Description

Titre de l'invention : 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 Naturel Liquéfié (GNL) à environ -162°C à pression atmosphérique. Ces cuves peuvent être installées à terre ou sur un ouvrage flottant. Dans le cas d'un ouvrage flottant, la cuve peut être destinée au transport de gaz liquéfié ou à recevoir du gaz liquéfié servant de carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant.

Arrière-plan technologique

[0002] Il est connu de l'art antérieur une cuve étanche et thermiquement isolante à membranes intégrée dans une structure porteuse. La cuve comporte successivement, dans une direction d'épaisseur de la cuve, une barrière d'isolation secondaire, une membrane étanche secondaire, une barrière d'isolation primaire et une membrane étanche primaire. Au niveau d'un angle d'une telle cuve, la barrière d'isolation secondaire comporte des panneaux isolants secondaires d'angle disposés le long de l'arête.

[0003] Néanmoins, ces panneaux isolants secondaires d'angle, qui sont des panneaux présentant de petites dimensions, sont posés individuellement, les uns après les autres, par un ou plusieurs opérateurs durant le montage. En conséquence, un tel montage est long à effectuer et implique un nombre d'opérateurs très important. En outre, la pose individuelle de chaque panneau peut engendrer des décalages de positionnements des panneaux thermiquement isolants secondaires les uns par rapport aux autres, aussi bien selon la direction longitudinale de la cuve que selon sa direction transversale. De tels décalages sont susceptibles de conduire à des endommagements prématurés de la membrane secondaire de la cuve et à une diminution des propriétés finales de la cuve.

Résumé de l'invention

[0004] Les inventeurs ont constaté durant des tests confidentiels que le fait d'augmenter les dimensions des panneaux isolants secondaires d'angle dans une cuve engendre des problématiques thermodynamiques complémentaires. En effet, lors du chargement de la cuve en gaz liquéfié, c'est-à-dire lors de la mise en froid de la cuve, la membrane étanche secondaire et les panneaux isolants secondaires d'angle se contractent sous l'effet des changements de température. Les éléments qui composent la cuve et notamment la membrane étanche secondaire et les panneaux isolants secondaires

d'angle ne présentent pas le même coefficient de dilatation thermique et donc ne présentent pas le même comportement thermodynamique en réponse à ces changements de température, ce qui génère des contraintes importantes dans les panneaux isolants secondaires d'angle ainsi que dans la membrane étanche secondaire. De telles contraintes sont susceptibles d'endommager prématurément la cuve. Ainsi, les inventeurs ont constaté que la dimension des panneaux isolants secondaires d'angle mise en rapport avec le nombre et la position des ancrages de la membrane secondaire portés par les panneaux isolants secondaires est importante pour minimiser les contraintes mécaniques et éviter un endommagement précoce de la cuve.

[0005] Une idée à la base de l'invention est de fournir une cuve qui résout les problèmes susmentionnés.

[0006] Une idée à la base de l'invention est de fournir une cuve comprenant une barrière thermiquement isolante comportant des panneaux isolants secondaires d'angle permettant une fabrication de la cuve qui soit rapide et fiable.

[0007] Une idée à la base de l'invention est de fournir une cuve avec une barrière thermiquement isolante comportant des panneaux isolants secondaires d'angle permettant d'obtenir une cuve particulièrement adaptée aux importants changements de température, à l'interface entre les panneaux isolants secondaires d'angle et la membrane étanche secondaire.

[0008] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et thermiquement isolante pour le stockage et/ou le transport de gaz liquéfié, la cuve comportant une première paroi de cuve fixée sur une première paroi porteuse d'une structure porteuse et une deuxième paroi de cuve fixée sur une deuxième paroi porteuse de la structure porteuse, la deuxième paroi porteuse rejoignant la première paroi porteuse au niveau d'une arête de la structure porteuse,

dans laquelle la première paroi de cuve comprend une structure multicouche comprenant de l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire ancrée contre la structure porteuse, une membrane étanche secondaire qui est portée par la barrière thermiquement isolante secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire et une membrane étanche primaire qui est portée par la barrière thermiquement isolante primaire et qui est destinée à être contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve,

dans laquelle la barrière thermiquement isolante secondaire comporte un panneau isolant secondaire d'angle qui longe l'arête et qui est adjacent à l'arête,

le panneau isolant secondaire d'angle comporte un bloc de mousse isolant pris en sandwich entre une plaque de fond et des plaques de couvercle chacune situées en vis-à-vis de la plaque de fond, les plaques de couvercle étant espacées les unes des autres

par des fentes de relaxation qui se développent selon une direction d'épaisseur du bloc de mousse isolant et selon une direction transversale à l'arête,
dans laquelle les fentes de relaxation présentent une profondeur d'au moins la moitié de l'épaisseur du bloc de mousse isolant.

[0009] Grâce à ces caractéristiques, la cuve présente d'excellentes propriétés thermodynamiques. En effet, un tel agencement, grâce notamment à la présence des fentes de relaxation permet d'augmenter la souplesse du panneau isolant secondaire d'angle. En conséquence, les contraintes s'exerçant dans l'angle de la membrane secondaire au niveau du panneau isolant secondaire d'angle et de la membrane secondaire sont diminuées et mieux réparties. Ainsi, les éléments de la cuve situés à l'interface entre le panneau isolant secondaire d'angle et la membrane étanche secondaire sont davantage préservés que dans une cuve ne comprenant pas un tel panneau isolant secondaire d'angle.

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

[0011] Selon un mode de réalisation, le panneau isolant secondaire d'angle présente une forme générale de parallélépipède rectangle qui présente une longueur s'étendant selon la direction de l'arête et une largeur s'étendant selon la direction transversale à l'arête, la largeur étant plus petite que la longueur.

[0012] Selon un mode de réalisation, au moins une des ou chacune des plaques de couvercle est formée d'une seule pièce dans la largeur du panneau isolant secondaire d'angle entre deux bords opposés du panneau isolant secondaire d'angle.

[0013] Selon un mode de réalisation correspondant, le panneau isolant secondaire d'angle ne comporte pas de fente de relaxation parallèle à l'arête.

[0014] Selon un mode de réalisation, le panneau isolant secondaire d'angle comprend au moins trois plaques de couvercle.

[0015] Selon un mode de réalisation, le panneau isolant secondaire comporte exactement trois plaques de couvercle.

[0016] Selon un mode de réalisation, les fentes de relaxation s'étendent sur au moins 60 % de l'épaisseur du bloc de mousse isolant, par exemple au moins 70 %, et préférentiellement sur au moins 80% de l'épaisseur du bloc de mousse isolant. Selon un mode de réalisation, les fentes de relaxation s'étendent sur au moins une épaisseur de 90%, 95% ou 99% du bloc de mousse isolant.

[0017] Selon un mode de réalisation, les fentes de relaxation s'étendent sur la totalité de l'épaisseur du bloc de mousse isolant, jusqu'à la plaque de fond.

[0018] Selon un mode de réalisation, les fentes de relaxation s'étendent selon une direction transversale à l'arête, sur la totalité du bloc de mousse.

[0019] Selon un mode de réalisation, les fentes de relaxation séparent le bloc de mousse en trois portions distinctes qui sont espacées les unes des autres par les fentes de relaxation.

[0020] Selon un mode de réalisation, la profondeur des fentes de relaxation est identique.

[0021] Selon un mode de réalisation, les fentes de relaxation présentent une largeur comprise entre 0,1mm et 30 mm. L'épaisseur d'une fente de relaxation correspond à la distance entre deux surfaces du bloc de mousse se faisant face qui sont formées par la fente de relaxation. Selon une première variante de réalisation, les fentes de relaxation présentent une largeur comprise entre 0,1mm et 5mm. Selon une deuxième variante de réalisation, les fentes de relaxation présentent une largeur comprise entre 10mm et 30mm, par exemple 20mm, ce qui permet la mise en place d'un matériau dans lesdites fentes.

[0022] Selon un mode de réalisation, le bloc de mousse isolant présente n faces internes espacées les unes des autres par les fentes de relaxation, et dans laquelle le panneau isolant secondaire d'angle comporte n plaques de couvercle recouvrant chacune l'une desdites faces internes ; avec n : un nombre entier, de préférence compris entre 2 et 10, par exemple n = 3.

[0023] Selon un mode de réalisation, le bloc de mousse isolant présente des faces internes espacées les unes des autres par les fentes de relaxation,
dans laquelle les faces internes sont chacune couvertes par une plaque de couvercle.

[0024] Selon un mode de réalisation, le panneau isolant secondaire d'angle comporte au moins un joint isolant qui est logé dans l'une des fentes de relaxation.

[0025] Ainsi, les phénomènes de convection dans la fente de relaxation sont réduits

[0026] Selon un mode de réalisation, le joint isolant remplit toute la fente de relaxation.

[0027] Selon un mode de réalisation, le panneau isolant secondaire d'angle comporte un joint isolant dans chaque fente de relaxation.

[0028] Selon un mode de réalisation, le joint isolant est un élément plat.

[0029] Selon un mode de réalisation, le joint isolant est dans un matériau élastiquement compressible.

[0030] Selon un mode de réalisation, le joint isolant est réalisé dans un matériau choisi parmi la laine de verre, la laine de roche et l'ouate de polyester, des mousses synthétiques par exemple en polyuréthane.

[0031] Selon un mode de réalisation, le joint isolant comporte un ou plusieurs éléments choisis parmi : une feuille de carton, une feuille de papier ondulé, une plaque en fibres dures à base de bois, une plaque de polyéthylène ou propylène ou polyuréthane expansé ou non expansé.

[0032] Selon un mode de réalisation, le panneau isolant secondaire d'angle comporte un premier puits d'ancrage et un deuxième puits d'ancrage qui traversent une épaisseur

du panneau isolant secondaire d'angle, le premier puits d'ancrage traverse la plaque de couvercle qui est située au niveau d'une première extrémité du panneau isolant secondaire d'angle, et le deuxième puits d'ancrage traverse la plaque de couvercle qui est située au niveau d'une deuxième extrémité du panneau isolant secondaire d'angle, et comportant un premier et un deuxième dispositifs d'ancrage de paroi comportant chacun une portion externe fixée à la structure porteuse et une portion interne respectivement située dans les premier et deuxième puits d'ancrage et fixant le panneau isolant secondaire d'angle à la structure porteuse.

[0033] La deuxième extrémité du panneau isolant secondaire d'angle est située à l'opposé de la première extrémité du panneau isolant secondaire d'angle.

[0034] Selon un mode de réalisation, le premier puits d'ancrage et le deuxième puits d'ancrage traverse l'épaisseur du panneau isolant secondaire d'angle selon la direction d'épaisseur du panneau isolant secondaire d'angle.

[0035] Selon un mode de réalisation, le panneau isolant secondaire d'angle comporte une paire de puits d'ancrage, par plaque de couvercle, chacun des puits d'ancrage de ladite paire traversant une épaisseur du panneau isolant secondaire d'angle.

[0036] Selon un mode de réalisation, le panneau isolant secondaire d'angle comporte de la garniture thermiquement isolante dans chaque puits d'ancrage. Selon un mode de réalisation, la garniture thermiquement isolante remplit chaque puit d'ancrage. Selon un mode de réalisation, la garniture thermiquement isolante est choisie parmi : la laine de verre, la laine de roche, l'ouate de polyester, le polystyrène, pouvant être du polystyrène expansé (EPS), la mousse polyuréthane (PU) pouvant être renforcée et pouvant comprendre des fibres.

[0037] Selon un mode de réalisation, le panneau isolant secondaire d'angle comporte uniquement le premier puits d'ancrage qui traverse la plaque de couvercle qui est située au niveau d'une première extrémité du panneau isolant secondaire d'angle, et le deuxième puits d'ancrage qui traverse la plaque de couvercle qui est située au niveau d'une deuxième extrémité du panneau isolant secondaire d'angle.

[0038] Ainsi, il n'y a pas de puits d'ancrage supplémentaires situés entre le premier puits d'ancrage et le deuxième puits d'ancrage. En conséquence, les ponts thermiques sont diminués et donc le panneau isolant secondaire d'angle présente une meilleure isolation thermique qu'un panneau isolant secondaire d'angle comportant un plus grand nombre de puits d'ancrage. En complément, lorsque des cordons de mastic sur une surface externe de la plaque de fond sont nécessaires, la pose des cordons de mastic est facilitée et moins contraignante. En effet, moins il y a de puits d'ancrage et moins les cordons de mastic devront être interrompus au niveau desdits puits d'ancrage. Une autre conséquence est qu'il est plus rapide d'installer le panneau isolant secondaire car il comporte moins d'ancrages pour la mise en œuvre sur le

panneau isolant secondaire que dans le cas d'une multitude de panneaux isolants secondaires de plus petites tailles.

[0039] Selon un mode de réalisation, le panneau isolant secondaire d'angle comporte des platines métalliques qui sont chacune fixées au bloc de mousse isolant, les platines métalliques étant chacune situées dans un évidemment formé dans l'une des plaques de couvercle. Selon un mode de réalisation, les platines métalliques affleurent une face interne de la plaque de couvercle.

[0040] Selon un mode de réalisation, le panneau isolant secondaire d'angle comporte des platines métalliques qui sont chacune fixées à l'une des plaques de couvercle.

[0041] Selon un mode de réalisation, les platines métalliques comportent chacune un premier alésage taraudé.

[0042] Selon un mode de réalisation, des dispositifs de fixation primaires, comportant par exemple des goujons filetés, ancrent des panneaux thermiquement isolants primaires d'angle de la barrière thermiquement isolante primaire au panneau isolant secondaire d'angle.

[0043] Selon un mode de réalisation, les dispositifs de fixation primaires sont fixés aux premiers alésages taraudés.

[0044] Selon un mode de réalisation, les goujons filetés comportent une collerette et une portion traversante qui traverse de manière étanche la membrane étanche secondaire ; une première extrémité qui est fixée dans le premier alésage taraudé retenant la collerette contre une surface interne de la membrane étanche secondaire au niveau de la platine métallique et une deuxième extrémité qui est équipée d'un organe d'appui retenant le panneau thermiquement isolant primaire d'angle au panneau isolant secondaire d'angle. Selon un mode de réalisation préférée, la membrane étanche secondaire est soudée à la collerette des goujons filetés de façon étanche. Selon un mode de réalisation, la membrane étanche secondaire comporte un orifice traversé par la portion traversante d'un goujon fileté, la collerette du goujon fileté étant soudée à la membrane étanche secondaire, tout autour de l'orifice afin d'assurer l'étanchéité de la membrane étanche secondaire au niveau de l'orifice. Selon un mode de réalisation, la membrane étanche secondaire est soudée auxdites platines métalliques, optionnellement autour des goujons filetés.

[0045] Grâce à ces caractéristiques, les contraintes thermodynamiques sont mieux réparties, en particulier les sollicitations mécaniques au niveau des soudures des goujons filetés sont réduites, ce qui augmente la durée de vie de la cuve.

[0046] Selon un mode de réalisation, au moins un des goujons filetés comporte une collerette se développant radialement par rapport à l'axe longitudinal dudit goujon.

[0047] Selon un mode de réalisation, les goujons filetés comportent une collerette se développant radialement par rapport à l'axe longitudinal du goujon.

[0048] Selon un mode de réalisation, les platines métalliques comportent chacune un deuxième alésage taraudé espacé du premier alésage taraudé.

[0049] Selon un mode de réalisation, des goujons filetés comportent une première extrémité qui est fixée dans le deuxième alésage taraudé, une portion traversante qui traverse de manière étanche la membrane étanche secondaire et une deuxième extrémité qui est équipée d'un organe d'appui retenant le panneau thermiquement isolant primaire d'angle au panneau isolant secondaire d'angle.

[0050] Selon un mode de réalisation, le panneau isolant secondaire d'angle comporte une platine métallique fixée à chaque plaque de couvercle.

[0051] Selon un mode de réalisation, les deux puits d'ancrage de chaque paire de puits d'ancrage sont disposés de part et d'autre de la platine métallique.

[0052] Selon un mode de réalisation, les platines métalliques sont situées au centre des plaques de couvercle.

[0053] Grâce à cet agencement, le déplacement des platines métalliques lié aux phénomènes de contraction/dilatation thermique est diminué. Ainsi, les contraintes sont diminuées dans cette zone.

[0054] Selon un mode de réalisation, la membrane étanche secondaire comporte des virures métalliques comportant une portion plane reposant sur une surface supérieure de la barrière isolante secondaire, au moins une ondulation et deux bords, les virures étant juxtaposées les unes aux autres et soudées ensemble de manière étanche au niveau des bords,

dans laquelle la membrane étanche secondaire comporte une bande métallique d'angle comportant une portion soudée à une virure métallique adjacente. Selon un mode de réalisation, la bande métallique d'angle comporte une portion soudée à chacune des platines métalliques du panneau isolant secondaire d'angle.

[0055] Selon un mode de réalisation, la membrane étanche secondaire comporte des virures métalliques comportant une portion plane reposant sur une surface supérieure de la barrière isolante secondaire et deux bords relevés faisant saillie vers l'intérieur de la cuve par rapport à la portion centrale, les virures étant juxtaposées et soudées ensemble de manière étanche au niveau des bords relevés. Selon un mode de réalisation, la membrane étanche secondaire comporte une bande métallique d'angle comportant une portion soudée à une virure métallique adjacente et une portion soudée à chacune des platines métalliques du panneau isolant secondaire d'angle.

[0056] Grâce à ces caractéristiques, les contraintes thermodynamiques sont mieux réparties, en particulier les sollicitations mécaniques au niveau des soudures des goujons filetés sont réduites, ce qui augmente encore davantage la durée de vie de la cuve.

[0057] Un tel agencement présente une synergie notamment via les fentes de relaxation, les platines métalliques, la bande métallique d'angle et les virures. En effet, lors du

remplissage de la cuve avec du gaz liquéfié, un effet de contraction thermique est subit par le panneau isolant secondaire d'angle, ce qui modifie la distance entre les platines d'ancrage métalliques qui sont logées dans les plaques de couvercle. Une telle contraction thermique est donc répercutée sur et les virures métalliques de la membrane étanche secondaire ce qui a pour conséquence de solliciter mécaniquement les soudures d'étanchéité de la membrane étanche secondaire au niveau des goujons filetés. Cependant, grâce aux caractéristiques précitées, les contraintes mécaniques sur les soudures d'étanchéité sont moindres, ce qui augmente la durée de vie de la cuve, particulièrement celle de la membrane d'étanchéité secondaire au niveau des soudures formées autour des goujons filetés.

[0058] Selon un mode de réalisation, la bande métallique d'angle est soudée à la virure métallique, sur toute la longueur de la bande métallique d'angle.

[0059] Ainsi, les avantages d'une telle cuve sont accrus car les sollicitations thermiques de la bande métallique d'angle au niveau des soudures sont davantage diminuées en comparaison à une cuve ne comprenant pas un tel panneau secondaire d'angle.

[0060] Selon un mode de réalisation, les fentes de relaxation se développent selon une direction orthogonale à l'arête.

[0061] Selon un mode de réalisation, la membrane étanche primaire est une membrane métallique ondulée.

[0062] Selon un mode de réalisation, la membrane étanche primaire comporte une première série d'ondulations présentant des premières ondulations parallèles les unes aux autres et une deuxième série d'ondulations présentant des deuxièmes ondulations parallèles les unes aux autres et perpendiculaires aux premières ondulations.

[0063] Selon un mode de réalisation, la membrane étanche primaire comporte une pluralité de zones planes qui sont chacune définies entre deux premières ondulations adjacentes et entre deux deuxièmes ondulations adjacentes.

[0064] Selon un mode de réalisation, la membrane étanche secondaire est métallique.

[0065] Selon un mode de réalisation, la membrane étanche secondaire est réalisée en Invar®, c'est-à-dire un alliage de fer et de nickel dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre $1{,}2.10^{-6}$ et 2.10^{-6} K^{-1}, ou dans un alliage de fer avec du manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre 7.10^{-6} et 9.10^{-6} K^{-1}.

[0066] Selon un mode de réalisation, les plaques de couvercles et la plaque de fond sont rigides. Selon un mode de réalisation, les plaques de couvercles et la plaque de fond sont réalisées en bois contreplaqué.

[0067] Selon un mode de réalisation, le panneau isolant secondaire d'angle comporte des cordons de mastic positionnés contre une surface externe de la plaque de fond.

[0068] Selon un mode de réalisation, les cordons de mastic ne sont pas positionnés au niveau des puits d'ancrage.

[0069] Selon un mode de réalisation, le panneau isolant secondaire d'angle présente les dimensions suivantes :

- Une longueur comprise entre 640 et 3400 mm ; de préférence 660 mm, 1000 mm ou 3040 mm,
- Une largeur comprise entre 280 et 530 mm, par exemple 300 mm selon la direction Y; et
- Une hauteur comprise entre 250 et 400 mm, par exemple 300 mm.

La longueur du panneau isolant secondaire d'angle de la barrière thermiquement isolante secondaire s'étend selon la direction de l'arête.

[0070] Les dimensions du panneau isolant secondaire d'angle doivent être considérées avec une tolérance de ± 20 mm.

[0071] Ainsi, il s'agit de panneaux isolants secondaires d'angle présentant des dimensions plus grandes que dans l'art antérieur. En conséquence, un moins grand nombre de panneaux isolants secondaires d'angle est nécessaire. Ainsi, la construction de la cuve est accélérée et facilitée. En complément, lorsque qu'il est nécessaire de positionner des cordons de mastic, la pose en est facilitée et accélérée car les cordons de mastic sont à appliquer sur un nombre moins important de plaques de fond de panneaux isolants secondaires d'angle. Selon un mode de réalisation, la première paroi de cuve comporte une pluralité de panneaux isolants secondaires d'angle précités.

[0072] Selon des modes de réalisation, la deuxième paroi de cuve présente une, plusieurs ou toutes les caractéristiques de la première paroi de cuve.

[0073] Selon un mode de réalisation, la première et la deuxième paroi de cuve présente les mêmes caractéristiques précitées.

[0074] Selon un mode de réalisation, la membrane étanche secondaire de la deuxième paroi de cuve comporte des virures métalliques comportant une portion plane reposant sur une surface supérieure de la barrière isolante secondaire et deux bords relevés faisant saillie vers l'intérieur de la cuve par rapport à la portion centrale, les virures étant juxtaposées et soudées ensemble de manière étanche au niveau des bords relevés,
dans laquelle la membrane étanche secondaire de la deuxième paroi de cuve comporte une bande métallique d'angle comportant une portion soudée à une virure métallique adjacente et une portion soudée à chacune des platines métalliques du panneau isolant secondaire d'angle,
dans laquelle les bandes métalliques d'angle des première et deuxième parois se rejoignent au niveau d'une arête et forment une cornière métallique.

[0075] Selon un mode de réalisation, la cornière métallique forme un angle compris entre 80° et 145°, préférentiellement l'angle est de 90° ou de 135°.

[0076] Selon un mode de réalisation, l'angle formé par l'intersection entre la première paroi porteuse et la deuxième paroi porteuse est compris entre 80° et 145°, préférentiellement l'angle est de 90° ou de 135°.

[0077] 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.

[0078] 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.

[0079] Selon un mode de réalisation, un navire pour le transport d'un gaz liquéfié comporte une double coque et une cuve précitée, la double coque comportant la structure porteuse.

[0080] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un gaz liquéfié, 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 entrainer un flux de gaz liquéfié à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[0081] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé de chargement ou déchargement d'un tel navire, dans lequel on achemine un gaz liquéfié 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 figures

[0082] 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.

[0083] La [Fig.1] représente une vue en perspective écorchée et schématique d'une structure porteuse destinée à supporter une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un gaz liquéfié.

[0084] La [Fig.2] illustre une vue en coupe d'un angle de cuve étanche et thermiquement isolante.

[0085] La [Fig.3] illustre une vue en perspective d'un panneau isolant secondaire d'angle selon un premier mode de réalisation.

[0086] La [Fig.4] illustre une vue en perspective d'un panneau isolant secondaire d'angle selon un deuxième mode de réalisation.

[0087] La [Fig.5] est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

[0088] La [Fig.6] illustre un dispositif d'ancrage de panneaux primaires assurant en outre une fonction d'ancrage des virures.

Description des modes de réalisation

[0089] 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.

[0090] Une structure porteuse 1 destinée à supporter une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un gaz liquéfié est représentée sur la [Fig.1]. La structure porteuse 1 peut notamment être formée de tôles métalliques autoporteuses ou, plus généralement, de tout type de cloison rigide présentant des propriétés mécaniques appropriées. La structure porteuse 1 est, par exemple, formée par la double coque d'un navire. Sur la [Fig.1], la structure porteuse 1 présente une forme générale polyédrique. Elle présente deux parois porteuses avant et arrière 2, ici de forme octogonale, dont seule la paroi porteuse arrière 2 est représentée. Les parois avant et arrière 2 sont, par exemple, des parois de cofferdam du navire qui s'étendent transversalement à la direction longitudinale du navire. La structure porteuse 1 comporte également une paroi porteuse supérieure 3, une paroi porteuse inférieure 4 et des parois porteuses latérales 5, 6, 7, 8, 9, 10.

[0091] Il est illustré sur la [Fig.2] un angle d'une cuve à membranes permettant de stocker du gaz liquéfié. La cuve présente une première paroi de cuve fixée sur une première paroi porteuse 104 d'une structure porteuse 101 et une deuxième paroi de cuve fixée sur une deuxième paroi porteuse 107 de la structure porteuse 101, la deuxième paroi porteuse 107 rejoignant la première paroi porteuse 104 au niveau d'une arête de la structure porteuse 101, en formant un angle d'environ 135° dans le mode de réalisation représenté.

[0092] La première paroi de cuve et la deuxième paroi de cuve présentent chacune une structure multicouche comportant, au niveau de l'angle, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve :
- une barrière thermiquement isolante secondaire 20 reposant contre la structure porteuse 101,
- une membrane étanche secondaire 11 reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire 20,
- une barrière thermiquement isolante primaire 30 qui repose contre la membrane étanche secondaire 11, et
- une membrane étanche primaire 12 destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve.

[0093] La membrane étanche primaire 12 définit un espace interne de la cuve destiné à recevoir le gaz liquéfié. Le gaz liquéfié destiné à être stocké dans la cuve peut notamment être un gaz naturel liquéfié (GNL), c'est-à-dire un mélange gazeux comportant majoritairement du méthane ainsi qu'un ou plusieurs autres hydrocarbures. Le gaz liquéfié peut également être de l'éthane ou un gaz de pétrole liquéfié (GPL), c'est-à-dire un mélange d'hydrocarbures issu du raffinage du pétrole comportant essentiellement du propane et du butane.

[0094] La barrière thermiquement isolante secondaire 20 comporte des panneaux isolants secondaires d'angle 21 selon un premier mode de réalisation, disposés le long de l'arête, de manière adjacente à l'arête et reposant contre la structure porteuse 101. Le premier mode de réalisation d'un panneau isolant secondaire d'angle 21 est illustré plus en détails sur la [Fig.3].

[0095] La barrière thermiquement isolante secondaire 20 comporte également des éléments isolants 22 qui sont positionnés de manière à combler un espace situé entre les panneaux isolants secondaires d'angle 21 de la première paroi et les panneaux isolants secondaires d'angle 21 de la deuxième paroi. Les éléments isolants 22 sont par exemple réalisés en matériau compressible choisi parmi la laine de verre, la laine de roche et l'ouate de polyester, le polystyrène, pouvant être du polystyrène expansé (EPS), la mousse polyuréthane (PU) pouvant être renforcée et pouvant comprendre des fibres.

[0096] La barrière thermiquement isolante primaire 30 comporte des panneaux thermiquement isolants primaires d'angle 31.

[0097] La membrane étanche primaire 12 est par exemple une membrane corruguée (non représentée) en acier inoxydable présentant deux séries d'ondulations selon deux directions perpendiculaires l'une à l'autre. D'autres détails d'une telle membrane sont notamment décrits dans le document WO2010040922A1.

[0098] La membrane étanche secondaire 11 est par exemple réalisée en Invar ® : c'est-à-dire un alliage de fer et de nickel dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre 1.10^{-6} et 2.10^{-6} K^{-1} ou dans un alliage de fer et de manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre 7.10^{-6} et 9.10^{-6} K^{-1}. La membrane étanche secondaire 11 comporte principalement des virures métalliques (représentées en pointillées sur la [Fig.2]). Des virures métalliques centrales 60 comporte une portion plane 62 reposant sur une surface supérieure de la barrière isolante secondaire et deux bords relevés 63, 64 faisant saillie vers l'intérieur de la cuve par rapport à la portion plane 62. Les virures métalliques centrales 60 sont juxtaposées et soudées ensemble de manière étanche au niveau des bords relevés 63, 64.

[0099] Il est décrit plus en détails ci-après, avec les figures 2 et 3, le premier mode de réalisation d'un panneau isolant secondaire d'angle 21.

[0100] Le panneau isolant secondaire d'angle 21 présente une forme générale d'un parallélépipède rectangle présentant une longueur d'environ 1000 mm. Le panneau isolant secondaire d'angle 21 comporte un bloc de mousse isolant 23 pris en sandwich entre une plaque de fond 24 et une première plaque de couvercle 25a, une deuxième plaque de couvercle 25b et une troisième plaque de couvercle 25c situées les unes à côté des autres et en vis-à-vis de la plaque de fond 24. Le bloc de mousse isolant 23 est, par exemple, en polyuréthanne renforcé avec des fibres. Le bloc de mousse est par exemple collé à la première plaque de fond 24 et collé aux première, deuxième et troisième plaques de couvercle 25a, 25b, 25c. Le bloc de mousse peut comporter trois morceaux de mousse collés à la première plaque de fond 24 et aux trois plaques de couvercle 25a, 25b, 25c.

[0101] La colle est par exemple choisie parmi : les cyanoacrylate, les neoprène, les époxyde et les polyuréthane.

[0102] La plaque de fond 24 et les plaques de couvercle 25a, 25b, 25c sont rigides et fabriquées par exemple en bois contreplaqué ou en composite comportant de la résine et des fibres.

[0103] La deuxième plaque de couvercle 25b est espacée de la première plaque de couvercle 25a par une première fente de relaxation 50 et la deuxième plaque de couvercle 25b est espacée de la troisième plaque de couvercle 25c par une deuxième fente de relaxation 51.

[0104] En d'autres termes, la première plaque de couvercle 25a est espacée de la deuxième plaque de couvercle 25b par la première fente de relaxation 50 et la troisième plaque de couvercle 25c est espacée de la deuxième plaque de couvercle 25b par la deuxième fente de relaxation 51.

[0105] Les première et deuxième fentes de relaxation 50, 51 s'étendent selon une direction d'épaisseur E du bloc de mousse isolant 23 sur une profondeur d'environ 51 % de l'épaisseur du bloc de mousse isolant 23. Cette profondeur peut être adaptée et être par exemple comprise entre 55 % et 80 %, par exemple de 60 % ou de 70 % de l'épaisseur du bloc de mousse isolant 23.

[0106] Les première et deuxième fentes de relaxation 50, 51 s'étendent en outre selon une direction orthogonale Y à l'arête, sur la totalité du bloc de mousse.

[0107] Les première et deuxième fentes de relaxation 50, 51 présentent, par exemple, une largeur L comprise entre 0,1 mm et 5 mm, par exemple 4 mm. Dans ce cas, les fentes de relaxation sont par exemple réalisées via une découpe dans le panneau isolant secondaire d'angle 21 en utilisant par exemple une scie. Selon une variante, dans le cas où la largeur L est comprise entre 0,1 mm et 1 mm et que les fentes de relaxation s'étendent sur la totalité du bloc de mousse, ledit bloc de mousse est réalisé en collant des morceaux de mousse contre la plaque de fond 24, de façon accolée. Dans ce cas, les morceaux de mousse peuvent déjà comporter leurs plaques de couvercle avant qu'ils soient collés sur la plaque de fond 24.

[0108] Comme visible sur la [Fig.3], chacune des plaques de couvercle 25a, 25b et 25c est formée d'une seule pièce et s'étend sur toute la largeur du panneau isolant secondaire d'angle 21 entre ses deux bords longitudinaux 52 et 53.

[0109] Le panneau isolant secondaire d'angle 21 comporte en outre une platine d'ancrage 40 métallique qui est logée dans un évidemment de chacune des première, deuxième et troisième plaques de couvercle 25a, 25b, 25c, au niveau du centre des première, deuxième et troisième plaques de couvercle 25a, 25b, 25c. Le panneau isolant secondaire d'angle 21 comporte un premier puits d'ancrage 170 et un deuxième puits d'ancrage 171.

[0110] Le premier puits d'ancrage 170 traverse le panneau isolant secondaire d'angle 21 au niveau de la première plaque de couvercle 25a, entre la platine d'ancrage 40 et l'extrémité de la première plaque de couvercle 25a qui est opposée à la première fente de relaxation 50.

[0111] Le deuxième puits d'ancrage 171 traverse le panneau isolant secondaire d'angle 21 au niveau de la troisième plaque de couvercle 25c, entre la platine d'ancrage 40 et l'extrémité de la première plaque de couvercle 25a qui est opposée à la deuxième fente de relaxation 51.

[0112] Préférentiellement, la deuxième plaque de couvercle 25b ne comporte pas de puits d'ancrage comme le montre la [Fig.3].

[0113] Chaque panneau isolant secondaire d'angle 21 est fixé à l'une des parois porteuses 104, 107 via un premier dispositif de fixation (non représenté) qui est logé dans le premier puits d'ancrage 170 et un deuxième dispositif de fixation 80 qui est logé dans

le deuxième puits d'ancrage 171 pour fixer le panneau isolant secondaire 21 à la paroi porteuse 104, 107.

[0114] Le dispositif de fixation 80 comporte notamment un goujon fileté 43 qui est soudé à l'une des parois porteuses 104, 107 et une platine d'appui 81 traversée par le goujon fileté 43 et positionnée contre une surface interne de la plaque de fond 24 au moyen d'un boulon 82 vissé sur le goujon fileté 43 afin de fixer le panneau isolant secondaire d'angle 21 à la paroi porteuse 104, 107. De façon optionnelle, des rondelles Belleville, non représentées, peuvent également être montées sur le goujon fileté 43 et interposées entre la plaque d'appui 81 et le boulon 82. De tels puits et dispositifs de fixation sont, par exemple, illustrés sur la [Fig.1] du document FR2724623.

[0115] Les plaques de couvercle 25 des panneaux isolants secondaires d'angle 21 présentent chacune un évidement 125 dans lequel est logée une platine d'ancrage 40 qui est préférentiellement métallique.

[0116] L'évidement 125 est, par exemple, situé au niveau du centre d'une plaque de couvercle 25. Il présente une section interne présentant une première dimension et une section externe présentant une deuxième dimension supérieure à la première dimension de sorte à ménager un épaulement. La platine d'ancrage 40 présente une forme complémentaire à celle de l'évidement 125.

[0117] Ainsi, la face interne de la platine d'ancrage 40 affleure avec la face interne de la plaque de couvercle 25 du panneau isolant secondaire d'angle 21 de manière à former une surface plane sur laquelle une bande métallique d'angle 13 de la membrane étanche secondaire 11 est disposée et soudée. En outre, la platine d'ancrage 40 présente une section externe ayant une dimension plus importante que sa section interne de telle sorte que la section externe de ladite platine d'ancrage 40 soit en butée contre l'épaulement de l'évidement. La platine d'ancrage 40 peut en outre être collée au panneau isolant secondaire d'angle 21.

[0118] Les platines d'ancrage métalliques 40 présentent chacune un premier alésage taraudé 41 et un deuxième alésage taraudé 42 qui sont espacés l'un de l'autre selon une direction transversale Y, orthogonale à la direction de l'arête. Dans le mode de réalisation représenté, les platines d'ancrage métalliques 40 présentent une forme oblongue avec une plus grande dimension qui est orientée selon une direction transversale Y orthogonale à la direction de l'arête. Une forme circulaire pourrait aussi convenir pour les platines d'ancrage métalliques 40.

[0119] Les bandes métalliques d'angle 13 des première et deuxième parois de cuve se rejoignent au niveau d'un premier bord et forment une cornière métallique avec un angle correspondant à l'angle formé entre la première et la deuxième paroi porteuse 104, 107, à savoir environ 135° dans le mode de réalisation représenté. La membrane étanche secondaire 11 comprend en outre des virures d'angle 65 qui présentent

chacune un premier bord relevé 66 qui est soudé à un bord relevé 64 d'une virure centrale 60 et un deuxième bord plan 67 qui est opposé au premier bord relevé 66 et qui est soudé à une bande métallique d'angle 13.

[0120] Les panneaux thermiquement isolants primaires d'angle 31 comportent une mousse isolante 32 prise en sandwich entre une plaque de fond 33 et une plaque de couvercle 34.

[0121] En outre, la plaque de fond 33 comporte deux orifices 35 espacés l'un de l'autre d'une distance correspondant à l'espacement entre les premier et deuxième alésages taraudés 41, 42.

[0122] Chaque panneau thermiquement isolant primaire d'angle 31 est positionné sur la bande métallique d'angle 13 de la membrane étanche secondaire 11, à cheval entre deux plaques de couvercle 25 adjacentes appartenant à un même panneau isolant secondaire d'angle 21 ou à deux panneaux isolants secondaires d'angle 21 adjacents.

[0123] Chaque panneau thermiquement isolant primaire d'angle 31 est fixé au panneau isolant secondaire d'angle 21 ou aux panneaux isolants secondaires d'angle 21 adjacents via deux dispositifs de fixation primaires 83 comportant chacun deux goujons filetés 84 qui sont chacun fixé à un alésage taraudé 41, 42 de la platine d'ancrage 40. Les deux goujons filetés 84 traversent la bande métallique d'angle 13 de la membrane étanche secondaire 11 et la plaque de fond 33. La bande métallique d'angle 13 est soudée auxdites platines métalliques 40 tout autour des goujons filetés 84.

[0124] De façon optionnelle, des rondelles Belleville, non représentées, peuvent également être montées sur le goujon fileté 83 et interposées entre la plaque d'appui 85 et le boulon 86.

[0125] De façon optionnelle, les dispositifs de fixation primaires sont tel qu'illustré sur la [Fig.6]. Un dispositif de fixation primaire 183 a une double fonctionnalité, c'est-à-dire qu'il assure à la fois l'ancrage des panneaux isolants primaires d'angle 31 et aussi l'ancrage de la bande métallique d'angle 13. Le dispositif de fixation primaire 183 comporte un goujon 184 comme le dispositif de fixation primaire 83 comporte un pion 91 qui est destiné à traverser un orifice ménagé dans la bande métallique d'angle 13. Le pion 91 comporte une extrémité filetée, non illustrée, qui est destinée à être visée dans un alésage taraudé d'une platine d'ancrage. Par ailleurs, le pion 91 comporte une collerette 92 se développant radialement par rapport à l'axe du pion 91. La collerette 92 est destinée à plaquer la bande métallique d'angle 13 contre le panneau isolant secondaire d'angle 21 lorsque le pion 92 est vissé dans l'alésage taraudé 41 ou 42 de la platine d'ancrage 40. Par ailleurs, la collerette 92 est soudée de manière étanche à une surface interne de la bande métallique d'angle 13 tout autour de l'orifice ce qui permet

d'assurer l'étanchéité de la traversée du pion 91 à travers la membrane d'étanchéité secondaire 11.

[0126] Chaque dispositif de fixation primaire 83 comporte en outre une platine d'appui primaire 85 qui est traversée par les goujons filetés 84 et positionnée contre une surface interne de la plaque de fond 33 au moyen d'un boulon 86 vissé sur le goujon fileté 84 afin de fixer le premier panneau thermiquement isolant primaire d'angle 31 contre la bande métallique d'angle 13 de la membrane étanche secondaire 11.

[0127] Les plaques de couvercle 34 comportent des inserts métalliques (non représentés) sur lesquelles une cornière métallique d'une membrane étanche métallique primaire 12 est soudée.

[0128] En relation avec la [Fig.4], on décrit ci-dessous un panneau secondaire d'angle selon un deuxième mode de réalisation.

[0129] Dans la [Fig.4], les chiffres de référence portant sur les éléments identiques ou similaires à ceux de la [Fig.3] présentent la même référence incrémentée de 100.

[0130] Le panneau isolant secondaire d'angle 121 diffère du panneau isolant secondaire d'angle 21 en ce que la première fente 150 et la deuxième fente 151 s'étendent selon la totalité de l'épaisseur E du bloc de mousse isolant 123 jusqu'à la plaque de fond 124, sans traverser la plaque de fond 124. En d'autres termes, les première et deuxième fentes de relaxation 150, 151 séparent le bloc de mousse 123 en trois morceaux de mousse distincts, espacés les uns des autres par les première et deuxième fentes de relaxation 150, 151.

[0131] Un tel panneau secondaire d'angle 121 présente une longueur totale d'environ 1000 mm, c'est-à-dire trois morceaux de mousse d'environ 320 mm de longueur chacun avec les première et deuxième fentes de relaxation 150, 151 qui présentent chacune une largeur L d'environ 20 mm.

[0132] Des joints plats en matériau compressible thermiquement isolant (non représentés) peuvent être logés dans les première et deuxième fentes de relaxation 150, 151.

[0133] En outre, le panneau isolant secondaire d'angle 121 comporte trois paires de puits d'ancrage 172, 173, 174, 175, 270, 271. Chacune des paires traversent l'épaisseur E du panneau isolant au niveau d'une plaque de couvercle.

[0134] La première paire de puits comporte un premier et un deuxième puits 175, 270 qui sont disposés de part et d'autre de la platine d'ancrage 40 de la première plaque de couvercle 125a.

[0135] La deuxième paire de puits comporte un premier et un deuxième puits 173, 174 qui sont disposés de part et d'autre de la platine d'ancrage 40 de la deuxième plaque de couvercle 125b.

[0136] La troisième paire de puits comporte un premier et un deuxième puits 172, 271 qui sont disposés de part et d'autre de la platine d'ancrage 140 de la troisième plaque de couvercle 125c.

[0137] En référence à la [Fig.5], une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve étanche et thermiquement isolante 71 de forme générale prismatique montée dans la double coque 72 du navire. La paroi de la cuve 71 comporte une membrane étanche primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une membrane étanche secondaire agencée entre la membrane étanche primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières thermiquement isolantes agencées respectivement entre la membrane étanche primaire et la membrane étanche secondaire et entre la membrane étanche secondaire et la double coque 72.

[0138] De manière connue en soi, des canalisations de chargement/déchargement 73 disposées sur le pont supérieur du navire peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriées, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 71.

[0139] La [Fig.5]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.

[0140] 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.

[0141] 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.

[0142] L'usage du verbe « comporter » ou « comprendre » et de ses formes conjuguées n'exclut pas la présence d'autres éléments ou d'autres étapes que ceux énoncés dans une revendication.

[0143] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

Revendications

[Revendication 1] Cuve étanche et thermiquement isolante pour le stockage et/ou le transport de gaz liquéfié, la cuve comportant une première paroi de cuve fixée sur une première paroi porteuse (104) d'une structure porteuse (101) et une deuxième paroi de cuve fixée sur une deuxième paroi porteuse (107) de la structure porteuse, la deuxième paroi porteuse rejoignant la première paroi porteuse au niveau d'une arête de la structure porteuse,
dans laquelle la première paroi de cuve comprend une structure multicouche comprenant de l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire (20) ancrée contre la structure porteuse, une membrane étanche secondaire (11) qui est portée par la barrière thermiquement isolante secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire (30) et une membrane étanche primaire (12) qui est portée par la barrière thermiquement isolante primaire et qui est destinée à être contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve,
dans laquelle la barrière thermiquement isolante secondaire comporte un panneau isolant secondaire d'angle (21, 121) qui longe l'arête et qui est adjacent à l'arête,
le panneau isolant secondaire d'angle comporte un bloc de mousse isolant (23, 123) pris en sandwich entre une plaque de fond (24, 124) et des plaques de couvercle (25a, 25b, 25c, 125a, 125b, 125c) chacune situées en vis-à-vis de la plaque de fond, les plaques de couvercle étant espacées les unes des autres par des fentes de relaxation (50, 51, 150, 151) qui se développent selon une direction d'épaisseur (E) du bloc de mousse isolant et selon une direction transversale (Y) à l'arête,
dans laquelle les fentes de relaxation présentent une profondeur d'au moins la moitié de l'épaisseur du bloc de mousse isolant.

[Revendication 2] Cuve selon la revendication 1, dans laquelle le panneau isolant secondaire d'angle comprend au moins trois plaques de couvercle (25a, 25b, 25c, 125a, 125b, 125c).

[Revendication 3] Cuve selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle les fentes de relaxation s'étendent sur au moins 60 % de l'épaisseur du bloc de mousse isolant, préférentiellement sur au moins 80% de l'épaisseur du bloc de mousse isolant.

[Revendication 4] Cuve selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle les fentes de relaxation (150, 151) s'étendent sur la totalité de l'épaisseur du bloc de mousse isolant, jusqu'à la plaque de fond (124).

[Revendication 5] Cuve selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle la profondeur des fentes de relaxation est identique.

[Revendication 6] Cuve selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle le bloc de mousse isolant présente n faces internes espacées les unes des autres par les fentes de relaxation, et dans laquelle le panneau isolant secondaire d'angle comporte n plaques de couvercle recouvrant chacune l'une desdites faces internes ; avec n : un nombre entier.

[Revendication 7] Cuve selon l'une des revendications 1 à 6, dans laquelle le panneau isolant secondaire d'angle comporte un premier puits d'ancrage (170, 175, 270) et un deuxième puits d'ancrage (171, 172, 271) qui traversent une épaisseur du panneau isolant secondaire d'angle, le premier puits d'ancrage traverse la plaque de couvercle qui est située au niveau d'une première extrémité du panneau isolant secondaire d'angle, et le deuxième puits d'ancrage traverse la plaque de couvercle qui est située au niveau d'une deuxième extrémité du panneau isolant secondaire d'angle,
et comportant un premier et un deuxième dispositifs d'ancrage (80) de paroi comportant chacun une portion externe (43) fixée à la structure porteuse et une portion interne respectivement située dans les premier et deuxième puits d'ancrage et fixant le panneau isolant secondaire d'angle à la structure porteuse.

[Revendication 8] Cuve selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle le panneau isolant secondaire d'angle comporte des platines métalliques (40, 140) chacune fixées à l'une des plaques de couvercle,
dans laquelle les platines métalliques comportent chacune un premier alésage taraudé (41, 141),
dans laquelle des goujons filetés (84) ancrent des panneaux thermiquement isolants primaires d'angle de la barrière thermiquement isolante primaire au panneau isolant secondaire d'angle, les goujons filetés comportant une collerette et une portion traversante qui traverse de manière étanche la membrane étanche secondaire ; une première extrémité qui est fixée dans le premier alésage taraudé retenant la collerette contre une surface interne de la membrane étanche secondaire au niveau de la platine métallique et une deuxième extrémité qui est équipée d'un organe d'appui (85,

86) retenant le panneau thermiquement isolant primaire d'angle au panneau isolant secondaire d'angle.

[Revendication 9] Cuve selon la revendication 8, dans laquelle la membrane étanche secondaire est soudée à la collerette des goujons filetés de façon étanche.

[Revendication 10] Cuve selon la revendication 8 ou 9, dans laquelle la membrane étanche secondaire est soudée auxdites platines métalliques autour des goujons filetés.

[Revendication 11] Cuve selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle la membrane étanche secondaire comporte des virures métalliques (60) comportant une portion plane reposant sur une surface supérieure de la barrière isolante secondaire et deux bords relevés faisant saillie vers l'intérieur de la cuve par rapport à la portion centrale, les virures étant juxtaposées et soudées ensemble de manière étanche au niveau des bords relevés (63, 64),
dans laquelle la membrane étanche secondaire comporte une bande métallique d'angle (13) comportant une portion soudée à une virure métallique adjacente.

[Revendication 12] Cuve selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle la membrane étanche secondaire comporte des virures métalliques (60) comportant une portion plane reposant sur une surface supérieure de la barrière isolante secondaire, au moins une ondulation et deux bords, les virures étant juxtaposées les unes aux autres et soudées ensemble de manière étanche au niveau des bords,
dans laquelle la membrane étanche secondaire comporte une bande métallique d'angle (13) comportant une portion soudée à une virure métallique adjacente.

[Revendication 13] Cuve selon l'une des revendications 1 à 12, dans laquelle le panneau isolant secondaire d'angle (21) présente une forme générale d'un parallélépipède rectangle qui présente une longueur s'étendant selon la direction de l'arête et une largeur s'étendant selon la direction transversale (Y) à l'arête, la largeur étant plus petite que la longueur, au moins une des plaques de couvercle (25a, 25b, 25c, 125a, 125b, 125c) étant formée d'une seule pièce dans la largeur du panneau isolant secondaire d'angle (21) entre deux bords opposés du panneau isolant secondaire d'angle.

[Revendication 14] Navire (70) pour le transport d'un gaz liquéfié, le navire comportant une double coque (72) et une cuve (71) selon l'une

des revendications 1 à 13, la double coque comportant la structure porteuse.

[Revendication 15] Système de transfert pour un gaz liquéfié, le système comportant un navire (70) selon la revendication 14, 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 entrainer un flux de gaz liquéfié à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[Revendication 16] Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon la revendication 14, dans lequel on achemine un gaz liquéfié 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 (71) du navire (70).