

Description

Titre de l'invention : Procédé d'assemblage et installation de cuve de stockage pour gaz liquéfié

- [0001] L'invention se rapporte au domaine des installations de stockage pour gaz liquéfié comprenant une cuve étanche et thermiquement isolante, à membranes. En particulier, l'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes pour le stockage et/ou le transport de gaz liquéfié à basse température, telles que des cuves pour le transport de Gaz de Pétrole Liquéfié (aussi appelé GPL) présentant par exemple une température comprise entre -50°C et 0°C, ou pour le transport de Gaz Naturel Liquéfié (GNL) à environ -162°C à pression atmosphérique. Ces cuves peuvent être installées à terre ou sur un ouvrage flottant. Dans le cas d'un ouvrage flottant, la cuve peut être destinée au transport de gaz liquéfié ou à recevoir du gaz liquéfié servant de carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant.
- [0002] Le document FR2991430 décrit une installation de stockage pour gaz liquéfié comprenant une cuve étanche et thermiquement isolante intégrée à une structure porteuse constituée par la double coque d'un navire. Chaque paroi de la cuve comprend une barrière thermiquement isolante secondaire, une membrane d'étanchéité secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire et une membrane d'étanchéité primaire métallique ou en alliage métallique.
- [0003] La membrane d'étanchéité primaire comprend classiquement des ondes destinées à autoriser les contractions thermiques, sans rupture de la membrane, ces ondes formant classiquement un réseau de petites et grandes ondes s'étendant parallèlement entre elles respectivement de manière à constituer un quadrillage délimité par des zones de nœud, soit les intersections généralement perpendiculairement des petites et grandes ondes.
- [0004] Dans une zone située au sommet de la cuve, la cuve comporte une portion saillante en forme de cheminée. Dans cette zone, la structure porteuse est interrompue localement de manière à délimiter une ouverture de chargement/déchargement destinée à être traversée par des conduites de chargement/déchargement en fluide. Cette ouverture de chargement/déchargement et cette conduite en forme de cheminée, dénommées Dôme Liquide, comportent une isolation ou barrière thermiquement isolante ainsi qu'un élément formant membrane primaire d'étanchéité.
- [0005] Comme cela est visible sur les figures 1 et 2 annexées, ce dôme liquide est classiquement situé à une extrémité longitudinale de la cuve de sorte qu'une des parois verticales du dôme liquide se poursuit ou se prolonge, dans le même plan, par une paroi

verticale de la structure principale de la cuve (contenant un fluide froid). Lorsque les cuves sont présentes dans un navire de transport de fluide froid tels que du GNL ou GPL, soit un LNGC (« Liquid Natural Gas Carrier »), cette paroi verticale commune au dôme liquide et à la structure principale de la cuve est dénommée une paroi de cofferdam.

[0006] La cuve est installée dans une structure soumise à de très fortes contraintes mécaniques, telle qu'un navire, qui ploie et se tord en fonction des conditions de son environnement. La structure porteuse étant interrompue au niveau du dôme liquide ces efforts mécaniques y sont d'autant plus importants.

[0007] Les parois de la structure principale de la cuve sont montées et assemblées/fixées d'une part tandis que les parois du dôme liquide sont montées et assemblées/fixées d'autre part, ces deux parties de l'installation de stockage étant ensuite raccordées l'une à l'autre de manière étanche.

[0008] Or, compte tenu notamment des dimensionnements des membranes d'isolation primaire, le raccord des membranes et la continuité des ondes sont assurés par une tôle de raccordement, généralement de petite dimension, fixée par soudure aux membranes contiguës du dôme liquide et de la structure principale de la cuve.

[0009] Cette tôle de raccordement n'est pas une solution satisfaisante.

[0010] Tout d'abord, afin d'assurer la continuité des ondes verticales entre dôme liquide et structure principale de la cuve, les opérateurs sont obligés de déformer *in situ*, à l'aide d'outils de frappe, cette tôle de raccordement car les ondes des deux parties – dôme liquide d'un côté et structure principale de l'autre – ne sont pas alignées. Cette opération est fastidieuse pour les opérateurs et nécessite classiquement plusieurs heures de travail.

[0011] Ensuite, le conformage de cette tôle de raccordement au niveau de ses ondes verticales entraîne sa fragilisation. Comme mentionné précédemment, cette zone d'un navire est sujette à de fortes sollicitations mécaniques. C'est pourquoi il n'est pas acceptable qu'une portion de la membrane primaire d'étanchéité puisse faire défaut et compromettre l'étanchéité de l'installation de stockage.

[0012] Après diverses expériences et tests, la demanderesse a constaté qu'il est possible de se passer de cette pièce de raccordement, ou portion de tôle, en proposant une solution d'assemblage plus simple et rapide, tout en permettant de fiabiliser, d'un point de vue de la résistance mécanique comme de l'étanchéité, cette zone de raccord entre les membranes primaires de la structure principale de la cuve et celles du dôme liquide.

[0013] Ainsi, la présente invention concerne une installation de stockage pour gaz liquéfié comprenant une structure porteuse et une cuve étanche et thermiquement isolante

agencée dans la structure porteuse,
la cuve étanche et thermiquement isolante comportant une structure principale formée par une pluralité de parois de cuve reliées les unes aux autres et fixées à la structure porteuse, la structure principale définissant un espace interne de stockage, la structure principale comprenant au moins une membrane d'étanchéité et au moins une barrière thermiquement isolante, la barrière thermiquement isolante étant placée entre la membrane d'étanchéité et la structure porteuse ;

la membrane d'étanchéité, la barrière thermiquement isolante de la structure principale et une paroi dite porteuse supérieure étant interrompues localement de manière à délimiter une conduite formant paroi porteuse d'une cheminée s'étendant suivant un axe vertical jusqu'à une extrémité supérieure consistant en une ouverture de chargement/déchargement destinée à être traversée par des conduites de chargement/déchargement de gaz liquéfié, ladite conduite jusqu'à ladite ouverture définissant un dôme liquide de la cuve comportant, comme la structure principale de la cuve, au moins une membrane d'étanchéité et au moins une barrière thermiquement isolante, la barrière thermiquement isolante étant placée entre la membrane d'étanchéité et la paroi porteuse ;

le dôme liquide étant situé à l'une des extrémités axiales de la cuve, une paroi verticale de la structure principale de la cuve, dite paroi de cofferdam, se prolonge depuis ladite structure principale pour former, suivant le même plan, une paroi de la conduite du dôme liquide ;

la membrane d'étanchéité de la structure principale et du dôme liquide sont composées d'une pluralité de membranes planes métalliques, fixées entre elles de manière étanche, présentant chacune au moins deux lignes de corrugations perpendiculaires, la forme et les dimensions de ces deux lignes de corrugations étant respectivement identiques pour toutes les membranes de manière à ce que les membranes juxtaposées présentent un motif répété.

[0014] L'invention se caractérise en ce que des membranes dites contiguës de la membrane d'étanchéité de la paroi de cofferdam de la structure principale de la cuve sont au moins en partie protubérantes dans le dôme liquide, lesdites membranes dites contiguës étant directement fixées, de manière étanche, à des membranes dites contiguës du dôme liquide.

[0015] Ainsi, la demanderesse a constaté après de multiples tests et analyses qu'il est possible de raccorder fermement et de manière parfaitement étanche, la structure principale de la cuve avec le dôme liquide, tout en optimisant le temps de montage ou

d'assemblage des membranes respectives de ces deux parties d'une installation de stockage pour gaz liquéfié, sans utiliser une tôle de raccordement.

[0016] Ce faisant, l'invention permet des économies substantielles dans la réalisation du dôme liquide tout en assurant ou en conservant une parfaite étanchéité au gaz liquéfié et une excellente résilience mécanique de ce dernier à toutes contraintes que subit classiquement cette zone.

[0017] On entend par l'expression « de manière étanche » en lien avec les fixations, en particulier entre membranes, le fait que la fixation est réalisée par soudure, éventuellement complétée par une fixation chimique, par collage, et/ou mécanique, par exemple à l'aide d'un joint d'étanchéité.

[0018] On entend par le terme de « métallique » en lien en particulier avec les membranes le fait qu'il s'agit d'un métal ou d'un alliage à base métallique, plus souvent d'un alliage à base métallique tel qu'un acier.

[0019] Le terme de « membrane » renvoie systématiquement au fait qu'il s'agit de membrane étanche, imperméable au fluide, que le terme soit accompagné du terme « étanche » ou non. Une membrane est qualifiée comme telle dans le cadre de la présente invention si elle dispose, sur la paroi de cofferdam, au moins d'une ligne d'onde verticale, de préférence une pluralité d'onde verticale, et au moins une ligne d'onde horizontale. Dans le mode d'exécution choisi pour illustrer l'invention, les ondes verticales de/sur la paroi de cofferdam sont des petites ondes tandis que les ondes horizontales sont des grandes ondes.

[0020] Le terme de « onde » ou « corrugation », avec ou sans pluriel, renvoie au même élément présent sur une membrane pour autoriser sa déformation, par contraction et/ou étirement, sous l'effet des dilatations thermiques liées à la présence ou l'absence d'un gaz liquéfié, froid voire très froid, dans la cuve. Les deux lignes d'ondes ou de corrugations perpendiculaires entre elles, définissant une membrane dans le cadre de la présente invention, peuvent être de forme identique ou différente. Dans la suite, ces deux lignes d'ondes ou de corrugations sont avantageusement différentes, avec une ligne horizontale de grande onde ou corrugation et une ligne verticale de petite onde ou corrugation.

[0021] Le terme de « contigu » en lien principalement avec les membranes, celles du dôme liquide et celles de la structure principale de la cuve, renvoie au fait que ces membranes sont celles les plus proches de l'autre partie de la cuve, à savoir tantôt de la structure principale pour les membranes situées dans le dôme liquide et du dôme liquide pour les membranes situées dans la structure principale.

[0022] On entend par le terme de « conduite » le fait qu'il forme la paroi externe du dôme liquide, plus précisément la paroi de la cheminée débouchant dans la cuve contenant le gaz liquéfié, le terme de « cheminée » renvoyant à la forme générale du dôme liquide qui s'étend verticalement.

[0023] D'autres caractéristiques avantageuses de l'invention sont présentées succinctement ci-dessous :

[0024] De préférence, les membranes planes métalliques formant la membrane d'étanchéité de la structure principale et du dôme liquide présentent une forme rectangulaire avec deux grands côtés et deux petits.

[0025] De préférence, les membranes planes métalliques comportent une surélévation s'étendant le long de deux côtés contigus destinée à recouvrir le côté contigu d'une autre membrane.

[0026] Avantageusement, la barrière thermiquement isolante de la structure principale et du dôme liquide de la cuve comportent des platines métalliques sur lesquelles sont soudées, de manière discontinue, la membrane d'étanchéité de la structure principale et du dôme liquide.

[0027] Avantageusement, les membranes dites contiguës du dôme liquide comportent une surélévation s'étendant le long du grand côté inférieur tandis que les membranes dites directement contiguës de la structure principale de la cuve comportent une surélévation s'étendant le long d'un des deux petits côtés de la membrane. Selon un exemple particulier, les membranes dites directement contiguës de la structure principale de la cuve ne comportent qu'une seule surélévation s'étendant le long d'un des deux petits côtés de la membrane.

[0028] Selon une particularité de réalisation, lorsque ces membranes dites contiguës sont montées et assemblées après les autres membranes du dôme liquide, ce qui est un mode d'exécution préféré de l'invention, les membranes dites contiguës du dôme liquide comportent une surélévation s'étendant le long des deux grands côtés opposés tandis que les membranes dites directement contiguës de la structure principale de la cuve ne comportent qu'une seule surélévation s'étendant le long d'un des deux petits côtés de la membrane, respectivement.

[0029] Selon une particularité de l'invention, de préférence, la partie protubérante des membranes dites contiguës de la membrane d'étanchéité de la paroi de cofferdam (B) de la structure principale de la cuve sont protubérantes d'au moins 30 millimètres dans le dôme liquide, de préférence de 55 millimètres.

- [0030] Installation de stockage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la partie protubérante des membranes dites contiguës de la membrane d'étanchéité de la paroi de cofferdam (B) de la structure principale de la cuve sont protubérantes d'au plus 60 millimètres dans le dôme liquide.
- [0031] On peut noter ici que l'expression « de la paroi de cofferdam », soit la paroi référencée B ou B' sur la figure 2, en lien notamment avec la structure principale de la cuve est superflue car les seules membranes qui intéressent la présente invention dans le mode d'exécution choisi pour l'illustrer sont les membranes de la paroi de cofferdam car cette paroi est la seule qui se trouve prolongée verticalement, autrement dit sans rupture d'angle, dans le dôme liquide.
- [0032] Bien entendu, l'invention trouverait également à s'appliquer si par exemple le dôme liquide se trouve dans un angle de la structure principale, de sorte qu'outre la paroi de cofferdam, une paroi latérale - la paroi F sur la figure 2, dans le cas où il n'y aurait pas les chanfreins E - se trouverait prolongée verticalement dans le dôme liquide. Ce cas de figure est couvert par la présente invention bien qu'une telle disposition du dôme liquide, dans un coin de la cuve, soit *a priori* peu avantageuse et pratique.
- [0033] Avantageusement, les membranes dites contiguës du dôme liquide présentent une longueur comprise entre 500 millimètres et 3300 millimètres et une largeur comprise entre 200 millimètres et 800 millimètres.
- [0034] Avantageusement, les membranes dites contiguës de la membrane d'étanchéité de la paroi de cofferdam de la structure principale de la cuve présentent une longueur comprise entre 500 millimètres et 3300 millimètres et une largeur comprise entre 200 millimètres et 800 millimètres.
- [0035] Selon encore un autre aspect avantageux de l'invention, les membranes dites contiguës de la membrane d'étanchéité de la paroi de cofferdam de la structure principale de la cuve se présentent en deux rangées de membranes parallèles, une rangée de membranes présentant une largeur comprise entre 200 et 400 millimètres et l'autre rangée de membranes présentant une largeur comprise entre 700 et 800 millimètres.
- [0036] L'invention se rapporte également à un procédé de montage d'une installation de stockage telle que décrite ci-dessus, dans lequel il comprend :
- une première étape de montage et de fixation, de manière étanche, de l'ensemble de la membrane d'étanchéité de la paroi de cofferdam de la structure principale de la cuve ;

- une deuxième étape de montage et de fixation, de manière étanche, de l'ensemble de la membrane d'étanchéité du dôme liquide à l'exception des membranes contiguës dudit dôme liquide ;
les première et deuxième étapes étant exécutées dans un ordre indifférent ou simultanément ;
- une étape finale de montage et de fixation, de manière étanche, des membranes dites contiguës dudit dôme liquide de manière à ce que l'ensemble de la paroi de cofferdam, de la structure principale et du dôme liquide, soit étanche.

[0037] L'invention se rapporte à un navire pour le transport d'un produit liquide froid, le navire comportant une double coque et une installation de stockage telle que décrite ci-dessus disposée dans la double coque.

[0038] L'invention concerne également un système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant un navire tel que décrit ci-dessus, des canalisations isolées agencées de manière à relier la cuve installée dans la coque du navire à une installation externe de stockage flottante ou terrestre et une pompe pour entraîner un flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation externe de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[0039] Enfin, la présente invention se rapporte à un procédé de chargement ou déchargement d'un navire tel que décrit ci-dessus, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation externe de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[0040] 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.

[0041] [fig.1] La figure 1 est une vue schématique en coupe et perspective d'un navire transporteur de gaz liquéfié du type LNGC.

[0042] [fig.2] La figure 2 est une en coupe et en écorchée d'une cuve du navire représenté sur la figure 1.

[0043] [fig.3] La figure 3 est une vue schématique illustrant une membrane d'étanchéité avec trois rangées parallèles de grande onde ou corrugation et neuf rangées parallèles de petite onde ou corrugation, les deux types de rangées étant perpendiculaire entre eux.

- [0044] [fig.4] La figure 4 est une vue schématique illustrant l'agencement des membranes au niveau de la zone du dôme liquide et de la structure principale de la cuve, avec l'indication du recouvrement de chaque membrane par rapport à sa voisine.
- [0045] [fig.5] La figure 5 est une vue agrandie d'une portion P de la figure 4.
- [0046] [fig.6] La figure 6 est une vue détaillée et dimensionnée d'une membrane contiguë, dite membrane latérale, de la structure principale de la cuve.
- [0047] [fig.7] La figure 7 est une vue, identique à la vue de la figure 4, illustrant des blocs d'isolation thermique présents sous les membranes, avec en particulier les platines métalliques permettant de fixer par soudure les membranes à ces blocs d'isolation thermique.
- [0048] [fig.8] La figure 8 est une représentation schématique écorchée d'une installation de stockage de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.
- [0049] Le terme « vertical » signifie ici s'étendant dans la direction du champ de gravité terrestre. Le terme « horizontal » signifie ici s'étendant dans une direction perpendiculaire à la direction verticale.
- [0050] Lorsque l'installation de stockage est positionnée sur un navire 70 tel qu'un méthanier, la structure porteuse, non visibles sur les figures annexées, est formée par la double coque du navire. La paroi porteuse supérieure externe est appelée le pont externe du navire.
- [0051] Dans la suite, la présente invention est illustrée avec un navire 70 transporteur de gaz liquéfié d'un type classique, à savoir un LNGC pour « Liquid Natural Gas Carrier », mais il est bien entendu que l'invention peut s'appliquer à d'autres types de cuves pour autant qu'une telle cuve comporte une membrane d'étanchéité, dite primaire du fait de son contact direct avec un fluide contenu dans la cuve et de la présence éventuelle d'une deuxième membrane d'étanchéité, et un dôme liquide 2 ou analogue, c'est-à-dire une cheminée et une ouverture pour le chargement/déchargement dudit fluide, présentant au moins un pan de paroi continu avec une paroi de la structure principale de la cuve 71, 71'. Ces deux caractéristiques étant vérifiées, la présente invention trouve à s'appliquer à une telle installation de stockage d'un fluide.
- [0052] Ainsi, comme cela est visible sur la figure 1, on peut voir la distribution des quatre cuves 71, 71' de GNL classiquement présentes dans un navire 70 méthanier du type LNGC. Ainsi, comme on l'a vu précédemment, trois des quatre cuves 71 présentent les mêmes dimensions tandis qu'une dernière, celle 71' située à l'avant du navire 70, présente des dimensions plus réduite de manière en particulier à ce que les ballasts, disposés latéralement et sous la cuve 71', présentent des dimensions bien supérieures aux autres

ballasts, situés autour des trois autres cuves 71, afin de rééquilibrer plus facilement l'assiette du navire 70, compte tenu du fait que l'essentiel du poids du navire 70 est situé à l'arrière de ce dernier lorsque les cuves 71 sont vides.

- [0053] A l'arrière du navire 70 se trouve classiquement les machines ou salle des machines, non visibles sur la figure annexée, destinées à gérer l'ensemble du navire 70, depuis la propulsion jusqu'à l'ensemble des circuits de génération et d'alimentation des différents équipements du navire 70. Par ailleurs, au-dessus des machines se trouve le château 31 qui consiste classiquement en une tour ou analogue où sont situés notamment les logements de l'équipage et le poste de commandement du navire.
- [0054] Une cuve 71 comporte une structure principale formée d'une paroi avant D, d'une paroi arrière B, d'une paroi de plafond A, d'une paroi de fond C et de deux parois latérales F, non toutes deux visibles sur la figure 2 annexée (un côté de la cuve n'étant pas visible sur cette figure), reliant la paroi de fond C à la paroi de plafond A, et enfin deux à quatre parois de chanfrein E, G reliant les parois latérales F à la paroi de fond C ou à la paroi de plafond A. Les parois de la cuve 71 sont ainsi reliées les unes aux autres de façon à former une structure polyédrique et à délimiter un espace interne de stockage. La cuve 71' se présente de manière sensiblement identique à une cuve 71.
- [0055] Afin de charger et décharger la cuve 71 en gaz liquéfié, l'installation de stockage comporte une ouverture de chargement/déchargement interrompant localement la paroi porteuse supérieure externe, la paroi porteuse supérieure interne et la paroi de plafond de la cuve 71 de sorte à permettre notamment à des conduites de chargement/déchargement, non représentées sur les figures annexées, d'atteindre le fond de la cuve 71 en traversant cette ouverture.
- [0056] L'installation de stockage comprend également une tour de chargement/déchargement, non visible sur les figures annexées, situé au droit de l'ouverture du dôme liquide 2 et à l'intérieur de la cuve 71 formant une structure de support pour les conduites de chargement/déchargement sur toute la hauteur de la cuve 71 ainsi que pour les pompes (non représentées).
- [0057] La cuve 71 comporte ainsi une cheminée, ou conduite, située sur ou au-dessus de la structure principale et permettant aux parois de cuve de s'étendre continument du pont interne vers le pont externe au niveau où ceux-ci sont interrompus par l'ouverture de chargement/déchargement. On appelle pour des cuves 71, 71' de stockage de gaz liquéfié une telle cheminée, ou conduite, munie d'un couvercle fermant ladite ouverture de chargement/déchargement : le dôme liquide 2.

- [0058] L'ouverture de chargement/déchargement ainsi que la cheminée possède classiquement un contour ou une action rectangulaire ou carré. La cheminée comprend ainsi quatre parois, l'une B' étant le prolongement de la paroi arrière B, également désignée en tant que « paroi de cofferdam » de la structure principale de la cuve 71, 71', comme visible sur la figure 2, tandis que les trois autres sont reliées à la paroi de plafond A formant un angle de 90° avec celle-ci.
- [0059] La présente invention s'intéresse uniquement à la paroi B, B', ou aux deux parois dans une réalisation différente, continue ou de prolongement sans rupture d'angle entre la structure principale de la cuve 71, 71' et le dôme liquide 2, plus précisément au niveau de la membrane d'étanchéité et sa jonction entre la structure principale de la cuve 71, 71' et le dôme liquide 2.
- [0060] La figure 3 représente une telle membrane d'étanchéité classique 3. Une membrane d'étanchéité est définie, dans le cadre de la présente invention, comme une feuille métallique ou en un alliage métallique comportant au moins une première ligne d'onde ou de corrugation 4 et au moins une seconde ligne d'onde ou de corrugation 5, la première et la seconde ligne d'onde ou de corrugation 4, 5 s'étendant perpendiculairement l'une par rapport à l'autre.
- [0061] Selon un mode de réalisation, la structure principale de la cuve 71, 71' est réalisée selon la technologie Mark III® qui est notamment décrite dans le document FR-A-2691520.
- [0062] Dans une telle structure principale, la barrière thermiquement isolante secondaire, la barrière thermiquement isolant primaire et la membrane d'étanchéité secondaire sont essentiellement constituées de panneaux juxtaposés sur la structure porteuse, qui peut être la structure porteuse interne ou la structure reliant la paroi porteuse supérieure interne à la paroi porteuse supérieure externe au niveau de l'ouverture. La membrane d'étanchéité secondaire 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 est quant à elle obtenue par assemblage d'une pluralité de plaques métalliques, soudées les unes aux autres le long de leurs bords, et comportant des ondulations s'étendant selon deux directions perpendiculaires. Les plaques métalliques sont, par exemple, réalisées en acier inoxydable ou d'aluminium, mises en forme par pliage ou par emboutissage.
- [0063] De façon plus particulière pour illustrer un mode de réalisation de l'invention, la membrane d'étanchéité est une membrane d'étanchéité dite primaire (car en contact direct avec le fluide stocké dans la cuve 71, 71') est obtenue par assemblage d'une pluralité de feuilles métalliques ondulées conforme à la membrane représentée sur la figure 3. Chaque

membrane métallique ondulée 3 comporte une première série d'ondulations parallèles 5, dite hautes ou grandes, s'étendant selon une première direction et une seconde série d'ondulations parallèles 4, dites basses ou petites, s'étendant selon une seconde direction perpendiculaire à la première série. Les zones de nœud 6 sont les zones de croisement de ces deux types d'ondes 4, 5. Les ondulations 4, 5 font saillie vers l'intérieur de la cuve 71, 71'. Comme mentionné précédemment, ces membranes métalliques ondulées 3 sont, par exemple, réalisées en acier inoxydable ou en aluminium.

[0064] Les membranes métalliques ondulées 3 sont fixées sur des panneaux isolants 21 par l'intermédiaire de platines métalliques 20 s'étendant selon deux directions perpendiculaires, verticalement et horizontalement sur la paroi de cofferdam B, B', ces platines 20 étant fixées sur la face interne (orientée vers l'espace interne de la cuve) des panneaux isolants 21. Ainsi, chaque panneau isolant 21 présentant une face interne équipée de platines métalliques 20 sur lesquelles sont soudées les membranes métalliques ondulées 3 formant la membrane d'étanchéité primaire. Ces panneaux isolants 21 sur lesquels sont fixées les membranes d'étanchéité 3 sont visibles, avec les susdites platines métalliques 20, sur la figure 7 annexée.

[0065] Les platines métalliques 20 s'étendent selon deux directions perpendiculaires qui sont chacune parallèles à deux bords opposés des panneaux isolants 21. Les platines métalliques 20 sont fixées dans des évidements ménagés dans la face interne du panneau isolant 21 et fixées à celui-ci, par des vis, des rivets ou des agrafes par exemple.

[0066] Les figures annexées 4 à 7 illustrent l'agencement proprement dit de la membrane d'étanchéité 3, ou membrane primaire d'étanchéité, au niveau de la paroi B de la structure principale de la cuve 71, 71' et de la paroi B' continue à la paroi B dans le dôme liquide 2.

[0067] La première caractéristique d'un tel agencement réside dans le fait que l'on utilise uniquement des membranes d'étanchéité 3, 13, 13', 33 – comportant au moins deux lignes 4, 5 d'onde ou corrugation perpendiculaire entre elles – pour réaliser la continuité de l'étanchéité de ces deux parois, la paroi de cofferdam B de la structure principale de la cuve 71, 71' et la paroi B' continue du dôme liquide 2. Ainsi, aucun élément intermédiaire n'est présent dans cette zone, étant entendu qu'un « élément intermédiaire », tel qu'une tôle, n'est pas une membrane d'étanchéité 3, 13, 13', 33 selon la présente invention, c'est-à-dire la définition d'une membrane donnée précédemment.

[0068] La deuxième caractéristique d'un tel agencement selon l'invention réside dans le fait que la membrane d'étanchéité 13 de la structure principale de la cuve 71, 71' directement contiguë au dôme liquide 2 – soit les trois membranes 14, 15, 16 visibles sur la figure 4 – est protubérante dans le dôme liquide 2, c'est-à-dire dans l'espace formant ce dôme

liquide 2 à partir de l'ouverture présente dans la paroi de plafond A, les éléments d'isolation et d'étanchéité étant ici considérés pour définir l'emplacement de cette ouverture du dôme liquide 2.

[0069] Comme on peut le voir sur la figure 6, la protubérance 17 de la membrane d'étanchéité 13 dans le dôme liquide 2 est de 55 millimètres dans cet exemple. De manière générale, cette protubérance 17 est d'au moins 30 millimètres et d'au plus 60 millimètres. Comme on peut le voir clairement sur la figure 6, pour réaliser cette protubérance 17, soit la membrane contiguë 13 est protubérante sur toute sa largeur comme c'est le cas avec la membrane centrale 15, soit la membrane contiguë est protubérante sur seulement une partie de sa longueur comme c'est le cas pour les membranes latérales 14 et 16. Pour ces membranes dites latérales 14 et 16, on a réalisé une découpe, par exemple au laser ou à l'aide d'une scie, dans une membrane classique pour extraire la portion non contiguë au dôme liquide 2 et qui n'est donc pas protubérante dans ce dernier 2.

[0070] Une autre particularité de la présente invention réside dans les dimensions des membranes contiguës 13, 13', 33 tant du dôme liquide 2 que de la structure principale de la cuve 71, 71'. En effet, ces dimensions ne sont pas classiques et ont été choisis pour ajuster parfaitement, et le plus sûrement possible, le raccord des membranes 13, 13' de la structure principale de la cuve 71, 71' et celles 33 du dôme liquide 2. Ainsi, une membrane classique 3 de la structure principale de la cuve 71, 71' comporte normalement trois lignes 5 de grande onde ou corrugation, or les membranes contiguës 13, 13' de la structure principale de la cuve 71, 71' ne comportent que deux lignes 5 de grande onde ou corrugation pour la membrane directement contiguë 13, voire une seule/unique ligne 5 de grande onde pour la membrane contiguë 13'. De la même manière, une membrane classique 3 du dôme liquide 2 comporte normalement deux lignes 5 de grande onde ou corrugation, or les membranes contiguës 33 du dôme liquide 2 ne comportent qu'une seule/unique ligne 5 de grande onde.

[0071] A titre d'exemple non limitatif sont données, sur la figure 6, les dimensions, exprimées en millimètres, de la membrane latérale contiguë 14 de la structure principale de la cuve 71, 71', avec notamment une protubérance 17 de 55 millimètres résultant d'une découpe préalable de la membrane 14. Etant donné que les figures 4 et 5 présentent à l'échelle les membranes 13, 13' et 33, une partie de la structure principale de la cuve 71, 71' et le dôme liquide 2, on peut en déduire les dimensions, ou plus exactement les domaines ou gammes de dimensions de chacune des membranes 13, 13' et 33, connaissant les dimensions précisément données pour la membrane contiguë latérale 14 sur la figure 6. Bien entendu, il est rappelé ici que les dimensions précises données sur la figure 6 ne représentent qu'un mode de réalisation et que d'autres modes d'exécution de l'invention

peuvent être prévus, les dimensions données sur la figure 6 pouvant varier, à l'exception de la partie protubérante 17, dans un domaine ou une gamme de +/- 30 millimètres (mm) de préférence de +/- 15 mm au plus. Pour la partie protubérante 17, on notera qu'elle ne peut être inférieure à 30 millimètres et supérieure à 60 millimètres.

[0072] Une autre particularité de l'invention réside dans le fait que les membranes contiguës 33 du dôme liquide 2 présentent, sur leur deux faces inférieure/supérieure 34, 35 ou encore les deux grands côtés opposés, une surélévation 7 s'étendant le long desdites deux faces ou côtés 34, 35 de manière à recouvrir les deux membranes inférieure et supérieure auxquelles elles sont fixées respectivement. Il doit être noté ici que seule la surélévation 7 inférieure est impérative dans le cadre de la présente invention où les membranes contiguës 33 du dôme liquide doivent être montées et assemblées après celles de la structure principale de la cuve 71, 71'.

[0073] Cette caractéristique particulière de ces membranes contiguës 33 est justifiée par le procédé d'assemblage propre à l'installation de stockage selon l'invention dans lequel ces membranes contiguës 33 du dôme liquide 2 sont avantageusement montées en dernier lieu, une fois les membranes d'étanchéités du dôme liquide 2 montées et fixées et les membranes d'étanchéité de la structure principale de la cuve 71, 71' (ou au moins les membranes situées à proximité du dôme liquide 2) sont également montées et fixées. Ce faisant, les membranes directement contiguës 13 de la structure principale de la cuve 71, 71' ne présentent qu'une unique surélévation 7, plus précisément sur l'un des petits côtés (largeur).

[0074] Il doit en effet être noté qu'une membrane classique 3, à l'instar de celle représentée sur la figure 3, présente deux surélévations 7 s'étendant le long de deux côtés contigus de la membrane 3, soit l'un des petits côtés définissant la largeur de la membrane 3 et l'un des grands côtés de la membrane 3. Comme on peut le noter sur les figures 4 à 6, les triangles isocèles noirs indiquent, grâce à l'orientation de la pointe dudit triangle, la position de la surélévation 7 de sorte que la membrane sur laquelle est situé le triangle isocèle noir recouvre, au niveau de cette portion de surélévation 7, la membrane adjacente au niveau du petit ou grand côté considéré. Ainsi, la figure 4 en particulier est très explicite sur le montage ou l'assemblage relatif des différentes membranes, qu'elles soient celles 3, 13, 13' du dôme liquide 2 ou celles 3, 33 de la structure principale de la cuve 71, 71'.

[0075] La figure 7 illustre les blocs d'isolation thermique 21 qui équipent une installation de stockage pour gaz liquéfié. Dans le cadre de la présente invention, ces blocs d'isolation thermique 21 ne sont pas modifiés par rapport à l'état de la technique et des détails de tels blocs d'isolation thermique 21 sont notamment décrits dans FR-A-2861060.

Néanmoins, une particularité de cette invention réside dans les platines métalliques 20, décrites précédemment, situés sur ces blocs d'isolation thermiques 21, en vis-à-vis des membranes 3, 13, 13', 33, de manière à fixer par soudure ou soudage ces dernières 3, 13, 14', 33 au bloc d'isolation thermique 21 par l'intermédiaire de ces platines métalliques 21. Ces platines métalliques 20, également dénommées « Anchoring Strip » (AS), sont ici disposées de manière adaptée aux membranes contiguës 13, 13', 33, tant celles 13, 13' de la structure principale de la cuve 71, 71' que celles 33 du dôme liquide 2.

[0076] Ainsi, les membranes contiguës 33 du dôme liquide 2 sont situées à proximité immédiate de platines métalliques 20, de sorte qu'elles présentent une ligne de soudure discontinues s'étendant sur plus de 70% de leur longueur, alors que ces membranes 33 ne sont pas larges du fait qu'elles ne disposent que d'une seule ligne 5 de grande onde ou corrugation. Par comparaison, les autres membranes 3 du dôme liquide 2 présentent deux lignes 5 de grande onde ou corrugation et n'ont qu'une seule ligne de soudure discontinue sur des platines 20, représentant plus de 70% de leur longueur. Les membranes contiguës 13' de petites dimensions de la structure principale de la cuve 71, 71' sont également pourvues d'une telle ligne de soudure discontinue alors qu'elles ne comptent également qu'une unique/seule ligne 5 de grande onde, à l'instar des membranes 33.

[0077] En référence à la figure 8, une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve étanche et isolée 71 de forme générale prismatique montée dans la double coque 72 du navire. La paroi de la cuve 71 comporte une 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 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.

[0078] 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.

[0079] La figure 8 représente un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 75, une conduite sous-marine 76 et une installation à terre 77. Le poste de chargement et de déchargement 75 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 74 et une tour 78 qui supporte le bras mobile 74. Le bras mobile 74 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 79 pouvant se connecter aux canalisations

de chargement/déchargement 73. Le bras mobile 74 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 78. Le poste de chargement et de déchargement 75 permet le chargement et le déchargement du méthanier 70 depuis ou vers l'installation à terre 77. Celle-ci comporte des cuves de stockage de gaz liquéfié 80 et des conduites de liaison 81 reliées par la conduite sous-marine 76 au poste de chargement ou de déchargement 75. La conduite sous-marine 76 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 75 et l'installation à terre 77 sur une grande distance, par exemple 5 km, ce qui permet de garder le navire méthanier 70 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et de déchargement.

[0080] 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.

[0081] 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.

[0082] L'usage du verbe « comporter », « comprendre » ou « inclure » et de ses formes conjuguées n'exclut pas la présence d'autres éléments ou d'autres étapes que ceux énoncés dans une revendication. L'usage de l'article indéfini « un » ou « une » pour un élément ou une étape n'exclut pas, sauf mention contraire, la présence d'une pluralité de tels éléments ou étapes.

[0083] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.]

Revendications

[Revendication 1] Installation de stockage pour gaz liquéfié comprenant une structure porteuse et une cuve (71) étanche et thermiquement isolante agencée dans la structure porteuse,

la cuve (71) étanche et thermiquement isolante comportant une structure principale formée par une pluralité de parois de cuve reliées les unes aux autres et fixées à la structure porteuse, la structure principale définissant un espace interne de stockage, la structure principale comprenant au moins une membrane d'étanchéité (3, 13, 13') et au moins une barrière thermiquement isolante, la barrière thermiquement isolante étant placée entre la membrane d'étanchéité (3, 13, 13') et la structure porteuse ;

la membrane d'étanchéité (3, 13, 13'), la barrière thermiquement isolante de la structure principale et une paroi dite porteuse supérieure étant interrompues localement de manière à délimiter une conduite formant paroi porteuse d'une cheminée s'étendant suivant un axe vertical jusqu'à une extrémité supérieure consistant en une ouverture de chargement/déchargement destinée à être traversée par des conduites de chargement/déchargement de gaz liquéfié, ladite conduite jusqu'à ladite ouverture définissant un dôme liquide (2) de la cuve (71) comportant, comme la structure principale de la cuve (71, 71'), au moins une membrane d'étanchéité (3, 33) et au moins une barrière thermiquement isolante, la barrière thermiquement isolante étant placée entre la membrane d'étanchéité (3, 33) et la paroi porteuse ;

le dôme liquide (2) étant situé à l'une des extrémités axiales de la cuve (71), une paroi verticale de la structure principale de la cuve (71), dite paroi de cofferdam (B), se prolonge depuis ladite structure principale pour former, suivant le même plan, une paroi (B') de la conduite du dôme liquide (2) ;

la membrane d'étanchéité (3, 13, 13', 33) de la structure principale et du dôme liquide (2) sont composées d'une pluralité de membranes planes métalliques, fixées entre elles de manière étanche, présentant chacune au moins deux lignes de corrugations (4, 5) perpendiculaires, la forme et les dimensions de ces deux lignes de corrugations (4, 5) étant respectivement identiques pour toutes les membranes de manière à ce que les membranes juxtaposées présentent un motif répété ;

caractérisée en ce que des membranes (13, 13') dites contiguës de la membrane d'étanchéité de la paroi de cofferdam (B) de la structure principale de la cuve (71) sont au moins en partie protubérantes dans le dôme liquide (2), lesdites membranes dites

contiguës étant directement fixées, de manière étanche, à des membranes dites contiguës du dôme liquide (2).

[Revendication 2] Installation de stockage selon la revendication 1, dans laquelle les membranes planes métalliques (3, 13, 13', 33) formant la membrane d'étanchéité de la structure principale et du dôme liquide (2) présentent une forme rectangulaire avec deux grands côtés et deux petits.

[Revendication 3] Installation de stockage selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle les membranes planes métalliques comportent une surélévation (7) s'étendant le long de deux côtés contigus destinée à recouvrir le côté contigu d'une autre membrane.

[Revendication 4] Installation de stockage selon l'une quelconque des revendications, dans laquelle la barrière thermiquement isolante de la structure principale et du dôme liquide (2) de la cuve (71) comportent des platines métalliques sur lesquelles sont soudées, de manière discontinue, la membrane d'étanchéité (3, 13, 13', 33) de la structure principale et du dôme liquide (2).

[Revendication 5] Installation de stockage selon au moins l'une quelconque des revendications 2 à 4, dans laquelle les membranes dites contiguës du dôme liquide (2) comportent une surélévation (7) s'étendant le long du grand côté inférieur tandis que les membranes dites directement contiguës de la structure principale de la cuve (71, 71') comportent une surélévation (7) s'étendant le long d'un des deux petits côtés de la membrane.

[Revendication 6] Installation de stockage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la partie protubérante (17) des membranes (13) dites contiguës de la membrane d'étanchéité de la paroi de cofferdam (B) de la structure principale de la cuve (71) sont protubérantes d'au moins 30 millimètres dans le dôme liquide (2), de préférence de 55 millimètres.

[Revendication 7] Installation de stockage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la partie protubérante (17) des membranes (13) dites contiguës de la membrane d'étanchéité de la paroi de cofferdam (B) de la structure principale de la cuve (71) sont protubérantes d'au plus 60 millimètres dans le dôme liquide (2).

[Revendication 8] Installation de stockage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les membranes dites contiguës du dôme liquide (2) présentent une longueur comprise entre 500 millimètres et 3300 millimètres et une largeur comprise entre 200 millimètres et 800 millimètres.

[Revendication 9] Installation de stockage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les membranes (13, 13') dites contiguës de la membrane

d'étanchéité de la paroi de cofferdam (B) de la structure principale de la cuve (71) présentent une longueur comprise entre 500 millimètres et 3300 millimètres et une largeur comprise entre 200 millimètres et 800 millimètres.

[Revendication 10] Installation de stockage selon la revendication 9, dans laquelle les membranes (13, 13') dites contiguës de la membrane d'étanchéité de la paroi de cofferdam (B) de la structure principale de la cuve (71, 71') se présentent en deux rangées de membranes parallèles, une rangée de membranes (13') présentant une largeur comprise entre 200 et 400 millimètres et l'autre rangée de membranes (13) présentant une largeur comprise entre 700 et 800 millimètres.

[Revendication 11] Procédé de montage d'une installation de stockage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel il comprend :

- une première étape de montage et de fixation, de manière étanche, de l'ensemble de la membrane d'étanchéité (3, 13, 13') de la paroi de cofferdam (B) de la structure principale de la cuve ;
- une deuxième étape de montage et de fixation, de manière étanche, de l'ensemble de la membrane d'étanchéité (3) du dôme liquide (2) à l'exception des membranes contiguës dudit dôme liquide (2) ;
les première et deuxième étapes étant exécutées dans un ordre indifférent ou simultanément ;
- une étape finale de montage et de fixation, de manière étanche, des membranes (33) dites contiguës dudit dôme liquide (2) de manière à ce que l'ensemble de la paroi de cofferdam (B, B'), de la structure principale et du dôme liquide (2), soit étanche.

[Revendication 12] Navire (70) pour le transport d'un produit liquide froid, le navire comportant une double coque (72) et une installation de stockage (1) selon l'une des revendications 1 à 10 disposée dans la double coque.

[Revendication 13] Système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant un navire (70) selon la revendication 12, des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) agencées de manière à relier la cuve (71) installée dans la coque du navire à une installation externe de stockage flottante ou terrestre (77) et une pompe pour entraîner un flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation externe de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[Revendication 14] Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon la revendication 12, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers

des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) depuis ou vers une installation externe de stockage flottante ou terrestre (77) vers ou depuis la cuve du navire (71).]