

DESCRIPTION

Titre : Cuve étanche et thermiquement isolante.

La présente invention s'inscrit dans le domaine des cuves de stockage de gaz naturel liquide, notamment les cuves de stockage de gaz naturel liquide terrestre.

- 5 Le gaz naturel liquide est généralement transporté par voie maritime dans des cuves de stockage ménagées sur des navires de transport. Le gaz naturel est maintenu sous forme liquide pour augmenter la quantité de gaz naturel transporté par cuve, le volume d'un litre de gaz naturel sous forme liquide étant bien inférieur au volume d'un litre de gaz naturel sous forme gazeuse. Ces cuves maintiennent le gaz naturel liquide à très basse température, et plus précisément à une
- 10 température inférieure à -163°C , température à laquelle le gaz naturel est sous forme liquide à pression atmosphérique.

- Pour charger et/ou décharger les cuves de ces navires de transport en gaz naturel liquide, une cuve de stockage terrestre de gaz naturel liquide est installée au niveau d'un port. Ce dernier est généralement aménagé pour que des navires de transports de gaz naturel liquide puissent venir se
- 15 réapprovisionner et/ou décharger leur cargaison de gaz naturel liquide. De telles cuves de stockage terrestre sont équipés d'éléments traversant l'une des parois de ces cuves terrestres, comme par exemple un tube, permettant alors à une installation de chargement et/ou de déchargement de gaz naturel liquide de communiquer avec un volume interne de la cuve terrestre dans lequel le gaz naturel liquide est stocké.

- 20 Il est connu que les parois de telles cuves comprennent un espace secondaire étanche et thermiquement isolant et un espace primaire étanche et thermiquement isolant reposant sur l'espace secondaire et configuré pour être en contact avec le gaz naturel liquide contenu dans la cuve. Cependant, lorsqu'un élément traversant est installé au travers d'une des parois de la cuve, il est nécessaire de réaliser une première étanchéité au niveau de l'espace secondaire ainsi qu'une
- 25 deuxième étanchéité au niveau de l'espace primaire. Ces étanchéités représentent un coût supplémentaire au coût de l'installation, notamment concernant leur conception, leur fabrication et leur installation, notamment en ce qui concerne l'isolation thermique qu'elles impliquent. Ces éléments traversant sont parfois regroupés complexifiant ainsi les étanchéités à réaliser et l'agencement des équipements au-dessus des cuves.

La présente invention s'inscrit dans ce contexte en proposant une alternative aux solutions déjà existantes grâce à une cuve comprenant une paroi qui présente une première portion composée de l'espace secondaire et de l'espace primaire et une deuxième portion comportant une couche étanche et thermiquement isolant et en communication avec l'espace primaire, un élément
5 traversant pouvant être plus facilement et à moindre coût installé au niveau de la deuxième portion.

La présente invention a ainsi pour objet principal une cuve étanche et thermiquement isolante comportant au moins une structure de stockage d'un fluide et une structure porteuse enveloppant la structure de stockage, la structure de stockage comprenant une pluralité de parois dont au
10 moins une paroi de plafond, une paroi de fond et une pluralité de parois latérales s'étendant entre la paroi de plafond et la paroi de fond, au moins la paroi de plafond comprenant une première portion et une deuxième portion, la première portion comportant, successivement dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, un espace secondaire étanche et thermiquement isolant et un espace primaire étanche et thermiquement isolant, l'espace
15 secondaire étant configuré pour être en contact avec la structure porteuse, l'espace primaire délimitant un volume interne configuré pour recevoir le fluide contenu dans la cuve, la deuxième portion comprenant une couche étanche et thermiquement isolante, caractérisée en ce que la couche étanche et thermiquement isolante de la deuxième portion est en contact avec la structure porteuse tout en participant à délimiter le volume interne de la cuve, un ratio de la surface de la
20 deuxième portion de la paroi de plafond par rapport à la surface totale de la paroi de plafond étant compris entre 5% et 60%.

La cuve réduit les déperditions thermiques de manière à maintenir le fluide à une température inférieure à sa température d'ébullition du fluide, par exemple lorsque le fluide est du gaz naturel, la cuve le maintien sous forme liquide à une température inférieure à -163°C.

25 La première portion et la deuxième portion de la paroi de plafond s'étendent avantageusement dans un même plan, ce plan étant le plan principal d'extension de la paroi de plafond, chaque portion prolongeant ainsi l'autre portion dans ce plan.

L'espace primaire repose sur l'espace secondaire, ce dernier reposant lui-même sur la structure porteuse de la cuve. La couche étanche et thermiquement isolante s'étend quant à elle entre la structure porteuse et le volume interne de la cuve.

Un ratio de la surface de la deuxième portion compris entre 5% et 60% de la surface totale de la paroi de plafond permet de minimiser la déperdition thermique de la paroi de plafond de la cuve, tout en facilitant grandement l'installation d'un ou plusieurs tubes traversants au travers de la paroi de plafond. On comprend qu'avec une deuxième portion s'étendant sur 5% de la surface totale de la paroi de plafond, la déperdition thermique est minimale tout en libérant suffisamment d'espace permettant l'installation d'un ou plusieurs tubes au travers de la paroi de plafond, tandis qu'avec une deuxième portion s'étendant sur 60% de la surface totale de la paroi de plafond, la déperdition thermique reste acceptable, et l'installation d'un ou plusieurs tubes au travers de la paroi de plafond est grandement facilitée.

Selon une caractéristique optionnelle de l'invention, le ratio est calculé en comparant la surface de la couche étanche et thermiquement isolante par rapport à la surface totale de la paroi de plafond, ces deux surfaces étant projetées sur un plan horizontal.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, le ratio de la surface de la deuxième portion de la paroi de plafond par rapport à la surface totale de la paroi de plafond est compris entre 7% et 30%. On atteint ici un compromis qui permet d'offrir des performances d'isolation thermiques de haut niveau, tout en concentrant le ou les tubes traversants sur une surface nécessaire mais suffisante.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, la structure de stockage comprend au moins un dispositif de fermeture de l'espace secondaire disposé au niveau d'au moins une jonction entre la première portion et la deuxième portion de la paroi de plafond.

Le dispositif de fermeture est disposé dans l'épaisseur de l'espace secondaire, pour fermer et conserver l'étanchéité de celui-ci.

Le dispositif de fermeture comprend un premier organe de fermeture et au moins un deuxième organe de fermeture, ces organes de fermeture étant fixés entre eux, ainsi qu'à l'espace secondaire et à la structure porteuse pour rendre étanche l'espace secondaire.

Selon une autre caractéristique de l'invention, l'espace primaire et la couche étanche et thermiquement isolante communiquent aérauliquement entre elles.

On comprend qu'un gaz circulant dans l'espace primaire est également en circulation dans la couche étanche et thermiquement isolante.

- 5 Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, l'espace secondaire comprend, successivement dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière secondaire thermiquement isolante apte à être au contact de la structure porteuse et une membrane secondaire d'étanchéité portée par la barrière secondaire thermiquement isolante, l'espace primaire comprenant, successivement dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers
- 10 l'intérieur de la cuve, une barrière primaire thermiquement isolante reposant contre la membrane secondaire d'étanchéité et une membrane primaire d'étanchéité portée par la barrière primaire thermiquement isolante et destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve, la couche étanche et thermiquement isolante comprenant une paroi thermiquement isolante reposant contre la structure porteuse et une membrane imperméable portée par la paroi thermiquement
- 15 isolante et destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve .

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, la barrière primaire thermiquement isolante communique aérauliquement avec la paroi thermiquement isolante.

- Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, une épaisseur de la paroi thermiquement isolante mesurée au niveau la deuxième portion est au moins égale à la somme de
- 20 l'épaisseur de la barrière primaire thermiquement isolante et de l'épaisseur de l'espace secondaire mesurées au niveau de la première portion.

L'épaisseur est mesurée le long d'une direction perpendiculaire au plan d'extension principale de chacune des portions.

- Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, la membrane primaire d'étanchéité et
- 25 la membrane imperméable s'étendent dans un plan commun.

La membrane imperméable de la couche étanche et thermiquement isolante prolonge la membrane primaire d'étanchéité de l'espace primaire, c'est-à-dire en continuité l'une de l'autre.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, la paroi de plafond est composée d'au moins deux pans distincts, chacun de ces pans s'étendant dans un plan sécant à un ou aux plans dans lesquels s'inscrivent les autres pans.

On comprend que les deux pans s'étendent chacun dans un plan sécant aux plans dans lesquels
5 s'inscrivent la pluralité de parois latérales.

De plus, la paroi de plafond peut comprendre un premier pan s'étendant dans un plan perpendiculaire par rapport aux plans dans lesquels s'inscrivent la pluralité de parois latérales et deux autres pans s'étendant chacun dans un plan sécant l'un par rapport à l'autre ainsi qu'au plan dans lequel s'inscrit le premier pan et aux plans dans lesquels s'inscrivent la pluralité de parois
10 latérales. En d'autres termes, on peut imaginer sans pour autant sortir du cadre de l'invention que la paroi de plafond s'étend principalement ou au moins en partie dans un plan perpendiculaires par rapport aux plans dans lesquels s'inscrivent la pluralité de parois latérales, la paroi de plafond comprenant deux chanfreins disposés de part et d'autre de la paroi de plafond et reliant la paroi de plafond à deux parois latérales s'étendant sensiblement chacune dans un plan parallèle au plan
15 dans lequel s'inscrit l'autre paroi latérale.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, la paroi de plafond est composée d'au moins quatre pans distincts, chacun de ces pans s'étendant dans un plan sécant aux plans dans lesquels s'inscrivent les autres pans.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, les quatre pans de la paroi de plafond
20 sont symétriques deux à deux en formant deux pans centraux et deux pans extérieurs.

Entre d'autres termes, la paroi de plafond comprend deux pans extérieurs et deux pans centraux, chaque pan extérieur comprenant au moins un premier bord en contact avec l'une des parois latérales et un deuxième bord en contact de l'un des pans centraux, chaque pan central présentant un bord central commun avec l'autre pan central, le plan de symétrie passant au niveau du bord
25 central commun aux pans centraux.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, la deuxième portion de la paroi de plafond est formée dans au moins l'un des pans centraux de la paroi de plafond.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, la deuxième portion de la paroi de plafond est formée seulement dans les pans centraux de la paroi de plafond.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, la structure porteuse est composée au moins en partie d'un matériau choisi parmi un métal, un alliage métallique, du béton et/ou leur mélange.

- La présente invention a également pour objet une unité de transport et/ou de stockage
- 5 comprenant au moins une cuve selon l'une quelconque des caractéristiques précédentes, l'unité de transport et/ou de stockage consistant en un navire transportant un fluide, une barge, une unité de reliquéfaction, une unité de gazéification, une structure terrestre ou une plateforme gravitaire.

- On comprend par navire transportant un fluide, un navire comprenant une cuve selon l'invention
- 10 chargé en fluide, tel que du gaz naturel liquide par exemple, le navire acheminant ce fluide d'un port à un autre.

Le terme « barge » est une catégorie de navire transportant un fluide dont la particularité est de présenter un fond plat, facilitant la circulation de telle barge dans les différents cours d'eau, comme sur fleuves par exemple, ou dans un port.

- 15 On comprend par « plateforme gravitaire » que la cuve est au moins partiellement immergée, dans un port par exemple, et qu'une unité de reliquéfaction et/ou gazéification est installée au niveau du plafond de la cuve. Plus précisément, la cuve peut collaborer avec l'unité de reliquéfaction et/ou gazéification de sorte que la cuve stocke du gaz liquéfié provenant de l'unité de liquéfaction et/ou alimente en gaz liquéfié l'unité de gazéification.

- 20 La présente invention a également pour objet un procédé de chargement ou de déchargement de gaz liquéfié contenu dans une cuve selon l'une quelconque des caractéristiques précédentes, durant 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 une cuve d'un navire.

- D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention ressortiront plus clairement à la
- 25 lecture de la description qui suit d'une part, et de plusieurs exemples de réalisation donnés à titre indicatif et non limitatif en référence aux dessins schématiques annexés d'autre part, sur lesquels :

[Fig. 1] est une représentation en perspective d'une cuve selon l'invention ;

[Fig. 2] est une coupe transversale de la cuve selon la figure 1 ;

[Fig. 3] est une représentation en perspective d'une première portion et d'une deuxième portion d'une paroi de plafond de la cuve selon la figure 1 ;

[Fig. 4] est une coupe transversale d'une jonction entre la première portion et la deuxième portion de la paroi de plafond de la cuve selon la figure 3.

- 5 Les caractéristiques, variantes et les différentes formes de réalisation de l'invention peuvent être associées les unes avec les autres, selon diverses combinaisons, dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes par rapport aux autres. On pourra notamment imaginer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites par la suite de manière isolée des autres caractéristiques décrites, si cette sélection de caractéristiques est
- 10 suffisante pour conférer un avantage technique et/ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieur.

Dans la description qui va suivre, les dénominations « longitudinale », « transversale » et « verticale » se réfèrent à l'orientation d'une cuve étanche et thermiquement isolante selon l'invention. Une direction longitudinale correspond à une direction principale d'extension de la

15 cuve étanche et thermiquement isolante, cette direction longitudinale étant parallèle à un axe longitudinal L d'un repère L, V, T illustré sur les figures. Une direction transversale correspond à une direction parallèle à un axe transversal le long duquel s'étend principalement une paroi frontale de la cuve étanche et thermiquement isolante, cette direction transversale étant parallèle à un axe transversal T du repère L, V, T et cet axe transversal T étant perpendiculaire à l'axe

20 longitudinal L. Enfin, une direction verticale correspond à une direction parallèle à un axe vertical V du repère L, V, T, cet axe vertical V étant perpendiculaire à l'axe longitudinal L et l'axe transversal T.

La figure 1 illustre une cuve 1 étanche et thermiquement isolante prenant globalement la forme d'un parallélépipède rectangle. La cuve 1 comprend une structure de stockage 2 et une structure

25 porteuse 4 enveloppant la structure de stockage 2. La structure de stockage 2 est configurée pour contenir et/ou stocker un fluide, et plus particulièrement un liquide cryogénique, comme par exemple du gaz naturel liquide ou du gaz de pétrole liquéfié. La structure de stockage 2 comprend une pluralité de parois reposant contre la structure porteuse 4. Cette dernière est configurée pour

soutenir la pluralité de parois lorsque la cuve 1 est au moins partiellement remplie par ce fluide, ce fluide exerçant une pression sur chacune des parois de la pluralité de parois.

Selon un exemple non limitatif, ce type de cuve 1 est utilisé dans le stockage terrestre de gaz naturel liquide pour contenir du gaz naturel liquide et/ou comme point de chargement et/ou de déchargement de navire de transport maritime, tel que par exemple une plateforme gravitaire. On comprend par « plateforme gravitaire » que la cuve est au moins partiellement immergée, dans un port par exemple, et qu'une unité de liquéfaction et/ou gazéification est installée au niveau du plafond de la cuve. Plus précisément, la cuve 1 peut collaborer avec l'unité de liquéfaction et/ou gazéification de sorte que la cuve stocke du gaz liquéfié provenant de l'unité de liquéfaction et/ou alimente en gaz liquéfié l'unité de gazéification.

Avantageusement, la structure porteuse 4 est formée par une structure en béton à l'intérieur de laquelle est disposée la structure de stockage 2. On comprend ici que les parois de la structure porteuse 4 comprennent du béton optimisant le maintien structurel de cuve 1 lorsque celle-ci est, par exemple, installée à quai. On comprend ici que la cuve 1 peut être une cuve terrestre, par exemple installée dans un port maritime pour permettre d'une part à un navire de pouvoir charger/décharger du fluide depuis ou vers la cuve 1, et d'autre part d'avoir accès à la cuve 1 en restant à terre.

Par ailleurs, cette cuve 1 peut également être utilisée comme cuve 1 de transport de gaz naturel liquide, ou encore comme réservoir de carburant d'un navire et/ou d'une barge. Enfin, cette cuve 1 peut également être utilisée dans le transport maritime, comme cuve 1 de transport de gaz naturel liquide.

Tel qu'illustré ici sur la figure 1, la cuve 1 s'étend principalement le long d'une direction longitudinale L. La pluralité de parois de la structure de stockage 2 comprend une paroi de plafond 6 et une paroi de fond 8 s'étendant chacune globalement dans un plan parallèle à la direction longitudinale L et à une direction transversale T, cette dernière étant perpendiculaire à la direction longitudinale L. La structure de stockage 2 comprend également une pluralité de parois latérales 10a, 10b s'étendant au moins le long d'une direction verticale V perpendiculaire à la direction longitudinale L et à la direction transversale T entre la paroi de fond 8 et la paroi de plafond 6. La pluralité de parois latérales 10a, 10b comprend ici deux parois longitudinales 10a

parallèles entre elles et deux parois frontales 10b parallèles entre elles. Les parois longitudinales 10a s'étendent le long de la direction longitudinale L, les parois frontales 10b s'étendant quant à elles le long de la direction transversale T entre les deux parois longitudinales 10a.

La structure porteuse 4 prend la forme de la structure de stockage 2, en enveloppant cette dernière. Pour cela, la structure porteuse 4 comprend une pluralité de cloisons 12, chacune de ses cloisons 12 s'étendant avantageusement parallèlement à l'une des parois de la pluralité de parois.

Pour faciliter la compréhension de l'invention, l'une des deux parois frontales 10b de la structure porteuse 4, ainsi que la cloison de la structure porteuse 4 adjacente à cette paroi frontale sont marquées sur la figure 1.

Selon l'invention et tel qu'illustré sur la figure 1, la paroi de plafond 6 comprend deux portions distinctes, dont une première portion 46 est composée d'au moins deux espaces étanches l'un par rapport à l'autre, et une deuxième portion 48 étant composée au moins par une couche étanche et thermiquement isolante 50 en contact avec la structure porteuse 4 tout en participant à définir un volume interne 44 de la cuve 1.

La cuve 1, et plus particulièrement la structure de stockage 2, est configurée pour maintenir le gaz naturel liquide à une température d'au plus de -163 °C. Pour cela et tel qu'illustré sur la figure 2, chaque paroi de la structure de stockage 2, ainsi que la première portion 46 de la paroi de plafond 6, comportent successivement dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve 1, un espace secondaire 28 et un espace primaire 30 étanches, thermiquement isolants et étanches l'un par rapport à l'autre.

On va maintenant décrire la composition de chacun des espaces primaire 30 et secondaires 28 ainsi que la composition de la couche étanche et thermiquement isolante 50 en référence à la figure 2, qui est une coupe de la cuve 1 selon un plan P avantageusement parallèle aux directions transversale T et verticale V.

Plus précisément, l'espace secondaire 28 au niveau de la première portion 46 de la paroi de plafond comprend, successivement depuis la structure porteuse 4 vers l'espace primaire 30, une barrière secondaire thermiquement isolante 32, une membrane secondaire d'étanchéité 34, l'espace primaire 30 comprenant quant à lui, successivement depuis l'espace secondaire 28 vers

l'intérieur de la cuve 1, une barrière primaire thermiquement isolante 36 et une membrane primaire d'étanchéité 38.

La barrière secondaire thermiquement isolante 32 est une juxtaposition de panneaux autoporteurs calorifuges, chaque panneau autoporteur calorifuge comprenant, successivement depuis la structure porteuse 4 vers la membrane secondaire d'étanchéité 34, un premier panneau de contreplaqué de bois, un bloc d'isolant thermique et un deuxième panneau de contreplaqué de bois. Le bloc d'isolant thermique s'étend entre les panneaux de contreplaqué de bois et peut être constituée par un matériau synthétique alvéolaire, tel qu'une mousse de polyuréthane par exemple, permettant une isolation thermique efficace et homogène. La barrière secondaire thermiquement isolante 32, et plus particulièrement le deuxième panneau de contreplaqué de bois, est solidaire de la membrane secondaire d'étanchéité 34, par exemple par collage.

Selon une alternative, la barrière secondaire thermiquement isolante 32 ne comprend que le premier panneau de contreplaqué de bois et le bloc d'isolant thermique, ce dernier s'étendant entre le premier panneau de contreplaqué de bois et la membrane secondaire d'étanchéité 34.

La membrane secondaire d'étanchéité 34 comprend une membrane rigide secondaire d'étanchéité 40 et une membrane souple secondaire d'étanchéité 42, tel que plus particulièrement visible sur la figure 4.

Tel qu'illustré sur la figure 2, la barrière primaire thermiquement isolante 36 présente les mêmes composants que la barrière secondaire thermiquement isolante 32, ces mêmes composants étant superposés de façon similaire. On retrouve ainsi un bloc d'isolant thermique surmonté dans le sens de l'épaisseur par un panneau de contreplaqué de bois tourné vers la membrane d'étanchéité 38. On pourra se référer à ce qui précède pour la composition et la fonction de chacun de ces éléments.

Lors du montage de la cuve 1 étanche et thermiquement isolante, les parois de la structure de stockage 2 sont montées par juxtaposition des panneaux autoporteur calorifuge. Ces panneaux d'assemblage sont ensuite recouverts par la membrane primaire d'étanchéité 38, qui peut être en acier inoxydable en présentant des ondes. On notera qu'alternativement la membrane d'étanchéité primaire est par exemple en tôle d'Invar®.

La membrane primaire d'étanchéité 38 est destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve 1 tout en participant à définir le volume interne 44 de la cuve 1.

La deuxième portion 48 comprend, dans le sens de l'épaisseur depuis la structure porteuse 4 vers le volume interne 44 de la cuve 1, une paroi thermiquement isolante 52 reposant contre la structure porteuse 4 et une membrane imperméable 54 portée par la paroi thermiquement isolante 52 et destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve 1.

La paroi thermiquement isolante 52 est de même composition que les barrières primaire et secondaire thermiquement isolantes 32, 36 des espaces primaires et secondaires 28, 30, et comprend donc au moins un bloc d'isolant thermique et un panneau de contreplaqué de bois fixé sur la structure porteuse 4, par collage par exemple.

La paroi thermiquement isolante 52 de la couche étanche et thermiquement isolante 50 présente une épaisseur au moins égale à la somme de l'épaisseur de la barrière primaire thermiquement isolante 36 et de l'épaisseur de l'espace secondaire 28 mesurées au niveau de la première portion 46. L'épaisseur de la paroi thermiquement isolante 52 est mesurée le long d'un axe perpendiculaire à un plan dans lequel s'étend principalement la deuxième portion 48, l'épaisseur de la barrière primaire thermiquement isolante 36 et l'épaisseur de l'espace secondaire 28 étant mesurées le long d'une direction perpendiculaire à un plan dans lequel s'étend principalement la première portion 46. En d'autres termes, l'épaisseur de la paroi thermiquement isolante 52 est l'addition des épaisseurs de la barrière secondaire thermiquement isolante 32, de la membrane secondaire d'étanchéité 34 et de la barrière primaire thermiquement isolante 36.

Par ailleurs et selon l'exemple illustré ici, la paroi thermiquement isolante 52 de la couche étanche et thermiquement isolante 50 communique aérauliquement avec la barrière primaire thermiquement isolante 36 de l'espace primaire 30. En effet, un fluide d'inertage circule dans la barrière primaire thermiquement isolante 36 de l'espace primaire 30 et peut également parcourir la paroi thermiquement isolante 52 de la couche étanche et thermiquement isolante 50.

La membrane imperméable 54 est fixée sur la paroi thermiquement isolante 52 et est de même composition que la membrane primaire d'étanchéité 38, c'est-à-dire en acier inoxydable en présentant des ondes, ou encore en tôle d'Invar®. La membrane imperméable 54 est soudée au

niveau d'au moins une de ses extrémités à la membrane primaire d'étanchéité 38 assurant une continuité de la paroi de plafond 6 entre la première portion 46 et la deuxième portion 48.

Selon l'exemple illustré sur la figure 2, la membrane imperméable 54 de la couche étanche et thermiquement isolante 50 et la membrane primaire d'étanchéité 38 de l'espace primaire 30
5 s'étendent au moins partiellement dans un plan commun, la membrane imperméable 54 prolongeant la membrane primaire d'étanchéité 38 de l'espace primaire 30 sur la couche étanche et thermiquement isolante 50 au niveau de la deuxième portion 48.

Selon l'exemple illustré sur la figure 2, la structure de stockage comprend également au moins un dispositif de fermeture 58 de l'espace secondaire 28 disposé au niveau d'au moins une jonction
10 entre la première portion 46 et la deuxième portion 48 de la paroi de plafond 6. La description du dispositif de fermeture 58 est réalisée en rapport avec la figure 4.

On va maintenant décrire plus en détail la forme de la paroi de plafond 6 de la structure porteuse 2 en référence aux figures 1, 2 et 3.

La paroi de plafond 6 est composée d'au moins quatre pans 14, 16, 18, 20 distincts, chacun de
15 ces pans 14, 16, 18, 20 s'étendant dans un plan sécant aux plans dans lesquels s'inscrivent les autres pans 14, 16, 18, 20. En d'autres termes, le plan d'un des pans 14, 16, 18, 20 est sécant aux trois autres plans dans lesquels s'étendent les autres pans 14, 16, 18, 20. Chaque pan s'étend longitudinalement entre chaque paroi frontale 10b de la structure porteuse 4.

Les quatre pans 14, 16, 18, 20 de la paroi de plafond 6 sont symétriques deux à deux en formant
20 deux pans centraux 14, 16 et deux pans extérieurs 18, 20. La structure de stockage 2 comprend un plan de symétrie qui passe par un sommet 26 de la cuve et qui s'étend dans un plan longitudinal et vertical, un pan central et un pan extérieur étant symétriques à l'autre pan central et l'autre pan extérieur. Ainsi, la paroi de plafond 6 comprend un premier pan extérieur 18 et un deuxième pan extérieur 20 encadrant, selon la direction transversale T, un premier pan central 14
25 et un deuxième pan central 16.

Chaque pan extérieur 18, 20 s'étend entre un premier bord 22 et un deuxième bord 24, le premier bord 22 étant en contact avec l'une des parois longitudinales 10a de la structure porteuse 4, le deuxième bord 24 étant quant à lui en contact avec l'un des pans centraux 14, 16. Chaque

pan extérieur 18, 20 s'étend dans un plan sécant à l'un des plans d'extension principale de l'une des parois longitudinales 10a, l'angle formé ayant une valeur comprise entre 0° et 30°.

Chaque pan central 14, 16 s'étend entre le deuxième bord 24 de l'un des pans extérieurs 18, 20 et un sommet 26, le sommet 26 étant commun aux deux pans centraux 14, 16. Le premier pan
5 central 14 s'étend dans un plan sécant au plan dans lequel le deuxième pan central 16, l'angle formé ayant une valeur comprise entre 0° et 30°, et de préférence entre 5° et 15°. Par ailleurs, le plan de symétrie des pans 14, 16, 18, 20 de la paroi de plafond 6 mentionné ci-dessus passe par le sommet 26 commun aux deux pans centraux 14, 16.

Sur l'exemple illustré sur la figure 2, la deuxième portion 48 de la paroi de plafond 6 est formée
10 dans au moins l'un des pans centraux 14, 16 de la paroi de plafond 6. Cependant, une deuxième portion 48 s'étendant uniquement sur un des pans centraux 14, 16 ou uniquement sur l'un des pans extérieurs 18, 20 ne sortirait pas du cadre de l'invention et constituerait un mode de réalisation non représenté.

Dans un autre mode de réalisation alternatif, les deux pans centraux 14, 16 forment un seul et
15 même pan s'étendant dans un plan sécant aux plans dans lesquels s'inscrivent les pans extérieurs 18, 20.

La cuve 1 comprend un tube traversant 60 au moins la structure porteuse 4 et la structure de stockage 2 au niveau de la deuxième portion 48 de la paroi de plafond 6. Plus précisément, le tube traversant 60 s'étend au niveau du sommet 26 des pans centraux 14, 16 en traversant,
20 successivement depuis l'extérieur de la cuve 1 vers le volume interne 44 de la cuve 1, une cloison 12 de la structure porteuse 4, la paroi thermiquement isolante 52 et la membrane imperméable 54. Un dispositif d'étanchéité est installé entre le tube traversant 60 et la couche étanche et thermiquement isolante 50 pour empêcher toute infiltration du fluide contenu dans la cuve 1 dans la paroi de plafond 6, tout en limitant la déperdition thermique.

25 Cette figure illustre bien l'avantage qui résulte de l'invention. On voit bien ici qu'il est nécessaire de concevoir, fabriquer et assembler un seul dispositif d'étanchéité puisque le tube traversant 60 ne traverse qu'une seule et unique couche. Les moyens sont donc plus simples et plus économiques.

Selon l'invention et tel qu'illustré sur la figure 3, un ratio de la surface de la deuxième portion 48 de la paroi de plafond 6 par rapport à la surface totale de la paroi de plafond 6 est compris entre 5% et 60%.

- Pour calculer ce ratio, on compare la surface de la deuxième portion 48 à la surface totale de la paroi de plafond 6. Ici, la deuxième portion 48 s'étend sur une partie des pans centraux 14, 16 et prend une forme rectangulaire. On mesure une première longueur D1 de la paroi de plafond 6 et une deuxième longueur D1' de la deuxième portion 48, chacune de ces longueurs D1, D1' étant mesurées le long de la direction longitudinale L entre, respectivement, les extrémités longitudinales de la paroi de plafond 6 et les extrémités longitudinales de la deuxième portion 48.
- On mesure également une première largeur D2 de la paroi de plafond 6 et une deuxième largeur D2' de la deuxième portion 48. Plus précisément, la première largeur D2 est une somme des largeurs de chacun des pans 14, 16, 18, 20, les largeurs des pans extérieurs 18, 20 étant mesurées perpendiculairement à la direction longitudinale L entre leurs premiers bords 22 et leurs deuxièmes bords 24, les largeurs des pans centraux 14, 16 étant mesurées perpendiculairement à la direction longitudinale L entre leurs deuxièmes bords 24 commun avec les pans extérieurs 18, 20 et le sommet 26.

- La deuxième largeur D2' de la deuxième portion 48 est la somme des largeurs de la deuxième portion 48 mesurées le long de chacun des pans centraux 14, 16 entre une extrémité transversale de la deuxième portion 48, correspondant à une jointure entre la première portion 46 et la deuxième portion 48, et le sommet 26 commun aux deux pans centraux 14, 16.

- On calcule ensuite la surface de la paroi de plafond 6, en réalisant le produit de la première longueur D1 et de la première largeur D2, et la surface de la deuxième portion 48, en réalisant le produit de la deuxième longueur D1' et de la deuxième largeur D2'. On calcule ensuite le ratio de la surface de la deuxième portion 48 par rapport à la surface totale de la paroi de plafond 6, ce ratio étant exprimé en pourcentage.

On peut résumer le calcul de ce ratio par l'équation suivante, où R correspond au ratio de la deuxième portion 48 par rapport à la surface totale de la paroi de plafond 6 et s'exprime en pourcentage (%), chacune des longueurs D1, D1' et des largeurs D2, D2' étant exprimées dans la même unité, comme par exemple en mètre (m) :

$$[\text{MATH } 1] : R = \frac{D1' * D2'}{D1 * D2} * 100$$

Le ration R étant selon l'invention compris entre 5% et 60%, et avantageusement entre 7% et 30%.

On va maintenant décrire le dispositif de fermeture 58 de l'espace secondaire 28 au niveau de la
5 jonction entre la première et la deuxième portions 46, 48, en référence à la figure 4 selon la plan U.

Le dispositif de fermeture 58 comprend un premier organe de fermeture 62 et au moins un
deuxième organe de fermeture 64 configurés pour coopérer l'un avec l'autre de manière à séparer
l'espace secondaire 28 de la première portion 46 de la couche étanche et thermiquement isolante
10 50 constitutive de la deuxième portion 48.

Chacun des organes de fermeture 62, 64 présente un profil en « L » vu dans un plan de coupe
transversale et verticale de la paroi de plafond 6. Chaque organe de fermeture 62, 64 comprend
une première partie 66 et au moins une deuxième partie 68 s'étendant dans des plans sécants. Ici,
chaque organe de fermeture 62, 64 comprend une partie coudée 70 reliant les premières parties
15 66 aux deuxièmes parties 68 respectives de chacun des organes de fermeture 62, 64.

La première partie 66 du premier organe de fermeture 62 s'étend ici au moins en partie entre
l'espace secondaire 28 et l'espace primaire 30 de la première portion 46. La barrière secondaire
thermiquement isolante 32 présente une zone de fixation de la première partie 66 du premier
organe de fermeture 62 au niveau de laquelle une portion de la membrane secondaire d'étanchéité
20 34 est prolongée par une plaque 72 ménagée entre l'espace secondaire 28 et l'espace primaire 30.
Plus précisément, la plaque 72 prolonge ici la membrane rigide secondaire d'étanchéité 40, la
membrane souple secondaire d'étanchéité 42 recouvrant au moins en partie la plaque 72, de sorte
à assurer une étanchéité entre la plaque 72 et la membrane rigide secondaire d'étanchéité 40.

La plaque 72 est fixée par un premier dispositif de fixation 74, telle qu'une vis ou un rivet par
25 exemple, à la barrière secondaire thermiquement isolante 32. La première partie 66 du premier
organe de fermeture 62 est fixée à la plaque 72, par exemple grâce à un cordon de soudure, de
sorte que la première partie 66 du premier organe de fermeture 62 est ménagée au moins entre la
plaque 72 et l'espace primaire 30.

Plus précisément, et tel qu'illustré sur la figure 4, la barrière secondaire thermiquement isolante 32 comprend au moins un panneau autoporteur 71 thermiquement isolant présentant une face externe 78 fixé à la structure porteuse 4 par un élément de fixation 80, tel que du mastic par exemple, une face interne 82 sur laquelle la plaque 72 de l'espace secondaire 28 est fixée, et une
5 face d'épaisseur 84 s'étendant entre la face externe 78 et la face interne 82 en regard de la deuxième portion 48 de la paroi de plafond. Chacune des faces 78, 82, 84 du panneau autoporteur 71 comprend une plaque en bois de contre-plaqué 81. C'est sur ou dans ces plaques en bois de contre-plaqué 81 que le premier et/ou le deuxième dispositifs de fixation 74, 76 sont fixés, notamment par vissage ou rivetage.

10 Par ailleurs, la barrière secondaire thermiquement isolante 32 présente un chanfrein 86 reliant la face interne 82 à la face d'épaisseur 84 de la barrière secondaire. La partie coudée 70 du premier organe de fermeture 62 est agencée en droit du chanfrein 86.

Selon une alternative de l'invention, la plaque en bois de contre-plaqué 81 au niveau de la face interne 82 de la barrière secondaire thermiquement isolante 32 peut n'être disposé qu'au niveau
15 de la plaque 72 de sorte que le premier dispositif de fixation 72 puisse se fixer dans la plaque en bois de contre-plaqué 81. Le bloc d'isolant thermique constitutif de la barrière secondaire thermiquement isolante 32 étant alors directement recouvert par la membrane secondaire d'étanchéité 34 au niveau de la face interne 82 de la barrière secondaire thermiquement isolante 32,

20 Le premier organe de fermeture 62 est positionné contre la barrière secondaire thermiquement isolante 32 de sorte que la deuxième partie 68 du premier organe de fermeture 62 s'étendent le long de la face d'épaisseur 84 de la barrière secondaire thermiquement isolante 32. La deuxième partie 68 du premier organe de fermeture 62 est fixée à la barrière secondaire thermiquement isolante 32 au niveau de la face d'épaisseur 84 par un deuxième dispositif de fixation 76 tel que,
25 par exemple, une vis ou un rivet.

Selon l'exemple illustré ici sur la figure 4, la deuxième partie 68 de chaque organe de fermeture 62, 64 s'étend dans un plan perpendiculaire aux plans dans lesquels s'étendent les premières parties 66 des premier et deuxième organe de fermeture 62, 64. La deuxième partie 68 du premier organe de fermeture 62 s'étend ainsi depuis la partie coudée 70 du premier organe de fermeture

62 vers la structure porteuse 4, la deuxième partie 68 du deuxième organe de fermeture 64 s'étendant depuis la partie coudée 70 du deuxième organe de fermeture 64 vers le volume interne de la cuve. Dans cette disposition, les deuxièmes parties 68 de chacun des organes de fermeture 62, 64 sont soudées entre eux de manière étanche.

- 5 Le premier organe de fermeture 62 et le deuxième organe de fermeture 64 sont disposés tête-bêche.

La première partie 66 du deuxième organe de fermeture 64 s'étend quant à elle au moins en partie entre la couche étanche et thermiquement isolante 50 de la deuxième portion 48 et la structure porteuse 4. La première partie 66 du deuxième organe de fermeture 64 est fixée à la
10 structure porteuse 4. Pour cela, la structure porteuse 4 comprend un insert, tel qu'une plaque par exemple, au niveau de la zone où la première partie 66 du deuxième organe de fermeture 64 doit se fixer. Selon un exemple de l'invention, l'insert de la structure porteuse 4 est métallique, la première partie 66 du deuxième dispositif de fixation 76 étant fixée sur l'insert de la structure porteuse 4 par au moins un cordon de soudure.

- 15 Selon l'exemple illustré ici, les deuxièmes parties 68 des organes de fermeture 62, 64, une partie de la paroi thermiquement isolante 52 et une partie de la barrière primaire thermiquement isolante 36 participent à délimiter un espace 92 rempli par un composant thermiquement isolant, tel que de la laine de verre ou de roche, de la mousse polymère souple par exemple.

Par ailleurs, au moins le premier organe de fermeture 62 et le deuxième organe de fermeture 64
20 du dispositif de fermeture 58 sont élastiquement déformables. Les différents composants de la paroi de plafond 6 peuvent être amenés se contracter et/ou s'étendre, par exemple à cause des mouvements de la houle ou encore à cause de changement thermique brusque. Le premier organe de fermeture 62 et le deuxième organe de fermeture 64 du dispositif de fermeture 58 sont configurés pour pouvoir suivre ces mouvements de contraction ou d'extension des composants de
25 la paroi de plafond 6. Plus précisément, le fait que les premières parties 66 et les deuxièmes parties 68 de chacun des organes de fermeture 62, 64 s'étendent dans des plans sécants permet à chacun des organes de fermeture 62, 64 de s'ouvrir ou de se refermer autour d'un point formé à l'intersection de ces plans sécants.

L'invention concerne également un procédé de chargement ou de déchargement de gaz liquéfié contenu dans la cuve précédemment décrite, durant 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 une cuve d'un navire.

- 5 L'invention ne saurait toutefois se limiter aux moyens et configurations décrits et illustrés ici, et elle s'étend également à tout moyen ou configuration équivalents décrits et illustrés ici, ainsi qu'à toute combinaison technique opérant de tels moyens. En particulier, la position de la deuxième portion, ici au niveau des pans centraux de la paroi de plafond, peut dans un autre mode de réalisation être ménagée au niveau d'au moins un autre pan. De plus, une paroi de plafond peut
- 10 comprendre deux zones ou plus où s'étendent une deuxième portion telle que décrite ci-dessus sans pour autant sortir du cadre de l'invention. Enfin, la deuxième portion peut être traversé par une pluralité de tubes traversant 60, tel que celui illustré à la figure 2.

REVENDEICATIONS

1. Cuve (1) étanche et thermiquement isolante comportant au moins une structure de stockage (2) d'un fluide et une structure porteuse (4) enveloppant la structure de stockage (2), la structure de stockage (2) comprenant une pluralité de parois dont au moins une paroi de plafond (6), une paroi de fond (8) et une pluralité de parois latérales (10a, 10b) s'étendant entre la paroi de plafond (6) et la paroi de fond (8), au moins la paroi de plafond (6) comprenant une première portion (46) et une deuxième portion (48), la première portion (46) comportant, successivement dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve (1), un espace secondaire (28) étanche et thermiquement isolant et un espace primaire (30) étanche et thermiquement isolant, l'espace secondaire (28) étant configuré pour être en contact avec la structure porteuse (4), l'espace primaire (30) délimitant un volume interne (44) configuré pour recevoir le fluide contenu dans la cuve (1), la deuxième portion (48) comprenant une couche étanche et thermiquement isolante (50), caractérisée en ce que la couche étanche et thermiquement isolante (50) de la deuxième portion (48) est en contact avec la structure porteuse (4) tout en participant à délimiter le volume interne (44) de la cuve (1), un ratio de la surface de la deuxième portion (48) de la paroi de plafond (6) par rapport à la surface totale de la paroi de plafond (6) étant compris entre 5% et 60%.
5
10
15
2. Cuve (1) selon la revendication 1, dans laquelle le ratio de la surface de la deuxième portion (48) de la paroi de plafond (6) par rapport à la surface totale de la paroi de plafond (6) est compris entre 7% et 30%.
20
3. Cuve (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la structure de stockage (2) comprend au moins un dispositif de fermeture (58) de l'espace secondaire (28) disposé au niveau d'au moins une jonction entre la première portion (46) et la deuxième portion (48) de la paroi de plafond (6).
- 25 4. Cuve (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle l'espace primaire (28) et la couche étanche et thermiquement isolante (50) communiquent aérauliquement entre elles.
5. Cuve (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle l'espace secondaire (28) comprend, successivement dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve (1), une barrière secondaire thermiquement isolante (32) apte à être au
30

contact de la structure porteuse (4) et une membrane secondaire d'étanchéité (34) portée par la barrière secondaire thermiquement isolante (32), l'espace primaire (30) comprenant, successivement dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve (1), une barrière primaire thermiquement isolante (36) reposant contre la membrane secondaire d'étanchéité (34) et une membrane primaire d'étanchéité (38) portée par la barrière primaire thermiquement isolante (36) et destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve (1), la couche étanche et thermiquement isolante (50) comprenant une paroi thermiquement isolante (52) reposant contre la structure porteuse (4) et une membrane imperméable (54) portée par la paroi thermiquement isolante (52) et destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve (1).

6. Cuve (1) selon la revendication 5, dans laquelle une épaisseur de la paroi thermiquement isolante (52) mesurée au niveau la deuxième portion (48) est au moins égale à la somme de l'épaisseur de la barrière primaire thermiquement isolante (36) et de l'épaisseur de l'espace secondaire (28) mesurées au niveau de la première portion (46).

7. Cuve (1) selon l'une quelconque des revendications 5 ou 6, dans laquelle la membrane primaire d'étanchéité (38) et la membrane imperméable (54) s'étendent dans un plan commun.

8. Cuve (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la paroi de plafond (6) est composée d'au moins deux pans (14, 16, 18, 20) distincts, chacun de ces pans (14, 16, 18, 20) s'étendant dans un plan sécant aux plans dans lesquels s'inscrivent le ou les autres pans (14, 16, 18, 20).

9. Cuve (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la paroi de plafond (6) est composée d'au moins quatre pans (14, 16, 18, 20) distincts, chacun de ces pans (14, 16, 18, 20) s'étendant dans un plan sécant aux plans dans lesquels s'inscrivent les autres pans (14, 16, 18, 20).

10. Cuve (1) selon la revendication 9, dans lequel les quatre pans (14, 16, 18, 20) de la paroi de plafond (6) sont symétriques deux à deux en formant deux pans centraux (14, 16) et deux pans extérieurs (18, 20).

11. Cuve (1) selon la revendication 10, dans laquelle la deuxième portion (48) de la paroi de plafond (6) est formée dans au moins l'un des pans centraux (14, 16) de la paroi de plafond (6).

12. Cuve (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la structure porteuse (4) est composée au moins en partie d'un matériau choisi parmi un métal, un alliage métallique, du béton et/ou leur mélange.
13. Unité de transport et/ou de stockage comprenant au moins une cuve (1) selon l'une
5 quelconque des revendications précédentes et consistant en un navire transportant un fluide, une barge, une unité de reliquéfaction, une unité de gazéification, une structure terrestre ou une plateforme gravitaire.
14. Procédé de chargement ou de déchargement de gaz liquéfié contenu dans une cuve (1)
selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, durant lequel on achemine un produit liquide
10 froid à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis une cuve d'un navire.