

Cuve étanche et thermiquement isolante

Domaine technique de l'invention

L'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes, à membranes. En particulier, l'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes pour le stockage et/ou le transport de liquide à basse température, 5 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 10 peut être destinée au transport de gaz liquéfié ou à recevoir du gaz liquéfié servant de carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant.

Arrière-plan technologique

Dans la demande de brevet français FR2781557, une cuve étanche et isolante 15 comportant deux barrières thermiquement isolantes est décrite. Ces barrières isolantes sont constituées par un ensemble de panneaux préfabriqués. La zone de jonction entre les panneaux préfabriqués est comblée par des bandes de matière thermiquement isolante telle que de la laine de verre.

Dans la demande de brevet français FR2599468, on a proposé une cuve étanche et 20 thermiquement isolante intégrée dans une structure porteuse sur laquelle sont fixés des panneaux en mousse alvéolaire composant une barrière thermiquement isolante. Pour assurer la continuité de la barrière thermiquement isolante, les espaces entre les panneaux sont comblés par des joints intercalaires.

Dans la demande de brevet français FR2813111, il est décrit une cuve étanche et 25 thermiquement isolante intégrée dans une structure porteuse. La structure porteuse présente une première paroi porteuse et une deuxième paroi porteuse formant un angle et se rejoignant au niveau d'une arête. Chaque paroi porteuse comprend des panneaux formant une barrière thermiquement isolante. La continuité thermique entre les deux barrières thermiquement isolantes au niveau de l'arête est assurée par un joint en laine de verre. Et, la continuité 30 thermique au sein de chaque barrière thermiquement isolante est assurée par l'insertion d'une feuille de laine de verre repliée sur elle-même.

Les joints intercalaires en laine de verre proposés par les publications cités ci-dessus ne donnent pas pleine satisfaction. En effet, des interstices propices aux phénomènes de convection entre l'extérieur et l'intérieur de la cuve notamment en présence de gaz naturel 35 liquéfié sont susceptibles d'apparaître au niveau de ces joints intercalaires.

Alternativement, dans la demande brevet japonais JPH4194498, il est décrit des joints plats comprenant une matière isolante, telle que de la laine de verre ou du polyuréthane, enveloppée d'un sac étanche en film plastique. Les joints plats sont insérés dans un état comprimé sous vide dans les espaces inter-panneaux. Une fois inséré, le sac est percé pour
5 laisser le joint s'expanser et occuper tout l'espace inter-panneau. Toutefois, la demanderesse a constaté que ces joints plats se contractent plus que l'espace inter-panneaux dans lequel ils sont logés à basse température. De cette contraction il résulte l'apparition d'interstices séparant les joints plats et les faces des panneaux délimitant l'espace inter-panneaux. De tels interstices favorisent les phénomènes de convection et sont préjudiciables à la continuité de
10 la barrière thermiquement isolante.

Résumé

Une idée à la base de l'invention est de fournir une cuve étanche et thermiquement isolante ne présentant pas ces inconvénients. Ainsi le but de l'invention est de mieux contrôler
15 la continuité thermique des barrières thermiquement isolante, notamment dans une direction longitudinale de l'espace intercalaire compris entre au moins deux rangées de blocs composant les barrières thermiquement isolantes, lors de la mise en froid de ladite cuve.

A cet effet, la présente invention a pour objet une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide intégrée dans une structure porteuse, comportant
20 successivement dans une direction d'épaisseur une structure porteuse, une barrière thermiquement isolante retenue sur la structure porteuse, et une membrane d'étanchéité supportée par la barrière thermiquement isolante, la barrière thermiquement isolante comportant des panneaux isolants agencés sous la forme d'au moins deux rangées parallèles, les deux rangées de panneaux isolants étant séparées par un espace intercalaire présentant
25 une petite largeur par rapport aux dimensions des panneaux isolants, la barrière thermiquement isolante comportant en outre des joint plats, les joints plats étant agencés dans l'espace intercalaire de manière à être compressés entre les deux rangées de panneaux isolants, la barrière thermiquement isolante comportant en outre au moins un insert agencé dans une zone de contiguïté où un premier joint plat et un deuxième joint plat sont contigus de
30 manière à compresser l'insert entre les joints plats dans une direction longitudinale de l'espace intercalaire.

Les joints plats sont compressés entre deux rangées après avoir été insérés dans l'espace intercalaire. Lors de la mise en froid de la cuve, les panneaux isolants vont se contracter ainsi que les joints plats. Toutefois les joints plats ne se contracteront pas
35 suffisamment pour que des interstices se créent entre les panneaux isolants et les joints plats.

Ainsi la continuité thermique est toujours assurée dans le sens de la largeur de l'espace intercalaire.

Selon un mode de réalisation, les joints plats sont compressés uniquement dans le sens de la largeur de l'espace intercalaire, notamment après avoir été insérés dans l'espace
5 intercalaire.

Selon un mode de réalisation, la compression des joints plats est plus importante dans le sens de la largeur de l'espace intercalaire que dans la direction longitudinale de l'espace intercalaire. Dans ce mode de réalisation, les joints plats contigus ont été poussés ou pressés l'un vers l'autre dans la direction longitudinale de sorte à ce qu'il existe, préalablement
10 à l'insertion de l'insert, une force de compression initiale dans une direction longitudinale de l'espace intercalaire, cette force de compression initiale étant inférieure à la force de compression des joints plats entre deux rangées de panneaux isolants.

Les joints plats ne sont pas en ou sont faiblement en compression dans une direction longitudinale de l'espace intercalaire. Un interstice peut donc se créer ou être créé facilement
15 dans une zone de contiguïté où deux joints plats sont contigus lors de la mise en froid de la cuve. L'ajout de l'insert va mettre en compression les joints plats et ledit insert dans la direction longitudinale de l'espace intercalaire. Ainsi lors de la mise en froid de la cuve, les joints vont se contracter sous l'effet du froid mais pas suffisamment pour que des interstices propices aux phénomènes de convection se créent. La continuité thermique est donc assurée dans la
20 direction longitudinale de l'espace intercalaire grâce à l'insert compressé entre les deux joints plats.

En outre, la cuve peut posséder les caractéristiques suivantes, considérées isolément ou en combinaison.

Avantageusement, les joints plats comportent une matière compressible isolante recouverte partiellement ou entièrement par une enveloppe de matière en feuille. Une telle
25 enveloppe peut faciliter le glissement du joint plat contre les parois latérales des panneaux isolants lors de l'insertion dudit joint plat. Si elle est fermée une telle enveloppe peut aussi servir à appliquer une dépression pour amincir le joint plat lors de son insertion.

Avantageusement, l'insert comprend une feuille de support pliée en deux formant ainsi un pli, et une couche de matière compressible isolante agencée au moins en partie à
30 l'intérieur dudit pli. Grâce à une telle feuille de support le glissement de l'insert contre les joints plats est facilité lors de la mise en place dudit insert.

Selon un mode de réalisation, l'insert s'étend dans la direction d'épaisseur de ladite cuve, le pli étant orienté vers la structure porteuse. Un tel pli peut facilement recevoir une
35 poussée pour mettre en place l'insert entre les joints plats.

L'espace intercalaire entre les deux rangées peut s'étendre sur une ou plusieurs parois planes de la cuve. Selon un mode de réalisation, la structure porteuse comporte une première paroi porteuse et une deuxième paroi porteuse formant un angle et se rejoignant au niveau d'une arête, les deux rangées étant orientées transversalement à l'arête, le premier joint plat étant agencé dans une première portion de l'espace intercalaire séparant au moins deux panneaux isolants situés sur la première paroi porteuse, le deuxième joint plat étant agencé dans une deuxième portion de l'espace intercalaire séparant au moins deux panneaux isolants situés sur la deuxième paroi porteuse.

Selon un mode de réalisation, la zone de contiguïté est située au droit de l'arête.

Avantageusement, le joint plat présente une face d'extrémité longitudinale inclinée par rapport à la direction longitudinale de l'espace intercalaire.

Selon un mode de réalisation, la face d'extrémité longitudinale inclinée du joint plat est sensiblement parallèle à une bissectrice de l'angle entre les première et deuxième parois porteuses.

Selon un mode de réalisation, l'inclinaison entre la face d'extrémité et la direction longitudinale de l'espace intercalaire est compris entre 45° , par exemple pour un angle de 90° entre les deux parois, et 68° par exemple pour un angle de 135° entre les deux parois.

Avantageusement, la matière compressible isolante du joint plat comprend une laine de verre stratifiée et/ou une laine de roche.

Selon un mode de réalisation, la laine de verre stratifiée présente une densité comprise entre 20 et 80 kg/m^3 .

Selon un mode de réalisation, la direction de stratification de la laine de verre stratifiée est parallèle à une direction de largeur de l'espace intercalaire.

Avantageusement, l'enveloppe de matière en feuille du joint plat comprend du papier.

Selon un mode de réalisation, le papier présente un grammage compris entre 60 et 150 g/m^2 , de préférence compris entre 70 et 100 g/m^2 .

Avantageusement, la feuille de support comprend du papier et/ou du PVC.

Avantageusement, la feuille de support comprend un ruban adhésif sur lequel la couche de matière isolante est collée.

Avantageusement, la couche de matière compressible isolante comprend une matière fibreuse, par exemple de la laine de verre, ou une mousse polymère, par exemple en polyéthylène ou en polyuréthane.

Avantageusement, les panneaux isolants de la barrière thermiquement isolante comportent des blocs de mousse polymère.

Selon un mode de réalisation, les blocs de mousse polymère comprennent du polyuréthane.

5 Selon un mode de réalisation, le polyuréthane présente une densité comprise entre 70 kg/m³ et 220 kg/m³.

 Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante fixée à la structure porteuse est une barrière thermiquement isolante secondaire, la membrane d'étanchéité fixée sur la barrière thermiquement isolante secondaire étant une membrane d'étanchéité
10 secondaire, la cuve comportant, en outre, dans la direction d'épaisseur, de l'extérieur vers l'intérieur, par-dessus la barrière thermiquement isolante secondaire et la membrane d'étanchéité secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire et une membrane d'étanchéité primaire destinée à être en contact avec le liquide contenu dans la cuve.

15 Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé de fabrication d'une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide, comprenant une étape de dépose des panneaux isolants agencés sous la forme d'au moins deux rangées parallèles sur une structure porteuse, les deux rangées de panneaux isolants étant séparées par un espace intercalaire présentant une petite largeur par rapport aux dimensions des panneaux isolants,
20 une étape pour insérer des joints plats, dans l'espace intercalaire de manière à compresser les joints plats entre les deux rangées de panneaux isolants, et une étape pour intercaler un insert dans une zone de contiguïté entre deux joints plats de manière à compresser l'insert entre les joints plats dans une direction longitudinale de l'espace intercalaire.

 On note ici que l'étape d'intercalation d'un insert dans une zone de contiguïté entre
25 deux joints plats peut éventuellement être réalisée lors de la fabrication même du joint plat, ce dernier étant alors équipé d'un insert fixé, au niveau de la zone destinée à former la zone de contiguïté du joint plat, par exemple par collage ou agrafage. Dans ce cas, l'étape d'intercalation consiste à pousser au moins le joint plat déjà équipé de l'insert contre l'autre joint plat contigüe, éventuellement également équipé lui aussi d'un insert ou d'une partie
30 d'insert. Bien entendu, dans ce mode de réalisation, l'insert ou la partie d'insert préalablement fixé au joint plat pourra présenter une forme adaptée à la susdite fonction de compression de l'insert, par exemple une forme de section triangulaire présentant une épaisseur plus importante dans la partie supérieure du joint plat (une fois ce dernier monté dans la cuve).

 Dans la suite, l'invention est présentée conformément à son mode de réalisation
35 préféré, et non limitatif, dans lequel l'étape d'intercalation de l'insert dans la zone de contiguïté

entre deux joints plats est réalisée, ou effectuée, suite au montage/assemblage d'un ensemble de panneaux isolants sur une ou plusieurs parois de la cuve.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape au cours de laquelle une dépression est appliquée dans l'enveloppe de manière à réduire l'épaisseur desdits joints plats lors de l'insertion des joints plats dans l'espace intercalaire, les joints plats comportant une matière compressible isolante recouverte partiellement ou entièrement par une enveloppe de matière en feuille.

Selon un mode de réalisation, l'insert est plié en deux avant d'être inséré dans la zone de contiguïté en exerçant une poussée dans une partie de fond du pli.

Selon un mode de réalisation, l'insert est inséré dans la zone de contiguïté, dans lequel l'insert est inséré en force dans la zone de contiguïté.

Une telle cuve peut faire partie d'une installation de stockage terrestre, par exemple pour stocker du GNL ou être installée dans une structure flottante, côtière ou en eau profonde, notamment un navire méthanier, une unité flottante de stockage et regazéification (FSRU), une unité flottante de production et de stockage déporté (FPSO) et autres. Une telle cuve peut aussi servir de réservoir de carburant dans tout type de navire.

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

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé de chargement ou déchargement d'un tel navire, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant le navire précité, des canalisations isolées agencées de manière à relier la cuve installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre et une pompe pour entraîner un flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

30

Brève description des figures

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.

- La figure 1 est une vue éclatée en coupe d'une zone de cuve située à l'angle entre deux parois planes, le plan de coupe étant parallèle à une rangée de panneaux isolants.

5 - La figure 2 est une représentation schématique écorchée d'un joint plat en cours d'insertion dans un espace inter-panneaux.

- La figure 3 est une vue en perspective schématique de la zone d'angle III de la figure 1 lors de l'insertion de deux joints plats à l'aide d'une pompe à vide ;

10 - La figure 4 est une vue en perspective schématique de deux joints plats contigus convenant pour un angle de cuve à 135°.

- La figure 5 est une vue en perspective schématique de deux joints plats contigus convenant pour un angle de cuve à 90°.

- La figure 6 est une vue de dessus schématique de la barrière thermiquement isolante et de joints plats insérés dans les espaces inter-panneaux ;

15 - La figure 7 est une vue en coupe schématique de l'insert isolant ;

- La figure 8 est une vue en coupe schématique selon le plan VIII-VIII de la figure 3 de l'intercalage de l'insert entre deux joints plats contigus dans un angle de cuve ;

- La figure 9 est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

20

Description détaillée de modes de réalisation

Par convention, les termes « externe » et « interne » sont utilisés pour définir la position relative d'un élément par rapport à un autre, par référence à l'intérieur et à l'extérieur de la cuve. Une cuve étanche et thermiquement isolante pour le stockage et le transport d'un fluide cryogénique, par exemple du Gaz Naturel Liquéfié (GNL) comporte une pluralité de parois de cuves présentant chacune une structure multicouche.

25

En se reportant notamment à la figure 1, on voit une cuve 1 formée de parois étanches et thermiquement isolantes, par exemple pour emmagasiner et/ou transporter un fluide à très basse température. Ici, et ce seulement à titre d'exemple, tel qu'un gaz liquéfié très froid, comme notamment du méthane.

30

La cuve 1 comprend une enveloppe interne étanche apte à contenir le fluide à emmagasiner, qui se compose par assemblage d'éléments préfabriqués formant conjointement pour chaque paroi de la cuve 1, une membrane d'étanchéité 4. Sur la figure 1, la membrane d'étanchéité 4 est formée par des éléments fins en métal tel que tôle d'acier
5 inoxydable ou d'aluminium. La référence 41 désigne des nervures en saillie vers l'intérieur de la cuve, qui permettent à l'enveloppe constituée par cette barrière d'être sensiblement flexible, afin de pouvoir se déformer sous l'effet des sollicitations, notamment thermiques générées par le fluide emmagasiné dans celle-ci.

Une cloison externe rigide compose la structure porteuse 2 de la cuve 1 et fait office
10 de support pour cette dernière. Suivant l'exemple illustré, cette structure porteuse 2 est une tôle métallique auto-porteuse de coque ou de double-coque d'un navire marchand, tel qu'un méthanier. D'autres types de cloisons rigides dont les propriétés mécaniques sont appropriées, comme notamment un mur en béton dans une construction à même la terre ferme, pourront être employées comme support de la cuve 1. Par ailleurs, une barrière
15 thermiquement isolante secondaire 3, une membrane d'étanchéité secondaire 16 et une barrière isolante primaire 15 sont prévues entre la membrane d'étanchéité 4 et la structure porteuse 2.

La barrière thermiquement isolante secondaire 3 est constituée par juxtaposition de panneaux isolants 5 dont la forme est généralement prismatique rectangulaire. Les panneaux
20 isolants 5 sont généralement disposés bout-à-bout et donc agencés de façon à définir des rangées parallèles 51, 52 recouvrant toute la structure porteuse. Sur la figure 1, la rangée de panneaux isolants 5 est parallèle au plan de coupe. Comme visible sur les figures 2 et 3, deux rangées 51, 52 de panneaux isolants 5 sont séparées par un espace intercalaire 6. Cet espace intercalaire 6 est généralement linéaire et s'étend généralement sur au moins toute l'épaisseur
25 des panneaux isolants 5. En outre, l'espace intercalaire 6 présente une petite largeur E par rapport aux dimensions des panneaux isolants 5.

De plus, la structure porteuse 2 présente aussi des arêtes 10. Ces arêtes 10 de la structure porteuse 2 sont formées par une première paroi porteuse 21 et une deuxième paroi porteuse 22 définissant un angle A. Comme visible sur la figure 3, deux rangées 51, 52 sont
30 orientées transversalement à l'arête 10. Les panneaux isolants 5 pourront être biseautés avec un angle approprié à celui qui est formé par la structure porteuse 2 au niveau de ces arêtes 10.

Les panneaux isolants 5 pourront être préfabriqués de préférence avec des dimensions standard.

Sur la figure 6 qui illustre une paroi plane de la cuve 1, le raccord remplissant l'espace intercalaire 6 entre deux rangées parallèles 51, 52 de panneaux isolants 5 pour assurer la continuité de la barrière thermiquement isolante 3 est obtenu en insérant une pluralité de joints plats 7.

5 Au niveau d'un angle A de la cuve 1, deux joints plats contigus forment un angle entre eux, comme illustré par les joints plats 7 sur la figure 3 ; 75, 76 sur la figure 4 ; et 77, 78 sur la figure 5.

 Comme visible sur la figure 2, chaque joint plat 7, 75, 76, 77, 78 comporte une matière compressible isolante 72 recouverte au moins partiellement par une enveloppe de matière en
10 feuille 71. De préférence l'enveloppe de matière en feuille 71 entoure entièrement la matière compressible isolante 72 et forme une poche fermée dans laquelle il est possible de générer une dépression.

 La matière compressible isolante 72 peut être réalisée en laine de verre. La laine de verre employée peut être une laine de verre stratifiée c'est-à-dire un mat de laine de verre
15 constitué de multiples nappes parallèles entrelacées, visibles à l'œil nu, qui sont superposées dans une direction de stratification. Les fibres peuvent donc être très majoritairement orientées dans des plans perpendiculaires à la direction de stratification. La laine de verre stratifiée pourra présenter une densité comprise entre 20 et 80 kg/m³. Alternativement la laine de roche peut être utilisée comme matière compressible isolante 72.

20 Sur les figures 2 à 5, l'enveloppe de matière en feuille 71 comporte des portions d'enveloppe fixées, par exemple par collage, sur la matière compressible isolante 72, c'est-à-dire sur la laine de verre. Les portions d'enveloppe 71 recouvrent entièrement la matière compressible isolante 72. L'enveloppe 71 est réalisée en papier kraft. Un tel papier kraft offre un coefficient de frottement faible permettant ainsi le glissement du joint plat 7, 75, 76, 77, 78
25 dans l'espace intercalaire 6 lors de son insertion dans ledit espace intercalaire 6. En outre, un tel papier kraft présente un coefficient de contraction thermique de l'ordre de 5 à 20.10⁻⁶ /K. Ainsi, un tel papier kraft présente un coefficient de contraction thermique proche de celui de la matière compressible isolante 72. Ainsi, le joint plat 7, 75, 76, 77, 78 présente un comportement au froid uniforme. En effet, la matière compressible isolante 72 ne risque pas
30 de se déformer sous l'effet d'une compression liée à la contraction thermique de l'enveloppe de matière en feuille 71. En particulier, la matière compressible isolante ne risque pas de se déformer en prenant une forme ondulée sous l'effet de cette compression, une telle forme ondulée générant dans l'espace intercalaire 6 des interstices favorisant la convection et donc préjudiciables aux propriétés isolantes de la barrière thermiquement isolante. Le papier kraft
35 de l'enveloppe 71 présente un grammage supérieur à 60g/m² afin d'éviter les risques de

déchirement de l'enveloppe 71 lors de l'insertion du joint plat 7 dans l'espace intercalaire 6. En outre, ce papier kraft présente un grammage inférieur à 150 g/m² afin que l'enveloppe 71 conserve une souplesse suffisante pour permettre la déformation du joint plat 71 par compression. De préférence le grammage du papier kraft est compris entre 70 et 100 g/m².

5 Les joints plats 7, 75, 76, 77, 78 présentent une forme allongée avec une section en parallélépipédique rectangle correspondant à la section en rectangle de l'espace intercalaire 6. Ainsi, le joint plat comporte deux faces latérales parallèles s'entendant selon une direction longitudinale de l'espace intercalaire. Des faces d'extrémité longitudinales 79 se développent selon la largeur E de l'espace intercalaire 6 et relient les faces latérales.

10 Toutefois, certains joints plats peuvent prendre une forme alternative notamment au droit de l'arête d'une structure d'angle telle que décrite précédemment. De tels exemples de joints plats 75, 76, 77, 78 sont illustrés sur les figures 3 et 4. Les joints plats 75, 76, 77, 78 présentent une face d'extrémité longitudinales 79 inclinée au droit de l'arête 10 de la structure d'angle. Cette face d'extrémité longitudinales 79 inclinée présente un angle égal
15 respectivement à 45 ° et 67,5° par rapport à la direction longitudinale de l'espace intercalaire 6 de manière à correspondre à la bissectrice de l'angle A de la cuve. En d'autres termes, ces joints plats 75, 76, 77, 78 présentent une forme de contour de trapèze rectangle.

De manière plus générale, la forme des joints plats n'est pas limitée à celle décrite ci-dessus et pourra être adaptée selon les contraintes rencontrées.

20 Le procédé d'insertion du joint plat dans l'espace intercalaire va maintenant être décrit en regard de la figure 3. Ce procédé d'insertion utilise un système d'aspiration. Un tel système d'aspiration est dans la suite de la description, à titre d'exemple, une pompe à vide 11 telle qu'illustrée sur la figure 3. Dans un mode de réalisation non illustré, un tel système d'aspiration est un générateur de vide à système Venturi. Une telle pompe à vide 11 est reliée à un embout
25 d'aspiration 13 via un tuyau de pompage 12. L'embout d'aspiration 13 présente une forme tronconique de manière à offrir une extrémité opposée au tuyau de pompage 12 apte à perforer l'enveloppe 71 de papier kraft. Ainsi, l'embout d'aspiration 13, et plus particulièrement son extrémité de perforation, est inséré dans le joint plat 7 en perforant l'enveloppe 71 de matière en feuille en papier kraft. Cette perforation de l'enveloppe 71 génère un orifice d'aspiration
30 dans le joint plat.

Dès lors que l'embout d'aspiration 13 est inséré dans le joint plat 7 et correctement positionné, la pompe à vide 11 est actionnée afin de générer une dépression dans le joint plat 7. L'aspiration générée par la pompe à vide 11 présente un débit d'aspiration compris entre 8 et 30 m³/h. De préférence, le débit de pompage est de 15 m³/h. un tel débit de pompage de la
35 pompe à vide 11 permet de générer une dépression dans le joint plat 7 sans risquer de

dégrader l'enveloppe 71 en papier kraft par un débit d'aspiration trop important. De préférence, la pompe à vide 11 comporte un filtre pour filtrer les éventuelles fibres et poussières de la laine de verre pouvant être aspirées par la pompe à vide 11.

Dans la description ci-dessus, il est fait mention du papier kraft pour réaliser l'enveloppe 71. D'autres matières peuvent aussi être employées pour réaliser tout ou partie de l'enveloppe 71. Ces matières sont par exemple les feuilles de polymère, les feuilles composites incluant des fibres minérales et une matrice polymère, les feuilles composites incluant des fibres minérales collées à une feuille de papier ou de polymère, et leurs combinaisons. Le polymère peut être une résine sélectionnée dans le groupe constitué de polyéthylène (PE), polypropylène (PP), polytéréphtalate d'éthylène (PTE) et polychlorure de vinyle (PVC). En particulier, l'enveloppe peut être fabriquée sous la forme d'un assemblage de plusieurs portions obtenues par découpe d'un ou plusieurs matériaux en feuille de la liste ci-dessus.

Typiquement, le joint plat 7 est dimensionné pour présenter à l'état libre, c'est-à-dire non comprimé, une épaisseur supérieure ou égale à la largeur de l'espace intercalaire 6 et sous vide grâce à la pompe à vide 11, une épaisseur inférieure à ladite largeur de l'espace intercalaire 6. Par exemple, dans le cadre d'un espace intercalaire 6 compris entre 33 mm et 27 mm, le joint plat 7 est dimensionné pour présenter une épaisseur initiale, c'est-à-dire à l'état libre, de 35mm et, sous vide, une épaisseur de 25 mm. Le joint plat 7 est ensuite inséré dans l'espace intercalaire 6. Comme illustré sur la figure 3 par les flèches 14, le joint plat 7 est inséré dans l'espace intercalaire 6 avec ses faces latérales parallèles aux faces latérales des panneaux isolants 5 adjacents délimitant l'espace intercalaire 6. Durant cette insertion, l'embout d'aspiration 13 est maintenu dans le joint plat 6 et la pompe à vide 11 génère en continu une dépression dans ledit joint plat 7 afin de conserver le joint plat 7 dans son état sous vide afin de faciliter son insertion dans l'espace intercalaire 6 puisque le joint plat 7 présente alors une épaisseur inférieure à la largeur de l'espace intercalaire 6.

Le joint plat 7 est inséré dans l'espace intercalaire 6 de manière à ce que la face latérale traversée par l'embout d'aspiration 13 soit tournée vers l'intérieur de la cuve, facilitant ainsi la manipulation de l'ensemble formé par le joint plat 7 et l'embout d'aspiration 13.

Dès lors que le joint plat 7 est correctement positionné dans l'espace intercalaire 6, l'embout d'aspiration 13 est retiré du joint plat 7. A ce moment-là l'intérieur de l'enveloppe 5 est en communication avec l'environnement extérieur par l'orifice laissé par la perforation faite par l'embout d'aspiration 13. Cette communication permet à la laine de verre 11, du fait que la dépression n'est plus maintenue dans le joint plat 7, de s'expanser en l'absence de contrainte de compression. L'expansion de la laine de verre 72 permet une augmentation de l'épaisseur

du joint plat 7 de sorte que le joint plat 7 comble totalement l'espace intercalaire 6, assurant ainsi une bonne continuité de l'isolation de la barrière thermiquement isolante.

Dans un mode de réalisation non illustré, un système de guidage rigide peut être utilisée comme outil de guidage lors de l'insertion du joint plat 7 dans l'espace intercalaire 6.

5 La figure 6 est une illustration de la position occupée par les joints plats après avoir été agencés dans l'espace intercalaire 6 formé par une première rangée 51 de panneaux isolants 5 et une deuxième rangées 52 de panneaux isolants 5. On remarque que les joints plats 7 sont contigus les uns avec les autres au niveau de leurs faces d'extrémité longitudinales.

10 Enfin sur la figure 8, on observe que les joints plats 77, 78 dans l'espace intercalaire à cheval sur deux parois, c'est-à-dire au niveau d'une structure d'angle, peuvent être contigus via leurs faces d'extrémité longitudinale inclinées. Une fois que des joints plats 7 et/ou 75, 76 et/ou 77, 78 ont été mis en place sur toute la longueur de l'espace intercalaire 6, il est possible que le serrage de deux joints plats contigus dans la direction longueur de l'espace intercalaire
15 6 soit insuffisant par endroits, notamment au droit de l'arête 10 de la structure porteuse 2. Lorsque ce serrage est insuffisant, un interstice est susceptible d'apparaître à la jonction entre les deux joints plats lors du refroidissement de la cuve, notamment en raison de la contraction thermique des joints plats. Là où ce serrage est insuffisant, un insert est introduit entre les deux joints plats. La zone de contiguïté 9 observé entre les deux faces d'extrémité
20 longitudinale inclinées est volontairement exagéré pour la compréhension de l'insertion de l'insert 8. Pour compléter la continuité de la barrière thermique isolante sur toute la longueur de l'espace intercalaire 6, des inserts peuvent être intercalés entre deux joints plats consécutifs.

En référence à la figure 7, un insert 8 comporte une feuille de support 81 présentant
25 deux faces, et une couche de matière compressible isolante 82 sur l'une des deux faces. L'insert déplié présente une forme rectangulaire dont la largeur correspond à la largeur E de l'espace intercalaire 6. Etant donné que l'insert est amené à être intercalé entre deux joints plats 7 ou 75/76 ou 77/78 contiguës, la longueur de l'insert représente le double de l'épaisseur de la barrière isolante secondaire 3.

30 La couche de matière compressible isolante 82 peut être réalisée en laine de verre. La laine de verre employée peut être une laine de verre stratifiée c'est-à-dire un mat de laine de verre constitué de multiples nappes de fibres parallèles entrelacées, visibles à l'œil nu, qui sont superposées dans une direction de stratification. Les fibres peuvent donc être très majoritairement orientées dans des plans perpendiculaires à la direction de stratification. La
35 laine de verre stratifiée pourra présenter une densité comprise entre 20 et 80 kg/m³.

Alternativement la laine de roche peut être utilisée pour la couche de matière compressible isolante 82.

La feuille de support 81 peut être réalisée en papier kraft sur laquelle est fixée, par exemple avec de la colle, la couche de matière compressible isolante 82, c'est-à-dire la laine de verre. Le papier kraft offre un coefficient de frottement faible permettant ainsi le glissement de l'insert. La feuille de support 81 présente deux faces. La laine de verre recouvre partiellement ou entièrement l'une des faces du papier kraft.

Pour intercaler l'insert 8 dans la zone de contiguïté 9, l'insert 8 est tout d'abord plié en deux dans le sens de la longueur. Le pli peut prendre alors la forme d'un U comme indiqué sur la figure 7. Ce pliage en U peut se limiter à une portion d'extrémité de l'insert 8. Le pliage s'effectue en s'assurant donc qu'au moins une partie de la laine de verre est orientée à l'intérieur du pli. La partie courbe du pli est ensuite positionnée au niveau de la zone de contiguïté. Un couteau à lame plate rectangulaire est enfoncé à l'intérieur du pli. Une fois au fond du pli, le couteau permet de pousser l'insert dans la zone de contiguïté jusqu'à ce qu'il soit complètement intercalé entre deux joints plats 7. Bien que le papier kraft facilite le glissement de l'insert entre deux joints plats, l'intercalage de l'insert peut s'effectuer en force.

Dans la description ci-dessus, il est fait mention du papier kraft pour réaliser la feuille de support 81. D'autres matières peuvent aussi être employées pour réaliser la feuille de support 81. Ces matières sont par exemple les feuilles de polymère, les feuilles composites incluant des fibres minérales et une matrice polymère, les feuilles composites incluant des fibres minérales collées à une feuille de papier ou de polymère, et leurs combinaisons. Le polymère peut être une résine sélectionnée dans le groupe constitué de polyéthylène (PE), polypropylène (PP), polytéréphtalate d'éthylène (PTE) et polychlorure de vinyle (PVC).

La description ci-dessous est donnée en référence à une barrière isolante secondaire 3. Toutefois, la même technique peut être employée pour réaliser la barrière d'isolation primaire d'une cuve ou la barrière d'isolation unique d'une cuve ne comportant qu'une seule membrane d'étanchéité.

La technique décrite ci-dessus pour réaliser une cuve étanche et thermiquement isolante peut être utilisée dans différents types de réservoirs par exemple dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre.

En référence à la figure 9, une vue écorchée d'un navire méthanier 100 montre une cuve étanche et isolée 1 de forme générale prismatique montée dans la double coque 101 du navire. La cuve 1 comporte une barrière étanche primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 101 du navire, et deux barrières isolante agencées respectivement

entre la barrière étanche primaire et la barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque 101.

La figure 9 représente un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 103, une conduite sous-marine 104 et une installation à terre 105. Le poste de chargement et de déchargement 103 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 106 et une tour 107 qui supporte le bras mobile 106. Le bras mobile 106 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 108 pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 109. Le bras mobile 106 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 107. Le poste de chargement et de déchargement 103 permet le chargement et le déchargement du navire 100 depuis ou vers l'installation à terre 105. Celle-ci comporte des cuves de stockage de gaz liquéfié 110 et des conduites de liaison 111 reliées par la conduite sous-marine 104 au poste de chargement et de déchargement 103. La conduite sous-marine 104 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement et de déchargement 103 et l'installation à terre 105 sur une grande distance, par exemple 5 km, ce qui permet de garder le navire 100 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et de déchargement.

Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz liquéfié, on met en œuvre des pompes embarquées dans le navire 100 et/ou des pompes équipant l'installation à terre 105 et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de déchargement 103.

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.

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.

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

Revendications

1. Cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide (1) intégrée dans une structure porteuse (2), comportant successivement dans une direction d'épaisseur :

5 une barrière thermiquement isolante (3) retenue sur la structure porteuse (2), et
une membrane d'étanchéité (4) supportée par la barrière thermiquement isolante (3),

la barrière thermiquement isolante (3) comportant des panneaux isolants (5) agencés sous la forme d'au moins deux rangées parallèles (51, 52), les deux rangées (51, 52) de
10 panneaux isolants (5) étant séparées par un espace intercalaire (6) présentant une petite largeur (E) par rapport aux dimensions des panneaux isolants,

la barrière thermiquement isolante (3) comportant en outre des joint plats (7), les joints plats étant agencés dans l'espace intercalaire (6) de manière à être compressés entre les deux
15 rangées (51, 52) de panneaux isolants (5),

la barrière thermiquement isolante (3) comportant en outre au moins un insert (8) agencé dans une zone de contiguïté (9) où un premier joint plat (7) et un deuxième joint plat (74) sont contigus de manière à compresser l'insert (8) entre les joints plats (7) dans une
20 direction longitudinale de l'espace intercalaire (6).

2. Cuve (1) selon la revendication précédente, dans laquelle les joints plats (7) comportent une matière compressible isolante (72) recouverte partiellement ou entièrement par une enveloppe de matière en feuille (71).
25

3. Cuve (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle l'insert (8) comprend une feuille de support (81) pliée en deux formant ainsi un pli (83), et une couche de matière compressible isolante (82) agencée au moins en partie à l'intérieur dudit pli (83).
30

4. Cuve (1) selon la revendication précédente, dans laquelle l'insert (8) s'étend dans la direction d'épaisseur de ladite cuve (1), le pli (83) étant orienté vers la structure porteuse (2).

35 5. Cuve (1) selon la revendication précédente, dans laquelle la structure porteuse (2) comporte une première paroi porteuse (21) et une deuxième paroi porteuse (22) formant

un angle (A) et se rejoignant au niveau d'une arête (10), les deux rangées (51, 52) étant orientées transversalement à l'arête (10), le premier joint plat (7, 75, 77) étant agencé dans une première portion de l'espace intercalaire (6) séparant au moins deux panneaux isolants (5) situés sur la première paroi porteuse (21), le deuxième joint plat (7, 76, 78) étant agencé dans une deuxième portion de l'espace intercalaire (6) séparant au moins deux panneaux isolants (5) situés sur la deuxième paroi porteuse (22).

6. Cuve (1) selon la revendication précédente, dans laquelle la zone de contiguïté (9) est située au droit de l'arête (10).

7. Cuve (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le joint plat (7) présente une face d'extrémité longitudinale inclinée (75) par rapport à la direction longitudinale de l'espace intercalaire (6).

8. Cuve selon l'une des revendications 5 ou 6 avec la revendication 7, dans laquelle la face d'extrémité longitudinale inclinée (75) du joint plat (7) est sensiblement parallèle à une bissectrice de l'angle (A) entre les première et deuxième parois porteuses (21, 22).

9. Cuve (1) selon l'une des revendications 7 et 8, dans laquelle l'inclinaison entre la face d'extrémité (75) et la direction longitudinale de l'espace intercalaire (6) est comprise entre 45° et 68°.

10. Cuve (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la matière compressible isolante (72) du joint plat comprend une laine de verre stratifiée.

11. Procédé de fabrication d'une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide (1), comprenant les étapes suivantes :

- Déposer des panneaux isolants (5) agencés sous la forme d'au moins deux rangées (51, 52) parallèles sur une structure porteuse (2), les deux rangées (51, 52) de panneaux isolants (5) étant séparées par un espace intercalaire (6) présentant une petite largeur (E) par rapport aux dimensions des panneaux isolants (5) ;
- Insérer des joints plats (7), dans l'espace intercalaire (6) de manière à compresser les joints plats entre les deux rangées (51, 52) de panneaux isolants (5) ;
- Intercaler un insert (8) dans une zone de contiguïté (9) entre deux joints plats (7, 75, 76, 77, 78) de manière à compresser l'insert (8) entre les joints plats (7, 75, 76, 77, 78) dans une direction longitudinale de l'espace intercalaire (6).

12. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel les joints plats (7, 73, 74) comportent une matière compressible isolante (72) recouverte entièrement par une enveloppe de matière en feuille (71), et dans lequel une dépression est appliquée dans
5 l'enveloppe de manière à réduire l'épaisseur desdits joints plats (7, 75, 76, 77, 78) lors de l'insertion des joints plats (7, 75, 76, 77, 78) dans l'espace intercalaire (6).

13. Procédé selon l'une des revendications 11 et 12, dans lequel l'insert (8) est plié en deux avant d'être inséré dans la zone de contiguïté (9) en exerçant une poussée dans une
10 partie de fond du pli.

14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel l'insert (8) est inséré dans la zone de contiguïté (9), dans lequel l'insert (8) est inséré en force dans la zone de contiguïté (9).
15

15. Navire (100) pour le transport d'un produit liquide froid, le navire comportant une double coque (101) et une cuve disposée dans la double coque, la cuve étant une cuve (1) selon l'une des revendications 1 à 10.

20 16. Système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant un navire (100) selon la revendication 15, des canalisations isolées (104, 108, 109, 111) agencées de manière à relier la cuve (1) installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre (105) et une pompe pour entraîner un flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou
25 terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

17. Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (100) selon la revendication 15, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers des canalisations isolées (104, 108, 109, 111) depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre
30 (105) vers ou depuis la cuve du navire (1).