tôle singulière 251 et la tôle singulière 61 sont soudées au niveau de leurs zones de recouvrement 265 parallèles à la deuxième direction D2.
- [0117] La tôle 241 comporte un bord échancré 242 analogue au bord échancré 42 et s'étendant jusqu'à la tôle 31. De chaque côté de la fenêtre 24, la tôle 241 et la tôle 31 sont soudées au niveau de leurs zones de recouvrement 255 parallèles à la deuxième direction D2 et situées sur la deuxième ligne directrice A2.
- [0118] Grâce à cette géométrie de la tôle 241, l'une des tôles singulières 251 a les mêmes dimensions que les tôles singulières 61, ou éventuellement les deux tôles singulières 251 si celles-ci sont symétriques l'une de l'autre par rapport à la première ligne directrice A1.

- [0119] En référence maintenant à la [Fig.7] et à la [Fig.8], les zones de recouvrement 265 sont soudées aux platines d'ancrage 96. De même, les zones de recouvrement 253 sont soudées à aux platines d'ancrage 95.
- [0120] Comme le bord 143 dans le deuxième mode de réalisation, le bord 243 (cf. [Fig.7]) de la tôle 241 parallèle à la deuxième direction D2 et opposé au bord échancré 242 peut être soudé aux platines d'ancrage 197 (cf. [Fig.8]). En variante, le bord 243 peut ne pas être ancré à la barrière thermiquement isolante 3. Dans ce cas, les platines d'ancrage 197 sont remplacées par des protections thermiques 91.
- [0121] Le troisième mode de réalisation est sinon identique au deuxième mode de réalisation et n'est donc pas davantage décrit par souci de concision.
- [0122] L'invention a été décrite en lien avec une pompe de déchargement 7. Toutefois, celle-ci s'applique bien entendu à tout élément interne à la cuve 71 situé à proximité de la membrane d'étanchéité 4.
- [0123] En référence à la [Fig.9], une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve étanche et thermiquement isolante 71 de forme générale prismatique montée dans la double coque 72 du navire. La paroi de la cuve 71 comporte une membrane d'étanchéité primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une membrane d'étanchéité secondaire agencée entre la membrane d'étanchéité primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières thermiquement isolantes agencées respectivement entre la membrane d'étanchéité primaire et la membrane d'étanchéité secondaire et entre la membrane d'étanchéité secondaire et la double coque 72.
- [0124] 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.
- [0125] La [Fig.9] 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.

[0126] 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.

[0127] 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.

[0128] 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.

[0129] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

Revendications

[Revendication 1]

Cuve étanche et thermiquement isolante (71) intégrée dans une structure porteuse (2) comportant une paroi porteuse, ladite cuve comportant une paroi de cuve (1) fixée sur la paroi porteuse de la structure porteuse (2), dans laquelle la paroi de cuve (1) comporte, dans une direction d'épaisseur de l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante (3) et une membrane d'étanchéité (4) supportée par la barrière thermiquement isolante (3) et destinée à être en contact avec un fluide contenu dans la cuve, la membrane d'étanchéité (4) comportant une pluralité de portions de membrane juxtaposées et soudées les unes aux autres, la pluralité de portions de membrane comprenant au moins une portion de membrane régulière (68, 69), la portion de membrane régulière (68, 69) présentant une série de premières ondulations (11) parallèles s'étendant dans une première direction (D1) et espacées d'un premier pas d'onde (P1) dans une deuxième direction (D2), la deuxième direction (D2) étant orthogonale à la première direction (D1), et une série de deuxièmes ondulations (12) parallèles s'étendant dans la deuxième direction (D2) et espacées d'un deuxième pas d'onde (P2) dans la première direction (D1), la cuve (71) comportant un élément traversant (5) passant à travers la paroi de cuve (1), l'élément traversant (5) étant centré sur l'intersection (X) entre une première ligne directrice (A1) s'étendant dans la première direction (D1) et située entre des directrices de deux (13) desdites premières ondulations (11) et une deuxième ligne directrice (A2) s'étendant dans la deuxième direction (D2) et située entre une première (14) et une deuxième (16) desdites deuxièmes ondulations (12), la deuxième ligne directrice (A2) partageant le plan de la paroi porteuse en un premier demi-plan (PA) et un deuxième demi-plan (PF), la première (14) desdites deuxièmes ondulations étant située dans le premier demi-plan (PA) et la deuxième (16) desdites deuxièmes ondulations étant située dans le deuxième demi-plan (PF), la pluralité de portions de membrane étant interrompue au niveau d'une fenêtre (24) polygonale entourant l'élément traversant (5) pour laisser passer l'élément traversant (5), la fenêtre (24) interrompant

les directrices (G) des deux dites premières ondulations (13) et interrompant les directrices (H) de la première (14) desdites deuxièmes ondulations et de la deuxième (16) desdites deuxièmes ondulations,

la membrane d'étanchéité (4) comprenant au moins une plaque de fermeture (25, 26) reliant de manière étanche la pluralité de portions de membrane à l'élément traversant (5),

la pluralité de portions de membrane comprenant, autour de la fenêtre (24), une pluralité de tôles métalliques ondulées, les tôles métalliques ondulées présentant des côtés parallèles à respectivement la première direction (D1) et la deuxième direction (D2), la pluralité de tôles métalliques ondulées comprenant, dans le deuxième demi-plan (PF) :

- une première tôle métallique rectangulaire (41, 141, 241) présentant une largeur supérieure ou égale à 4 fois le premier pas d'onde (P1) dans la deuxième direction (D2), la première tôle métallique rectangulaire (41, 141, 241) étant disposée sur la première ligne directrice (A1) et symétrique par rapport à la première ligne directrice (A1), la première tôle métallique rectangulaire (41, 141, 241) comportant un premier bord échancré (42, 242) tourné vers l'élément traversant (5),

- deux deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières (51, 251) présentant une largeur supérieure ou égale à 2 fois le premier pas d'onde (P1) dans la deuxième direction (D2) et une longueur de 1 fois le deuxième pas d'onde (P2) dans la première direction (D1), et

- deux troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières (61) présentant une largeur supérieure ou égale à 3 fois le premier pas d'onde (P1) dans la deuxième direction (D2) et une longueur de 1 fois le deuxième pas d'onde (P2) dans la première direction (D1), et symétriques l'une de l'autre par rapport à la première ligne directrice (A1),

les deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières (51, 251) étant disposées de part et d'autre de la fenêtre (24) et soudées chacune à la première tôle métallique rectangulaire (41, 141, 241), les troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières (61) étant disposées de part et d'autre de la première tôle métallique (41, 141, 241) et soudées chacune à l'une des deuxièmes tôles métalliques

rectangulaires singulières (51, 251) et à la première tôle métallique rectangulaire (41, 141, 241),
dans laquelle la première tôle métallique rectangulaire (41, 141, 241) prolonge les deux dites premières ondulations (13) jusqu'à la au moins une plaque de fermeture (25, 26),
dans laquelle la première tôle métallique rectangulaire (41, 141, 241), les deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières (51, 251) et les troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières (61) prolongent d'autres desdites premières ondulations (11) de part et d'autre de la fenêtre (24),
dans laquelle la deuxième (16) desdites deuxièmes ondulations est absente des deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières (51), et une troisième (18) desdites deuxièmes ondulations est absente des troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières (61).

[Revendication 2] Cuve étanche et thermiquement isolante (71) selon la revendication 1, dans laquelle un bord des deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières (51, 251) parallèle à la deuxième direction (D2) et un bord des troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières (61) parallèle à la deuxième direction (D2) délimitent une première zone de recouvrement (65, 265), ladite première zone de recouvrement (65, 265) étant ancrée à la barrière thermiquement isolante (3) sur seulement une partie de sa longueur.

[Revendication 3] Cuve étanche et thermiquement isolante (71) selon la revendication 2, dans laquelle une surface interne de la barrière thermiquement isolante (3) forme une surface de support pour la membrane d'étanchéité et porte des platines d'ancrage métalliques destinées à être soudées aux portions de membrane pour retenir ladite pluralité de portions de membrane contre ladite surface de support, dans laquelle les platines d'ancrage métalliques comprennent des premières platines d'ancrage métalliques (96) situées dans le deuxième demi-plan (PF) au droit de la première zone de recouvrement (65, 265), la première zone de recouvrement (65, 265) étant soudée aux premières platines d'ancrage métalliques (96).

[Revendication 4] Cuve étanche et thermiquement isolante (71) selon la revendication 3, dans laquelle les platines d'ancrage métalliques comprennent des deuxièmes platines d'ancrage métalliques (97, 197) situées dans le deuxième demi-plan (PF), un bord (43, 143, 243) de la première

tôle métallique rectangulaire (41, 141, 241) parallèle à la deuxième direction (D2) et opposé au premier bord échancré (42, 242) de la première tôle métallique rectangulaire (41, 141, 241) suivant la première direction (D2) étant soudé aux deuxièmes platines d'ancrage métalliques (97, 197).

[Revendication 5] Cuve étanche et thermiquement isolante (71) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle la pluralité de tôles métalliques ondulées comprend, dans le premier demi-plan (PA), une tôle métallique rectangulaire échancrée (31) présentant une largeur supérieure ou égale à 6 fois le premier pas d'onde (P1) dans la deuxième direction (D2) et une longueur supérieure ou égale à 3 fois le deuxième pas d'onde (P2) dans la première direction (D1), la tôle métallique rectangulaire échancrée (31) comportant un bord échancré (32) tourné vers l'élément traversant (5), dans laquelle les deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières (51, 251) sont soudées chacune à la tôle métallique rectangulaire échancrée (31), et dans laquelle la tôle métallique rectangulaire échancrée (31) prolonge les deux dites premières ondulations (13) et la première (14) desdites deuxièmes ondulations jusqu'à la au moins une plaque de fermeture (25, 26), et prolonge les autres desdites premières ondulations (11) de part et d'autre de la fenêtre (24).

[Revendication 6] Cuve étanche et thermiquement isolante (71) selon la revendication 5, dans laquelle un bord de la tôle métallique rectangulaire échancrée (31) parallèle à la deuxième direction (D2) et un bord des deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières (51, 251) parallèle à la deuxième direction (D2) délimitent une deuxième zone de recouvrement (53, 253), la deuxième zone de recouvrement (53, 253) étant ancrée à la barrière thermiquement isolante (3) sur seulement une partie de sa longueur.

[Revendication 7] Cuve étanche et thermiquement isolante (71) selon la revendication 6 prise en combinaison avec la revendication 3 ou la revendication 4, dans laquelle les platines d'ancrage métalliques comprennent en outre des troisièmes platines d'ancrage métalliques (95) disposées sur la deuxième ligne directrice (A2), la deuxième zone de recouvrement (53, 253) étant soudée aux troisièmes platines d'ancrage métalliques (95).

- [Revendication 8] Cuve étanche et thermiquement isolante (71) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle la première tôle métallique rectangulaire (41) présente une longueur de 2 fois le deuxième pas d'onde (P2) dans la première direction (D1) et comporte une portion d'ondulation (18U) prolongeant ladite troisième (18) desdites deuxièmes ondulations entre les deux troisièmes tôles métalliques rectangulaires singulières (61), chaque troisième tôle métallique rectangulaire singulière (61) étant reliée de manière étanche à la portion d'ondulation (18U).
- [Revendication 9] Cuve étanche et thermiquement isolante (71) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle la première tôle métallique rectangulaire est une première tôle métallique rectangulaire singulière (141, 241), ladite troisième (18) desdites deuxièmes ondulations étant absente de la première tôle métallique rectangulaire singulière (141, 241).
- [Revendication 10] Cuve étanche et thermiquement isolante (71) selon la revendication 9, dans laquelle la première tôle métallique rectangulaire singulière (141) présente une longueur de 1 fois le deuxième pas d'onde (P2) dans la première direction (D1).
- [Revendication 11] Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans laquelle les deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières (51) comportent chacune un deuxième bord échancré (52) tourné vers l'élément traversant (5) et prolongeant le premier bord échancré (42) de la première tôle métallique rectangulaire singulière (41, 141).
- [Revendication 12] Cuve étanche et thermiquement isolante (71) selon la revendication 9, dans laquelle la première tôle métallique rectangulaire singulière (241) présente une longueur de 2 fois le deuxième pas d'onde (P2) dans la première direction (D1) et est soudée à chacune des deuxièmes tôles métalliques rectangulaires singulières (251) à distance de la fenêtre (24).
- [Revendication 13] Cuve étanche et thermiquement isolante (71) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans laquelle les premières ondulations (11) présentent une hauteur dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve (1) inférieure à une hauteur dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve (1) des deuxièmes ondulations (12).
- [Revendication 14] Cuve étanche et thermiquement isolante (71) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans laquelle la membrane d'étanchéité

(4) comprend une première plaque de fermeture (25) dans le premier demi-plan (PA) et une deuxième plaque de fermeture (26) dans le deuxième demi-plan (PF), la première plaque de fermeture (25) et la deuxième plaque de fermeture (26) entourant l'élément traversant (5).

- [Revendication 15] Cuve étanche et thermiquement isolante (71) selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, dans laquelle la cuve (71) comporte une tour de chargement/déchargement (6) et une pompe de déchargement (7) fixée à la tour de chargement/déchargement (6), l'élément traversant (5) étant un pied de support pour la tour de chargement/déchargement (6).
- [Revendication 16] Navire (70) pour le transport d'un gaz liquéfié, le navire comportant une double coque (72) et une cuve (71) selon l'une quelconque des revendications 1 à 15 disposée dans la double coque.
- [Revendication 17] Système de transfert pour un gaz liquéfié, le système comportant un navire (70) selon la revendication 16, des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) agencées de manière à relier la cuve (71) du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre (77) et une pompe pour entraîner un flux de gaz liquéfié à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.
- [Revendication 18] Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon la revendication 16, dans lequel on achemine un gaz liquéfié 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 (71) du navire (70).