

Description**Cuve étanche et thermiquement isolante****Domaine technique**

[0001] L'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes, à membranes. En particulier, l'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes pour le stockage et/ou le transport de gaz liquéfié à basse température, telles que des cuves pour le transport de Gaz de Pétrole Liquéfié (aussi appelé GPL) présentant par exemple une température comprise entre -50°C et 0°C , ou pour le transport de Gaz Naturel Liquéfié (GNL) à environ -162°C à pression atmosphérique, ou encore pour le stockage d'Argon liquide à environ -185°C . Ces cuves peuvent être installées à terre ou sur un ouvrage flottant. Dans le cas d'un ouvrage flottant, la cuve peut être destinée au transport de gaz liquéfié ou à recevoir du gaz liquéfié servant de carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant.

Technique antérieure**Arrière-plan technologique**

- [0002] Le document FR2265608 décrit une cuve étanche et thermiquement isolante intégrée à la structure porteuse d'un navire, comprenant une barrière thermiquement isolante secondaire, une membrane d'étanchéité secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire et une membrane d'étanchéité primaire. Ce document décrit plus particulièrement un procédé de mise en place de la barrière thermiquement isolante secondaire sur la structure porteuse.
- [0003] La barrière thermiquement isolante secondaire de ce document comprend une pluralité de caisses isolantes secondaires remplies d'un matériau calorifuge et juxtaposées les unes aux autres. Les caisses isolantes secondaires sont fixées directement à la structure porteuse du navire. La structure de navire peut comporter des irrégularités de planéité. Afin de palier aux défauts de planéité de la structure porteuse, des bandes de mastics sont disposées sur la face des caisses en appui contre la structure porteuse. Ainsi, le mastic permet d'absorber les défauts de planéité en s'écrasant plus ou moins sous la caisse isolante.

- [0004] Toutefois, dans de telles dispositions, entre deux caisses isolantes juxtaposées, il y a donc un espace entre la barrière thermiquement isolante secondaire et la structure porteuse sur toute la dimension de la paroi de cuve. On retrouve également un tel espace entre la membrane d'étanchéité secondaire et la barrière thermiquement isolante secondaire.
- [0005] La membrane d'étanchéité secondaire se trouvant à des températures très basses et la structure porteuse à une température ambiante, il a été constaté qu'un phénomène de thermosiphon se mettait en place dans les parois inclinées formant un angle avec une direction horizontale, par exemple des parois verticales de la cuve, avec la circulation d'un gaz (ou mélange de gaz) se refroidissant, donc descendant par rapport à la direction verticale, entre la membrane d'étanchéité secondaire et la barrière thermiquement isolante secondaire et la circulation d'un gaz se réchauffant, donc ascendant par rapport à la direction verticale, entre la barrière thermiquement isolante secondaire et la paroi porteuse. La circulation du gaz se refroidissant et la circulation du gaz se réchauffant forment un circuit fermé aux extrémités de la paroi de cuve qui favorise le transfert de chaleur convectif à travers la paroi de cuve.
- [0006] Cet effet thermosiphon ne permet pas à la barrière thermiquement isolante de jouer son rôle d'isolation de manière efficace et peut ainsi endommager la structure externe de la cuve en propageant les températures extrêmes du contenu de la cuve vers celle-ci.
- [0007] L'invention vise à remédier à ce problème.

Résumé

- [0008] Une idée à la base de l'invention est d'empêcher l'établissement d'une circulation de gaz par effet thermosiphon dans une paroi inclinée.
- [0009] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et thermiquement isolante intégrée dans une structure porteuse, la cuve comportant au moins une paroi de cuve inclinée formant un angle avec une direction horizontale perpendiculaire à la direction du champ de gravité terrestre et fixée à une paroi porteuse de la structure porteuse, la paroi de cuve présentant une structure multicouche comportant successivement, dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers

l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante retenue contre la paroi porteuse correspondante et une membrane d'étanchéité portée par la barrière thermiquement isolante, la cuve comportant des bandes étanches ou sensiblement étanches dans l'espace formé entre la barrière thermiquement isolante et la paroi porteuse, dans laquelle les bandes étanches ou sensiblement étanches segmentent l'espace entre la barrière thermiquement isolante et la paroi porteuse en une pluralité de zones se succédant dans une direction de plus grande pente de la paroi, les zones s'étendant sur toute une dimension transversale de la paroi de cuve dans une direction transversale inclinée par rapport à la direction de plus grand pente.

- [0010] Grâce à ces caractéristiques, le gaz situé entre la structure porteuse et la barrière thermiquement isolante secondaire qui en se réchauffant serait amené à remonter dans la paroi inclinée est ici bloqué dans sa circulation par la segmentation de cet espace en une pluralité de zones à l'aide de bandes étanches. Ainsi, l'effet thermosiphon ne peut pas s'établir. En effet, lorsqu'un gaz se réchauffe sa masse volumique diminue, celui-ci a ainsi tendance à se diriger dans une direction contraire à celle du champ de gravité terrestre et donc à remonter dans la paroi inclinée. De la même manière, lorsqu'un gaz se refroidit, sa masse volumique augmente, celui-ci a ainsi tendance à se diriger dans la direction du champ de gravité terrestre et donc à descendre dans la paroi inclinée.
- [0011] L'expression « une pluralité de zones se succédant dans une direction de plus grande pente » signifie ici que lorsqu'on suit une ligne de plus grande pente de la paroi de cuve, on rencontre successivement les zones les unes après les autres.
- [0012] Selon des modes de réalisation, une telle cuve peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.
- [0013] Selon un mode de réalisation, la direction transversale est orthogonale ou oblique à la direction de plus grande pente. Selon un mode de réalisation, la paroi porteuse est plane et la direction transversale et la direction de plus grande pente sont situées dans le plan de la paroi porteuse.

- [0014] Selon un mode de réalisation, au moins une des, certaines, ou toutes les bandes étanches ou sensiblement étanches ont une épaisseur variable dans la direction transversale afin de compenser les défauts éventuels de planéité de la structure porteuse.
- [0015] Selon un mode de réalisation, au moins une des, certaines ou toutes les bandes étanches ou sensiblement étanches se prolonge sur toute la dimension transversale de la paroi de cuve.
- [0016] Selon un mode de réalisation, au moins une des, certaines ou toutes les bandes étanches ou sensiblement étanches est formée d'une matière polymère, par exemple un mastic ou une mousse à cellule fermée, par exemple une mousse polyuréthane à cellule fermée, ou la combinaison d'une bande caoutchouc éthylène-propylène-diène monomère (EPDM) avec une bande mousse polyester.
- [0017] Selon un mode de réalisation, au moins une des, certaines ou toutes les bandes étanches ou sensiblement étanches comporte une pluralité de portions de bande reliées les unes aux autres de manière étanche par au moins une cale, la cale étant disposée entre deux portions de bandes adjacentes.
- [0018] On entend ici par relier de manière étanche que les propriétés d'étanchéité des portions de bande sont conservées au niveau de la liaison entre deux portions de bande en s'assurant donc qu'aucun espace de circulation n'est laissé libre entre la cale et une portion de bande.
- [0019] Ainsi, la bande étanche s'étend globalement dans la direction transversale, des portions de bande de ladite bande étanche pouvant prendre ponctuellement une autre direction, de sorte à former par exemple une ligne crénelée.
- [0020] De plus, la cale qui est réalisée dans un matériau rigide, tel que par exemple du bois ou du contreplaqué, permet d'éviter un écrasement excessif des bandes étanches lors du placement de la barrière thermiquement isolante contre la paroi porteuse. En effet, de préférence, l'épaisseur d'une cale est inférieure aux portions de bande adjacentes de sorte à ce que les portions de bande soient légèrement comprimées dans une plage de déformation élastique en évitant une compression dans leur

plage plastique.

- [0021] Selon un mode de réalisation, la cale comprend une première extrémité située dans une première portion de bande et une deuxième extrémité située dans une deuxième portion de bande, la deuxième portion de bande étant adjacente à la première portion de bande.
- [0022] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante comprend une pluralité de blocs isolants juxtaposés les uns aux autres dans la direction de plus grande pente et dans la direction transversale.
- [0023] Selon un mode de réalisation, au moins une des, certaines ou toutes les bandes étanches ou sensiblement étanches sont interrompue au niveau d'une interface ou d'un interstice entre deux blocs isolants adjacents, la cale étant disposée entre deux blocs isolants adjacents de sorte à relier de manière étanche deux portions de bandes adjacentes.
- [0024] Selon un mode de réalisation, au moins une des, certaines, ou toutes les bandes étanches ou sensiblement étanches est traversée par un canal de communication, le canal de communication étant de préférence à forte perte de charge, de sorte que les zones séparées par ladite au moins une bande sensiblement étanche sont en communication fluide lente, permettant à la pression de s'équilibrer entre les deux zones sans permettre une circulation convective substantielle.
- [0025] Ainsi, chaque zone communique avec les zones adjacentes de sorte à permettre l'équilibrage des pressions dans l'espace entre la barrière thermiquement isolante et la structure porteuse. Toutefois, afin d'éviter que cette communication ne contribue à créer une circulation par l'effet thermosiphon, il est préférable de concevoir le canal de communication de sorte qu'il soit à forte perte de charge pour un écoulement de gaz s'écoulant dans la direction de plus grande pente de la paroi de cuve. Il peut également être prévu de placer un matériau poreux dans le canal de communication pour contribuer à la perte de charge dans le canal de communication.
- [0026] L'expression « canal de communication à forte perte de charge » signifie ici que le canal de communication permet une communication fluide qui engendre une forte perte de charge, sur un flux passant par ce canal.

Cette forte perte de charge peut être engendrée par une géométrie particulière, par exemple un canal en forme de chicane, et/ou une dimension du canal suffisamment petite par rapport à la dimension de la paroi de cuve pour engendrer une perte de charge singulière par rétrécissement brutal de section de passage et/ou le positionnement d'un matériau poreux dans le canal de communication, ce matériau ayant un coefficient de perméabilité adapté. Par exemple, ce matériau poreux peut avoir un coefficient de perméabilité compris entre $5 \cdot 10^{-8}$ à 10^{-10}m^2 pour des dimensions de bande sensiblement étanche dans la direction de plus grande pente de 10 à 50mm.

- [0027] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante comprend une pluralité de rangée de blocs isolant s'étendant dans la direction transversale, les blocs isolants ayant une dimension longitudinale dans la direction de plus grande pente, deux bandes étanches ou sensiblement étanches adjacentes étant espacées l'une de l'autre dans la direction de plus grande pente d'une dimension égale ou sensiblement égale à la dimension longitudinale des blocs isolants.
- [0028] Selon un mode de réalisation, au moins une des, une pluralité, ou toutes les bandes sensiblement étanches est traversée par plusieurs canaux de communication répartis sur la bande sensiblement étanche.
- [0029] Selon un mode de réalisation, au moins une des, certaines, ou toutes les portions de bande s'étendant dans la direction transversale est interrompue par un canal de communication à forte perte de charge.
- [0030] Selon un mode de réalisation, au moins une des, certaines ou toutes les bandes sensiblement étanches sont discontinues uniquement au niveau du ou des canaux de communication. Ainsi, les bandes sensiblement étanches ne sont interrompues que ponctuellement sur toute la dimension transversale de la paroi.
- [0031] Selon un mode de réalisation, au moins une des, certaines ou toutes les bandes étanches sont continues sur toute la dimension transversale de la paroi de cuve.
- [0032] Selon un mode de réalisation, le canal de communication d'une bande sensiblement étanche est décalé du moins un canal de communication

d'une bande sensiblement étanche adjacente dans la direction transversale, de sorte à former un réseau de canaux de communication en quinconce.

[0033] Selon un mode de réalisation, la paroi de cuve comprend deux bords transversaux s'étendant dans la direction de plus grande pente, chaque bande sensiblement étanche comprenant au moins un ou un unique canal de communication située proche de l'un des bords transversaux de la paroi de cuve.

[0034] Selon un mode de réalisation, chaque zone est en communication fluide avec une zone adjacente par au moins un canal de communication à forte perte de charge.

[0035] Selon un mode de réalisation, la perte de charge d'un canal de communication est supérieure ou égale à $\Delta P = \frac{P_G}{n-1}$, avec ΔP la perte de charge minimum du canal de communication, P_G la pression motrice du gaz situé dans l'espace entre la barrière thermiquement isolante et la structure porteuse de la paroi de cuve dans des conditions normales d'utilisation de la cuve, et n représentant le nombre de zones segmentées par les bandes sensiblement étanches.

[0036] La perte de charge minimum du canal de communication peut être calculée en fonction d'une vitesse maximale admissible, elle-même calculée en fonction de la chaleur que l'écoulement est susceptible de véhiculer à travers le canal, quelques cm/sec par exemple.

[0037] On peut définir la perte de charge minimale ΔP au débit maximal toléré (i.e. calculée dans le canal de telle manière à limiter le terme $Q.p.C_p.\Delta T$) par $\Delta P \geq \frac{P_G}{dH}$.

Le calcul de la pression motrice du gaz P_G peut être réalisé comme suit :

$$P_G = \Delta \rho \times g \times dH$$

où $\Delta \rho$ est l'écart des masses volumiques ($\rho(T_f) - \rho(T_c)$), avec T_f la température de la source froide et T_c la température de la source chaude, dH est le pas vertical des séparations.

[0038] Exemple : les températures de coque et de membrane secondaire sont de 30°C et -160°C (lors d'un envahissement de la zone primaire par

exemple), les masses volumiques correspondantes de l'azote sont de 1.2kg/m^3 et de 3.1kg/m^3 .

$P_G/dH = 1.86\text{ mbar/m}$ ou 186 Pa/m . Si le sectionnement est tous les X mètres, on visera par exemple une perte de charge de $X \cdot 186\text{ Pa}$ à la vitesse (ou débit) maximal toléré dans le canal de communication.

- [0039] Selon un mode de réalisation, le canal de communication à forte perte de charge comprend un matériau poreux remplissant le canal de communication, le matériau poreux ayant une porosité configurée pour résulter en une perte de charge supérieure ou égale à la perte de charge minimum ΔP .
- [0040] Selon un mode de réalisation, le matériau poreux du canal de communication est choisi parmi la mousse de mélamine, la mousse de polyuréthane (PU) à cellules ouvertes, l'ouate de polyéthylène, des tresses de fibres par exemple de verre, de chanvre, de lin ou de coton.
- [0041] Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité est constituée d'une membrane d'étanchéité ondulée comportant une pluralité de tôles métalliques ondulées soudées les unes aux autres.
- [0042] Selon un mode de réalisation, la cuve comprend une seule membrane d'étanchéité.
- [0043] Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité est une membrane d'étanchéité secondaire et la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante secondaire, la cuve comportant une barrière thermiquement isolante primaire portée par la membrane d'étanchéité secondaire, et une membrane d'étanchéité primaire portée par la barrière thermiquement isolante primaire.
- [0044] Une telle cuve peut faire partie d'une installation de stockage terrestre, par exemple pour stocker du GNL, de l'Argon liquide ou du GPL, 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.

- [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 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.

Brève description des dessins

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.
- [0049] La figure 1 est une vue en perspective écorchée d'une paroi de cuve selon un premier mode de réalisation.
- [0050] La figure 2 est une vue en coupe dans la direction transversale d'une paroi de cuve selon le premier mode de réalisation.
- [0051] La figure 3 est une vue de face schématique depuis l'intérieur de la cuve d'une paroi de cuve où la membrane d'étanchéité a été omise, selon un deuxième mode de réalisation.
- [0052] La figure 4 est une vue de face schématique depuis l'intérieur de la cuve d'une paroi de cuve où la membrane d'étanchéité a été omise, selon un troisième mode de réalisation.
- [0053] La figure 5 est une vue de face schématique depuis l'extérieur de la cuve d'une paroi de cuve, selon un quatrième mode de réalisation.

[0054] La figure 6 est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

Description des modes de réalisation

- [0055] Dans la description ci-dessous, on va décrire une cuve étanche et thermiquement isolante 71 comprenant au moins une paroi de cuve inclinée 1 formant un angle avec une direction horizontale et fixée à une paroi porteuse de la structure porteuse 2. Le cas particulier d'une paroi verticale va être décrit par la suite. Toutefois, l'invention ne se limite pas au cas particulier d'une paroi verticale.
- [0056] Dans le cas d'une paroi verticale, la direction de plus grande pente 51 de cette paroi est donc la direction verticale. Le terme « vertical » signifie ici s'étendant dans la direction du champ de gravité terrestre. Le terme « horizontal » signifie ici s'étendant dans une direction perpendiculaire à la direction verticale.
- [0057] Comme représenté sur la figure 1, la paroi de cuve 1 présente une structure multicouche comportant successivement, dans le sens de l'épaisseur 52 depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve 71, une barrière thermiquement isolante 3 retenue contre la paroi porteuse 2 et une membrane d'étanchéité 4 portée par la barrière thermiquement isolante 3.
- [0058] Dans le mode de réalisation représenté, la barrière thermiquement isolante 3 comporte une pluralité de blocs isolants 5 qui sont ancrés à la paroi porteuse 2 au moyen de dispositifs de retenue ou de coupleurs (non représentés). Les blocs isolants 5 présentent une forme générale parallélépipédique et sont disposés selon des rangés parallèles. Les blocs isolants 5 peuvent être réalisés selon différentes structures.
- [0059] Un bloc isolant 5 peut être réalisé sous la forme d'un caisson comportant une plaque de fond, une plaque de couvercle et des voiles porteurs s'étendant, dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve, entre la plaque de fond et la plaque de couvercle et délimitant une pluralité de compartiments remplis d'une garniture isolante, telle que de la perlite, de la laine de verre ou de roche. Une telle structure générale est par exemple décrite dans WO2012/127141 ou WO2017/103500.

- [0060] Un bloc isolant 5 peut être également réalisé une plaque de fond 7, une plaque de couvercle 6 et éventuellement une plaque intermédiaire, par exemple réalisées en bois contreplaqué. Le bloc isolant 5 comporte également une ou plusieurs couches de mousse polymère isolante 8 prises en sandwich entre la plaque de fond 7, la plaque de couvercle 6 et l'éventuelle plaque intermédiaire et collées à celles-ci. La mousse polymère isolante 8 peut notamment être une mousse à base de polyuréthane, optionnellement renforcée par des fibres. Une telle structure générale est par exemple décrite dans WO2017/006044.
- [0061] La membrane d'étanchéité 4 peut être constituée d'une nappe continue de tôles métalliques 9 soudées de manière étanche bord à bord et qui présentent deux séries d'ondulations 10, 11 mutuellement perpendiculaires. Les deux séries d'ondulations 10, 11 peuvent présenter un espacement régulier ou un espacement irrégulier périodique. Les ondulations 10, 11 peuvent être continues et forment des intersections entre les deux séries d'ondulations 10, 11. D'une autre façon, les ondulations 10, 11 peuvent présenter des discontinuités de certaines ondulations au niveau des intersections entre les deux séries. Les tôles métalliques ondulées 9 sont réalisées en acier inoxydable.
- [0062] Afin de bloquer l'effet thermosiphon de circulation de gaz dans l'espace 12 entre la barrière thermiquement isolante 3 et la structure porteuse 2, appelé par la suite l'espace barrière/porteuse 12, il est prévu de segmenter cet espace barrière/porteuse 12 de sorte à former des zones 14 se succédant dans la direction de plus grande pente de la paroi de cuve 1.
- [0063] Les figures 1 et 2 présentent un premier mode de réalisation où des bandes étanches 15 segmentent l'espace entre la barrière thermiquement isolante et la paroi porteuse dans la direction de plus grande pente 51 en une pluralité de zones 14. Dans ce mode de réalisation, les bandes étanches 15 sont placées à la jonction entre deux rangées de blocs isolants 5 s'étendant dans une direction transversale 50 inclinée par rapport à la direction de plus grande pente 51. Dans le mode de réalisation représenté, la direction transversale 50 correspond à la

direction horizontale soit un angle de 90° avec la direction de plus grande pente 51 d'une paroi verticale. Les bandes étanches 15 se prolongent ainsi sur toute la dimension transversale de la paroi de cuve 1 sans discontinuité. Les bandes étanches 15 sont donc ici formées rectilignement. Les bandes étanches 15 peuvent être formées par exemple de mastic ou de mousses polymères à cellule fermée. Dans un mode de réalisation non représenté, la direction transversale 50 peut former un angle non nul avec la direction horizontale, par exemple compris entre -20° et 20° .

- [0064] Comme on peut le voir sur la figure 2, un joint isolant 19 est placé entre deux blocs isolants 5 adjacents dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve 1. Le joint isolant 19 permet de combler les espaces entre les blocs isolants 5 dans la direction d'épaisseur de sorte à améliorer l'isolation thermique de la barrière thermiquement isolante 3. Le joint isolant 19 peut être composé par exemple de laine de verre ou d'une mousse polymère projetée.
- [0065] Dans les figures 3 et 4, les éléments illustrés en pointillés sont dessinés ainsi pour représenter leur placement entre les blocs isolants 5 de la barrière thermiquement isolante 3 et la structure porteuse 2.
- [0066] La figure 3 représente un deuxième mode de réalisation de segmentation de l'espace barrière/porteuse 12 dans la direction de plus grande pente. Dans cette illustration pour plus de clarté, seule la barrière thermiquement isolante 3 avec une partie des blocs isolants 5 et la structure porteuse 2 sont illustrées. Dans ce mode de réalisation et contrairement au premier mode de réalisation, les bandes étanches 15 sont réparties régulièrement ou irrégulièrement sous la barrière thermiquement isolante 3 dans la direction de plus grande pente. Ainsi dans l'exemple illustré, plusieurs bandes étanches 15 s'étendent sous chaque bloc isolant 5 de la barrière thermiquement isolante 3 dans la direction transversale. La bande étanche 15 est ici composée de boudin de mastic placé sur la structure porteuse avant le positionnement des blocs isolants 5.
- [0067] De plus, dans ce mode de réalisation illustré sur la figure 3, chaque bande étanche 15 est traversée dans la direction de plus grande pente par un

canal de communication 17 qui affaiblit donc la propriété d'étanchéité de la bande sensiblement étanche 15 sans la supprimer complètement. Le canal de communication 17 est par exemple formé par un matériau poreux, par exemple par une ou des tresses de fibres, inséré dans la bande étanche 15 de sorte à ce que les tresses s'étendent sensiblement dans la direction de plus grande pente et traverse de part en part la bande étanche 15. Ainsi, le canal de communication 17 est un canal de communication à forte perte de charge 17 car celui-ci représente pour un écoulement de fluide dans l'espace barrière/porteuse 12 une perte de charge singulière par le changement brusque de section d'écoulement et/ou par le matériau poreux utilisé.

[0068] De plus, pour accentuer la perte de charge engendrée par les canaux de communication 17 sur l'écoulement de fluide, les canaux de communication 17 de bandes étanches 15 adjacentes dans la direction de plus grande pente sont positionnés en quinconce de sorte que chaque zone 14 représente pour l'écoulement une canalisation s'étendant dans la direction transversale et que le canal de communication 17 représente pour l'écoulement une section coudée entre deux zones 14 adjacentes.

[0069] La figure 4 représente un troisième mode de réalisation de la segmentation de l'espace barrière/porteuse 12 dans la direction de plus grande pente. Dans cette illustration pour plus de clarté, seule la barrière thermiquement isolante 3 avec une partie des blocs isolants 5 et la structure porteuse 2 sont illustrées. Dans ce mode de réalisation, la segmentation est également effectuée à l'aide de bandes étanches 15. Toutefois, chaque bande étanche 15 est formée par une pluralité de portions de bande 16 reliées les unes aux autres dans la direction transversale par une cale 18, la cale 18 étant donc disposée entre deux portions de bande 16 adjacentes.

[0070] Comme illustré sur la figure 4, une des portions de bande 16 est placée sur la surface inférieure de chaque bloc isolant 5, formant ainsi un motif, afin que les portions de bande 15 soient situées après pose des blocs isolants 5 dans l'espace barrière/porteuse 12. Ce motif peut être réalisé de divers manières. Dans le mode représenté, ce motif forme un contour

fermé du bloc isolant 5 ainsi qu'une pluralité de lignes écartée du contour fermé, s'étendant dans la direction transversale et réparties dans la direction de plus grande pente. Les portions de bande 16 sont ici formées comme précédemment par des boudins de mastic.

- [0071] Une cale 18 est placée à la jonction entre deux blocs isolants 5 adjacents. Il peut être également disposé d'autres cales 18 disposées régulièrement à la jonction entre deux blocs isolants 5 adjacents. La cale 18 comprend une première extrémité située dans le contour fermé de la portion de bande 16 d'un premier bloc isolant 5 et comprend une deuxième extrémité située dans le contour fermé du motif des portions de bande 16 d'un deuxième bloc isolant 5 adjacent au premier bloc isolant dans la direction transversale. Ainsi, pour une rangée de blocs isolants 5 dans la direction transversale, la bande étanche 15 est formée par les portions de bandes 16 situées sous chacun de ces blocs isolants 5 et reliées les unes aux autres par les cales 18 placées entre ces blocs isolants 5.
- [0072] Les cales 18 peuvent avoir des épaisseurs variables de sorte à former des cales dites de référence 18. Dans ce cas, les cales 18 ont également une fonction d'assurer la planéité de la barrière thermiquement isolante 3 en compensant par leur épaisseur les défauts de planéité de la structure porteuse 2.
- [0073] De plus, des canaux de communication 17 sont formés dans le contour formé de chaque bloc isolant 5 de sorte que sous un bloc isolant 5 ne reste pas piégée une poche de fluide. Ces canaux de communication 17 peuvent être formés de la même manière que dans le deuxième mode de réalisation ou différemment. Comme représenté sur la figure 4, sous un même bloc isolant 5 sont placés deux canaux de communication 17 disposés en quinconce dans la direction de plus grande pente.
- [0074] La figure 5 représente un quatrième mode de réalisation de la segmentation de l'espace barrière/porteuse 12 dans la direction de plus grande pente. Dans cette illustration pour plus de clarté, seule la barrière thermiquement isolante 3 avec une partie des blocs isolants 5 et la structure porteuse 2 sont illustrées. De plus, sur cette illustration, la structure porteuse 2 est omise (ou représentée en transparence) et le

point de vue est depuis l'extérieur de la cuve de sorte que les éléments situés entre la structure porteuse 2 et les blocs isolants 5 sont au premier plan. Dans ce mode de réalisation et de la même manière que dans le troisième mode de réalisation, chaque bande étanche 15 est formée par une pluralité de portion de bande 16 reliées les unes aux autres dans la direction transversale par une cale 18, la cale 18 étant donc disposée entre deux portions de bande 16 adjacentes.

- [0075] Toutefois, contrairement au troisième mode de réalisation, les portions de bande 16 sont ici placées à la jonction entre deux blocs isolants 5 adjacents dans la direction de plus grande pente et optionnellement à la jonction entre deux blocs isolants 5 adjacents dans la direction transversale. Chaque portion de bande 16 se prolonge ainsi qu'au niveau de la jonction entre deux blocs isolants 5. Les portions de bande 16 adjacentes dans la direction transversale ou la direction de plus grande pente sont reliées de manière étanche les unes aux autres par une cale 18. Les portions de bande 16 sont ici formées par une mousse polymère à cellule fermée.
- [0076] Comme illustré sur la figure 5, des canaux de communication 17 traversent les portions de bande 16 de sorte que les espaces situées sous les blocs isolants 5 d'une même rangée dans la direction de plus grande pente soient en communication fluidique grâce aux canaux de communication 17. Ces canaux de communication 17 peuvent être formées de la même manière que dans le deuxième mode de réalisation ou différemment. De plus, sous un même bloc isolant 5 est placé au moins deux canaux de communication 17 disposées en quinconce dans la direction de plus grande pente. Les cales 18 du quatrième mode de réalisation peuvent également être des cales de référence 18.
- [0077] Dans les différents modes de réalisation décrits ci-dessus, une membrane d'étanchéité 4 et une barrière thermiquement isolante 3 ont été illustrées et décrits. La paroi de cuve 1 peut ainsi être constituée que d'une seule membrane d'étanchéité 4 et d'une seule barrière thermiquement isolante 3.
- [0078] Toutefois, la paroi de cuve 1 peut aussi comprendre une structure dite à

double membranes. Dans ce cas, la barrière thermiquement isolante 3 décrite est une barrière thermiquement isolante secondaire et la membrane d'étanchéité 4 est une membrane d'étanchéité secondaire. La paroi de cuve 1 comprend ainsi également une barrière thermiquement isolante primaire portée par la membrane d'étanchéité secondaire 4 et une membrane d'étanchéité primaire portée par la barrière thermiquement isolante primaire.

- [0079] En référence à la figure 6, une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve étanche et isolée 71 de forme générale prismatique montée dans la double coque 72 du navire. La paroi de la cuve 71 comporte une barrière étanche primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières isolante agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque 72.
- [0080] De manière connue en soi, des canalisations de chargement/déchargement 73 disposées sur le pont supérieur du navire peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriés, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 71.
- [0081] La figure 6 représente un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 75, une conduite sous-marine 76 et une installation à terre 77. Le poste de chargement et de déchargement 75 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 74 et une tour 78 qui supporte le bras mobile 74. Le bras mobile 74 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 79 pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 73. Le bras mobile 74 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 78. Le poste de chargement et de déchargement 75 permet le chargement et le déchargement du méthanier 70 depuis ou vers l'installation à terre 77. Celle-ci comporte des cuves de stockage de gaz liquéfié 80 et des

conduites de liaison 81 reliées par la conduite sous-marine 76 au poste de chargement ou de déchargement 75. La conduite sous-marine 76 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 75 et l'installation à terre 77 sur une grande distance, par exemple 5 km, ce qui permet de garder le navire méthanier 70 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et de déchargement.

- [0082] 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.
- [0083] 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.
- [0084] 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.
- [0085] 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 (71) intégrée dans une structure porteuse (2), la cuve comportant au moins une paroi de cuve (1) inclinée formant un angle avec une direction horizontale perpendiculaire à la direction du champ de gravité terrestre et fixée à une paroi porteuse de la structure porteuse (2),
la paroi de cuve (1) présentant une structure multicouche comportant successivement, dans le sens de l'épaisseur (52) depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante (3) retenue contre la paroi porteuse correspondante et une membrane d'étanchéité (4) portée par la barrière thermiquement isolante (3),
la cuve comportant des bandes étanches ou sensiblement étanches (15) dans l'espace formé entre la barrière thermiquement isolante (3) et la paroi porteuse,
dans laquelle les bandes étanches ou sensiblement étanches (15) segmentent l'espace entre la barrière thermiquement isolante (3) et la paroi porteuse en une pluralité de zones (14) se succédant dans une direction de plus grande pente (51) de la paroi, les zones (14) s'étendant sur toute une dimension transversale de la paroi de cuve (1) dans une direction transversale (50) inclinée par rapport à la direction de plus grande pente.
2. Cuve selon la revendication 1, dans laquelle au moins une des bandes étanches (15) se prolonge sur toute la dimension transversale de la paroi de cuve (1).
3. Cuve selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans laquelle au moins une des bandes étanches est formée d'une matière polymère, par exemple un mastic ou une mousse à cellule fermée, par exemple une mousse polyuréthane à cellule fermée, ou la combinaison d'une bande caoutchouc EPDM avec une bande mousse polyester.
4. Cuve selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle au moins une des bandes étanches (15) comporte une pluralité de portions de bande (16) reliées les unes aux autres de manière étanche par au moins une cale (18), la cale (18) étant disposée entre deux portions de bandes (16) adjacentes.
5. Cuve selon la revendication 4, dans laquelle la cale (18) comprend une

première extrémité située dans une première portion de bande (16) et une deuxième extrémité située dans une deuxième portion de bande (16), la deuxième portion de bande (16) étant adjacente à la première portion de bande (16).

6. Cuve selon la revendication 4 ou la revendication 5, dans laquelle la barrière thermiquement isolante (3) comprend une pluralité de blocs isolants (5) juxtaposés les uns aux autres dans la direction de plus grande pente et dans la direction transversale, au moins une des bandes étanches (15) étant interrompue au niveau d'une interface ou d'un interstice entre deux blocs isolants (5) adjacents, la cale (18) étant disposée entre deux blocs isolants (5) adjacents de sorte à relier de manière étanche deux portions de bandes (16) adjacentes.
7. Cuve selon l'une des revendications 1 à 6, dans laquelle au moins une des bandes sensiblement étanches (15) est traversée par un canal de communication à forte perte de charge (17) de sorte que les zones (14) séparées par ladite au moins une bande sensiblement étanche (15) sont en communication fluïdique lente, permettant à la pression de s'équilibrer entre les deux zones sans permettre une circulation convective substantielle.
8. Cuve selon la revendication 7, dans laquelle chaque zone (14) est en communication fluïdique avec une zone (14) adjacente par au moins un canal de communication à forte perte de charge (17).
9. Cuve selon la revendication 7 ou la revendication 8, dans laquelle la perte de charge d'un canal de communication (17) est supérieure ou égale à $\Delta P = \frac{P_G}{n - 1}$, avec ΔP la perte de charge minimum du canal de communication, P_G la pression motrice du gaz situé dans l'espace entre la barrière thermiquement isolante (3) et la structure porteuse (2) de la paroi de cuve (1) dans des conditions normales d'utilisation de la cuve, et n représentant le nombre de zones (14) segmentées par les bandes sensiblement étanches (15).
10. Cuve selon la revendication 9, dans laquelle le canal de communication à forte perte de charge (17) comprend un matériau poreux remplissant le canal de communication (17), le matériau poreux ayant une porosité configurée pour résulter en une perte de charge supérieure ou égale à la perte de charge minimum ΔP .

11. Cuve selon la revendication 10, dans laquelle le matériau poreux du canal de communication est choisi parmi la mousse de mélamine, la mousse de polyuréthane (PU) à cellules ouvertes, et des tresses de fibres.
12. Cuve selon l'une des revendications 7 à 11, dans laquelle l'au moins une des bandes sensiblement étanches est discontinues uniquement au niveau du ou des canaux de communication.
13. Cuve selon l'une des revendications 7 à 12, dans laquelle une pluralité de bandes sensiblement étanches sont traversées par un canal de communication, le canal de communication d'une bande sensiblement étanche étant décalé du canal de communication d'une bande sensiblement étanche adjacente dans la direction transversale, de sorte à former un réseau de canaux de communication en quinconce
14. Cuve selon l'une des revendications 1 à 13, dans laquelle la barrière thermiquement isolante comprend une pluralité de rangées de blocs isolant s'étendant dans la direction transversale, les blocs isolants ayant une dimension longitudinale dans la direction de plus grande, deux bandes étanches ou sensiblement étanches adjacentes étant espacées l'une de l'autre dans la direction de plus grande pente d'une dimension égale ou sensiblement égale à la dimension longitudinale des blocs isolants.
15. Cuve selon l'une des revendications 1 à 14, dans laquelle la membrane d'étanchéité (4) est constituée d'une membrane d'étanchéité (4) ondulée comportant une pluralité de tôles métalliques ondulées (9) soudées les unes aux autres.
16. Cuve selon l'une des revendications 1 à 15, dans laquelle la cuve comprend une seule membrane d'étanchéité (4) et une seule barrière thermiquement isolante (3).
17. Cuve selon l'une des revendications 1 à 15, dans laquelle la membrane d'étanchéité (4) est une membrane d'étanchéité secondaire et la barrière thermiquement isolante (3) est une barrière thermiquement isolante secondaire, la cuve comportant une barrière thermiquement isolante primaire portée par la membrane d'étanchéité secondaire, et une membrane d'étanchéité primaire portée par la barrière thermiquement isolante primaire.
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.

19. Système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant un navire (70) selon 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.
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).