

Description

Titre de l'invention : Cuve étanche et thermiquement isolante comportant un obturateur d'onde

Domaine technique

- 5 [0001] L'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes, à membranes. En particulier, l'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes pour le stockage et/ou le transport de gaz liquéfié à basse température, telles que des cuves pour le transport de Gaz de Pétrole Liquéfié (aussi appelé GPL) présentant par exemple une température comprise entre -50°C et 0°C, ou
- 10 pour le transport de Gaz Naturel Liquéfié (GNL) à environ -162°C à pression atmosphérique. Ces cuves peuvent être installées à terre ou sur un ouvrage flottant. Dans le cas d'un ouvrage flottant, la cuve peut être destinée au transport de gaz liquéfié ou à recevoir du gaz liquéfié servant de carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant

Arrière-plan technologique

- 15 [0002] Dans l'état de la technique, il est connu des cuves étanches et thermiquement isolantes pour le stockage de gaz naturel liquéfié, intégrées dans une structure porteuse, telle que la double coque d'un navire destiné au transport de gaz naturel liquéfié. Généralement, de telles cuves comportent une structure multicouche présentant successivement, dans le sens de l'épaisseur, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve,
- 20 une barrière thermiquement isolante secondaire retenue à la structure porteuse, une membrane d'étanchéité secondaire reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire reposant contre la membrane d'étanchéité secondaire et une membrane d'étanchéité primaire reposant contre la barrière thermiquement isolante primaire et destinée à être en contact avec le gaz naturel
- 25 liquéfié contenu dans la cuve.
- [0003] Le document WO2019102163 décrit une barrière thermiquement isolante secondaire et une barrière thermiquement isolante primaire formées de panneaux isolants juxtaposés. Dans ce document WO2019102163, la membrane d'étanchéité secondaire est constituée d'une pluralité de tôles métalliques comportant des ondulations faisant saillies vers
- 30 l'extérieur de la cuve et permettant ainsi à la membrane d'étanchéité secondaire de se déformer sous l'effet des sollicitations thermiques et mécaniques générées par le fluide emmagasiné dans la cuve. Une face interne des panneaux isolants de la barrière thermiquement isolante secondaire présente des rainures recevant les ondulations des

tôles métalliques ondulées de la membrane étanche secondaire. Ces ondulations et ces rainures forment un maillage de canaux se développant le long des parois de la cuve.

[0004] Afin d'obturer lesdits canaux, le document WO2019102163 décrit de plus que la barrière thermiquement isolante comporte un logement coupant la rainure et présentant une largeur supérieure à la largeur de la rainure. La cuve comporte ainsi un obturateur agencé dans le logement de manière à ce que l'obturateur obture une portion de la rainure située du côté saillant de la membrane d'étanchéité en créant une perte de charge pour un écoulement circulant dans la rainure. L'obturateur peut ainsi se déplacer dans le logement pour s'adapter à la position de l'ondulation dans la rainure.

10 Résumé

[0005] Une idée à la base de l'invention est de rendre plus adaptable les obturateurs d'onde tout en simplifiant le montage dans la cuve.

[0006] Une autre idée à la base de l'invention est de limiter la présence de canaux de circulation continus dans les barrières thermiquement isolante afin de limiter les phénomènes de convection naturelle dans lesdites barrières thermiquement isolante.

[0007] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide fixée à une structure porteuse, dans laquelle une paroi de cuve comporte au moins une barrière thermiquement isolante et au moins une membrane d'étanchéité, la membrane d'étanchéité comportant une série d'ondulations parallèles présentant une direction longitudinale, et des portions planes situées entre lesdites ondulations, lesdites ondulations faisant saillies des portions planes, ladite barrière thermiquement isolante étant située contre la membrane d'étanchéité, la barrière thermiquement isolante, comportant des panneaux isolants, les panneaux isolants étant juxtaposés les uns aux autres,

dans laquelle la cuve comporte au moins un obturateur d'onde situé au droit d'une ondulation de la série d'ondulations, entre une ondulation de la série d'ondulations et un fond d'une rainure de la série de rainures, l'obturateur d'onde étant configuré pour obturer un espace laissé libre entre ladite ondulation et l'un des panneaux isolants, dans laquelle l'obturateur d'onde comporte un noyau en matériau compressible et une enveloppe souple recouvrant entièrement ledit noyau de sorte à former un contenant pour le noyau en matériau compressible, l'obturateur d'onde étant comprimé entre la membrane d'étanchéité et la barrière thermiquement isolante.

[0008] Grâce à ces caractéristiques, une telle cuve offre la possibilité d'obturer de manière flexible des rainures accueillant les ondulations de la membrane malgré une tolérance

affectant la position des ondulations dans les rainures. Une telle tolérance peut notamment découler de la fabrication et du montage des ondulations dans les rainures. En outre, grâce à ces caractéristiques, l'espace compris entre le côté convexe de l'ondulation et le fond de la rainure, formée par la barrière thermiquement isolante, peut être obturée par l'obturateur d'onde pour différentes positions de l'ondulation dans la rainure. En effet, le noyau en matériau compressible permet lors de sa compression de combler simplement cet espace en s'adaptant à la position de l'ondulation et en se comprimant plus au droit de l'ondulation.

[0009] Ainsi, l'obturateur d'onde permet de limiter la formation d'écoulements dans les canaux de la barrière thermiquement isolante, notamment la formation de thermosiphons entre ces canaux et tout canal d'écoulement situés plus près de la coque, par exemple un espace mastiqué entre la barrière thermiquement isolante et la structure porteuse.

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

[0011] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolant est située entre la membrane d'étanchéité et la structure porteuse, les ondulations faisant saillies vers l'intérieur de la cuve, chaque panneau isolant comportant une plaque rigide plane formant la face en contact avec la membrane d'étanchéité, l'obturateur d'onde étant situé entre une ondulation de la série d'ondulations et une plaque rigide d'un panneau isolant.

[0012] Selon un mode de réalisation, lesdites ondulations font saillies des portions planes sur un côté saillant de la membrane d'étanchéité, ladite barrière thermiquement isolante étant située du côté saillant de la membrane d'étanchéité, la barrière thermiquement isolante comportant une série de rainures parallèles recevant la série d'ondulations, ledit obturateur d'onde étant situé au droit d'une ondulation de la série d'ondulations, entre une ondulation de la série d'ondulations et un fond d'une rainure de la série de rainures.

[0013] Selon un mode de réalisation, l'obturateur d'onde est comprimé par la membrane d'étanchéité de sorte à ce que la dimension dans une direction d'épaisseur diminue localement d'au moins 20% entre l'épaisseur avant compression et l'épaisseur après compression, de préférence au moins 30%, de manière plus préférentielle au moins 40%, et par exemple de l'ordre de 50%.

[0014] Selon un mode de réalisation, l'enveloppe comporte une première nappe et une deuxième nappe, la première nappe étant située au contact de la membrane d'étanchéité, la première nappe et la deuxième nappe étant fixées l'une à l'autre sur au moins une partie

d'un pourtour de la première nappe et de la deuxième nappe de sorte à former le contenant pour le noyau en matériau compressible.

[0015] Selon un mode de réalisation, la première nappe et la deuxième nappe sont fixées l'une à l'autre sur tout le pourtour de la première nappe et de la deuxième nappe de sorte à former un contenant fermé pour le noyau en matériau compressible.

[0016] Selon un mode de réalisation, la première nappe est réalisée dans un matériau plus flexible que le matériau de la deuxième nappe.

[0017] Selon un mode de réalisation, l'enveloppe comporte une unique nappe comprenant une surface interne située au contact de la membrane d'étanchéité, l'unique nappe étant réalisée sous la forme d'un cylindre flexible de sorte à former le contenant pour le noyau en matériau compressible.

[0018] Selon un mode de réalisation, l'unique nappe, la première nappe et/ou la deuxième nappe comporte au moins une perforation de sorte à favoriser la sortie de l'air lors de la compression de l'obturateur. Dans le cas de l'unique nappe, celle-ci peut comporter au moins une perforation sur une surface externe et/ou sur la surface interne de l'unique nappe.

[0019] Selon un mode de réalisation, le noyau représente au moins 50% en volume, de préférence au moins 90% en volume de l'obturateur d'onde, dans l'état comprimé ou dans l'état avant compression.

[0020] Selon un mode de réalisation, le noyau est réalisé dans un matériau fibreux non tissé, poudreux ou en mousse.

[0021] Selon un mode de réalisation, le noyau est réalisé dans un matériau choisi parmi : la laine minérale, la mousse de mélamine, l'ouate de polyesters, l'ouate de polyéthylène, la mousse synthétique de plastique, les fibres polyamides, les fibres acryliques ou leurs combinaisons.

[0022] Par l'exemple, l'ouate de polyester peut être réalisée sous forme de mat, de bille, de boule ou de capiton de fibres.

[0023] Selon un mode de réalisation, l'enveloppe est réalisée de préférence dans un matériau non étanche au gaz et susceptible de créer une forte perte de charge.

[0024] Selon un mode de réalisation, l'enveloppe comporte une nappe textile tissée ou non tissée, constituée de fibres minérales et/ou synthétiques, par exemple de fibres de verre ou de fibres polymères de type polyester, polyamide ou acrylique. Une telle nappe est éventuellement combinée à une feuille d'aluminium ou un film plastique, cette feuille ou

ce film étant de préférence perforés pour éviter une étanchéité complète. Une telle nappe peut également être enduite afin d'améliorer la propriété d'étanchéité de la nappe.

5 [0025] Selon un mode de réalisation, la cuve comporte une pluralité d'obturateurs d'onde, chaque obturateur d'onde étant situé entre une ondulation et une rainure dans laquelle ladite ondulation est logée.

[0026] Selon un mode de réalisation, la cuve comporte une pluralité d'obturateurs d'onde, chaque obturateur d'onde étant situé entre une ondulation et un panneau isolant.

10 [0027] Selon un mode de réalisation, la cuve comporte une pluralité d'obturateurs d'onde situés au droit d'une ondulation de la série d'ondulations, entre une ondulation de la série d'ondulations et une rainure de la série de rainures, chaque obturateur d'onde étant configuré pour obturer un espace laissé libre entre ladite ondulation et ladite rainure dans laquelle ladite ondulation est logée, les obturateurs d'onde étant espacés régulièrement les uns des autres dans la direction longitudinale d'une série d'ondulations.

15 [0028] Selon un mode de réalisation, la cuve comporte une pluralité d'obturateurs d'onde situés au droit d'une ondulation de la série d'ondulations, entre l'ondulation de la série d'ondulations et un panneau isolant formé au droit de l'ondulation, chaque obturateur d'onde étant configuré pour obturer un espace laissé libre entre ladite ondulation et ledit panneau isolant, les obturateurs d'onde étant espacés régulièrement les uns des autres dans la direction longitudinale de la série d'ondulations.

20 [0029] Selon un mode de réalisation, la cuve comporte une pluralité d'obturateurs d'onde situés au droit d'une ondulation de la série d'ondulations, entre une ondulation de la série d'ondulations et une rainure de la série de rainures, chaque obturateur d'onde étant configuré pour obturer un espace laissé libre entre ladite ondulation et ladite rainure dans laquelle ladite ondulation est logée, les obturateurs d'onde de ladite ondulations étant
25 espacés régulièrement les uns des autres dans la direction longitudinale.

[0030] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante est une première barrière thermiquement isolante et la cuve comporte une deuxième barrière thermiquement isolante située à l'opposé du côté saillant de la membrane d'étanchéité, et dans laquelle la cuve comporte au moins un obturateur d'onde complémentaire situé en
30 regard de l'au moins un obturateur d'onde de sorte à prendre en sandwich une ondulation de la membrane d'étanchéité entre l'obturateur d'onde et l'obturateur d'onde complémentaire, l'obturateur d'onde complémentaire étant configuré pour obturer un espace laissé libre entre ladite ondulation et la deuxième barrière thermiquement isolante.

[0031] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante comporte une surface interne, la série de rainures étant réalisée sur la surface interne et les ondulations faisant saillies vers l'extérieur de la cuve.

5 [0032] Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité est une membrane d'étanchéité secondaire, la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante primaire, les ondulations faisant saillies vers l'intérieur de la cuve, et dans laquelle la cuve comporte une barrière thermiquement isolante secondaire retenue sur la structure porteuse et portant la membrane d'étanchéité secondaire, la barrière thermiquement isolante primaire étant portée par la membrane d'étanchéité secondaire,
10 la cuve comportant une membrane d'étanchéité primaire portée par la barrière thermiquement isolante primaire et destinée à être en contact avec le fluide dans la cuve, la série de rainures étant formée sur une surface externe de la barrière thermiquement isolante primaire.

15 [0033] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante comporte des panneaux isolants, les panneaux isolants étant juxtaposés les uns aux autres, , les panneaux isolants étant munis de rainures formant la série de rainures de sorte que les rainures de deux panneaux isolants adjacents sont alignées dans la direction longitudinale, l'au moins un obturateur d'onde étant logée dans la rainure de l'un des panneaux isolants.

20 [0034] Selon un mode de réalisation, un espace inter-panneaux est délimité entre deux panneaux isolants adjacents, l'au moins un obturateur d'onde étant logé dans la rainure de l'un des deux panneaux isolants et pouvant déborder dans l'espace inter-panneaux.

[0035] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante comporte au moins un joint isolant logé dans l'espace inter-panneaux et s'étendant selon une direction longitudinale de l'espace inter-panneaux, et au moins un élément de pontage disposé au-
25 dessus du joint isolant,
et dans laquelle l'élément de pontage comporte une plaque de pontage, la plaque de pontage s'étendant à cheval sur deux panneaux isolants adjacents et étant fixé à une face interne des deux panneaux isolants de manière à s'opposer à un écartement des deux panneaux isolants, les faces internes des panneaux isolants formant la surface interne de
30 la barrière thermiquement isolante.

[0036] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante comporte au moins un joint isolant logé dans l'espace inter-panneaux et s'étendant selon une direction longitudinale de l'espace inter-panneaux, et au moins un élément de pontage appartenant à une chaîne d'éléments de pontage et disposé au-dessus du joint isolant, et dans laquelle
35 un premier élément de pontage de la chaîne d'éléments de pontage s'étend entre deux

ondulations successives de la série d'ondulations, l'obturateur d'onde étant situé entre ledit premier élément de pontage et un deuxième élément de pontage de la chaîne d'éléments de pontage.

5 [0037] Selon un mode de réalisation, l'élément de pontage comprend une bande isolante assemblée à la plaque de pontage, la bande isolante comportant une dimension inférieure à la plaque de pontage dans la direction longitudinale de manière à être logée dans l'espace inter-panneaux et étant comprimée entre la plaque de pontage et le joint isolant dans une direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante.

10 [0038] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante comporte une chaîne d'éléments de pontage s'étendant dans la direction longitudinale de l'espace inter-panneaux et comportant une pluralité d'éléments de pontage disposés à cheval sur deux panneaux isolants adjacents et fixés les uns aux autres.

15 [0039] Selon un mode de réalisation, un premier élément de pontage de la chaîne d'éléments de pontage s'étend entre deux ondulations successives de la série d'ondulations, l'obturateur d'onde étant situé entre ledit premier élément de pontage et un deuxième élément de pontage de la chaîne d'éléments de pontage au droit d'une ondulation de la série d'ondulations, entre la membrane d'étanchéité et la barrière thermiquement isolante.

[0040] Selon un mode de réalisation, le premier élément de pontage est fixé au deuxième élément de pontage par l'intermédiaire de l'obturateur d'onde.

20 [0041] Selon un mode de réalisation, l'obturateur d'onde est fixé sur une nappe flexible, deux éléments de pontage adjacents de ladite chaîne sont fixés l'un à l'autre à l'aide de la nappe flexible.

25 [0042] Selon un mode de réalisation, chaque panneau isolant comporte une couche de mousse polymère isolante et une plaque rigide formant la face en contact avec la membrane d'étanchéité, la rainure de la série de rainures étant formée dans la plaque rigide.

30 [0043] Selon un mode de réalisation, la série d'ondulations est une première série d'ondulations, et dans laquelle les tôles métalliques ondulées comprennent une deuxième série d'ondulations parallèles s'étendant parallèlement à la direction transversale et des portions planes situées entre lesdites ondulations.

[0044] Une telle cuve peut faire partie d'une installation de stockage terrestre, par exemple pour stocker du GNL ou être installée dans une structure flottante, côtière ou en eau profonde, notamment un navire méthanier, une unité flottante de stockage et de regazéification (FSRU), une unité flottante de production et de stockage déporté (FPSO)

et autres. Une telle cuve peut aussi servir de réservoir de carburant dans tout type de navire.

[0045] 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.

5 [0046] 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
10 froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[0047] 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.

15 **Brève description des figures**

[0048] 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.

20 [0049] [Fig. 1] La figure 1 représente une vue en perspective, écorchée, d'une paroi de cuve.

[0050] [Fig. 2] La figure 2 est une vue partielle en coupe d'une barrière thermiquement isolante sur laquelle repose une membrane d'étanchéité ondulée comportant une ondulation logée dans une rainure de la barrière thermiquement isolant et illustrant différentes positions possibles de l'ondulation dans la rainure.

25 [0051] [Fig. 3] La figure 3 est une vue en perspective d'une barrière thermiquement isolante comportant une pluralité d'obturateurs d'onde selon un premier mode de réalisation.

[0052] [Fig. 4] La figure 4 est une vue en coupe selon la ligne IV-IV de la figure 3 illustrant un obturateur d'onde logé dans une rainure et avant disposition de la membrane d'étanchéité.

30 [0053] [Fig. 5] La figure 5 est une vue en coupe selon la ligne IV-IV de la figure 3 illustrant un obturateur d'onde logé dans une rainure et illustrant une première position de l'ondulation dans la rainure.

[0054] [Fig. 6] La figure 6 est une vue en coupe selon la ligne IV-IV de la figure 3 illustrant un obturateur d'onde logé dans une rainure et illustrant une deuxième position de l'ondulation dans la rainure.

5 [0055] [Fig. 7] La figure 7 est une vue éclatée en perspective de panneaux isolants d'une barrière thermiquement isolante et d'une chaîne d'éléments de pontage selon un mode de réalisation destiné à être positionné à cheval entre deux rangés de panneaux isolants adjacents.

[0056] [Fig. 8] La figure 8 est une vue en perspective partielle de la barrière thermiquement isolante munie d'une chaîne d'éléments de pontage.

10 [0057] [Fig. 9] La figure 9 est une vue en coupe selon la ligne IX-IX de la figure 8, avec l'illustration de la membrane d'étanchéité positionnée sur la barrière thermiquement isolante.

[0058] [Fig. 10] La figure 10 est une vue en coupe selon la ligne X-X de la figure 8.

15 [0059] [Fig. 11] La figure 11 est une vue en coupe schématique d'un obturateur logé dans une ondulation avant compression, selon un deuxième mode de réalisation.

[0060] [Fig. 12] La figure 12 est une vue en coupe schématique d'un obturateur logé dans une ondulation après compression contre un panneau isolant, selon le deuxième mode de réalisation.

20 [0061] [Fig. 13] La figure 13 est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

Description des modes de réalisation

[0062] 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.

25 [0063] Sur la figure 1, on a représenté la structure multicouche d'une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide selon un mode de réalisation.

30 [0064] Chaque paroi de la cuve comporte, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire 1 comportant des panneaux isolants 2 juxtaposés et ancrés à une structure porteuse 3 par des organes de retenue secondaires, une membrane d'étanchéité secondaire 4 portée par les panneaux isolants 2 de la barrière thermiquement isolante secondaire 1, une barrière thermiquement isolante primaire 5 comportant des panneaux isolants 6 juxtaposés et ancrés aux panneaux isolants 2 de la barrière thermiquement isolante secondaire 1 par des organes de retenue primaires 19 et

une membrane d'étanchéité primaire 7, portée par les panneaux isolants 6 de la barrière thermiquement isolante primaire 5 et destinée à être en contact avec le fluide cryogénique contenu dans la cuve.

5 [0065] La structure porteuse 3 peut notamment être une tôle métallique autoporteuse ou, plus généralement, tout type de cloison rigide présentant des propriétés mécaniques appropriées. La structure porteuse 3 peut notamment être formée par la coque ou la double coque d'un navire. La structure porteuse 3 comporte une pluralité de parois définissant la forme générale de la cuve, habituellement une forme polyédrique.

10 [0066] La barrière thermiquement isolante secondaire 1 comporte une pluralité de panneaux isolants 2 ancrés sur la structure porteuse 3 au moyen de cordons de résine, non illustrés, et/ou de goujons soudés sur la structure porteuse 3. Les cordons de résine doivent être suffisamment adhésifs lorsqu'ils assurent seuls l'ancrage des panneaux isolants 2 mais ne sont pas nécessairement adhésifs lorsque les panneaux isolants 2 sont ancrés au moyen des goujons. Les panneaux isolants 2 présentent sensiblement une forme de
15 parallélépipède rectangle.

[0067] Comme illustré notamment sur les figures 3 à 10, les panneaux isolants 2, 6 comportent chacun une couche de mousse polymère isolante 9 munie sur sa face interne d'une plaque rigide interne 10 et éventuellement sur sa face externe d'une plaque rigide externe (non illustrée). Les plaques rigides, interne 10 et externe, sont, par exemple, des
20 plaques de bois contreplaqué collées sur ladite couche de mousse polymère isolante 9. La mousse polymère isolante peut notamment être une mousse à base de polyuréthane. La mousse polymère est avantageusement renforcée par des fibres de verre contribuant à réduire sa contraction thermique.

[0068] Les panneaux isolants 2, 6 sont juxtaposés selon des rangées parallèles et séparés
25 les uns des autres par des espaces inter-panneaux 12 garantissant un jeu fonctionnel de montage. Les espaces inter-panneaux 12 sont comblés avec un joint isolant 13, représentée sur les figures 5 et 6 notamment, telle que de la laine de verre, de la laine de roche ou de la mousse synthétique souple à cellules ouvertes par exemple, et pouvant être enveloppé de papier kraft. Le joint isolant 13 est avantageusement réalisé dans un
30 matériau poreux de sorte à ménager des espaces d'écoulement de gaz dans les espaces inter-panneaux 12 entre les panneaux isolants 2. De tels espaces d'écoulement de gaz sont avantageusement utilisés afin de permettre une circulation de gaz inerte, tel que de l'azote, au sein de la barrière thermiquement isolante secondaire 1 de sorte à la maintenir sous atmosphère inerte et ainsi éviter que du gaz combustible se trouve dans une plage
35 de concentration explosive et/ou afin de placer la barrière thermiquement isolante

secondaire 1 en dépression afin d'augmenter son pouvoir isolant. Cette circulation de gaz est aussi importante pour faciliter la détection des éventuelles fuites de gaz combustible. Les espaces inter-panneaux 12 présentent par exemple, une largeur de l'ordre de 30 mm. Des joints isolants 13 sont ainsi placés selon une direction longitudinale correspondant à la plus grande longueur des panneaux isolants 2, 6, tandis que des joints isolants 13 sont placés selon une direction transversale perpendiculaire à la direction longitudinale. Les joints isolants 13 sont dimensionnés de sorte que leur face interne dirigée vers la membrane d'étanchéité secondaire 4 soit alignée avec la limite de la couche de mousse polymère isolante 9 comme visible en figure 6.

10 [0069] Une plaque interne 10 selon un mode de réalisation est représentée de manière détaillée sur les figures 3, 7 et 8. La plaque interne 10 présente deux séries de rainures 14, 15, perpendiculaires l'une à l'autre, de sorte à former un réseau de rainures. Chacune des séries de rainures 14, 15 est parallèle à deux côtés opposés des panneaux isolants 2. Les rainures 14, 15 sont destinées à la réception d'ondulations, faisant saillies vers l'extérieur de la cuve, formées sur les tôles métalliques de la barrière d'étanchéité secondaire 4. Dans le mode de réalisation représenté, la plaque interne 10 comporte trois rainures 14 s'étendant selon la direction longitudinale du panneau isolant 2 et neuf rainures 15 s'étendant selon la direction transversale du panneau isolant 2.

20 [0070] Les rainures 14, 15 traversent intégralement l'épaisseur de la plaque interne 10 et débouchent ainsi au niveau de la couche de mousse polymère isolante 9. Par ailleurs, les panneaux isolants 2 comportent dans les zones de croisement entre les rainures 14, 15, des orifices de dégagement 16 ménagés dans la couche de mousse polymère isolante 9. Les orifices de dégagements 16 permettent le logement des zones de nœud, formés aux intersections entre les ondulations des tôles métalliques de la barrière d'étanchéité secondaire 4. Ces zones de nœud présentent un sommet en saillie vers l'extérieur de la cuve.

30 [0071] Par ailleurs, la plaque interne 10 est équipée de platines métalliques 17, 18 pour l'ancrage du bord des tôles métalliques ondulées de la membrane d'étanchéité secondaire 4 sur les panneaux isolants 2. Les platines métalliques 17, 18 s'étendent selon deux directions perpendiculaires qui sont chacune parallèles à deux côtés opposés des panneaux isolants 2. Les platines métalliques 17, 18 sont fixées sur la plaque interne 10 du panneau isolant 2, par des vis, des rivets ou des agrafes, par exemple. Les platines métalliques 17, 18 sont mises en place dans des évidements ménagés dans la plaque interne 10 de telle sorte que la surface interne des platines métalliques 17, 18 affleure la surface interne de la plaque interne 10.

[0072] La plaque interne 10 est également équipée de goujons filetés 19 faisant saillies vers l'intérieur de la cuve, et destinés à assurer la fixation de la barrière thermiquement isolante primaire 5 sur les panneaux isolants 2 de la barrière thermiquement isolante secondaire 1. Les goujons métalliques 19 passent au travers d'orifices ménagés dans les platines métalliques 17.

[0073] Par ailleurs, la plaque interne 10 présente le long de ses bords, dans chaque intervalle entre deux rainures successives 14, 15, un décrochement 21 destiné à recevoir un élément de pontage 20 qui sera décrit plus en détail par la suite.

[0074] Comme visible en figures 1 et 9, l'on observe que la membrane d'étanchéité secondaire 4 comporte une pluralité de tôles métalliques ondulées 24 ayant chacune une forme sensiblement rectangulaire. Les tôles métalliques ondulées 24 sont disposées de manière décalée par rapport aux panneaux isolants 2 de la barrière thermiquement isolante secondaire 1 de telle sorte que chacune desdites tôles métalliques ondulées 24 s'étende conjointement sur quatre panneaux isolants 2 adjacents.

[0075] Chaque tôle métallique ondulée 24 présente une première série d'ondulations 25 parallèles s'étendant selon la direction transversale et une seconde série d'ondulations 26 parallèles s'étendant selon la direction longitudinale. Chacune des séries d'ondulations 25, 26 est parallèle à deux bords opposés de la tôle métallique ondulée 24. Les ondulations 25, 26 font saillies vers l'extérieur de la cuve, c'est-à-dire en direction de la structure porteuse 3. La tôle métallique ondulée 24 comporte entre les ondulations 25, 26, une pluralité de surfaces planes. Au niveau de chaque croisement entre deux ondulations 25, 26, la tôle métallique comporte une zone de nœud. Dans le mode de réalisation représenté, les ondulations 25, 26 de la première série et de la seconde série présentent des hauteurs identiques. Il est toutefois possible de prévoir que les ondulations 25 de la première série présentent une hauteur supérieure aux ondulations 26 de la seconde série ou inversement.

[0076] Comme représenté sur la figure 9, les ondulations 25, 26 des tôles métalliques ondulées 24 sont logées dans les rainures 14, 15 ménagées dans la plaque interne 10 des panneaux isolants 2. Les tôles métalliques ondulées 24 adjacentes sont soudées entre elles à recouvrement. L'ancrage des tôles métalliques ondulées 24 sur les platines métalliques 17, 18 est réalisé par des soudures de pointage.

[0077] Les tôles métalliques ondulées 24 sont, par exemple, réalisées en Invar® : c'est-à-dire un alliage de fer et de nickel dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre $1,2 \cdot 10^{-6}$ et $2,10 \cdot 10^{-6}$ K⁻¹, ou dans un alliage de fer à forte teneur en manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement de l'ordre de $7 \cdot 10^{-6}$ K⁻¹. De manière alternative,

les tôles métalliques ondulées 24 peuvent également être réalisées en acier inoxydable ou en aluminium.

- 5 [0078] La barrière thermiquement isolante primaire 5 comporte une pluralité de panneaux isolants 6 de forme sensiblement parallélipipédique rectangle. Les panneaux isolants 6 sont ici décalés par rapport aux panneaux isolants 2 de la barrière thermiquement isolante secondaire 1 de telle sorte que chaque panneau isolant 6 s'étende sur quatre panneaux isolants 2 de la barrière thermiquement isolante secondaire 1. Un panneau isolant 6 comporte une structure analogue à un panneau isolant 2 de la barrière thermiquement isolante secondaire 1.
- 10 [0079] La membrane d'étanchéité primaire 7, visible en figure 1, est obtenue par assemblage d'une pluralité de tôles métalliques ondulées 27. Chaque tôle métallique ondulée 27 comporte une première série d'ondulations 28 parallèles, dite hautes, s'étendant selon la direction longitudinale et une seconde série d'ondulations 29 parallèles, dites basses, s'étendant selon la direction transversale. Les zones de nœud présentent une structure
- 15 proche de celle des zones de nœud des tôles métalliques ondulées 24 de la membrane d'étanchéité secondaire 4. Les ondulations 28, 29 font saillies vers l'intérieur de la cuve. Les tôles métalliques ondulées 27 sont, par exemple, réalisées en acier inoxydable ou en aluminium.
- 20 [0080] Lors de la fabrication de la cuve, les rainures 14, 15 sont dimensionnées pour constituer une zone de réglage de l'agencement des ondulations 25, 26 dans la cuve. En particulier, ces rainures 14, 15 doivent être dimensionnées pour permettre des variations de dimensions des ondulations 25, 26 liées aux tolérances de fabrication desdites ondulations 25, 26 dans les tôles métalliques ondulées 24. En outre, Ces dimensionnement doivent prendre en compte les tolérances de positionnement des
- 25 panneaux isolants 2 ainsi que des tôles métalliques ondulées 24 les uns par rapport aux autres.
- 30 [0081] La figure 2 illustre une position centrale 35 et des positions extrêmes 36 définissant une plage de positions possibles d'une ondulation 25, 26 logée dans une rainure 14, 15. De façon préférentielle, la rainure 14, 15 est dimensionnée de manière à présenter une
- 35 largeur 37, prise selon une direction transversale perpendiculaire à une direction longitudinale de l'ondulation 25, 26 et parallèle à une face interne de la plaque interne 10, supérieure ou égale à une largeur 38 de l'ondulation 25, 26 selon ladite direction, augmentée d'une dimension de tolérance prédéterminée correspondant à deux fois la tolérance de positionnement de l'ondulation 25, 26 dans la rainure 14, 15 de part et d'autre de la position centrale 35.

[0082] Du fait de ces dimensionnements, un espace demeure dans les rainures 14, 15 entre la barrière thermiquement isolante 1 et la membrane d'étanchéité 4. Ces rainures 14, 15 pourraient donc constituer un réseau de canaux de circulation. De tels canaux se développant de façon continue entre la membrane d'étanchéité et la barrière thermiquement isolante dans toute la paroi de cuve favoriseraient les mouvements de convection, en particulier sur les parois de cuves ayant une composante verticale importante telles que les parois de cuve transversales. Un tel réseau de canaux continus pourrait générer des phénomènes de thermosiphon favorisant les transferts de chaleur par convection gazeuse dans la barrière thermiquement isolante.

10 [0083] Un aspect de l'invention part de l'idée d'empêcher ces mouvements de convection dans les parois de la cuve. Pour cela, un aspect de l'invention part de l'idée de limiter la longueur des canaux formés par les rainures 14, 15 de la barrière thermiquement isolante.

[0084] Selon un mode de réalisation, des obturateurs d'onde 32 sont insérés dans une, certaines, ou toutes les rainures 14, 15 de la barrière thermiquement isolante. Ces obturateurs d'onde 32 sont disposés dans les rainures 14, 15 afin d'être agencés entre la membrane d'étanchéité 4 et la barrière thermiquement isolante 1.

[0085] Les obturateurs d'onde 32 vont être décrits par la suite en relation avec la barrière thermiquement isolante secondaire 1 et la membrane d'étanchéité secondaire 4 décrites ci-dessus. Il est bien évident que les obturateurs d'onde peuvent également être utilisés au niveau du primaire entre la barrière thermiquement isolante primaire 5 et la membrane d'étanchéité primaire 7 dans le cas d'ondulations 25, 26 saillants vers l'extérieur de la cuve, ou encore entre la barrière thermiquement isolante primaire 5 et la membrane d'étanchéité secondaire 4 dans le cas d'ondulations 25, 26 saillants vers l'intérieur de la cuve. Enfin, ces obturateurs d'onde 32 pourraient également être utilisés pour une cuve munie d'une unique membrane d'étanchéité.

[0086] La figure 3 représente un premier mode de réalisation avec une barrière thermiquement isolante secondaire 1 comportant une pluralité de panneaux isolants 2 juxtaposés munis des séries de rainures 14, 15. Dans ce mode de réalisation, des obturateurs d'onde 32 sont logés dans une pluralité de rainures 14 de la première série de rainures d'un même panneau isolant 2 à distance de l'espace inter-panneaux 12 de sorte à être supporté par la couche de mousse polymère isolante 9 et à être encadré par deux parties de la plaque rigide interne 10.

[0087] Dans cette illustration, les obturateurs 32 sont alignés dans la direction transversale de sorte à former une ligne d'obturation sur le panneau isolant 2. Dans un autre mode de

réalisation, les obturateurs 32 pourraient être positionnés en quinconce ou bien encore être logés dans une rainure 14 sur deux.

5 [0088] Dans le mode de réalisation représenté, les rainures 14 d'un même panneau isolant 2 comporte un seul obturateur 32 de sorte que le pas entre deux obturateurs d'une rainure 14 de la barrière thermiquement isolante secondaire 1 est égal à la dimension du panneau isolant 2 dans la direction longitudinale des ondulations 25. Il est bien évident que dans un autre mode de réalisation, ce pas pourrait être différent par exemple en logeant deux obturateurs 32 dans une rainure 14 d'un même panneau isolant 2.

10 [0089] Comme illustré notamment sur les figures 4 à 6, l'obturateur d'onde 32 est formé d'un noyau 33 en matériau compressible et d'une enveloppe 34 recouvrant entièrement le noyau 33. Le noyau 33 est par exemple formé de laine minérale, de mousse de mélamine, de fibres polyamides, de fibres acryliques, d'ouate de polyéthylène ou d'ouate de polyesters, et permet de créer une perte de charge dans la rainure 14 tout en rendant déformable l'obturateur d'onde 32 afin de s'adapter à l'espace laissé libre entre
15 l'ondulation 25 et la rainure 14. En effet, avec l'incertitude de placement de l'ondulation dans la rainure 14 due notamment aux tolérances de montage et de fabrication, il est avantageux de placer un obturateur d'onde 32 de plus grande dimension, fortement déformable, et d'une forme globalement complémentaire à l'espace subsistant entre l'ondulation et la rainure 14 pour qu'il soit ainsi comprimé de sorte à remplir tout l'espace.

20 [0090] L'enveloppe 34 est quant à elle réalisée par exemple en tissu de fibres de verre et joue un rôle de contenant pour le noyau 33 et un rôle de perte charge additionnelle pour l'écoulement de fluide passant par le canal formé entre l'ondulation et la rainure 14. En effet, le matériau de l'enveloppe 34 peut être choisi plus ou moins filtrant de sorte à fixer la perte de charge d'un écoulement la traversant. Ainsi, un obturateur d'onde 32 avec une
25 telle enveloppe 34 peut réaliser par exemple une perte de charge de l'ordre de 3 à 5 Pa dans les conditions d'exploitation normales de la cuve. Dans ce mode de réalisation, l'enveloppe 34 est formée d'une nappe interne 41 en contact avec la membrane d'étanchéité secondaire 4 et d'une nappe externe 39 en contact avec le panneau isolant 2. Les deux nappes 39, 41 sont par exemple fixées l'une à l'autre sur tout leur pourtour de
30 sorte à former le contenant fermé pour le noyau 33 en matériau compressible. De plus, il a été constaté qu'il pouvait être plus avantageux de réaliser une nappe interne 41 plus flexible que la nappe externe 39 de sorte que la nappe interne 41 puisse être déformée plus facilement au contact de l'ondulation 25 et que la nappe externe 39 continue à jouer son rôle de support et de maintien dans la rainure 14. La nappe externe 39 de l'obturateur

d'onde 32 est par exemple collée ou agrafée sur les deux parties de la plaques rigides internes 10.

[0091] Dans un mode de réalisation non représenté, une nappe flexible supplémentaire peut être située sous la nappe externe 39 de sorte que le rôle de maintien dans la rainure 14 soit reportée sur cette nappe flexible supplémentaire et non sur la nappe externe 39 formant le contenant pour le noyau 33.

[0092] Les figures 4 à 6 représentent un obturateur d'onde 32 dans une rainure 14 d'un panneau isolant 2 à différentes étapes de l'assemblage de la paroi de cuve et selon différents placements de l'ondulation 25 dans la rainure 14.

[0093] En effet, la figure 4 représente l'obturateur d'onde 32 avant que la membrane d'étanchéité secondaire 4 soit installée de sorte l'obturateur d'onde est dans un état non comprimé. Les figures 5 et 6 représentent quant à elle l'obturateur d'onde 32 après le positionnement de la membrane d'étanchéité secondaire 4 et donc d'une ondulation 25 dans la rainure 14 où est logé l'obturateur d'onde 32, l'obturateur d'onde 32 étant ainsi dans un état comprimé. En référence à la plage de positions possibles illustrée en figure 2, la figure 5 représente un premier cas dans lequel l'ondulation 25 est dans une position centrale 35 tandis que la figure 6 représente un deuxième cas dans lequel l'ondulation 25 est dans une position extrême 36.

[0094] Sur la figure 4, l'obturateur d'onde 32 est fixé par les deux extrémités de la nappe externe 39 à la plaque rigide interne 10 du panneau isolant 2 tandis que la partie centrale de la nappe externe 39 repose sur la couche de mousse 9. L'obturateur d'onde 30 est ainsi fixé dans la rainure 14 et obture déjà en grande partie la rainure 14 en formant un obturateur d'onde 30 à section en U. Le noyau 33 en matériau compressible est ici dans un état non comprimé de sorte que l'obturateur d'onde 32 a une épaisseur initiale globalement constante.

[0095] Sur la figure 5, l'ondulation 25 a été placée dans une position centrale 35 à l'intérieur de la rainure 14. L'ondulation 25 a ainsi comprimé de manière plus importante la partie centrale 42 de l'obturateur d'onde 32 au droit de la crête de l'ondulation 25 de sorte à localement diminuer fortement l'épaisseur de l'obturateur d'onde 32, par exemple de l'ordre de 50 % par rapport à sa valeur initiale. L'obturateur à l'aide de son noyau 33 en matériau compressible ainsi comprimé vient ainsi obstruer l'espace laissé libre entre le panneau isolant 2 et la membrane d'étanchéité 4 en s'adaptant à la position de l'ondulation 25.

[0096] De manière similaire sur la figure 6, l'ondulation 25 a été placée dans une position extrême 36 (ici côté droit de la rainure 14) à l'intérieur de la rainure 14. L'ondulation 25 a ainsi comprimé de manière plus importante une première partie 43 de l'obturateur d'onde 32 située à droite de l'ondulation tandis qu'une deuxième partie 44 de l'obturateur d'onde 32 n'est quant à elle pas comprimée. Ainsi la partie droite 43 a vu diminuer fortement son épaisseur par rapport à sa valeur initiale, par exemple de l'ordre de 50 %. Dans l'exemple représenté, la partie gauche 44 a quant à elle vu son épaisseur légèrement augmentée au vu du report par fluage dans cette partie du matériau compressible du noyau 33. Dès lors, l'obturateur à l'aide de son noyau 33 en matériau compressible ainsi comprimé vient ainsi obstruer l'espace laissé libre entre le panneau isolant 2 et la membrane d'étanchéité 4 en s'adaptant à la position de l'ondulation 25.

[0097] Les éléments de pontage 20 sont notamment représentés sur les figures 7 à 10. Sur ces figures, les éléments de pontage 20 comportent chacun une plaque de pontage 22 qui est disposée à cheval entre deux panneaux isolants 2 adjacents, en enjambant l'espace inter-panneaux 12 entre les panneaux isolants 2. Chaque plaque de pontage 22 est fixée contre chacun des deux panneaux isolants 2 adjacents de manière à s'opposer à leur écartement mutuel. Les plaques de pontage 22 présentent une forme parallélépipédique rectangle et sont par exemple constituées d'une plaque de bois contreplaqué.

[0098] La face externe des plaques de pontage 22 est fixée contre le fond des décrochements 21. La profondeur des décrochements 21 est sensiblement égale à l'épaisseur des plaques de pontage 22 de telle sorte que la face interne des plaques de pontage 22 parvienne sensiblement au niveau des autres zones planes de la plaque interne 10 du panneau isolant 2. Ainsi, les plaques de pontage 22 sont en mesure d'assurer une continuité dans le pontage de la membrane d'étanchéité secondaire 4.

[0099] De manière à assurer une bonne répartition des efforts de liaison entre les panneaux adjacents, une pluralité de plaques de pontage 22 s'étend le long de chaque bord de la plaque interne 10 des panneaux isolants 2, une plaque de pontage 22 étant disposée dans chaque intervalle entre deux rainures voisines 14, 15 d'une série de rainures parallèles.

[0100] De manière avantageuse, les plaques de pontage 22 s'étendent sur sensiblement toute la longueur de l'intervalle entre deux rainures voisines 14, 15. De plus, les décrochements 21 de part et d'autre de l'espace inter-panneau 12 forment un logement pour la plaque de pontage 22, c'est-à-dire l'espace formé entre dans les bords des décrochements 21 de deux panneaux isolant 2. Le logement présente une dimension transversale légèrement supérieure à la dimension transversale de la plaque de pontage

22 de sorte à s'affranchir des tolérances de montage et/ou fabrication lors de l'insertion de la plaque de pontage 22 dans le logement.

5 [0101] Les plaques de pontage 22 peuvent être fixées contre la plaque interne 10 des panneaux isolants 2 par tous moyens appropriés. Par exemple et comme représenté en figure 3, l'application d'une colle 40 dans le décrochement 21 entre la face externe des plaques de pontage 22 et la plaque interne 10 des panneaux isolants 2 permet de fixer les plaques de pontage 22 aux panneaux isolants 2 de manière satisfaisante.

10 [0102] Les éléments de pontage 20 comportent également chacun une bande isolante 23 fixée à la face externe des plaques de pontage 22, par exemple par collage. Lors de l'assemblage des éléments de pontage 20 avec les panneaux isolants 2, la bande isolante 23 est logée dans l'espace inter-panneaux 12 entre la plaque de pontage 22 et le joint isolant 13, et vient être comprimée entre ces deux éléments. Afin d'être logée aisément dans l'espace inter-panneaux 12, la bande isolante 23 comporte une dimension dans la direction transversale de l'espace inter-panneaux 12 égale à la dimension de l'espace inter-panneaux 12 dans la direction transversale de l'espace inter-panneaux 12. La bande isolante 23 est par exemple réalisée en une mousse polymère telle que la mousse polyuréthane. La bande isolante 23 comporte par exemple une dimension longitudinale égale à celle de la plaque de pontage 22.

20 [0103] De plus, comme représenté dans le mode de réalisation illustré sur les figures 7 et 8 notamment, les éléments de pontage 20 chevauchant les deux mêmes panneaux isolants adjacents 2 sont reliés deux à deux de sorte à former une chaîne d'éléments de pontage 30 s'étendant dans la direction longitudinale de l'espace inter-panneaux 12. Toutefois, dans un autre mode de réalisation non représenté, les éléments de pontage 20 peuvent être tous indépendants les uns des autres.

25 [0104] Deux éléments de pontage 20 adjacents de la chaîne d'éléments de pontage 30 sont fixés l'un à l'autre à l'aide d'un obturateur d'onde 32, comme visible notamment en figures 7 et 8. Plus particulièrement, la nappe externe 39 de l'obturateur d'onde 32 est fixée aux plaques internes 10 des deux panneaux isolants 2, par exemple par agrafage ou collage. Dans ce mode de réalisation l'obturateur d'onde 32 est ainsi placé au niveau de l'espace inter-panneaux et dans le prolongement de deux rainures 14 de sorte à venir se positionner entre une ondulation et le joint isolant 13.

30 [0105] Dans un mode de réalisation non représenté, deux éléments de pontage 20 adjacents de la chaîne d'éléments de pontage 30 sont fixés l'un à l'autre à l'aide d'une nappe flexible 31, par exemple par agrafage. Sur la nappe flexible 31, un obturateur d'onde 32 est fixé, par exemple par collage.

- [0106] Par ailleurs, selon un mode de réalisation notamment illustré en figure 7, les plaques de pontage 22 se situant dans le prolongement des directions des platines métalliques 17, 18 fixées sur les panneaux isolants 2 sont équipées de bandes de protection thermique 45, fixées contre la face interne desdites plaques de pontage 22 et destinés à protéger la plaque de pontage 22 lors de la soudure des tôles formant la membrane d'étanchéité.
- [0107] Sur la figure 7, la chaîne d'éléments de pontage 30 a été illustré lors de l'étape de collage avec la colle 40 sur les panneaux isolants 2 au niveau des décrochements 21 tandis que sur la figure 8, la chaîne d'éléments de pontage 30 est déjà fixé sur les panneaux isolants 2.
- [0108] Les figures 9 et 10 sont des illustrations en coupe de la figure 8 permettant de mieux distinguer l'agencement relatif des différents éléments les uns par rapport aux autres selon deux directions de coupe différentes.
- [0109] Sur la figure 9, il a été également illustré les tôles métalliques ondulées 24 de la membrane d'étanchéité secondaire 4 dont les ondulations 25 et 26 sont disposés dans les rainures 14, 15 des panneaux isolants 2 de la barrière thermiquement isolante secondaire 1. La figure 9 est ainsi une coupe réalisée dans la direction longitudinale de l'espace inter-panneaux au niveau dudit espace inter-panneaux 12.
- [0110] Ainsi, il est possible de distinguer les plaques de pontage 22 sur lesquelles les extrémités ont été biseautés, les nappes externes 39 étant agrafées ou collées sur ces surfaces biseautés. La bande isolante 23 prolonge à ses extrémités l'extrémité biseauté des plaques de pontage 22 de sorte à obtenir une nappe externe 39 de section en V dont le fond du V repose sur le joint isolant 13. La nappe externe 39 relie ainsi bien par leurs extrémités deux plaques de pontage 22 adjacentes. L'obturateur d'onde 32 est placé sur la nappe flexible 31 et vient être comprimé entre la nappe flexible 31 et l'ondulation 25.
- [0111] La figure 10 est une coupe réalisée dans la direction transversale de l'espace inter-panneaux 12. Sur cette figure, il est ainsi possible de distinguer la bande isolante 23 qui est comprimée entre la plaque de pontage 22 et le joint isolant 13 et qui remplit tout l'espace laissé libre par le joint isolant 13 dans la direction d'épaisseur et dans la direction transversale. La plaque de pontage 22 est logée de part et d'autre de celle-ci dans deux décrochements 21 des deux panneaux isolants 2 adjacents.
- [0112] Dans le premier mode de réalisation des figures 2 à 10, l'obturateur d'onde 32 est logé dans une rainure 15 de sorte à être comprimé entre une ondulation et le fond d'une rainure 15. L'obturateur d'onde 32 est de plus collé ou agrafé sur les parois de la rainure formée par les plaques rigides 10. Ce mode de réalisation correspond notamment au cas où les

ondulations de la membrane d'étanchéité font saillies vers l'extérieur de la cuve et sont logées dans une rainure.

5 [0113] Les figures 11 et 12 correspondent à un deuxième mode de réalisation qui diffère du premier mode de réalisation en ce que l'obturateur 32 est cette fois collé à l'intérieur de l'ondulation et est comprimé entre une ondulation et la plaque rigide 10 plane d'un panneau isolant 2, 6. De plus, ce deuxième mode de réalisation correspond notamment au cas où les ondulations de la membrane d'étanchéité font saillies vers l'intérieur de la cuve 71.

10 [0114] La figure 11 représente ainsi de manière schématique un obturateur d'onde 32 logé dans une ondulation et avant compression de sorte que l'obturateur d'onde présente une hauteur plus importante que la hauteur de crête de l'ondulation. De plus, avant compression, l'obturateur d'onde 32 ne présente pas nécessairement une forme complémentaire à l'ondulation.

15 [0115] La figure 12 représente également de manière schématique un obturateur d'onde 32 logé dans une ondulation mais cette fois après compression entre la plaque rigide 10 plane d'un panneau isolant 2, 6 et l'ondulation de la membrane d'étanchéité 4, 7. L'obturateur d'onde 32 a été ainsi comprimé et déformé de sorte à remplir tout l'espace laissé libre entre l'ondulation de l'une des séries d'ondulations 25, 26 et la plaque rigide 10.

20 [0116] En référence à la figure 13, une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve étanche et isolée 71 de forme générale prismatique montée dans la double coque 72 du navire. La paroi de la cuve 71 comporte une barrière étanche primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières isolante agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la
25 barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque 72.

[0117] De manière connue en soi, des canalisations de chargement/déchargement 73 disposées sur le pont supérieur du navire peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriées, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 71.

30 [0118] La figure 13 représente un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 75, une conduite sous-marine 76 et une installation à terre 77. Le poste de chargement et de déchargement 75 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 74 et une tour 78 qui supporte le bras mobile 74. Le bras mobile 74 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 79 pouvant se connecter aux canalisations

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

[0119] Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz liquéfié, on met en œuvre des pompes embarquées dans le navire 70 et/ou des pompes équipant l'installation à terre 77 et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de déchargement 75.

[0120] 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.

[0121] 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.

[0122] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

Revendications

- [Revendication 1] Cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide fixée à une structure porteuse, dans laquelle une paroi de cuve comporte au moins une barrière thermiquement isolante (1, 5) et au moins une membrane d'étanchéité (4, 7), la membrane d'étanchéité comportant une série d'ondulations (25, 26) parallèles présentant une direction longitudinale, et des portions planes situées entre lesdites ondulations (25, 26), lesdites ondulations (25, 26) faisant saillies des portions planes, ladite barrière thermiquement isolante (1, 5) étant située contre la membrane d'étanchéité (4, 7), la barrière thermiquement isolante (1, 5) comportant des panneaux isolants (2, 6), les panneaux isolants (2, 6) étant juxtaposés les uns aux autres, dans laquelle la cuve comporte au moins un obturateur d'onde (32) situé au droit d'une ondulation de la série d'ondulations (25, 26), entre une ondulation de la série d'ondulations (25, 26) et l'un des panneaux isolants (2, 6), l'obturateur d'onde (32) étant configuré pour obturer un espace laissé libre entre ladite ondulation et ladite rainure dans laquelle ladite ondulation est logée, dans laquelle l'obturateur d'onde (32) comporte un noyau en matériau compressible, et une enveloppe souple recouvrant entièrement ledit noyau de sorte à former un contenant pour le noyau en matériau compressible, l'obturateur d'onde (32) étant comprimé ou flué entre la membrane d'étanchéité et la barrière thermiquement isolante.
- [Revendication 2] Cuve selon la revendication 1, dans laquelle lesdites ondulations (25, 26) font saillies des portions planes sur un côté saillant de la membrane d'étanchéité, ladite barrière thermiquement isolante (1, 5) étant située du côté saillant de la membrane d'étanchéité, la barrière thermiquement isolante (1, 5) comportant une série de rainures (14, 15) parallèles recevant la série d'ondulations (25, 26), ledit obturateur d'onde (32) étant situé au droit d'une ondulation de la série d'ondulations (25, 26), entre une ondulation de la série d'ondulations (25, 26) et un fond d'une rainure de la série de rainures (14, 15).
- [Revendication 3] Cuve selon la revendication 2, dans laquelle les panneaux isolants sont munis de rainures formant la série de rainures de sorte que les rainures (14, 15) de deux panneaux isolants (2, 6) adjacents sont alignées dans la direction longitudinale, l'au moins un obturateur d'onde (32) étant logée dans la rainure de l'un des panneaux isolants.
- [Revendication 4] Cuve selon la revendication 2 ou la revendication 3, dans laquelle la barrière thermiquement isolante (1) est une première barrière

thermiquement isolante et la cuve comporte une deuxième barrière thermiquement isolante située à l'opposé du côté saillant de la membrane d'étanchéité, et dans laquelle la cuve comporte au moins un obturateur d'onde complémentaire situé en regard de l'au moins un obturateur d'onde (32) de sorte à prendre en sandwich une ondulation de la membrane d'étanchéité entre l'obturateur d'onde et l'obturateur d'onde complémentaire, l'obturateur d'onde complémentaire étant configuré pour obturer un espace laissé libre entre ladite ondulation et la deuxième barrière thermiquement isolante.

[Revendication 5] Cuve selon l'une des revendications 2 à 4, dans laquelle la barrière thermiquement isolante comporte une surface interne, la série de rainures (14, 15) étant réalisée sur la surface interne et les ondulations faisant saillies vers l'extérieur de la cuve.

[Revendication 6] Cuve selon l'une des revendications 2 à 4, dans laquelle la membrane d'étanchéité est une membrane d'étanchéité secondaire (4), la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante primaire (5), les ondulations faisant saillie vers l'intérieur de la cuve, et dans laquelle la cuve comporte une barrière thermiquement isolante secondaire (1) retenue sur la structure porteuse et portant la membrane d'étanchéité secondaire (4), la barrière thermiquement isolante primaire (5) étant portée par la membrane d'étanchéité secondaire (4), la cuve comportant une membrane d'étanchéité primaire (7) portée par la barrière thermiquement isolante primaire (5) et destinée à être en contact avec le fluide dans la cuve, la série de rainures (14, 15) étant formée sur une surface externe de la barrière thermiquement isolante primaire (5).

[Revendication 7] Cuve selon l'une des revendications 2 à 6, dans laquelle chaque panneau isolant (2) comporte une couche de mousse polymère isolante (9) et une plaque rigide (10) formant la face en contact avec la membrane d'étanchéité, la rainure de la série de rainures (14, 15) étant formée dans la plaque rigide.

[Revendication 8] Cuve selon la revendication 1, dans laquelle la barrière thermiquement isolante (1, 5) est située entre la membrane d'étanchéité (4, 7) et la structure porteuse, les ondulations faisant saillies vers l'intérieur de la cuve, chaque panneau isolant (2) comportant une plaque rigide plane (10) formant la face en contact avec la membrane d'étanchéité, l'obturateur d'onde (32) étant situé entre une ondulation de la série d'ondulations (25, 26) et une plaque rigide (10) d'un panneau isolant (2).

[Revendication 9] Cuve selon l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle l'obturateur d'onde (32) est comprimé par la membrane d'étanchéité de sorte à ce

que la dimension dans une direction d'épaisseur diminue localement d'au moins 20% entre l'épaisseur avant compression et l'épaisseur après compression.

- 5 [Revendication 10] Cuve selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle l'enveloppe (34) comporte une première nappe (41) et une deuxième nappe (39), la première nappe étant située au contact de la membrane d'étanchéité, la première nappe et la deuxième nappe étant fixées l'une à l'autre sur au moins une partie d'un pourtour de la première nappe et de la deuxième nappe de sorte à former le contenant pour le noyau en matériau compressible, la première nappe étant réalisée dans un matériau plus flexible que le matériau de la deuxième nappe.
- 10 [Revendication 11] Cuve selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle l'enveloppe (34) comporte une unique nappe comprenant une surface interne située au contact de la membrane d'étanchéité, l'unique nappe étant réalisée sous la forme d'un cylindre flexible de sorte à former le contenant pour le noyau en matériau compressible.
- 15 [Revendication 12] Cuve selon la revendication 10 ou 11, dans laquelle l'unique nappe, la première nappe (41) et/ou la deuxième nappe (39) comporte au moins une perforation.
- [Revendication 13] Cuve selon l'une des revendications 1 à 12, dans laquelle le noyau (33) représente au moins 90% en volume de l'obturateur d'onde (32), dans l'état comprimé ou dans l'état avant compression.
- 20 [Revendication 14] Cuve selon l'une des revendications 1 à 13, dans laquelle le noyau (33) est réalisé dans un matériau fibreux non tissé, poudreux ou en mousse, choisi de préférence parmi : la laine minérale, la mousse de mélamine, l'ouate de polyesters, l'ouate de polyéthylène, la mousse synthétique de plastique, les fibres polyamides, les fibres acryliques ou leurs combinaisons.
- 25 [Revendication 15] Cuve selon l'une des revendications 1 à 14, dans laquelle l'enveloppe (34) comporte une nappe textile tissée ou non tissée, constituée de fibres minérales et/ou synthétiques.
- [Revendication 16] Cuve selon l'une des revendications 1 à 15, dans laquelle la cuve comporte une pluralité d'obturateurs d'onde (32), chaque obturateur d'onde (32) étant situé entre une ondulation et un panneau isolant.
- 30 [Revendication 17] Cuve selon l'une des revendications 1 à 16, dans laquelle la cuve comporte une pluralité d'obturateurs d'onde (32) situés au droit d'une ondulation de la série d'ondulations (25, 26), entre une ondulation de la série d'ondulations (25, 26) et un panneau isolant formé au droit de l'ondulation, chaque obturateur d'onde (32) étant configuré pour obturer un espace laissé libre entre
- 35

ladite ondulation et ledit panneau isolant, les obturateurs d'onde (32) étant espacés régulièrement les uns des autres dans la direction longitudinale d'une série d'ondulations.

5 [Revendication 18] Navire (70) pour le transport d'un produit liquide froid, le navire comportant une double coque (72) et une cuve (71) selon l'une des revendications 1 à 17 disposée dans la double coque.

10 [Revendication 19] Système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant un navire (70) selon la revendication la revendication 18, des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) agencées de manière à relier la cuve (71) installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre (77) et une pompe pour 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.

15 [Revendication 20] Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon la revendication 18, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre (77) vers ou depuis la cuve du navire (71).]