

Description

Titre de l'invention : Cuve étanche et thermiquement isolante à joints isolants anti-convectifs

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. Ces cuves peuvent être installées à terre ou sur un ouvrage flottant. Dans le cas d'un ouvrage flottant, la cuve peut être destinée au transport de gaz liquéfié ou à recevoir du gaz liquéfié servant de carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant.

[0002] Dans un mode de réalisation, le gaz liquéfié est du GNL, à savoir un mélange à forte teneur en méthane stocké à une température d'environ -162°C à la pression atmosphérique. D'autres gaz liquéfiés peuvent aussi être envisagés, notamment l'éthane, le propane, le butane ou l'éthylène. Des gaz liquéfiés peuvent aussi être stockés sous pression, par exemple à une pression relative comprise entre 2 et 20 bar, et en particulier à une pression relative voisine de 2 bar. La cuve peut être réalisée selon différentes techniques, notamment sous la forme d'une cuve intégrée à membrane ou d'une cuve autoporteuse.

Arrière-plan technologique

[0003] On a décrit, par exemple dans le document FR2724623 ou le document FR 2599468, une structure de paroi pour réaliser la paroi plane d'une cuve étanche et thermiquement isolante. Une telle paroi de cuve comporte une structure multicouche comportant, de l'extérieure de la cuve vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire, une membrane étanche secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire et une membrane d'étanchéité primaire destinée à être au contact du liquide contenu dans la cuve. De telles cuves comportent des panneaux isolants juxtaposés de manière à former les barrières thermiquement isolantes. En outre, afin d'assurer une continuité des caractéristiques isolantes desdites barrières thermiquement isolantes, des joints isolants sont insérés entre deux panneaux isolants adjacents.

[0004] Ces joints isolants sont insérés dans l'ensemble des espaces inter-panneaux formés entre deux panneaux isolants adjacents et se développent sur toute l'épaisseur de la barrière thermiquement isolante correspondante. De tels joints isolants sont juxtaposés successivement dans les espaces inter-panneaux afin d'assurer la continuité de l'isolation de la barrière thermiquement isolante.

[0005] Cependant, la juxtaposition des joints isolants conduit à générer, entre les joints isolants, des canaux se développant sur tout l'épaisseur de la barrière thermiquement isolante. La présence de tels canaux peut être liée à de nombreuses causes, par exemple du fait des tolérances de fabrication des joints isolants ou encore du fait de la contraction thermique des joints isolants lors de la mise à froid de la cuve, par exemple lors du chargement de GNL à -162°C dans la cuve. De tels canaux favorisent la convection naturelle dans la barrière thermiquement isolante, en particulier lorsque ces canaux présentent une composante verticale par rapport à la gravité terrestre et peuvent engendrer un phénomène de thermosiphons réduisant les caractéristiques isolantes de la barrière thermiquement isolante. Une telle cuve n'est donc pas pleinement satisfaisante.

Résumé

[0006] Une idée à la base de l'invention est de proposer une cuve étanche et thermiquement isolante à membrane d'étanchéité dans laquelle les phénomènes de convection dans les barrières thermiquement isolantes sont réduits. En particulier, une idée à la base de l'invention est de fournir une cuve étanche et thermiquement isolante limitant la présence ou l'apparition de canaux se développant sur toute l'épaisseur des barrières d'isolation thermique afin de limiter les phénomènes de convection naturelle dans lesdites barrières d'isolation thermique. Une idée à la base de l'invention est également de faciliter la fabrication d'une telle cuve. En particulier, une idée à la base de l'invention est de faciliter l'insertion des joints isolants dans les espaces inter-panneaux.

[0007] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et thermiquement isolante comportant une barrière thermiquement isolante destinée à être ancrée à une structure porteuse, la barrière thermiquement isolante comportant deux panneaux isolants adjacents, un espace inter-panneaux étant délimité entre les deux panneaux isolants adjacents, ledit espace inter-panneaux comportant une portion externe et une portion interne superposées selon une direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante, la portion externe et la portion interne étant respectivement plus éloignée et plus proche de l'intérieur de la cuve,

la cuve comportant en outre :

- deux joints isolants externes juxtaposés dans la portion externe de l'espace inter-panneaux de manière à présenter deux bords adjacents, et
- un joint isolant interne disposé dans la portion interne de l'espace inter-panneau, le joint isolant interne étant superposé selon une direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante aux deux joints isolants externes de manière à recouvrir les deux bords adjacents desdits joints isolants externes.

[0008] Une telle cuve étanche et thermiquement isolante présente de bonnes caractéristiques d'isolation de la barrière thermiquement isolante. En particulier, une telle cuve étanche et thermiquement isolante permet de limiter les phénomènes de convection dans la barrière thermiquement isolante. En effet, la présence de joints isolants externes et d'un joint isolant interne superposés selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolant associée au positionnement du joint isolant interne en superposition selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante des bords adjacents des joints isolants externes juxtaposés empêche la présence ou l'apparition de canaux se développant de façon continue sur toute l'épaisseur de la barrière thermiquement isolante. En effet, un canal se développant au niveau de l'interface entre les bords adjacents des joints isolants externes ne peut se développer que sur l'épaisseur de la portion externe de l'espace inter-panneaux du fait du recouvrement de cette interface par le joint isolant interne.

[0009] En outre, l'installation de tels joints isolants externes et interne est simple et facile du fait de l'encombrement réduit des joints isolants externes et internes, lesdits joints isolants externes et internes étant de taille réduite du fait de leur positionnement sur une portion de l'épaisseur de la barrière thermiquement isolante et non pas sur toute son épaisseur.

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

[0011] Selon un mode de réalisation, le joint isolant interne et/ou les deux joints isolants externes sont perméables aux gaz. De tels joints isolants permettent d'assurer la continuité de la barrière thermiquement isolante entre les deux panneaux isolants adjacents tout en autorisant la circulation de gaz au sein de la barrière thermiquement isolante. Ainsi, de tels joints isolants sont particulièrement adaptés pour permettre le maintien de la barrière thermiquement isolante sous atmosphère inerte ou pour réaliser des tests d'étanchéité d'une membrane étanche de la cuve sans empêcher une bonne circulation du gaz inerte. De tels joints isolants présentent par exemple une

perméabilité intrinsèque supérieure à 5.10^{-12}m^2 , avantageusement supérieure à $6.5.10^{-11}\text{m}^2$, et de préférence supérieure à 5.10^{-10}m^2 . De manière avantageuse, cette perméabilité intrinsèque est inférieure à 1.10^{-8}m^2 et avantageusement inférieure à 8.10^{-9}m^2 .

[0012] Selon un mode de réalisation, les joints isolants externe et interne sont compressibles. Selon un mode de réalisation, un dit ou lesdits joints isolants externes présentent à l'état libre, c'est-à-dire en l'absence de contraintes de compression, une largeur supérieure ou égale à la largeur de l'espace inter-panneaux. Selon un mode de réalisation, le joint isolant interne présente à l'état libre, c'est-à-dire en l'absence de contrainte de compression, une largeur supérieure ou égale à la largeur de l'espace inter-panneaux.

[0013] Selon un mode de réalisation, les joints isolants externe et interne sont en matériaux solides et présentent des propriétés élastiques de manière à pouvoir prendre, sous l'action d'une contrainte de compression, un état compressé dans lequel lesdits joints isolants présentent une largeur inférieure à une largeur de l'espace inter-panneaux de sorte à pouvoir être inséré dans ledit espace inter-panneaux et, lorsque lesdits joints isolants sont insérés dans ledit espace inter-panneaux et en l'absence de ladite contrainte de compression, pouvoir prendre un état semi-expansé dans lequel lesdits joints isolants sont contraints par les panneaux isolants formant l'espace inter-panneaux et comblent la largeur dudit espace inter-panneaux.

[0014] Grâce à ces caractéristiques, les joints isolants externes sont faciles à insérer dans les espaces inter-panneaux dans leur état compressé tout en assurant une bonne continuité de l'isolation dans l'état semi-expansé. En particulier, les dimensions des joints isolants dans l'état compressé permettent une insertion facile dans l'espace inter-panneaux. En outre, l'état semi-expansé contraint par les panneaux isolants assure un bon positionnement des joints isolants sur toute la largeur de l'espace inter-panneaux et donc une bonne continuité de l'isolation.

[0015] Selon un mode de réalisation, le joint isolant interne présente à l'état libre, c'est-à-dire en l'absence de contrainte de compression, une largeur supérieure à une largeur d'un dit ou des dits joints isolants externes à l'état libre.

[0016] Selon un mode de réalisation, le joint isolant interne et/ou externe est composé au moins d'un matériau isolant pris par le groupe de matériaux suivant : la laine de verre, la laine de roche, la mousse de polyuréthane basse densité, la mousse de mélamine.

[0017] Selon un mode de réalisation, le ou les joints isolants externes présentent à l'état libre une largeur légèrement supérieure à la largeur de l'espace inter-panneaux de sorte que le ou lesdits joints isolants externes ne sont que très peu compressés pour être insérés dans l'espace inter-panneaux. Par exemple, le ou les joints isolants externes, à l'état inséré dans l'espace inter-panneaux, présentent une compression selon la direction de largeur de l'espace inter-panneaux inférieure à 50%, par exemple de l'ordre de 5% à 20%. Un tel joint isolant externe est simple à insérer dans l'espace inter-panneaux du fait de sa faible compression pour présenter une largeur inférieure à la largeur de l'espace inter-panneaux tout en comblant toute la largeur de l'espace inter-panneaux une fois logé dans l'espace inter-panneaux.

[0018] Selon un mode de réalisation, un dit ou lesdits joints isolants externes présentent à l'état libre une largeur inférieure ou égale à une largeur de l'espace inter-panneaux. Un tel joint isolant externe est simple à insérer dans l'espace inter-panneaux puisqu'il ne nécessite pas de compression pour être logé dans l'espace inter-panneaux. Dans ce mode de réalisation, il est préférable que le joint isolant interne présente à l'état libre une largeur supérieure à la largeur de l'espace inter-panneaux de manière à présenter un état semi-compressé entre les panneaux isolants formant l'espace inter-panneaux. Ainsi, le ou les joints isolants externes sont simples à insérer dans l'espace inter-panneaux et le joint isolant interne dans son état semi compressé comble toute la largeur de l'espace inter-panneaux empêchant la formation de canaux se développant sur toute l'épaisseur de la barrière thermiquement isolante lorsqu'il est logé dans l'espace inter-panneaux.

[0019] Selon un mode de réalisation, les joints isolants externes et le joint isolant interne présentent une hauteur distincte selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante.

[0020] Grâce à ces caractéristiques, il est possible d'adapter la dimension, selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante, des joints isolants externes et des joints isolants internes en fonction des besoins. Ainsi, selon un mode de réalisation, les joints isolants internes présentent une dimension selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante inférieure à la dimension selon ladite direction d'épaisseur des joints isolants externes. Ce mode de réalisation permet de réduire la dimension selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante de l'interface entre deux joints isolants interne. Cette réduction de ladite dimension limite ainsi la taille d'éventuels canaux pouvant se former au niveau de ladite interface. De tels canaux étant situés proches de l'intérieur de la cuve seraient

susceptibles d'abriter les plus grandes variations de température. La limitation de la taille de ces canaux permet donc de limiter les phénomènes potentiels de convection naturelle dans la barrière thermiquement isolante.

[0021] Selon un mode de réalisation, les joints isolants externes et interne sont de forme parallélépipédique.

[0022] Une telle forme de joints isolants permet une manipulation simple et une insertion facile dans l'espace inter-panneaux.

[0023] Selon un mode de réalisation, les joints isolants externes et/ou le joint isolant interne comprennent en outre un noyau en matériau poreux compressible et une enveloppe entourant entièrement ou partiellement ledit noyau.

[0024] Selon un mode de réalisation, l'enveloppe est réalisée en matériau souple tel que le papier kraft, matériau composite ou film polymère.

[0025] Selon un mode de réalisation, l'enveloppe est perméable au gaz. C'est-à-dire que l'enveloppe présente un débit de fuite suffisamment élevé pour permettre la circulation de gaz au travers du joint isolant.

[0026] Selon un mode de réalisation, l'enveloppe est constituée d'une pluralité d'éléments recouvrant en totalité ou en partie les faces et/ou les sommets et/ou les arrêtes des joints isolants externes ou du joint isolant interne. Selon un mode de réalisation, la pluralité d'éléments de l'enveloppe peut avoir une forme : parallélépipédique, par exemple carré, et préférentiellement rectangulaire afin d'être placés sur les faces des joints isolants externes ou du joint isolant interne ; ou coudée, afin d'être placés au niveau des sommets ou des arrêtes des joints isolants externes ou du joint isolant interne.

[0027] Selon un mode de réalisation, les joints isolants externes et le joint isolant interne présentent une forme parallélépipédique rectangle définie par une première et une deuxième faces opposées l'une à l'autre selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante, une troisième et une quatrième face opposées l'une à l'autre selon une direction longitudinale de l'espace inter-panneaux et une cinquième et une sixième face opposées l'une à l'autre selon une direction transversale de l'espace inter-panneaux, les joints isolants externes et le joint isolant interne comprennent chacun un noyau en matériau compressible et au moins une bande isolante compressible solidaire du noyau en matériau compressible et formant au moins une des première face, deuxième face, troisième face et quatrième face dudit joint isolant externe ou interne. Par exemple, les joints isolants externes et le joint isolant

interne comprennent trois bandes isolantes compressibles solidaires du noyau en matériau compressible et forment respectivement trois faces choisies parmi les première face, deuxième face, troisième face et quatrième face dudit joint isolant externe ou interne.

[0028] Selon un mode de réalisation préféré, les joints isolants externes et le joint isolant interne comprennent chacun un noyau en matériau compressible et une première, une deuxième, une troisième et une quatrième bandes isolantes compressibles solidaires du noyau en matériau compressible et formant respectivement la première face, la deuxième face, la troisième face et la quatrième face dudit joint isolant externe ou interne.

[0029] Grâce à un tel agencement, une surépaisseur souple est ajoutée par les bandes isolantes compressibles et permet de limiter la présence de jeux susceptibles de se créer entre les joints isolants externes et entre les joints isolants externes et le joint isolant interne lorsqu'ils se contractent. Ceci permet donc de réduire la convection résultant de la contraction thermique des matériaux. En d'autres termes, les bandes isolantes compressibles permettent de réduire voire de supprimer le flux d'azote au travers de l'espace inter-panneaux.

[0030] Selon un mode de réalisation, la cinquième et la sixième face sont dépourvues de bandes isolantes compressibles.

[0031] Selon un mode de réalisation, le noyau en matériau compressible présente une raideur en compression selon la direction transversale de l'espace inter-panneau, une raideur en compression selon la direction d'épaisseur de la paroi et une raideur en compression selon la direction longitudinale de l'espace inter-panneaux, la raideur en compression selon la direction transversale de l'espace inter-panneau étant plus faible que la raideur en compression selon la direction d'épaisseur de la paroi et que la raideur en compression selon la direction longitudinale de l'espace inter-panneaux.

[0032] Selon un mode de réalisation, le noyau en matériau compressible comporte de la laine de verre présentant des fibres dont les directions longitudinales s'étendent sensiblement chacune dans un plan orthogonal à la direction transversale de l'espace inter-panneaux.

[0033] Selon un mode de réalisation, la première et la deuxième bandes isolantes compressibles présentent une raideur en compression mesurée selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante plus faible que celle du noyau en matériau compressible.

- [0034] Selon un mode de réalisation, la troisième et la quatrième bandes isolantes compressibles présentent une raideur en compression mesurée selon la direction longitudinale de l'espace inter-panneaux plus faible que celle du noyau en matériau compressible.
- [0035] Selon un mode de réalisation, les bandes isolantes compressibles sont réalisées dans un matériau choisi parmi : la mousse de Polyuréthane, la mousse de Polychlorure de vinyle (PVC), le polystyrène, la ouate, laine de verre. De manière préférée, la bande isolante compressible est réalisée en mousse de basse densité. Une mousse est considérée comme ayant une basse densité lorsque la densité de la mousse est comprise entre 25 et 45 kg/m³.
- [0036] Selon un mode de réalisation, l'épaisseur de la bande isolante compressible est comprise entre 3 millimètres (mm) et 80 mm, préférentiellement entre 5 mm et 50 mm.
- [0037] Selon un mode de réalisation, la bande isolante compressible peut avoir une forme :
parallélépipédique, par exemple carré, et préférentiellement rectangulaire.
- [0038] Selon un mode de réalisation, les bandes isolantes compressibles sont fixées sur l'enveloppe.
- [0039] Selon un mode de réalisation, la bande isolante compressible est fixée par collage ou agrafage.
- [0040] Selon un mode de réalisation, la longueur et/ou la largeur de la bande isolante compressible est égale à la longueur et/ou largeur de l'enveloppe du joint isolant.
- [0041] Selon un autres aspect, l'invention concerne une cuve étanche et thermiquement isolante comportant une barrière thermiquement isolante destinée à être ancrée à une structure porteuse, la barrière thermiquement isolante comportant deux panneaux isolants adjacents, un espace inter-panneaux étant délimité entre les deux panneaux isolants adjacents, la cuve comportant en outre :
- au moins un joint isolant logé dans l'espace inter-panneaux,
dans laquelle le joint isolant présente une forme parallélépipédique rectangle définie par une première et une deuxième faces opposées l'une à l'autre selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante, une troisième et une quatrième face opposées l'une à l'autre selon une direction longitudinale de l'espace inter-panneaux et une cinquième et une sixième face opposées l'une à l'autre selon une direction transversale de l'espace inter-panneaux,

dans laquelle, le joint isolant comprend un noyau en matériau compressible et une première, une deuxième, une troisième et une quatrième bandes isolantes compressibles solidaires du noyau en matériau compressible et formant respectivement la première face, la deuxième face, la troisième face et la quatrième face dudit joint isolant.

[0042] Selon un mode de réalisation, la cuve comporte en outre une pluralité de panneaux isolants juxtaposés selon un motif régulier et une pluralité d'espaces inter-panneaux, lesdits espaces inter-panneaux étant chacun délimités par deux panneaux isolants adjacents de la pluralité de panneaux isolants, lesdits espaces inter-panneaux comportant chacun une portion externe et une portion interne superposées selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante, la portion externe et la portion interne étant respectivement plus éloigné et plus proche de l'intérieur de la cuve,

la cuve comportant en outre :

- une pluralité de joints isolants externes agencés dans les portions externes des espaces inter-panneaux, lesdits joints isolants externes étant juxtaposés deux à deux de manière à présenter deux bords adjacents,
- une pluralité de joints isolants internes agencés dans les portions internes des espaces inter-panneaux, lesdits joints isolants internes étant agencés superposés selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante à deux joints isolants externes juxtaposés respectifs de manière à recouvrir les bords adjacents desdits deux joints isolants externes.

[0043] Selon un mode de réalisation, deux joints isolants internes de la pluralité de joints internes sont juxtaposés de sorte que deux bords adjacents desdits deux joints internes soient agencés à l'aplomb d'un joint isolant externe. Autrement dit, une interface entre deux joints isolants internes est agencée au droit d'un joint isolant externe.

[0044] Selon un mode de réalisation, la pluralité d'espace inter-panneaux comporte une première série d'espaces inter-panneaux adjacents deux à deux et alignés selon une première direction d'alignement, et une première série de joints isolants externes de la pluralité de joints isolants externes et une première série de joints isolants internes de la pluralité de joints isolants internes sont agencés de façon continue dans les espaces inter-panneaux de ladite première série d'espaces inter-panneaux de sorte qu'au moins un parmi les joints isolants externes de ladite première série de joints isolants externes et les joints isolants internes de ladite première série de joints isolants

internes constitue un joint de jonction qui est agencé à cheval dans deux espaces inter-panneaux successifs de la première série d'espaces inter-panneaux.

[0045] Selon un mode de réalisation, les joints isolants internes et de la première série de joints isolants internes sont juxtaposés de sorte que les bords adjacents de deux joints isolants internes juxtaposés soit située à l'aplomb d'un joint isolant externe de la première série de joints externes.

[0046] Selon un mode de réalisation, les joints isolants internes de la première série de joints isolants internes et les joints isolants externes de la première série de joints isolants externes sont agencés en quinconce.

[0047] Grâce à ces caractéristiques, la barrière thermiquement isolante présente de bonnes propriétés d'isolation thermique de façon continue.

[0048] Selon un mode de réalisation, la première direction d'alignement présente une composante verticale.

[0049] Grâce à ces caractéristiques, la formation de canaux dans les espaces inter-panneaux est évitée dans les zones de la barrière thermiquement isolante les plus sujettes aux phénomènes de convection naturelle.

[0050] Selon un mode de réalisation, la cuve comporte en outre une deuxième série d'espaces inter-panneaux adjacents deux à deux et alignés selon une deuxième direction d'alignement, la première direction d'alignement et la deuxième direction d'alignement étant sécantes de sorte que ledit joint de jonction soit traversant d'une intersection entre la première série d'espaces inter-panneaux et la deuxième série d'espaces inter-panneaux, la cuve comportant en outre un joint isolant logé dans la deuxième série d'espaces inter-panneaux de manière à être juxtaposée audit joint de jonction..

[0051] Selon un mode de réalisation, le joint isolant logé dans la deuxième série d'espaces inter-panneaux est, à température ambiante, dans un état compressé selon la deuxième direction d'alignement.

[0052] Selon un mode de réalisation, le joint isolant logé dans la deuxième série d'espaces inter-panneaux présente une dimension prise selon la deuxième direction d'alignement inférieure dans l'état compressé à ladite dimension dudit joint isolant prise selon ladite direction dans un état libre, c'est-à-dire sans contrainte de compression selon ladite direction, à basse température, typiquement à -162°C.

[0053] Grâce à ces caractéristiques, le joint isolant logé dans la deuxième série d'espaces inter-panneaux reste en contact du joint isolant traversant l'intersection même lorsque la cuve est chargée en GNL. Ainsi, même lorsque la cuve est chargée en GNL, les contractions thermiques des joints isolants ne génèrent pas de canaux entre le joint isolant logé dans la deuxième série d'espaces inter-panneaux et le joint isolant traversant l'intersection.

[0054] Selon un mode de réalisation, ledit joint isolant logé dans la deuxième série d'espaces inter-panneaux comporte une mousse isolante présentant un module de compression selon la deuxième direction d'alignement inférieur au module de compression du joint de jonction selon ladite deuxième direction d'alignement.

[0055] Grâce à ces caractéristiques, l'appui du joint isolant logé dans la deuxième série d'espaces inter-panneaux dans son état compressé ne dégrade pas le joint isolant traversant l'intersection. En particulier, les joints isolants présentent un module de compression selon leur direction longitudinale plus élevé que selon leur direction transversale. Ces caractéristiques permettent d'éviter que le joint isolant logé dans la deuxième série d'espaces inter-panneaux n'écrase le joint isolant traversant l'intersection et dégrade ledit joint isolant traversant l'intersection, pouvant engendrer la création de canaux indésirables lors de la mise en froid.

[0056] Selon un mode de réalisation, l'intersection entre la première série d'espaces inter-panneaux et la deuxième série d'espaces inter-panneaux est une première intersection, la cuve comportant en outre une troisième série d'espaces inter-panneaux adjacents deux à deux et alignés selon une troisième direction d'alignement, ladite troisième direction d'alignement étant parallèle à la première direction d'alignement de sorte que la deuxième série d'espaces inter-panneaux et la troisième série d'espaces inter-panneaux forment conjointement une deuxième intersection, une deuxième série de joints isolants externes de la pluralité de joints isolants externes et une deuxième série de joints isolants internes de la pluralité de joints isolants internes étant agencés de façon continue dans les espaces inter-panneaux de ladite troisième série d'espaces inter-panneaux de sorte qu'au moins un parmi les joints isolants externes de ladite deuxième série de joints isolants externes et les joints isolants internes de ladite deuxième série de joints isolants internes constitue un deuxième joint de jonction traversant de la deuxième intersection, et ledit joint isolant logé dans la deuxième série d'espaces inter-panneaux est agencé de manière à être juxtaposée audit deuxième joint de jonction.

- [0057] Selon un mode de réalisation, le joint isolant logé dans la deuxième série d'espaces inter-panneaux est logé dans l'une parmi la portion externe et la portion interne de l'espace inter-panneaux correspondant de la deuxième série d'espaces inter-panneaux, la pluralité de joints isolants comportant en outre un joint isolant logé dans l'autre parmi la portion externe et la portion interne dudit espace inter-panneaux et traversant l'intersection de sorte que l'un parmi lesdits joints isolants externes de la première série de joints isolants externes et les joints isolants internes de la première série de joints isolants internes soit juxtaposé audit joint isolant logé dans l'autre parmi la portion externe et la portion interne dudit espace inter-panneaux.
- [0058] Selon un mode de réalisation, ledit joint isolant logé dans la deuxième série d'espaces inter-panneaux est logé dans la portion interne de l'espace inter-panneaux correspondant de la deuxième série d'espaces inter-panneaux, la cuve comportant en outre un deuxième joint isolant logé dans la portion externe dudit espace inter-panneaux de la deuxième série d'espaces inter-panneaux et traversant l'intersection de sorte qu'un joint isolant externe de la première série de joints isolants externes soit juxtaposé audit deuxième joint isolant logé dans la portion externe dudit espace inter-panneaux de la deuxième série d'espaces inter-panneaux et traversant l'intersection.
- [0059] Selon un mode de réalisation, ledit joint isolant logé dans la deuxième série d'espaces inter-panneaux est logé dans la portion externe de l'espace inter-panneaux correspondant de la deuxième série d'espaces inter-panneaux, la cuve comportant en outre un deuxième joint isolant logé dans la portion interne dudit espace inter-panneaux de la deuxième série d'espaces inter-panneaux et traversant l'intersection de sorte qu'un joint isolant interne de la première série de joints isolants internes soit juxtaposé audit deuxième joint isolant logé dans la portion interne dudit espace inter-panneaux de la deuxième série d'espaces inter-panneaux et traversant l'intersection.
- [0060] Selon un mode de réalisation, la cuve comporte une première pluralité de séries d'espace inter-panneaux adjacents deux à deux et alignés selon des directions parallèles à la première direction d'alignement et une deuxième pluralité de séries d'espace inter-panneaux adjacents deux à deux et alignés selon des directions parallèles à la deuxième direction d'alignement, des joints isolants internes et externes tels que ci-dessus étant agencés de façon continue dans une, plusieurs ou chaque série d'espaces inter-panneaux de la première pluralité de série d'espaces inter-panneaux.
- [0061] Selon un mode de réalisation, des joints isolants sont logés dans les espaces inter-panneaux d'une, de plusieurs ou de chaque série d'espaces inter-panneaux de la

deuxième pluralité de série d'espaces inter-panneaux de manière juxtaposé à un joint isolant logé dans un espace inter panneaux de la première pluralité de série d'espaces inter-panneaux, de préférence de façon intercalée et juxtaposés entre deux joints isolants logés chacun dans un espace inter panneaux de deux séries adjacentes de la première pluralité de série d'espaces inter-panneaux.

[0062] Selon un mode de réalisation, des joints isolants logés dans les espaces inter-panneaux d'une, de plusieurs ou de chaque série d'espaces inter-panneaux de la deuxième pluralité de série d'espaces inter-panneaux sont en mousse isolante et présentent un module de compression inférieur au module de compression des joints isolants logés dans les espaces inter-panneaux de la première pluralité de série d'espaces inter-panneaux.

[0063] Selon un mode de réalisation, la cuve comporte en outre une membrane étanche ondulée comportant une pluralité d'ondulations, les deux panneaux isolants adjacents comportant chacun une rainure dans laquelle est logée une ondulation de ladite pluralité d'ondulations, lesdites rainures étant alignées et interrompues au droit de l'espace inter-panneaux, le joint isolant interne étant intercalé entre lesdites rainures.

[0064] Selon un mode de réalisation, le joint isolant interne comble tout l'espace, selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante, entre un fond desdites rainures et la membrane étanche.

[0065] Selon un mode de réalisation, le joint isolant interne est logé dans l'espace inter-panneaux dans un état compressé entre la membrane étanche et les joints isolants externes.

[0066] 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.

[0067] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit également un navire pour le transport d'un produit liquide froid comporte une double coque et une cuve précitée disposée dans la double coque.

[0068] 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.

[0069] 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.

Brève description des figures

[0070] 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.

[0071] [fig. 1] la figure 1 est une vue en coupe d'une portion de cuve étanche et thermiquement isolante,

[0072] [fig. 2] la figure 2 est une représentation schématique d'un agencement de joints isolants internes et externes dans les espaces inter-panneaux,

[0073] [fig. 3] la figure 3 est une vue de dessus d'une portion de cuve étanche et thermiquement isolante partiellement représentée et comportant des joints isolants internes et externes agencés selon un premier mode de réalisation dans des espaces inter-panneaux,

[0074] [fig. 4] la figure 4 est une vue en coupe d'une portion de la barrière thermiquement isolante secondaire de la figure 3 au niveau d'une série de joints isolants agencés selon un premier mode de réalisation,

[0075] [fig. 5] la figure 5 est une vue en coupe d'une portion de la barrière thermiquement isolante secondaire de la figure 3 au niveau d'une série de joints isolants agencés selon un deuxième mode de réalisation,

[0076] [fig. 6] La figure 6 est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

[0077] [fig. 7] La figure 7 est une vue en perspective schématique d'une portion barrière thermiquement isolante secondaire d'une cuve étanche et thermiquement isolante selon une variante de réalisation.

[0078] [fig. 8] La figure 8 est une vue en coupe d'un joint isolant interne et de joints isolants externes dans un plan orthogonal à la direction transversale de l'espace inter-panneaux.

Description des modes de réalisation

[0079] 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. Ainsi, un élément proche de ou tourné vers l'intérieur de la cuve est qualifié d'interne par opposition à un élément proche de ou tourné vers l'extérieur de la cuve qui est lui qualifié d'externe.

[0080] Une cuve étanche et thermiquement isolante pour le stockage et le transport d'un fluide cryogénique, par exemple du Gaz Naturel Liquéfié (GNL) comporte une pluralité de parois de cuves présentant chacune une structure multicouche.

[0081] La figure 1 représente une portion de paroi de cuve présentant une telle structure multicouche comportant, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire 1 reposant contre une structure porteuse 2, une membrane étanche secondaire 3 reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire 1, une barrière thermiquement isolante primaire 4 reposant contre la membrane étanche secondaire 3 et une membrane étanche primaire 5 destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve.

[0082] La structure porteuse 2 peut notamment être une tôle métallique autoporteuse ou, plus généralement, tout type de cloison rigide présentant des propriétés mécaniques appropriées. La structure porteuse peut notamment être formée par la coque ou la double coque d'un navire. La structure porteuse comporte une pluralité de parois définissant la forme générale de la cuve, habituellement une forme polyédrique.

[0083] Par ailleurs, les barrières thermiquement isolantes 1, 4 peuvent être réalisées de nombreuses manières, en de nombreux matériaux. Sur la figure 1 par exemple, les barrières thermiquement isolantes 1, 4 comportent chacune une pluralité de panneaux isolants de forme parallélépipédique juxtaposés selon un motif régulier. Plus particulièrement, la paroi de cuve est formée de blocs préfabriqués 6 comportant un panneau isolant secondaire 7 de forme parallélépipédique, une portion de membrane étanche secondaire 3 recouvrant le panneau isolant secondaire 7, un panneau isolant primaire 8 de forme parallélépipédique reposant sur la portion de membrane étanche secondaire 3. Ce panneau isolant primaire 8 présente des dimensions inférieures aux

dimensions du panneau isolant secondaire 7 de manière à laisser à découvert une bordure périphérique de la portion de membrane étanche secondaire 3.

[0084] Afin de former la paroi de cuve, de tels blocs préfabriqués 6 sont juxtaposés selon un motif régulier sur la structure porteuse 2. La continuité de la membrane étanche secondaire 3 est assurée par des bandes de liaison étanches reliant les bordures périphériques des portions de membrane étanche secondaire 3 des blocs préfabriqués adjacents. En outre, des panneaux isolants intercalaires 9 sont agencés entre les panneaux isolants primaires 8 des blocs préfabriqués afin de compléter la barrière thermiquement isolante primaire 4 et former une surface de support plane pour la membrane étanche primaire 5.

[0085] Les panneaux isolants 7, 8, 9 sont par exemple réalisés en blocs de mousse de polyuréthane. De tels panneaux isolants 7, 8, 9 en blocs de mousse de polyuréthane peuvent comporter en outre une plaque de couvercle et/ou une plaque de fond par exemple en contreplaqué. Par ailleurs, la portion de membrane étanche secondaire 3 des blocs préfabriqués est par exemple formée par un film étanche rigide stratifié comportant une feuille métallique intercalée entre deux couches de fibres de verre résinées. La bande de liaison étanche reliant les bordures périphériques des portions de membranes étanche secondaire 3 des blocs préfabriqués adjacents est par exemple formée par un film étanche souple stratifié comportant une feuille métallique intercalée entre deux couches de fibres de verre non résinées, par exemple un film étanche souple connu sous le nom de Triplex®.

[0086] A titre d'exemple, de telles cuves sont décrites dans les demandes de brevet WO14057221 ou FR2691520.

[0087] Comme illustré sur la figure 1, la juxtaposition des panneaux isolants 7 pour former une barrière thermiquement isolante secondaire 1 génère la présence d'espaces inter-panneaux 10 entre deux panneaux isolants secondaire 7 adjacents. Autrement dit, un espace inter-panneaux 10 sépare les faces latérales en vis-à-vis de deux panneaux isolants secondaire 7 adjacents. Afin d'assurer la continuité de l'isolation dans la barrière thermiquement isolante secondaire 1, des joints isolants sont insérés dans l'espace inter-panneaux 10 séparant les deux faces latérales en vis-à-vis des deux panneaux isolants secondaire 7 adjacents.

[0088] Plus particulièrement, un joint isolant externe 11 est agencé dans une portion externe, c'est-à-dire proche de la structure porteuse 2, de l'espace inter-panneaux 10 et un joint isolant interne 12 est inséré dans une portion interne, c'est-à-dire proche de la membrane étanche secondaire 3, de l'espace inter-panneaux 10.

[0089] Chaque joint isolant 11, 12 comporte une matière compressible isolante. Cette matière compressible isolante est par exemple recouverte par une enveloppe de matière qui entoure entièrement ou partiellement la matière compressible isolante et forme une poche dans laquelle il est possible de générer une dépression afin de compresser ladite matière compressible isolante. La matière compressible isolante peut être réalisée en de nombreux matériaux. La matière compressible est par exemple de la laine de verre, de la laine de roche ou encore de la mousse isolante telle qu'une mousse de polyuréthane basse densité, une mousse de mélamine.

[0090] Ces joints isolants 11, 12 sont perméables au gaz de sorte qu'ils assurent la continuité de la barrière thermiquement isolante secondaire 1 tout en permettant la circulation de gaz tel qu'un gaz inerte, par exemple de l'azote, au sein de la barrière thermiquement isolante secondaire 1. Une telle circulation de gaz au sein de la barrière thermiquement isolante secondaire 1 permet de maintenir ladite barrière thermiquement isolante secondaire 1 sous atmosphère inerte. Le maintien de la barrière thermiquement isolante secondaire 1 sous atmosphère inerte évite que du gaz combustible se trouve dans une plage de concentration explosive et/ou permet par exemple de placer ladite barrière thermiquement isolante secondaire 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 lors de tests d'étanchéité de la membrane étanche secondaire 3.

[0091] Par exemple, ces joints isolants 11, 12 peuvent comporter un noyau en matériau poreux compressible recouvert d'une enveloppe. Un tel matériau compressible est, par exemple, en laine de verre, laine de roche ou mousse isolante à basse densité. L'enveloppe entourant le noyau délimite un espace interne du joint isolant 11, 12 et présente avantageusement un débit de fuite suffisamment bas pour permettre une mise en dépression dudit espace interne apte à compresser le joint isolant 11, 12. Cependant, cette enveloppe présente un débit de fuite suffisamment élevé pour permettre la circulation de gaz au travers du joint isolant pour la mise sous atmosphère inerte de la barrière thermiquement isolante ou encore un test d'étanchéité. Une telle enveloppe est par exemple en papier kraft, matériau composite ou film polymère. Dans un mode de réalisation, par exemple, différentes pièces d'enveloppe sont assemblées ensemble pour délimiter l'espace interne et la jonction entre ces différentes pièces d'enveloppe n'est pas parfaitement étanche de manière à présenter un débit de fuite suffisant pour permettre la mise en dépression ponctuelle mais insuffisant pour conserver le vide dans l'espace interne lorsqu'il est mis fin à la mise en

dépression. De tels joints isolants sont par exemple décrits dans le document WO2019155158.

[0092] Dans un mode de réalisation illustré figure 8, les joints isolants 11 et 12 sont de forme parallélépipédique rectangle et comportent quatre bandes isolantes compressibles 62, 63, 64, 65 respectivement parallèles deux à deux. Plus particulièrement les bandes isolantes compressibles 62, 63 sont respectivement situées sur les faces opposées l'une à l'autre selon la direction de l'épaisseur de la barrière thermiquement isolante (flèche Y) et les bandes isolantes compressibles 64, 65 sont respectivement situées sur les faces opposées l'une à l'autre selon la direction longitudinale de l'espace inter-panneaux (flèche X). Les deux faces opposées selon la direction transversale de l'espace inter-panneaux (flèche Z) ne sont pas recouvertes de bandes isolantes compressibles. Les bandes isolantes compressibles sont réalisées dans un matériau choisi parmi : la mousse de Polyuréthane, la mousse de p Polychlorure de vinyle (PVC), le polystyrène, la ouate, laine de verre. L'épaisseur de la bande isolante compressible est comprise entre 3 millimètres (mm) et 80 mm, préférentiellement entre 5 mm et 50 mm, par exemple 5 mm.

[0093] La matière isolante compressible présente une élasticité permettant aux joints isolants 11, 12 de prendre un état compressé sous l'effet d'une contrainte et de reprendre leur forme initiale en l'absence de cette contrainte. Par ailleurs, les joints isolants 11, 12 présentent une forme parallélépipédique. Cette forme parallélépipédique est complémentaire de la forme de l'espace inter-panneaux 10 formé délimité par les faces latérales des panneaux isolants secondaires 7. Ces joints isolants 11, 12 sont dimensionnés de sorte qu'en l'absence de contrainte, c'est-à-dire dans leur forme initiale, lesdits joints isolants présentent une largeur supérieure à la largeur de l'espace inter-panneaux 10.

[0094] Pour l'insertion des joints isolants 11, 12 dans l'espace inter-panneaux, les joints isolants 11, 12 sont compressés, par exemple par une mise sous vide de l'espace délimité par l'enveloppe desdits joints isolants 11, 12, afin de prendre un état compressé dans lequel lesdits joints isolants présentent une largeur inférieure à la largeur de l'espace inter-panneaux. Les joints isolants 11, 12 peuvent ainsi être insérés facilement dans l'espace inter-panneaux 10. Lorsqu'un joint isolant 11, 12 est positionné dans l'espace inter-panneaux 10, le vide est extrait de l'espace délimité par l'enveloppe de sorte que ledit joint isolant 11, 12 se développe et comble l'espace inter-panneaux. Le joint isolant 11, 12 présentant à l'état libre une largeur supérieure à la largeur de l'espace inter-panneaux 10, le joint isolant 11, 12 prend alors un état semi-

expansé dans lequel il comble intégralement la largeur de l'espace inter-panneaux 10 et est contraint par les faces latérales des panneaux isolants secondaire 7 délimitant ledit espace inter-panneaux 10.

[0095] La figure 2 illustre l'agencement des joints isolants 11, 12 dans l'espace inter-panneaux 10. Sur cette figure 2, les joints isolants externes 11 sont juxtaposés deux à deux. Ainsi, sur la figure 2 deux joints externes 11 sont juxtaposés de sorte qu'ils présentent des bords 13 adjacents.

[0096] De préférence, lors de la fabrication de la cuve, les joints isolants externes 11 sont agencés de sorte que lesdits bords 13 adjacents soient en contact afin d'éviter la formation de canaux se développant selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante secondaire 1, de tels canaux pouvant générer une convection préjudiciable aux qualités isolantes de la barrière thermiquement isolante secondaire 1. Cependant, lors de la mise à froid de la cuve, la contraction thermique desdits joints isolants externe 11 peut éloigner les bords 13 adjacents et générer de tels canaux. Afin d'éviter que de tels canaux se développent sur toute l'épaisseur de la barrière thermiquement isolante secondaire, ce qui favoriserait davantage les phénomènes de convection naturelle, un joint isolant interne 12 est superposé, selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante secondaire 1, à deux joints isolants externes 11 juxtaposés de manière à recouvrir les bords 13 adjacents desdits joints isolants externes. Autrement dit, le joint isolant interne 12 est à l'aplomb de l'interface entre deux joints isolants externes 11 de sorte qu'en cas de formation d'un canal entre les bords 13 adjacents des deux joints isolants externes 11, ledit canal ne peut se développer selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante que sur la portion externe de l'espace inter-panneaux 10 dans laquelle sont logés les joints isolants externes 11.

[0097] De même, un joint isolant externe 11 est recouvert deux joints isolants internes 12 de sorte que l'interface entre deux joints isolants internes 12 adjacents est située à l'aplomb d'un joint isolant externe 11. Ainsi, ne peut engendrer de canal selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante secondaire 1 que sur la portion interne de l'espace inter-panneaux 10.

[0098] Les dimensions de longueur des joints isolants externes 11 et des joints isolants interne 12 sont choisies de sorte que les interfaces entre deux joints isolants externes 11 d'une série de joints isolants externes 11 alignés soient toujours recouvertes par un joint isolant interne 12 respectif. Par exemple, les joints isolants externes 11 et les joints isolants internes 12 présentent la même longueur et sont agencés en quinconce.

[0099] Cependant, comme illustré sur la figure 2, les joints isolants externes 11 et les joints isolants internes 12 peuvent présenter des dimensions de hauteur, prise selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante secondaire 1, distinctes. Ainsi, il est possible d'adapter la taille, selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante secondaire 1, des canaux pouvant potentiellement se former aux niveaux des interfaces entre les joints isolants externes 11 ou des joints isolants internes 12. Dans l'exemple illustré sur la figure 2, les joints isolants internes 12 présentent une hauteur inférieure à la hauteur des joints isolants externes 11 de sorte que les canaux pouvant potentiellement apparaître dans la portion interne de l'espace inter-panneaux 10, qui sont donc au plus proche de l'intérieur de la cuve et du GNL et donc le plus sujets aux variations de température, soient de hauteur réduite par rapport aux canaux pouvant apparaître dans la portion externe de l'espace inter-panneaux.

[0100] La figure 3 illustre une vue de dessus d'une portion de cuve étanche et thermiquement isolante dans laquelle seuls les blocs préfabriqués 6 sont illustrés. Comme illustré sur cette figure 3, les blocs préfabriqués 6 juxtaposés selon un motif régulier délimitent des premières séries 14 d'espaces inter-panneaux 10 alignés parallèlement à une première direction d'alignement 15 et des deuxièmes séries d'espaces inter-panneaux 16 alignés parallèlement à une deuxième direction d'alignement 17. La première direction d'alignement 15 et la deuxième direction d'alignement 17 sont perpendiculaires, de sorte que les premières séries 14 sont sécantes des deuxièmes séries 16 au niveau d'intersections 18.

[0101] Selon le premier mode de réalisation illustré sur la figure 3, pour chaque paroi de la cuve, on choisit une direction privilégiée selon laquelle les joints isolants sont disposés de manière continue selon l'agencement expliqué en regard de la figure 2, typiquement en quinconce. De manière préférée, la direction privilégiée est choisie avec une composante perpendiculaire à la gravité terrestre afin de limiter encore davantage les phénomènes de convection naturelle. Pour les parois de fond et de plafond de la cuve, on favorisera la dimension qui simplifie l'installation des joints isolants dans les deuxièmes séries 16.

[0102] Dans l'exemple illustré sur la figure 3, la première direction d'alignement 15 est choisie comme direction privilégiée. Ainsi, des séries de joints isolants externes 11 sont juxtaposés successivement bords à bords sur toute la longueur des premières séries 14. En conséquence, un ou une pluralité de joints isolants externes 11 sont logés conjointement dans deux espaces inter-panneaux 10 successifs desdites premières séries 14 et traversent les intersection 18 correspondantes. De même, un ou une pluralité de joints isolants internes 12 sont logés conjointement dans deux espaces inter-panneaux 10

successifs desdites premières séries 14 et traversent les intersection 18 correspondantes. Comme expliqué ci-dessus en regard de la figure 2, chacun desdits joints isolants internes 12 est superposé aux bords 13 adjacents de deux joints isolants externes 11.

[0103] Cependant, du fait que des joints isolants 11, 12 des premières séries 14 traversent les intersections 18, il n'est pas possible d'agencer de façon identique des joints isolants 11, 12 de façon continue dans les deuxièmes séries 16, au moins certaines intersections 18 étant déjà occupées par des joints isolants externes 11 et/ou internes 12 traversant lesdites intersections 18.

[0104] Selon un premier mode de réalisation illustré sur la figure 4, des joints isolants externes 11 et des joints isolants internes 12 sont logés dans les espaces inter-panneaux 10 des deuxièmes séries 16 mais de façon non décalée, typiquement ces joints isolants 11, 12 ne sont pas nécessairement installés en quinconce. Autrement dit, les joints isolants internes 12 logés dans les espaces inter-panneaux 10 des deuxièmes séries 16 ne sont pas nécessairement à l'aplomb de l'interfaces entre deux joints isolants externes 11 juxtaposés.

[0105] Un joint isolant interne 19 illustré sur la figure 4 est logé dans la portion interne d'un espace inter-panneaux 10 d'une deuxième série 16 de façon intercalée entre un joint isolant interne 20 logé dans une des premières séries 14 et traversant une première intersection 21 et un joint isolant interne 22 logé dans une des premières séries 14 et traversant une deuxième intersection 23, la première intersection 21 et la deuxième intersection 23 étant adjacentes. Autrement dit, les joints isolants internes 20 et 22 sont dans deux premières séries 14 adjacentes.

[0106] Les joints isolants 11, 12 des deuxièmes séries 16 sont agencés dans les espaces inter-panneaux 10 dans un état compressé selon leur direction longitudinale, c'est-à-dire selon la deuxième direction d'alignement 17. Cette compression est supérieure ou égale à la compression desdits joints isolants 11, 12 du fait de la contraction thermique en service.

[0107] Afin d'avoir une jonction avec les joints isolants 11, 12 des premières séries 14, c'est-à-dire une jonction au niveau des intersections 18 limitant la formation potentielle de canaux selon la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante secondaire 1, les joints isolants 11, 12 logés dans les espaces inter-panneaux 10 des deuxièmes séries 16 sont réalisés dans un matériau présentant un plus faible module de compression selon leur direction longitudinale, c'est-à-dire selon la deuxième direction d'alignement 17, que le module de compression des joints isolants 11, 12 logés dans les espaces inter-panneaux 10 des premières séries 14 selon leur direction transversale, c'est-à-dire selon

la deuxième direction d'alignement 17. Ainsi, ces joints isolants 11, 12 des deuxièmes séries n'exercent pas un appui trop important sur les joints isolants 11, 12 des premières séries et ne dégradent donc pas lesdits joints isolants 11, 12 des premières séries tout en conservant un contact évitant la génération de canaux selon la direction d'épaisseur. En prenant l'exemple du joint isolant interne 19, ce joint isolant interne 19 est compressé et en appui contre les joints isolants internes 20 et 22, cet appui empêchant la formation de canaux sans toutefois dégrader les joints isolants internes 20 et 22.

[0108] Un joint isolant externe 24 est logé de façon analogue au joint isolant interne 19 dans la portion externe d'un espace inter-panneaux 10 d'une deuxième série 16 de façon intercalée entre un joint isolant externe 25 logé dans une des premières séries 14 et traversant la première intersection 21 et un joint isolant externe 26 logé dans une des premières séries 14 et traversant la deuxième intersection 23.

[0109] Dans une alternative non illustrée, les joints isolants interne 19 et externe 24 peuvent être réalisés monobloc. Autrement dit, un unique joint isolant peut être logé dans l'espace inter-panneaux 10 de la deuxième série 16 en se développant sur toute l'épaisseur de la barrière thermiquement isolante secondaire 1.

[0110] Selon un deuxième mode de réalisation illustré sur la figure 5, une direction d'alignement est privilégiée pour la portion interne des espaces inter-panneaux 10 et l'autre direction d'alignement est privilégiée pour la portion externe des espaces inter-panneaux 10. Ainsi, dans l'exemple illustré sur la figure 5, des joints isolants internes 12 sont agencés de façon continue, et donc traversant des intersections 18, dans les premières séries 14 et des joints isolants internes 19 tels que décrits ci-dessus en regard de la figure 4 sont agencés dans les portions internes des deuxièmes séries 16 intercalés et en appui contre les joints isolants internes 12 traversant les intersections 18. Par ailleurs, des joints isolants externes 11 sont agencés de façon continue, et donc traversant des intersections 18, dans les deuxièmes séries 16 et des joints isolants externes 24 tels que décrits ci-dessus en regard de la figure 4 sont agencés dans les portions externes des premières séries 14 intercalés et en appui contre les joints isolants externes 11 traversant les intersections 18.

[0111] Dans un exemple non illustré, cet agencement pourrait être inversé de sorte que les joints isolants internes 12 sont agencés de façon continue dans les deuxièmes séries 16 et les joints isolants externes 11 sont agencés de façon continue dans les premières séries 14.

[0112] La technique décrite ci-dessus pour réaliser une cuve étanche et thermiquement isolante peut être utilisée dans différents types de réservoirs, par

exemple pour constituer un réservoir de GNL dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre.

[0113] La figure 7 illustre une vue en perspective schématique d'une portion de barrière thermiquement isolante secondaire selon une variante de réalisation. Sur cette figure, les éléments identiques ou remplissant la même fonction que des éléments décrits ci-dessus portent la même référence augmentée de 100.

[0114] Dans cette variante de réalisation, la membrane étanche secondaire est formée de plaques métalliques ondulées (non illustrées). Ces plaques métalliques sont soudées bords à bords et sont ancrées sur des bandes d'ancrage 127 formées sur les surfaces internes des panneaux isolants secondaires 107. Ces plaques métalliques comportent des ondulations faisant saillie vers l'extérieur de la cuve.

[0115] Afin de loger ces ondulations, les panneaux isolants secondaires 107 présentent des rainures 128. Cependant, de telles rainures 128 forment des réseaux de canaux dans la barrière thermiquement isolante secondaire 102. Ces réseaux de canaux favorisent la convection, en particulier lorsqu'ils présentent une composante verticale, et dégradent les propriétés isolantes de la barrière thermiquement isolante secondaire 102.

[0116] A titre d'exemple, une telle cuve étanche et thermiquement isolante présentant une membrane étanche formée de plaques métalliques ondulées dont les ondulations sont logées dans des rainures de la barrière thermiquement isolante est décrite dans la demande de brevet WO2019102163.

[0117] Dans la variante illustrée sur la figure 7, les joints isolants internes 12 sont agencés pour remplir une fonction d'obturateur des canaux formés par les rainures 128 successives. Autrement dit, deux rainures 128 successives alignées pour loger une ondulation de la membrane étanche secondaire sont séparées par le joint isolant interne 112.

[0118] Afin de ne pas gêner l'installation de l'ondulation dans les rainures 128, le joint isolant interne 112 peut être réalisé en un matériau compressible. Ainsi, lorsque les plaques métalliques sont ancrées sur la barrière thermiquement isolante secondaire 102, l'ondulation logée dans les rainures 128 comprime le joint isolant interne 112, le joint isolant interne 112 obstruant ainsi toute une section du canal formée par les rainures 128 successives entre l'ondulation et un fond desdites rainures 128. De préférence, un tel joint isolant interne formé en matériau compressible est perméable

au gaz pour générer une perte de charge dans le canal formé par les rainures 128 tout en autorisant la circulation de gaz tel qu'un gaz inerte, comme expliqué ci-dessus.

[0119] Dans une variante de réalisation non illustrée, une face interne du joint isolant 112 peut également comporter un évidement correspondant à la forme de l'ondulation de manière à limiter, voir supprimer, la compression dudit joint isolant interne 112 par l'ondulation.

[0120] 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.

[0121] 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.

[0122] 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.

[0123] 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.

[0124] 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 telle que définie par les revendications.

[0125] Ainsi, les figures 1 à 5 et 7 illustrent le cas de joints isolants logés dans les espaces inter-panneaux 10 de la barrière thermiquement isolante secondaire 1 mais de tels joints isolants pourraient être agencés de façon analogue dans la barrière thermiquement isolante primaire 4.

[0126] De même, la description ci-dessus est réalisée dans le cadre de blocs préfabriqués 6 délimitant des espaces inter-panneaux 10, mais cette description pourrait s'appliquer de façon analogue à tout type de barrière thermiquement isolante comportant des panneaux isolants définissant des espaces inter-panneaux tels que des caissons en bois contreplaqué remplis de matière isolante ou autre.

[0127] 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.

[0128] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.