Description

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 notamment au domaine des cuves 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.

Technique antérieure

Arrière-plan technologique

[0002] Il est connu des cuves étanches et thermiquement isolantes par exemple dans le document WO2016/001142. Une telle cuve est située à l'intérieur d'une paroi porteuse, par exemple la coque d'un navire, et fixée à celle-ci. La cuve étanche et thermiquement isolante comporte une structure à couches multiples superposées dans une direction d'épaisseur comprenant une membrane d'étanchéité et une barrière thermiquement isolante disposée entre la membrane d'étanchéité et la paroi porteuse.

[0003] Afin de maximiser le rendement d'exploitation d'une telle cuve, il est souhaitable d'optimiser le volume utile de cargaison qu'il est possible de charger dans la cuve et de décharger depuis la cuve. L'utilisation d'une pompe de déchargement aspirant le liquide vers le haut de la cuve oblige à conserver une certaine hauteur de liquide en fond de cuve, faute de quoi l'organe d'aspiration de la pompe entre en communication avec la phase gazeuse, ce qui désamorce et/ou dégrade la pompe. C'est pourquoi il est connu de réaliser une structure de puisard sur la paroi de fond d'une telle cuve interrompant localement la membrane d'étanchéité, la structure de puisard comprenant un récipient s'enfonçant à travers la paroi de fond de

la cuve de manière à ce que le liquide dans le récipient soit au niveau le plus bas de la cuve. La pompe de déchargement est donc placée dans une telle structure de puisard ce qui permet de maximiser le rendement d'exploitation de la cuve.

[0004] La membrane d'étanchéité est donc soudée de manière étanche à la structure de puisard afin de former une continuité étanche de la cuve au niveau du puisard.

[0005] Dans le cas d'une membrane d'étanchéité comportant des ondulations, les ondulations sont aptes à se déformer pour compenser la contraction ou la dilatation thermique de la membrane d'étanchéité. Cependant, la membrane d'étanchéité qui est fixée à une structure de puisard doit pouvoir également être capable de se déformer dans cette zone.

[0006] Ce problème s'applique également à l'ensemble des structures creuses traversant une paroi de cuve, tel que le dôme gaz ou structure de support des mâts de chargement/déchargement.

Résumé

[0007] Une idée à la base de l'invention est d'améliorer la fixation d'une membrane d'étanchéité à une structure rigide creuse, et notamment à une structure de puisard, un collecteur de vapeur ou un pied de support.

[0008] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et thermiquement isolante pour le stockage d'un gaz liquéfié, la cuve comprenant une paroi de cuve fixée à une paroi porteuse, la paroi de cuve comportant une structure à couches multiples superposées dans une direction d'épaisseur incluant au moins une membrane d'étanchéité et au moins une barrière thermiquement isolante disposée entre la paroi porteuse et la membrane d'étanchéité,

la membrane d'étanchéité comportant une pluralité de tôles métalliques ondulées soudées les unes aux autres de manière étanche,

la barrière thermiquement isolante comportant une pluralité de panneaux isolants juxtaposés présentant chacun une face interne qui forme une surface de support pour la membrane d'étanchéité,

la membrane d'étanchéité et la barrière thermiquement isolante étant interrompues dans une zone singulière par une fenêtre

des platines d'ancrage métalliques étant fixées sur les faces internes des panneaux isolants et les tôles métalliques ondulées présentant des bords soudés aux platines d'ancrage pour retenir la membrane d'étanchéité contre la surface de support,

la cuve comprenant une structure creuse insérée dans la fenêtre, la structure creuse étant agencé à travers l'épaisseur de la paroi de cuve, dans laquelle la cuve comporte une plaque métallique de fermeture, la plaque métallique de fermeture comportant un bord interne soudé tout autour de la structure creuse, la plaque métallique de fermeture comportant un bord externe placé sous la membrane d'étanchéité de manière à former une zone de chevauchement,

dans laquelle la plaque métallique de fermeture est soudée de manière étanche avec la membrane d'étanchéité au niveau de la zone de chevauchement, et la plaque métallique de fermeture est laissée libre par rapport à la barrière thermiquement isolante.

[0009] Grâce à ces caractéristiques, la plaque métallique de fermeture permet de réaliser une jonction étanche entre la membrane d'étanchéité et la structure creuse. De plus, la plaque métallique de fermeture en étant laissé libre par rapport à la barrière thermiquement isolante, cela permet aux ondulations à proximité de la structure creuse de ne pas être fixées sur une pluralité de zones de fixation rapprochées. Les ondulations peuvent ainsi se déformer et absorber la dilatation et la contraction thermique de la paroi de cuve.

[0010] Selon des modes de réalisation, une telle cuve peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

[0011] Selon un mode de réalisation, la paroi de cuve est une paroi de fond de la cuve.

[0012] Selon un mode de réalisation, la paroi de cuve est une paroi du plafond de la cuve.

[0013] Selon un mode de réalisation, la plaque de fermeture comporte au moins deux portions soudées l'une à l'autre par chevauchement, de préférence exactement deux portions.

[0014] Selon un mode de réalisation, la cuve comporte un revêtement de

protection thermique non soudable situé entre la plaque métallique de fermeture et la barrière thermiquement isolante au moins dans une zone où la membrane d'étanchéité recouvre la plaque de fermeture, pour éviter de dégrader la face interne des panneaux isolants en réalisant la soudure entre la plaque métallique de fermeture et la membrane d'étanchéité.

[0015] Grâce à ces caractéristiques, le revêtement de protection thermique permet tout en protégeant les panneaux isolants des températures de soudage d'empêcher toute soudure accidentelle entre la plaque métallique de fermeture et la barrière thermique isolante.

[0016] Selon un mode de réalisation, la structure creuse comporte une enveloppe rigide et un rebord faisant saillie vers l'extérieur tout autour de l'enveloppe rigide. Selon des modes de réalisation, l'enveloppe rigide peut constituer un collecteur de vapeur, notamment dans une paroi de plafond de la cuve, ou un pied de support pour une pompe de déchargement, notamment dans une paroi de fond de la cuve.

[0017] Selon un mode de réalisation, le bord interne de la plaque métallique de fermeture est soudé au rebord de l'enveloppe rigide tout autour de l'enveloppe rigide,

[0018] Selon un mode de réalisation, la structure creuse comporte un récipient rigide comprenant une paroi latérale et un rebord faisant saillie vers l'extérieur du récipient tout autour de la paroi latérale.

[0019] Selon un mode de réalisation, le bord interne de la plaque métallique de fermeture est soudé au rebord du récipient tout autour de la paroi latérale du récipient,

[0020] Selon des modes de réalisation, la structure creuse fait partie d'une structure de puisard ou d'un dôme gaz, ou encore d'une structure support des mâts de chargement/déchargement.

[0021] Selon un mode de réalisation, le récipient ou l'enveloppe rigide présente une forme cylindrique, la fenêtre de la membrane d'étanchéité présente une forme carrée et dans laquelle la plaque de fermeture présente une forme carrée avec une dimension d'un côté de la plaque de fermeture supérieure à une dimension d'un côté de la fenêtre, la plaque de fermeture comportant un orifice formé de manière complémentaire par rapport à la

forme du récipient ou de l'enveloppe rigide.

[0022] Selon un mode de réalisation, dans une zone de la cuve éloignée de la zone singulière, la membrane d'étanchéité présente une première série d'ondulations rectilignes parallèles équidistantes s'étendant selon une première direction du plan de la paroi porteuse et une deuxième série d'ondulations rectilignes parallèles équidistantes s'étendant selon une deuxième direction du plan de la paroi porteuse, la deuxième direction étant perpendiculaire à la première direction, la distance entre deux ondulations adjacentes de la première série et la distance entre deux ondulations adjacentes de la deuxième série étant égales à un intervalle d'ondulation prédéterminé io.

[0023] Selon un mode de réalisation, au moins une, certaines ou les tôles métalliques ondulées présentent des formes rectangulaires dont les côtés sont parallèles à respectivement la première direction et la deuxième direction du plan de la paroi porteuse et dont les dimensions sont sensiblement égales à des multiples entiers de l'intervalle d'ondulation io, au moins une ou chaque bord d'une tôle métallique ondulée étant situé entre deux ondulations adjacentes parallèles audit bord.

[0024] Selon un mode de réalisation, la plaque de fermeture est orientée de manière à comporter un côté parallèle à la première direction et un autre côté parallèle à la deuxième direction, chaque côté étant d'une dimension inférieure ou égale à 3io, de préférence égale à 3io, et dans laquelle la plaque de fermeture interrompt au moins une, de préférence deux ondulations de la membrane d'étanchéité dans la première direction et au moins une, de préférence deux ondulations de la membrane d'étanchéité dans la deuxième direction.

[0025] Selon un mode de réalisation, dans la zone singulière, une ondulation directement adjacente à l'ondulation interrompue par la plaque de fermeture présente une portion singulière qui est décalée à distance de la plaque de fermeture par rapport à une ligne directrice de ladite ondulation hors de la zone singulière, afin de ne pas être interrompue par la plaque de fermeture.

[0026] Ainsi, le détournement de certaines ondulations afin d'éviter d'être

interrompues par la plaque de fermeture permet d'optimiser la flexibilité de la membrane d'étanchéité notamment à se déformer lors de la contraction ou de la dilatation thermique.

[0027] Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité comporte, de part et d'autre de la plaque de fermeture dans la première direction, deux tôles métalliques ondulées rectangulaires échancrées ayant pour dimension 1io dans la première direction et 7io dans la deuxième direction, lesdites tôles échancrées étant symétriques l'une de l'autre par rapport à un axe de symétrie parallèle à la deuxième direction passant par le centre de la fenêtre, et dans laquelle chaque tôle échancrée comporte un bord intérieur soudé à la plaque de fermeture et comportant une échancrure ménagée pour éviter de couper la fenêtre, ladite échancrure présentant une dimension de 1io dans la première direction et une dimension de 3io dans la deuxième direction afin que le bord intérieur échancré longe la fenêtre.

[0028] Ainsi, les tôles échancrées permettent d'épouser la former de la plaque de fermeture afin de former une continuité avec la membrane optimale.

[0029] Selon un mode de réalisation, au moins une des ou chaque tôle échancrée comporte un bord extérieur opposé au bord intérieur échancré dans la première direction, le bord extérieur étant soudé à une tôle métallique ondulée adjacente par chevauchement et dans laquelle au niveau de la soudure du bord extérieur de la tôle échancrée avec la tôle métallique ondulée adjacente, la cuve comporte un revêtement de protection thermique non soudable sur la barrière thermiquement isolante.

[0030] Grâce à ces caractéristiques, et de la même manière qu'au niveau du chevauchement entre la plaque de fermeture et la membrane d'étanchéité, le revêtement de protection thermique permet tout en protégeant les panneaux isolants des températures de soudage d'empêcher toute soudure accidentelle entre la tôle métallique échancrée et la tôle métallique ondulée adjacente.

[0031] Selon un mode de réalisation, le revêtement de protection thermique est réalisé dans un matériau composite comportant au moins une couche de fibre de verre fixée à, de préférence cousue à, une feuille d'aluminium.

[0032] Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité est une membrane d'étanchéité primaire, la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante primaire et les panneaux isolants sont des panneaux isolants primaires, dans laquelle la paroi de cuve comprend une barrière thermiquement isolante secondaire située contre la paroi porteuse et comprend également une membrane d'étanchéité secondaire située entre la barrière thermiquement isolante secondaire et la barrière thermiquement isolante primaire, dans laquelle la membrane d'étanchéité secondaire et la barrière thermiquement isolante secondaire étant interrompues dans la zone singulière par la fenêtre.

[0033] Selon un mode de réalisation, le récipient est un récipient primaire, le rebord est un premier rebord, et la structure de puisard comporte un récipient secondaire rigide entourant le récipient primaire de manière à ce qu'une partie inférieure du récipient primaire soit située dans le récipient secondaire, le récipient secondaire comprenant une paroi latérale et un deuxième rebord faisant saillie vers l'extérieur du récipient secondaire tout autour de la paroi latérale du récipient secondaire,
dans laquelle le deuxième rebord du récipient secondaire s'étend dans un plan confondu avec un plan formé par la membrane d'étanchéité secondaire, le deuxième rebord étant configuré pour être fixé de manière étanche à la membrane d'étanchéité secondaire.

[0034] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante primaire comporte une pluralité de fentes de relaxation situées au droit d'ondulations de la membrane d'étanchéité primaire et étant configurées pour permettre à la membrane d'étanchéité primaire de se déformer sans imposer de contrainte à la barrière thermiquement isolante primaire.

[0035] Selon un mode de réalisation, dans la zone singulière, la barrière thermiquement isolante secondaire et le récipient secondaire de la structure de puisard sont espacés l'un de l'autre par une cheminée de réglage et dans laquelle la barrière thermiquement isolante primaire comprend des fentes de relaxation, au moins une partie des fentes de relaxation de la barrière thermiquement isolante primaire étant interrompues dans la zone singulière au droit de la cheminée de réglage,

notamment interrompue dans la zone où une ondulation de la membrane d'étanchéité primaire surmonte la cheminée de réglage.

[0036] Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité, l'une des membranes d'étanchéités ou les membranes d'étanchéité sont réalisées dans un métal parmi l'acier inoxydable, l'aluminium, l'Invar ® : c'est-à-dire un alliage de fer et de nickel dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre $1{,}2.10^{-6}$ et 2.10^{-6} K^{-1}, ou un alliage de fer à forte teneur en manganèse dont le coefficient de dilatation est de l'ordre de 7 à 9.10^{-6} K^{-1}.

[0037] Selon un mode de réalisation, la structure creuse comprend au moins un moyen de fixation agencé pour fixer l'enveloppe rigide ou le récipient ou le deuxième récipient à la paroi porteuse en un point de fixation de la paroi latérale.

[0038] Selon un mode de réalisation, au moins un moyen de fixation est configuré pour autoriser un déplacement relatif de la paroi latérale du récipient ou de l'enveloppe rigide par rapport à la paroi porteuse dans une direction transversale perpendiculaire à la paroi latérale au point de fixation du récipient ou de l'enveloppe rigide, le déplacement relatif étant supérieur à 1 mm, par exemple compris entre 1 et 5 mm.

[0039] Selon un mode de réalisation, la structure creuse comprend une pluralité de moyens de fixation répartis régulièrement ou irrégulièrement sur la circonférence du récipient ou de l'enveloppe rigide, par exemple trois ou quatre moyens de fixation.

[0040] 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.

[0041] Selon un mode de réalisation, un navire pour le transport d'un produit liquide froid comporte une double coque et une cuve précitée disposée dans la double coque.

[0042] 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 entrainer 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.

[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.

Brève description des dessins

Brève description des figures

[0044] 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.

[0045] La figure 1 représente une vue schématique en coupe d'une structure de puisard intégrée dans une paroi de fond d'une cuve selon la ligne I-I de la figure 5.

[0046] La figure 2 représente une vue de dessus de la paroi de fond de la cuve où la membrane d'étanchéité primaire et la structure de puisard ont été omises.

[0047] La figure 3 représente une vue de dessus de la paroi de fond de la cuve où la membrane d'étanchéité primaire a été omise.

[0048] La figure 4 représente une vue partielle en coupe de la paroi de fond de la cuve selon la ligne IV-IV de la figure 3.

[0049] La figure 5 représente une vue de dessus de la paroi de fond de la cuve, montrant une zone plus large que les figures 2 et 3.

[0050] La figure 6 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

[0051] Dans la description ci-dessous, on va décrire une cuve étanche et thermiquement isolante 71 comprenant une structure de puisard 9 pouvant être employée dans la paroi de fond 2 d'une cuve de stockage et/ou de transport de GNL. La paroi de fond 2 désigne une paroi 2, de préférence globalement plane, située dans le bas de la cuve par rapport au champ de gravité terrestre. La géométrie générale de la cuve peut par ailleurs être de différents types. Les géométries polyédriques sont les plus courantes.

[0052] Comme visible sur la figure 1, la paroi de cuve 2 est montée sur une paroi porteuse 1, réalisée par exemple en tôle d'acier épaisse telle que la coque interne d'un navire 70 à double coque. La paroi de cuve 2 présente une structure multicouche incluant successivement une barrière d'isolation thermique secondaire 6 fixée sur la paroi porteuse 1, par exemple avec interposition de cordons de mastic, une membrane d'étanchéité secondaire 5 supportée par la barrière d'isolation thermique secondaire 6, une barrière d'isolation thermique primaire 4 recouvrant la membrane d'étanchéité secondaire 5 et une membrane d'étanchéité primaire 3 supportée par la barrière d'isolation thermique primaire 4. La membrane d'étanchéité primaire 3 est destinée à être en contact avec le gaz naturel liquéfié contenu dans la cuve 71.

[0053] Les barrières thermiquement isolantes 4, 6 peuvent être réalisées de nombreuses manières, en de nombreux matériaux. La barrière thermiquement isolante secondaire 6 comporte une pluralité de panneaux isolants secondaires 12 qui sont ancrés sur la paroi porteuse 1 au moyen de dispositifs de retenue (non représenté) connus par ailleurs. La barrière thermiquement isolante primaire 4 comporte également une pluralité de panneaux isolants primaires 11 qui sont fixés aux panneaux isolants secondaires 12 ou à la paroi porteuse 1 à l'aide de dispositifs de retenue (non représentés).

[0054] Les panneaux isolants 11, 12 de ces barrières thermiquement isolantes 4, 6 forment conjointement des surfaces de support planes 13 pour les membranes d'étanchéité 3, 5. De tels panneaux isolants 11, 12 sont par exemple réalisés en blocs de mousse de polyuréthane. De tels panneaux

isolants 11, 12 en blocs de mousse de polyuréthane peuvent comporter en outre une plaque de couvercle et/ou une plaque de fond par exemple en contreplaqué.

[0055] A titre d'exemple, de telles cuves sont décrites dans les demandes de brevet WO14057221 ou FR2691520.

[0056] Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité secondaire 5 est formée d'un matériau composite comportant une feuille d'aluminium prise en sandwich entre deux feuilles de tissu en fibres de verre. La membrane d'étanchéité primaire 3 est quant à elle obtenue par assemblage d'une pluralité de tôles métalliques ondulées 8, soudées les unes aux autres le long de leurs bords, et comportant des ondulations 9, 10 s'étendant selon deux directions perpendiculaires, à savoir une première série d'ondulations 9 et une deuxième série d'ondulations 10. Les deux séries d'ondulations 9, 10 peuvent présenter un espacement régulier ou un espacement irrégulier périodique. Les tôles métalliques sont, par exemple, réalisées de tôles d'acier inoxydable ou d'aluminium, mises en forme par pliage ou par emboutissage.

[0057] D'autres détails sur une telle membrane métallique ondulée sont notamment décrits dans FR2861060.

[0058] Dans un autre mode de réalisation, la membrane d'étanchéité secondaire 5 peut également comporter une nappe continue de virures métalliques, à bord relevés. Les virures sont soudées par leurs bords relevés sur des supports de soudure parallèles qui sont fixés dans des rainures ménagées sur les plaques de couvercle des panneaux isolants secondaires 7, 107. Les virures sont, par exemple, réalisées en Invar ® : c'est-à-dire un alliage de fer et de nickel dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre $1{,}2.10^{-6}$ et 2.10^{-6} K^{-1}. Il est aussi possible d'utiliser des alliages de fer et de manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement de l'ordre de 7 à 9.10^{-6} K^{-1}.

[0059] La figure 1 représente également une structure de puisard 15 insérée dans une fenêtre 7. La fenêtre 7 interrompt les membranes d'étanchéité 3, 5 et les barrières thermiquement isolantes 4, 6 dans une zone singulière. La fenêtre 7 est de forme carrée au niveau de la membrane d'étanchéité

primaire 3 tandis qu'elle est de forme circulaire au niveau des barrières thermiquement isolantes 4, 6 et de la membrane d'étanchéité secondaire 5 et de la paroi porteuse 1.

[0060] La structure de puisard 15 comporte un premier récipient 16 en communication avec l'intérieur de la cuve 71, et un deuxième récipient 17 entourant la partie inférieure du premier récipient 16. Le premier récipient 16 est raccordé de manière continue à la membrane d'étanchéité primaire 5 à l'aide d'une plaque métallique de fermeture 23, le premier récipient 16 et la plaque métallique de fermeture 23 complétant ainsi de manière étanche la membrane d'étanchéité primaire 3. De même, le deuxième récipient 16 est raccordé de manière continue à la membrane d'étanchéité secondaire 5, qu'il complète ainsi de manière étanche.

[0061] Plus précisément, le premier récipient 16 comporte une paroi latérale cylindrique 18 dont l'axe est perpendiculaire à la paroi porteuse 1. Une paroi de fond parallèle à la paroi porteuse 1 ferme la paroi latérale cylindrique 18 au niveau de sa partie inférieure. Similairement, le deuxième récipient 17 comporte une paroi latérale cylindrique 18 dont l'axe est perpendiculaire à la paroi porteuse 1. Une paroi de fond parallèle à la paroi porteuse 1 ferme la paroi latérale cylindrique 18 du deuxième récipient 17 au niveau de sa partie inférieure. La paroi latérale cylindrique 18 du deuxième récipient 17 entoure la paroi latérale cylindrique 18 du premier récipient 16 à distance de celle-ci.

[0062] De plus, la paroi latérale 18 du deuxième récipient 17 comprend un deuxième rebord 20 faisant saillie de la paroi latérale 18 tout autour de celle-ci en direction de la membrane d'étanchéité secondaire 5. Le bord de la membrane d'étanchéité secondaire 5 délimitant la fenêtre 7 au niveau de la membrane d'étanchéité secondaire 5 est raccordée de manière étanche au deuxième rebord 20, par exemple par collage, le deuxième rebord 20 venant se placer en partie sous la membrane d'étanchéité secondaire, comme visible sur la figure 1.

[0063] La paroi latérale 18 du premier récipient 16 comprend un premier rebord 19 faisant saillie de la paroi latérale 18 tout autour de celle-ci en direction de la membrane d'étanchéité primaire 3.

[0064] La plaque métallique de fermeture 23 est composée de deux portions soudées l'une à l'autre par chevauchement. Un bord interne 24 de la plaque métallique de fermeture 23 est soudé de manière étanche, c'est-à-dire avec un cordon de soudure continue, au premier rebord 19 tout autour de la paroi latérale 18 du premier récipient 16. De plus, la plaque métallique de fermeture 23 comporte un bord externe 25 placé sous la membrane d'étanchéité primaire 3 de manière à former une zone de chevauchement, comme représenté à la figure 6. La plaque métallique de fermeture 23 est ainsi soudée de manière étanche avec la membrane d'étanchéité primaire 3 au niveau de la zone de chevauchement. Toutefois, la plaque de métallique de fermeture 23 n'est pas fixée à la barrière thermiquement isolante primaire 4. La plaque métallique de fermeture 23 présente dans ce mode de réalisation représenté, une forme carrée complémentaire de la fenêtre carrée 7 de la membrane d'étanchéité primaire 3. De plus, la plaque métallique de fermeture 23 comprend un orifice 26 qui a une forme complémentaire du premier récipient 16 afin que le contour de l'orifice 26 correspondant au bord interne 24 de la plaque soit situé sur le premier rebord 19.

[0065] Dans la paroi de cuve 2, l'espace compris entre la paroi porteuse 1 et la membrane d'étanchéité secondaire 5 est un espace secondaire contenant la barrière thermiquement isolante secondaire 6. Dans la structure de puisard 15, l'espace compris entre le deuxième récipient 17 et la paroi porteuse 1 est aussi un espace secondaire. Des matières isolantes sont logées dans l'espace secondaire de la structure de puisard 15 pour compléter l'isolation thermique secondaire de la paroi de cuve 2 au niveau de la structure de puisard 15. En effet, la membrane d'étanchéité secondaire 5 et le deuxième récipient 17 sont susceptibles d'être en contact avec le gaz liquéfié en cas de fuite accidentelle dans la membrane d'étanchéité primaire 3.

[0066] De la même manière, l'espace compris entre la membrane d'étanchéité secondaire 5 et la membrane d'étanchéité primaire 3 est un espace primaire contenant la barrière thermiquement isolante primaire 4. Dans la structure de puisard 15, l'espace compris entre le deuxième récipient 17 et

le premier récipient 16 est aussi un espace primaire. Des matières isolantes sont logées dans l'espace primaire de la structure de puisard 15 pour compléter l'isolation thermique primaire de la paroi de cuve 2 au niveau de la structure de puisard 15. En effet, la membrane d'étanchéité primaire 3 et le premier récipient 16 sont en contact avec le GNL lors de l'utilisation.

[0067] Différentes matières isolantes peuvent convenir pour compléter ainsi l'isolation thermique primaire et secondaire, par exemple laine de verre ou de roche, mousses polymères, notamment polyuréthane ou PVC, balsa, bois contreplaqué, , et autres.

[0068] La barrière thermiquement isolante secondaire 6 et le récipient secondaire 17 sont espacés l'un de l'autre afin de former une cheminée de réglage 34. Au niveau de la cheminée de réglage 34, la membrane d'étanchéité secondaire 5 n'est pas soutenue par la barrière thermiquement isolante secondaire 6.

[0069] Comme visible en mettant en regard les figures 2 et 5, la barrière thermiquement isolante primaire 4 comporte une pluralité de fentes de relaxation 33. Les fentes de relaxation sont situées au droit d'une ondulation 9, 10 de la membrane d'étanchéité primaire 3 et permettent à la membrane d'étanchéité primaire 3 de se déformer sans imposer de contrainte à la barrière thermiquement isolante primaire 4. Toutefois, pour éviter un manque de soutien de la membrane d'étanchéité secondaire 5 au niveau de la cheminée de réglage 34 où la membrane d'étanchéité secondaire 5 n'est pas soutenue par la barrière thermiquement isolante secondaire 6, les panneaux isolants primaires 11 n'ont pas de fentes de relaxation 33 en dessous des ondulations 9, 10 de la membrane d'étanchéité primaire 3. En effet, la membrane d'étanchéité secondaire 5 qui se trouverait entre la cheminée de réglage et une fente de relaxation risquerait d'être insuffisamment maintenue contre les déformations en flexion par la barrière thermiquement isolante primaire 4 à laquelle la membrane d'étanchéité secondaire 5 est collée.

[0070] La figure 2 représente une vue de dessus de la paroi de fond 2 où la structure de puisard 15 et la membrane d'étanchéité primaire 3 ont été

omises afin de mieux visualiser la structure de la paroi de fond sous ces éléments.

[0071] Comme représenté sur la figure 2, un revêtement de protection thermique non soudable 27 est situé entre la plaque métallique de fermeture 23 et la barrière thermiquement isolante primaire 4. Le revêtement de protection thermique 27 situé sous la plaque de fermeture 23 peut avoir une forme similaire à la forme de la plaque de fermeture 23 pour assurer la protection thermique des panneaux isolants primaire 11 comme illustré sur la figure 2. Toutefois, le revêtement de protection thermique 27 peut également être d'une taille supérieure à la plaque de fermeture 23 comme représenté sur la figure 4. Ce revêtement peut être en un matériau composite comme la membrane d'étanchéité secondaire 5 précitée.

[0072] Des platines d'ancrage métalliques 14 sont fixées sur les faces internes des panneaux isolants primaires 11, par exemple vissées ou rivetées, afin que les bords des tôles métalliques ondulées 8 soient soudés aux platines d'ancrage 14 et ainsi fixer la membrane d'étanchéité primaire 3 à la barrière thermiquement isolante primaire 4. Ces platines d'ancrage métalliques 14 sont notamment illustrées sur les figures 2 et 3.

[0073] La figure 3 représente une vue de dessus de la paroi de fond 2 où cette fois seule la membrane d'étanchéité primaire 3 a été omise. Sur cette figure, il est donc possible d'observer le placement de la plaque métallique de fermeture 23 sur la barrière thermiquement isolante primaire 4.

[0074] La figure 4 représente une vue en coupe de la paroi de la figure 3 où on peut observer que la plaque métallique de fermeture 23 est donc soutenue dans une partie par le premier rebord 19 du premier récipient 16 et dans l'autre partie par la barrière thermiquement isolante primaire 4.

[0075] Comme représenté sur la figure 5, une vue de dessus d'une paroi de fond 2 montre l'agencement de la membrane d'étanchéité primaire 3 autour d'une structure de puisard 15 dans la zone singulière.

[0076] Dans une zone de la cuve 71 éloignée de la structure de puisard 15, c'est-à-dire une zone régulière, la membrane d'étanchéité primaire 3 présente une première série d'ondulations 9 rectilignes parallèles équidistantes s'étendant selon une première direction du plan de la paroi

porteuse et une deuxième série d'ondulations 10 rectilignes parallèles équidistantes s'étendant selon une deuxième direction du plan de la paroi porteuse. La deuxième direction est perpendiculaire à la première direction de sorte que les deux séries d'ondulations 9, 10 se croisent en angle droit. La distance entre deux ondulations adjacentes de la première série 9 et la distance entre deux ondulations adjacentes de la deuxième série 10 sont égales à un intervalle d'ondulation prédéterminé io, représenté par le signe 28.

[0077] Les tôles métalliques ondulées 8 présentent des formes rectangulaires dont les côtés sont parallèles à respectivement la première direction et la deuxième direction du plan de la paroi porteuse 1 et dont les dimensions sont sensiblement égales à des multiples entiers de l'intervalle d'ondulation io.

[0078] Dans la zone singulière autour de la structure de puisard 15, la plaque de fermeture 23 est orientée de manière à avoir un côté parallèle à la première direction et un autre côté parallèle à la deuxième direction. De plus, chaque côté de la plaque de fermeture 23 est d'une dimension égale à 3io. Comme visible sur la figure 5, la plaque de fermeture 23 interrompt deux ondulations 9 de la membrane d'étanchéité primaire 3 dans la première direction et deux ondulations 10 de la membrane d'étanchéité primaire 3 dans la deuxième direction.

[0079] Au vu de la taille de la plaque de fermeture 23, la structure de puisard 15 pourrait interrompre quatre ondulations dans chacune des directions ce qui ferait diminuer la flexibilité de la membrane d'étanchéité primaire 3 dans la zone singulière. Pour éviter cela, les ondulations 9, 10 directement adjacentes aux ondulations interrompues par la plaque de fermeture 23 présentent une portion singulière 29 qui est décalée à distance de la plaque de fermeture 23 par rapport à une ligne directrice de ladite ondulation hors de la zone singulière. En effet, les portions singulières 29 des ondes décalées sont détournées de leur ligne directrice à l'aide d'éléments de détournement d'onde 30, comme illustré sur la figure 5.

[0080] De plus, la membrane d'étanchéité primaire 3 comporte, de part et d'autre de la plaque de fermeture 23 dans la première direction, deux tôles

métalliques ondulées rectangulaires échancrées 31 ayant pour dimension 1io dans la première direction et 7io dans la deuxième direction. Les tôles échancrées 31 sont symétriques l'une de l'autre par rapport à un axe de symétrie parallèle à la deuxième direction passant par le centre de la fenêtre 7. Les tôles échancrées comportent un bord intérieur soudé à la plaque de fermeture 23 et une échancrure 32 ménagée pour éviter de couper la fenêtre 7 et afin d'épouser la forme de la plaque de fermeture 23 avec un chevauchement permettant la soudure entre les tôles échancrées et la plaque de fermeture. L'échancrure 32 présente une dimension de 1io dans la première direction et une dimension de 3io dans la deuxième direction.

[0081] Les tôles métalliques échancrées 31 comportent un bord extérieur opposé au bord intérieur échancré dans la première direction. Le bord extérieur est soudé à une tôle métallique ondulée 8 adjacente par chevauchement. Au niveau de la soudure du bord extérieur de la tôle échancrée 31 avec la tôle métallique ondulée 8 adjacente, un revêtement de protection thermique 27 non soudable est placé sur la barrière thermiquement isolante primaire 4 comme visible sur les figures 2 et 3. En effet, la tôle échancrée 31 ne présente qu'une seule ondulation 10 dans la deuxième direction du fait de sa dimension. Pour permettre à cette ondulation 10 de se déformer en cas de dilatation ou contraction thermique, il est préférable que la tôle échancrée 31 ne soit pas fixée à la barrière thermiquement isolante primaire 4 de manière trop rapprochée. Le revêtement de protection thermique 27 joue également ici un rôle de protection contre les hautes températures de soudage pour la barrière thermiquement isolante primaire 4.

[0082] Dans un mode de réalisation convenant pour du gaz moins froid, la membrane d'étanchéité secondaire et la barrière thermiquement isolante secondaire pourraient être supprimées.

[0083] La technique qui a été décrite ci-dessus pour réaliser la liaison entre une membrane étanche primaire et une structure de puisard peut aussi être utilisée autour de toute autre structure creuse s'étendant dans l'épaisseur de la paroi de cuve, par exemple un collecteur de gaz ou un pied de

support, dans différents types de réservoirs, par exemple dans une cuve présentant une seule membrane étanche, une cuve à double membrane pour gaz naturel liquéfié (GNL) dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre.

[0084] En référence à la figure 6, 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.

[0085] 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 appropriées, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 71.

[0086] La figure 6 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.

[0087] 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.

[0088] 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.

[0089] 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.

[0090] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

Revendications

1. Cuve (71) étanche et thermiquement isolante pour le stockage d'un gaz liquéfié, la cuve (71) comprenant une paroi de cuve (2) fixée à une paroi porteuse (1), la paroi de cuve comportant une structure à couches multiples superposées dans une direction d'épaisseur incluant au moins une membrane d'étanchéité (3) et au moins une barrière thermiquement isolante (4) disposée entre la paroi porteuse et la membrane d'étanchéité (3),
la membrane d'étanchéité (3) comportant une pluralité de tôles métalliques ondulées (8) soudées les unes aux autres de manière étanche,
la barrière thermiquement isolante (4) comportant une pluralité de panneaux isolants (11) juxtaposés présentant chacun une face interne qui forme une surface de support (13) pour la membrane d'étanchéité (3),
la membrane d'étanchéité (3) et la barrière thermiquement isolante (4) étant interrompues dans une zone singulière par une fenêtre (7)
des platines d'ancrage métalliques (14) étant fixées sur les faces internes des panneaux isolants (11) et les tôles métalliques ondulées (8) présentant des bords soudés aux platines d'ancrage (14) pour retenir la membrane d'étanchéité (3) contre la surface de support (13),
la cuve comprenant une structure creuse (15) insérée dans la fenêtre (7),la structure creuse (15) étant agencé à travers l'épaisseur de la paroi de cuve (2),
dans laquelle la cuve (71) comporte une plaque métallique de fermeture (23), la plaque métallique de fermeture (23) comportant un bord interne (24) soudé tout autour de la structure creuse (15), la plaque métallique de fermeture (23) comportant un bord externe (25) placé sous la membrane d'étanchéité (3) de manière à former une zone de chevauchement,
dans laquelle la plaque métallique de fermeture (23) est soudée de manière étanche avec la membrane d'étanchéité (3) au niveau de la zone de chevauchement, et la plaque métallique de fermeture (23) est laissée libre par rapport à la barrière thermiquement isolante (4).
2. Cuve selon la revendication 1, dans laquelle la cuve comporte un revêtement de protection thermique (27) non soudable situé entre la plaque métallique de fermeture (23) et la barrière thermiquement isolante (4) au moins dans une

zone où la membrane d'étanchéité (3) recouvre la plaque de fermeture (23), pour éviter de dégrader la face interne des panneaux isolants (11) en réalisant la soudure entre la plaque métallique de fermeture (23) et la membrane d'étanchéité (3).

3. Cuve selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans laquelle la structure creuse est une structure de puisard (15), la structure de puisard (15) comportant un récipient (16) rigide comprenant une paroi latérale (18) et un rebord (19) faisant saillie vers l'extérieur du récipient (16) tout autour de la paroi latérale (18), le bord interne (24) de la plaque métallique de fermeture (23) étant soudé au rebord (19) du récipient (16) tout autour de la paroi latérale (18) du récipient (16).
4. Cuve selon la revendication 3, dans laquelle le récipient (16) présente une forme cylindrique, la fenêtre (7) de la membrane d'étanchéité (3) présente une forme carrée et dans laquelle la plaque de fermeture (23) présente une forme carrée avec une dimension d'un côté de la plaque de fermeture (23) supérieure à une dimension d'un côté de la fenêtre (7), la plaque de fermeture (23) comportant un orifice formé de manière complémentaire par rapport à la forme du récipient (16).
5. Cuve selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle dans une zone de la cuve éloignée de la zone singulière, la membrane d'étanchéité (3) présente une première série d'ondulations (9) rectilignes parallèles équidistantes s'étendant selon une première direction du plan de la paroi porteuse et une deuxième série d'ondulations (10) rectilignes parallèles équidistantes s'étendant selon une deuxième direction du plan de la paroi porteuse, la deuxième direction étant perpendiculaire à la première direction, la distance entre deux ondulations adjacentes de la première série (9) et la distance entre deux ondulations adjacentes de la deuxième série (10) étant égales à un intervalle d'ondulation prédéterminé io (28).
6. Cuve selon la revendication 5, dans laquelle les tôles métalliques ondulées (8) présentent des formes rectangulaires dont les côtés sont parallèles à respectivement la première direction et la deuxième direction du plan de la paroi porteuse et dont les dimensions sont sensiblement égales à des multiples entiers de l'intervalle d'ondulation io, chaque bord d'une tôle

métallique ondulée (8) étant situé entre deux ondulations adjacentes parallèles audit bord.

7. Cuve selon la revendication 6, dans laquelle la plaque de fermeture (23) est orientée de manière à comporter un côté parallèle à la première direction et un autre côté parallèle à la deuxième direction, chaque côté étant d'une dimension égale à 3io, et dans laquelle la plaque de fermeture (23) interrompt deux ondulations de la membrane d'étanchéité (3) dans la première direction et deux ondulations de la membrane d'étanchéité (3) dans la deuxième direction.
8. Cuve selon l'une des revendications 5 à 7, dans laquelle dans la zone singulière, une ondulation directement adjacente à l'ondulation interrompue par la plaque de fermeture (23) présente une portion singulière (29) qui est décalée à distance de la plaque de fermeture (23) par rapport à une ligne directrice de ladite ondulation hors de la zone singulière, afin de ne pas être interrompue par la plaque de fermeture (23).
9. Cuve selon l'une des revendications 5 à 8, dans laquelle la membrane d'étanchéité (3) comporte, de part et d'autre de la plaque de fermeture (23) dans la première direction, deux tôles métalliques ondulées rectangulaires échancrées (31) ayant pour dimension 1io dans la première direction et 7io dans la deuxième direction, lesdites tôles échancrées (31) étant symétriques l'une de l'autre par rapport à un axe de symétrie parallèle à la deuxième direction passant par le centre de la fenêtre (7), et dans laquelle chaque tôle échancrée (31) comporte un bord intérieur soudé à la plaque de fermeture (23) et comportant une échancrure (32) ménagée pour éviter de couper la fenêtre (7), ladite échancrure (32) présentant une dimension de 1io dans la première direction et une dimension de 3io dans la deuxième direction afin que le bord intérieur échancré longe la fenêtre (7).
10. Cuve selon la revendication 9, dans laquelle chaque tôle échancrée (31) comporte un bord extérieur opposé au bord intérieur échancré dans la première direction, le bord extérieur étant soudé à une tôle métallique ondulée (8) adjacente par chevauchement et dans laquelle au niveau de la soudure du bord extérieur de la tôle échancrée (31) avec la tôle métallique ondulée (8) adjacente, la cuve comporte un revêtement de protection thermique (27) non

soudable sur la barrière thermiquement isolante (4).

11. Cuve selon la revendication 2 ou la revendication 10, dans laquelle le revêtement de protection thermique (27) est réalisé dans un matériau composite comportant au moins une couche de fibre de verre fixée à une feuille d'aluminium.
12. Cuve selon l'une des revendications 1 à 11, dans laquelle la membrane d'étanchéité (3) est une membrane d'étanchéité primaire, la barrière thermiquement isolante (4) est une barrière thermiquement isolante primaire et les panneaux isolants (11) sont des panneaux isolants primaires, dans laquelle la paroi de cuve comprend une barrière thermiquement isolante secondaire (6) située contre la paroi porteuse et comprend également une membrane d'étanchéité secondaire (5) située entre la barrière thermiquement isolante secondaire (6) et la barrière thermiquement isolante primaire (4), dans laquelle la membrane d'étanchéité secondaire (5) et la barrière thermiquement isolante secondaire (6) étant interrompues dans la zone singulière par la fenêtre (7).
13. Cuve selon les revendications 3 et 12 prises en combinaison, dans laquelle le récipient (16) est un récipient primaire, le rebord (19) est un premier rebord, et la structure de puisard (15) comporte un récipient secondaire (17) rigide entourant le récipient primaire (16) de manière à ce qu'une partie inférieure du récipient primaire (16) soit située dans le récipient secondaire (17), le récipient secondaire (17) comprenant une paroi latérale (18) et un deuxième rebord (20) faisant saillie vers l'extérieur du récipient secondaire (16) tout autour de la paroi latérale (18) du récipient secondaire (17),
dans laquelle le deuxième rebord (20) du récipient secondaire (17) s'étend dans un plan confondu avec un plan formé par la membrane d'étanchéité secondaire (5), le deuxième rebord (20) étant configuré pour être fixé de manière étanche à la membrane d'étanchéité secondaire (5).
14. Cuve selon la revendication 13, dans laquelle dans la zone singulière, la barrière thermiquement isolante secondaire (6) et le récipient secondaire (16) de la structure de puisard (15) sont espacés l'un de l'autre par une cheminée de réglage (34) et dans laquelle la barrière thermiquement isolante primaire comprend des fentes de relaxation (33), au moins une partie des fentes de relaxation (33) de la barrière thermiquement isolante primaire (4) étant

interrompues dans la zone singulière au droit de la cheminée de réglage (34).

15. Navire (70) pour le transport d'un produit liquide froid, le navire comportant une double coque (72) et une cuve selon l'une des revendications 1 à 14 disposée dans la double coque (72).
16. Système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant un navire (70) selon la revendication 15, 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 entrainer 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.
17. Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon la revendication 15, 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).