

Description

Titre de l'invention : Cuve étanche et thermiquement isolante

Domaine technique

[0001] L'invention concerne le domaine des cuves, étanches et thermiquement isolantes pour le stockage et/ou le transport d'un gaz liquéfié, 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 -163°C à pression atmosphérique.

[0002] Ces cuves peuvent être installées à terre ou sur une structure flottante. Dans le cas d'une structure flottante, 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

[0003] On connaît dans l'état de la technique une cuve étanche et thermiquement isolante comportant une paroi de cuve retenue sur une structure porteuse, la paroi de cuve incluant, dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire retenue sur la structure porteuse, une membrane étanche secondaire retenue sur la barrière thermiquement isolante secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire retenue sur la membrane étanche secondaire et une membrane étanche primaire ondulée retenue sur la barrière thermiquement isolante primaire. Une telle cuve étanche et thermiquement isolante peut notamment être utilisée dans le transport de gaz liquéfié, tels que du gaz naturel liquéfié (GNL), notamment à bord d'une structure flottante, telle qu'un navire.

[0004] Il est connu de réaliser la membrane étanche primaire par l'assemblage d'une pluralité de tôles qui présentent des ondulations, avantageusement perpendiculaires les unes aux autres. Les ondulations confèrent à la membrane étanche primaire une flexibilité lui permettant de se déformer sous l'effet des sollicitations thermiques et mécaniques et notamment celles générées par le gaz liquéfié stocké dans la cuve et celles-liées à la déformation de la structure porteuse. La membrane étanche primaire est ancrée sur les panneaux isolants de la barrière thermiquement isolante primaire.

[0005] La demanderesse a constaté que dans une cuve du type précité, les ondulations de la membrane étanche primaire n'étaient pas sollicitées de manière uniforme. En particulier, dans la mesure où la barrière thermiquement isolante primaire est discontinue, c'est-à-dire qu'elle est constituée de panneaux isolants juxtaposés les uns aux autres, son comportement n'est pas homogène lorsque la structure porteuse se déforme sous l'effet de la houle et/ou sous l'effet des sollicitations thermiques et mécaniques générées par le gaz liquéfié stocké dans la cuve. Ainsi, la demanderesse a constaté que

les ondulations qui sont disposées dans une zone à cheval entre un premier élément d'ancrage fixé à un premier panneau isolant et un deuxième élément d'ancrage fixé à un deuxième panneau isolant sont sollicitées de manière plus importantes que les autres. Or, il est important, d'assurer que les contraintes soient réparties le plus uniformément possible entre les ondulations de la membrane étanche primaire, notamment en vue d'optimiser la durée de vie de la membrane étanche primaire.

Résumé

- [0006] Une idée à la base de l'invention est de proposer une cuve étanche et thermiquement isolante dans laquelle les contraintes subies par la membrane étanche primaire sont plus uniformément réparties.
- [0007] Selon un mode de réalisation, l'invention vise une paroi d'une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un gaz liquéfié comportant au moins une barrière thermiquement isolante et une membrane étanche qui est ancrée à ladite barrière thermiquement isolante et est destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve, la barrière thermiquement isolante comportant des panneaux isolants qui sont juxtaposés les uns aux autres selon des rangées et colonnes parallèles les unes aux autres, chaque panneau isolant comportant une face interne supportant la membrane étanche et étant relié aux panneaux isolants adjacents au moyen d'éléments de pontage, chaque élément de pontage étant disposé à cheval entre deux des panneaux isolants adjacents et étant fixé à la face interne de l'un des deux panneaux isolants adjacents et à la face interne de l'autre des deux panneaux isolants adjacents, les panneaux isolants comportant des fentes de relaxation qui sont chacune ménagées selon une direction d'épaisseur de la paroi, chaque élément de pontage étant fixé à l'un des panneaux isolants entre un bord dudit panneau isolant et une fente de relaxation qui est adjacente et parallèle audit bord.
- [0008] Ainsi, les éléments de pontage assurent une fonction de raccord mécanique entre les panneaux isolants qui limite ou empêche leur écartement mutuel dans un plan parallèle à la surface des panneaux isolants.
- [0009] De manière avantageuse, pour empêcher que les panneaux isolants ne s'écartent les uns des autres, les panneaux isolants doivent pouvoir se déformer et leur raideur doit, par conséquent, être inférieure à celle des éléments qui imposent la déformation, à savoir les éléments de pontage. Or, grâce aux fentes de relaxation, la raideur des panneaux isolants est inférieure à celle des éléments de pontage. Ainsi, les éléments de pontage imposent les déformations des panneaux isolants. Les caractéristiques précitées contribuent ainsi à répartir de manière plus homogène la déformation de la structure porteuse sur la barrière thermiquement isolante primaire. Les ondulations de la membrane étanche sont donc sollicitées de manière plus homogène.
- [0010] Selon des modes de réalisation, une telle paroi de cuve peut comporter une ou

plusieurs des caractéristiques suivantes.

- [0011] Selon un mode de réalisation, les éléments de pontage sont des plaques métalliques. Ceci permet d'assurer un raccord mécanique robuste entre les panneaux isolants et ainsi d'imposer une déformation aux panneaux.
- [0012] Selon un mode de réalisation, chaque élément de pontage est fixé dans un décrochement ménagé dans la face interne de l'un des deux panneaux isolants adjacents et dans un décrochement ménagé dans la face interne de l'autre des deux panneaux isolants adjacents.
- [0013] Selon un mode de réalisation, au moins l'un des éléments de pontage comporte une portion centrale et deux bords repliés respectivement positionnés à deux extrémités de la portion centrale, chaque bord replié étant encastré dans une rainure respective logée dans l'un des décrochements, les rainures présentant une longueur supérieure à une largeur des bords repliés, au moins l'une des deux rainures étant inclinée, dans un plan orthogonal à la direction d'épaisseur de la paroi, d'un angle α_1 par rapport au bord adjacent du panneau isolant dans lequel est ménagé ledit décrochement. Un tel agencement est avantageux en ce qu'il permet aux bords repliés de venir s'encastrent dans les rainures présentes sur la face interne des panneaux isolants ou des platines métalliques même si l'écartement e_1 entre les panneaux primaires ne correspond pas à sa valeur nominale et cela tant qu'il reste dans une plage de tolérance déterminée. Cet agencement permet donc d'assurer un positionnement simple, rapide et précis des éléments de pontage même lorsque l'écartement e_1 entre les panneaux isolants diffère de sa valeur nominale.
- [0014] Selon un mode de réalisation, l'autre des deux rainures est inclinée, dans un plan orthogonal à la direction d'épaisseur de la paroi, d'un angle α_2 par rapport au bord adjacent du panneau isolant dans lequel est ménagé le décrochement logeant ladite rainure, les angles α_1 et α_2 étant des angles orientés ayant des sens contraires l'un à l'autre.
- [0015] Selon un mode de réalisation, les angles α_1 et α_2 présentent une valeur comprise entre 5 et 10°.
- [0016] Selon un mode de réalisation, les angles α_1 et α_2 présentent une même valeur.
- [0017] Selon un mode de réalisation, les angles α_1 et α_2 et les longueurs des rainures sont configurés de sorte à couvrir une plage de tolérance sur l'écartement e_1 entre les panneaux isolants qui est comprise entre 1 et 10 mm et par exemple de l'ordre de 3 mm.
- [0018] Selon un mode de réalisation, chaque rainure est ménagée dans une platine métallique qui est fixée dans l'un des décrochements.
- [0019] Selon un autre mode de réalisation, chaque rainure est ménagée dans une zone du panneau isolant définissant le fond d'un des décrochements. Ainsi, il est possible de se

passer d'une platine métallique.

- [0020] Selon un mode de réalisation, la portion centrale de l'élément de pontage est fixée aux deux panneaux isolants par des organes de fixation, par exemple des vis. Selon un mode de réalisation alternatif ou complémentaire, l'élément de pontage est soudé aux platines métalliques dans lesquelles sont ménagées les rainures. Selon un mode de réalisation, la soudure entre l'élément de pontage et les platines métalliques est réalisée le long des bords de la portion centrale de l'élément de pontage.
- [0021] Selon un mode de réalisation, des rainures s'étendant le long d'un même bord d'un panneau primaire présentent alternativement des inclinaisons par rapport audit bord du panneau primaire dans un sens puis dans l'autre.
- [0022] Selon un mode de réalisation, chaque bord replié présente une inclinaison par rapport au bord du panneau isolant adjacent qui correspond à celle de la rainure dans laquelle ledit bord replié est encastré.
- [0023] Selon un mode de réalisation, chaque décrochement est disposé entre un bord de l'un des panneaux isolants et l'une des fentes de relaxation qui est adjacente et parallèle audit bord.
- [0024] Selon un mode de réalisation, chaque plaque métallique est soudée sur deux platines métalliques qui sont respectivement fixées dans l'un des décrochements de l'un et l'autre des deux panneaux isolants adjacents. Ainsi, la fixation des éléments de pontage est simple puisque les platines métalliques peuvent être fixées en atelier sur les éléments isolants, les éléments de pontage pouvant alors être fixés, lors de l'assemblage de la cuve, au moyen d'équipements de soudage qui sont nécessairement présents dans la cuve, notamment afin de souder les tôles de la membrane étanche les unes aux autres, et dont le fonctionnement est maîtrisé par les opérateurs chargés de la fabrication de la cuve.
- [0025] Selon un autre mode de réalisation, chaque plaque métallique est rivetée dans l'un des décrochements de l'un et l'autre des deux panneaux isolants adjacents. Ceci assure également une fixation simple des éléments de pontage.
- [0026] Selon un mode de réalisation, la membrane étanche est soudée sur au moins certaines des plaques métalliques. Ainsi, les éléments de pontage assurent une double fonctionnalité à savoir d'une part, assurer une fonction de raccord mécanique entre les panneaux isolants, et, d'autre part, assurer l'ancrage de la membrane étanche sur la barrière thermiquement isolante.
- [0027] Selon un mode de réalisation, la membrane étanche comporte des tôles métalliques, chaque tôle métallique comportant des bords qui sont disposés au droit d'au moins certaines des plaques métalliques et forment chacun un bord recouvrant ou un bord recouvert soudé respectivement à un bord recouvert ou un bord recouvrant d'une tôle métallique adjacente, chaque bord recouvert étant en outre soudé à au moins l'une des

plaques métalliques au droit desquelles ledit bord recouvert se situe.

- [0028] Selon un mode de réalisation, les panneaux isolants présentent une forme parallélépipédique et présentent deux premiers bords parallèles à une première direction et deux deuxièmes bords parallèles à une deuxième direction perpendiculaire à la première direction, les tôles métalliques présentant deux premiers bords parallèles à la première direction et présentant une dimension égale ou valant un multiple entier de celle des premiers bords des panneaux isolants et deux deuxièmes bords parallèles à la deuxième direction et présentant une dimension égale ou valant un multiple entier de celle des deuxièmes bords des panneaux isolants, les premiers bords des tôles métalliques longeant au moins certains des deux premiers bords des panneaux isolants de manière à se situer au droit de certaines des plaques métalliques et les deuxièmes bords des tôles métalliques longeant au moins certains des deuxièmes bords des panneaux isolants de manière à se situer au droit de certaines des plaques métalliques.
- [0029] Selon un mode de réalisation, les deux premiers bords des tôles métalliques présentent une dimension valant un multiple entier des premiers bords des panneaux isolants de sorte que les tôles métalliques recouvrent intégralement certaines des plaques métalliques, les tôles métalliques étant soudées par une soudure par bouchon ou par une soudure par transparence auxdites plaques métalliques intégralement recouvertes.
- [0030] Selon un mode de réalisation, les éléments de pontage affleurent la surface interne des panneaux isolants de manière à assurer une continuité du support de la membrane étanche.
- [0031] Selon un autre mode de réalisation, les éléments de pontage font saillie, en direction de la membrane étanche, au-delà de la surface interne des panneaux isolants, avantageusement d'une dimension inférieure à 3 mm et par exemple comprise entre 1,2 et 3 mm.
- [0032] Selon un mode de réalisation, la membrane étanche comporte deux séries d'ondulations perpendiculaires l'une à l'autre.
- [0033] Selon un mode de réalisation, les fentes de relaxation des panneaux isolants sont ménagées en regard de chacune des ondulations des deux séries d'ondulations de la membrane étanche. De telles fentes de relaxation permettent de diminuer la raideur des panneaux isolants de sorte que les éléments de pontage imposent les déformations aux panneaux isolants et que la barrière thermiquement isolante se déforme de manière plus homogène.
- [0034] Selon un mode de réalisation, les panneaux isolants présentent des fentes de relaxation dont le nombre et la profondeur sont telles que lesdits panneaux isolants présentent des raideurs en traction selon une première et une deuxième directions orthogonales à la direction d'épaisseur de la paroi et respectivement parallèles aux

rangées et aux colonnes de panneaux isolants qui sont respectivement inférieures, et avantageusement plus de 3 fois inférieures, aux raideurs de l'élément de pontage selon la première et la deuxième directions.

- [0035] Selon un mode de réalisation avantageux, on définit la profondeur des fentes de manière obtenir une ouverture des différentes fentes, sous l'effet de la déformation de la structure porteuse, la plus uniforme et obtenir ainsi des déformations les plus uniformes possibles des ondulations.
- [0036] Selon un mode de réalisation, les fentes de relaxation présentent une profondeur selon la direction d'épaisseur de la paroi qui est supérieure à 60 mm.
- [0037] Selon un mode de réalisation, les panneaux isolants présentent chacun une première série de fentes de relaxation, par exemple trois, qui sont ménagées dans la face interne dudit panneau isolant et parallèles à deux premiers bords opposés dudit panneau isolant et une deuxième série de fentes de relaxation, par exemple trois, qui sont ménagées dans la face interne dudit panneau isolant et parallèles à deux deuxièmes bords opposés dudit panneau isolant.
- [0038] Selon un mode de réalisation, lesdites fentes de relaxation ont une profondeur comprise entre 80 et 150 mm et de préférence entre 115 et 150 mm selon la direction d'épaisseur de la paroi.
- [0039] Selon un mode de réalisation, au moins l'une des deux séries de fentes de relaxation présente au moins une fente de relaxation centrale et deux fentes de relaxation de bord qui s'étendent de part et d'autre de la fente de relaxation centrale, la fente de relaxation centrale présentant une profondeur supérieure à celle de chacune des deux fentes de relaxation de bord.
- [0040] Selon un mode de réalisation, les fentes de relaxation sont ménagées dans la face interne des panneaux isolants, les panneaux isolants comportant en outre des fentes de relaxation externe qui sont ménagées dans la face externe des panneaux isolants parallèlement aux fentes de relaxation ménagées sur la face interne et qui sont positionnées en alternance selon une direction perpendiculaires auxdites fentes de relaxation externe avec les fentes de relaxation ménagées sur la face interne. En d'autres termes, chaque fente de relation externe est disposée entre deux fentes de relation ménagée sur la face interne selon la direction perpendiculaire aux fentes de relaxation externes.
- [0041] Selon un mode de réalisation, les fentes de relaxation externe présentent une profondeur supérieure à 60 mm et par exemple comprise entre 115 et 150 mm.
- [0042] Selon un mode de réalisation, chaque panneau isolant présente deux fentes de relaxation passant respectivement par l'un et l'autre des deux axes médians dudit panneau isolant.
- [0043] Selon un mode de réalisation, les fentes de relaxation sont écartées les unes des autres d'un pas constant.

- [0044] Selon un mode de réalisation, les fentes de relaxation sont écartées d'un pas correspondant au pas entre les ondulations parallèles auxdites fentes de relaxation.
- [0045] Selon un mode de réalisation, la plaque interne des panneaux isolants présente quatre bords qui comportent chacun une pluralité de décrochements, lesdits décrochements étant disposés de part et d'autre de chaque fente de relaxation.
- [0046] Selon un mode de réalisation, la membrane étanche est une membrane étanche primaire et la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante primaire, la paroi comportant en outre une barrière thermiquement isolante secondaire retenue contre une structure porteuse et une membrane étanche secondaire fixée à la barrière thermiquement isolante secondaire et disposée entre la barrière thermiquement isolante secondaire et la barrière thermiquement isolante primaire.
- [0047] Selon un mode de réalisation, l'invention vise une cuve étanche et thermiquement isolante comportant une paroi précitée.
- [0048] Une cuve selon l'un des modes de réalisation précités 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 éthanier ou méthanier, une unité flottante de stockage et de regazéification (FSRU), une unité flottante de production et de stockage déporté (FPSO) et autres. Dans le cas d'une structure flottante, la cuve peut être destinée à recevoir du gaz naturel liquéfié servant de carburant pour la propulsion de la structure flottante.
- [0049] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit un navire pour le transport d'un fluide qui comporte une coque, telle qu'une double coque, et une cuve précitée disposée dans la coque.
- [0050] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé de chargement ou déchargement d'un tel navire, dans lequel on achemine un fluide à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.
- [0051] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un fluide, 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 fluide à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

Breve description des figures

- [0052] 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.

- [0053] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue schématique en coupe de la structure multicouche d'une paroi de cuve.
- [0054] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue partielle en écorché d'une paroi de cuve.
- [0055] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue en perspective d'une tôle métallique ondulée d'une membrane étanche primaire.
- [0056] [Fig.4] La [Fig.4] est une vue de dessus partielle de la barrière thermiquement isolante primaire de la paroi de cuve de la [Fig.2].
- [0057] [Fig.5] La [Fig.5] est une vue de dessus en écorché d'une paroi de cuve selon un autre mode de réalisation.
- [0058] [Fig.6] La [Fig.6] est une vue partielle, en coupe, d'un dispositif d'ancrage primaire selon un mode de réalisation.
- [0059] [Fig.7] La [Fig.7] est une représentation schématique écorchée d'un navire comportant une cuve de stockage de gaz naturel liquéfié et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.
- [0060] [Fig.8] La [Fig.8] est une vue de dessus représentant de manière détaillée des décrochements, des éléments de pontage et des plaques métalliques selon un mode de réalisation.
- [0061] [Fig.9] La [Fig.9] est une vue en perspective d'un élément de pontage selon un mode de réalisation.
- [0062] [Fig.10] La [Fig.10] est une vue de dessus représentant de manière détaillée des décrochements, des éléments de pontage et des plaques métalliques selon un autre mode de réalisation.
- [0063] [Fig.11] La [Fig.11] est une représentation schématique d'éléments isolants primaires et d'élément de pontage selon un autre mode de réalisation.
- [0064] [Fig.12] La [Fig.12] est une vue en coupe d'une barrière thermiquement isolante primaire et d'une membrane étanche primaire selon un autre mode de réalisation.
- [0065] [Fig.13] La [Fig.13] est une vue en coupe d'une barrière thermiquement isolante primaire et d'une membrane étanche primaire selon un autre mode de réalisation.
- [0066] [Fig.14] La [Fig.14] est une représentation schématique d'éléments isolants primaires et d'élément de pontage selon un autre mode de réalisation.

Description des modes de réalisation

- [0067] 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'extérieur et à l'intérieur de la cuve.
- [0068] Sur la [Fig.1], on a représenté schématiquement la structure multicouche d'une paroi 1 d'une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un gaz liquéfié. Chaque

paroi 1 comporte, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire 2 comportant des panneaux secondaires 3 ancrés à une structure porteuse 4, une membrane étanche secondaire 5 reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire 2, une barrière thermiquement isolante primaire 6 comportant des panneaux primaires 7 reposant contre la membrane étanche secondaire 5 et ancrés aux panneaux secondaires 3 et une membrane étanche primaire 8 qui repose contre la barrière thermiquement isolante primaire 6 et qui est destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve.

[0069] La structure porteuse 4 peut notamment être formée par la coque ou la double coque d'un navire. La structure porteuse 4 comporte une pluralité de parois définissant la forme générale de la cuve, habituellement une forme polyédrique.

[0070] En relation avec la [Fig.2], on observe que la barrière thermiquement isolante secondaire 2 comporte une pluralité de panneaux secondaires 3. Les panneaux secondaires 3 sont ancrés sur la structure porteuse 4 au moyen de dispositifs d'ancrage secondaires, non représentés. Les panneaux secondaires 3 présentent une forme générale parallélépipédique et sont disposés selon des rangées secondaires parallèles les unes aux autres. A titre d'exemple, dans le mode de réalisation illustré, les panneaux secondaires 3 présentent une couche de mousse polymère isolante 9 prise en sandwich entre une plaque externe 10 et une plaque interne 11. La plaque externe 10 et la plaque interne 11 sont, par exemple, en bois contreplaqué et collées à la couche de mousse polymère isolante. 9 La mousse polymère isolante peut notamment être une mousse à base de polyuréthane, optionnellement renforcée par des fibres de verre. La structure du panneau secondaire 3 est décrite ci-dessus à titre d'exemple. Aussi, dans un autre mode de réalisation, les panneaux secondaires 3 sont susceptibles de présenter une autre structure générale, par exemple celle décrite dans le document WO2012/127141. Aussi, les panneaux secondaires 3 sont par exemple constituées d'une boîte parallélépipédique en bois qui comporte intérieurement des cloisons et qui est remplie d'une garniture isolante. Dans un autre mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante secondaire 2 comporte des panneaux secondaires 3 ayant au moins deux types de structure différents, par exemple les deux structures précitées, en fonction de leur zone d'implantation dans la cuve.

[0071] La membrane étanche secondaire 5, illustrée partiellement sur la [Fig.2], comporte une nappe continue de virures 12, métalliques, ayant deux bords relevés, parallèles. Les virures 12 sont soudées par leurs bords relevés sur des supports de soudure parallèles qui sont logés dans des rainures ménagées dans la plaque interne 11 des panneaux secondaires 3. Les virures 12 sont, par exemple, réalisées en Invar[®] : c'est-à-dire un alliage de fer et de nickel dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre $1,2 \cdot 10^{-6}$ et $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Il est aussi possible d'utiliser des

alliages de fer et de manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement de l'ordre de $7 \text{ à } 9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Dans un autre mode de réalisation, la membrane métallique comporte des ondes et peut, par exemple, être réalisée dans les mêmes alliages que les virures.

- [0072] Par ailleurs, la barrière thermiquement isolante primaire 6 comporte une pluralité de panneaux primaires 7 qui sont ancrés sur la barrière thermiquement isolante secondaire 2 au moyen de dispositifs d'ancrage primaires, tels que décrits plus loin en relation avec la [Fig.5]. Les panneaux primaires 7 présentent une forme générale parallépipédique rectangle et sont disposés selon des rangées qui sont parallèles les unes aux autres.
- [0073] Les panneaux primaires 7 peuvent présenter une structure multicouche analogue à la structure des panneaux secondaires 3. Ainsi, selon le mode de réalisation représenté, les panneaux primaires 7 comportent successivement, selon la direction d'épaisseur de la paroi 1, une plaque externe 13, par exemple en bois contreplaqué, une couche de mousse polymère isolante 14 et une plaque interne 15, par exemple en bois contreplaqué. La couche de mousse polymère isolante 14 est, par exemple, une mousse à base de polyuréthane, optionnellement renforcée par des fibres de verre. La structure du panneau primaire 7 est décrite ci-dessus à titre d'exemple.
- [0074] Dans le mode de réalisation représenté, la plaque externe 13 et la plaque interne 15 sont de forme carrée. En d'autres termes, les panneaux primaires 7 comportent quatre bords de même dimension.
- [0075] Comme illustré sur la [Fig.2], la plaque externe 13 des panneaux primaires 7 comporte des rainures qui reçoivent les bords relevés des virures 12 de la membrane étanche secondaire 5.
- [0076] Par ailleurs, la membrane étanche primaire 8 est obtenue par assemblage d'une pluralité de tôles métalliques ondulées 16, dont l'une est représentée sur la [Fig.3]. Les tôles métalliques ondulées 16 sont, par exemple, réalisées en acier inoxydable ou en aluminium. Chaque tôle métallique ondulée 16 présente deux séries d'ondulations 17, 18 mutuellement perpendiculaires. Les ondulations 17, 18 sont séparées les unes des autres par des portions planes 19. Dans ce mode de réalisation, les ondulations 17, 18 sont continues et se croisent entre elles. Dans une variante de réalisation non représentée, chacune des ondulations 17, 18 présentent des portions ondulées espacées les unes d'autres par des portions planes. Les ondulations sont alors discontinues. Avantageusement, les portions ondulées ne se croisent pas entre elles.
- [0077] Les tôles métalliques ondulées 16 sont rectangulaires, et présentent, par conséquent deux premiers bords 20, 21 opposés qui sont parallèles l'un à l'autre et deux deuxièmes bords 22, 23 opposés qui sont parallèles l'un à l'autre et perpendiculaires aux deux premiers bords 20, 21. Les tôles métalliques ondulées 16 présentent de

préférence, des dimensions de largeur et de longueur qui valent des valeurs entières ou des multiples entiers d'un espacement entre des ondulations et aussi des multiples entiers des dimensions des panneaux primaires 7.

[0078] Ainsi, dans le mode de réalisation illustré sur la [Fig.2], les deux premiers bords 20, 21 présentent une longueur qui est sensiblement égale à trois fois la dimension d'un côté des panneaux primaires 7 tandis que les deuxièmes bords 22, 23 présentent une longueur qui est sensiblement égale à la dimension d'un côté des panneaux primaires 7.

[0079] La plaque interne des panneaux primaires 7 présente des fentes de relaxation 24 qui s'étendent chacune en regard d'une ondulation 17, 18 respective de la membrane étanche primaire 8. Les fentes de relaxation 24 délimitent le long des bords de chaque panneau primaire 7, une pluralité de zones de bordure. Les fentes de relaxation 24 traversent la plaque interne 15 et s'étendent selon la direction d'épaisseur de la paroi au travers de la couche de mousse polymère isolante 14 des panneaux primaires 7. De manière avantageuse, la profondeur des fentes de relaxation 24 ainsi que leur nombre sont déterminées de manière à ce que les raideurs en traction des panneaux primaires 7 selon des directions orthogonales à la direction d'épaisseur de la paroi et parallèles aux bords des panneaux primaires 7 soient inférieures à la raideur en traction des éléments de pontage 26 selon la direction correspondante. Ainsi, les fentes de relaxation 24 présentent avantageusement une profondeur supérieure à 60 mm, préférentiellement comprise entre 115 et 150 mm. A titre d'exemple, les panneaux primaires 7 présentent une épaisseur de 230 mm tandis que les fentes de relaxation 24 présentent une profondeur de 115 mm. Les plages de valeurs précitées correspondent de préférence à des panneaux primaires 7 présentant une couche de mousse polymère isolante 14 qui est réalisée en mousse à base de polyuréthane ayant une densité comprise entre 110 et 150 kg/m³ et plus particulièrement 130 kg/m³. Pour des mousses présentant des densités plus importantes, par exemple comprises entre 150 et 210 kg/m³, la profondeur des fentes de relaxation 24 sera avantageusement supérieure à celles correspondant aux plages de valeurs mentionnées ci-dessus et par exemple de 40% supérieure pour une mousse à 210 kg/m³ par rapport à une mousse à 130 kg/m³. L'évolution de la profondeur des fentes de relaxation 24 sera avantageusement linéaire par rapport à la densité de la mousse.

[0080] Dans le mode de réalisation représenté sur les figures 2 et 4, chaque panneau primaire 7 est en regard de trois ondulations 17 s'étendant parallèlement à une première direction et de trois ondulations 18 s'étendant parallèlement à une deuxième direction perpendiculaire à la première direction. Aussi, chaque panneau primaire 7 comporte trois fentes de relaxation 24 s'étendant parallèlement à la première direction et disposées chacune en regard de l'une des ondulations 17 et trois fentes de relaxation

24 s'étendant parallèlement à la deuxième direction et disposées chacune en regard de l'une des ondulations 17, 18. Les panneaux primaires 7 comportent donc deux fentes de relaxation qui passent respectivement par l'un et l'autre des deux axes médians dudit panneau isolant 7, c'est-à-dire par les axes qui sont parallèles à deux bords du panneau isolant 7 et qui le divise en deux parties égales.

- [0081] Les fentes de relaxation 24 sont donc écartées d'un pas correspondant au pas entre les ondulations 17, 18 parallèles auxdites fentes de relaxation 24. Toutefois, chaque fente de relaxation 24 adjacente à l'un des bords d'un panneau primaire 7 est écartée dudit bord d'une distance correspondant sensiblement à la moitié d'un pas entre les ondulations parallèles à ladite fente de relaxation 24.
- [0082] La plaque interne 15 des panneaux primaires 7 définit une surface de support de la membrane étanche primaire 8. Les panneaux primaires 7 présentent le long de chacun de leurs bords des décrochements 25, représentés sur les figures 2 et 4, destinés à recevoir un élément de pontage 26, et disposés de part et d'autre de chaque fente de relaxation 14. En d'autres termes, chaque zone de bordure définie par les fentes de relaxation 24 le long des bords des panneaux primaires 7 comporte un décrochement 25.
- [0083] Les éléments de pontage 26 sont chacun disposés à cheval entre au moins deux panneaux primaires 7 adjacents en enjambant l'interstice entre les deux panneaux primaires 7 adjacents. Chaque élément de pontage 26 comporte une extrémité qui est fixée dans le décrochement 25 de l'un des deux panneaux primaires 7 adjacents et une autre extrémité qui est fixée dans le décrochement 25 de l'autre des deux panneaux primaires 7 adjacents. Les éléments de pontage 26 assurent ainsi une fonction de raccord mécanique entre les panneaux primaires 7 qui empêche leur écartement mutuel. Ceci contribue, en combinaison avec la présence des fentes de relaxation 24, à répartir de manière plus homogène la déformation de la structure porteuse 4 sur la barrière thermiquement isolante primaire 6 et permet ainsi de solliciter la membrane étanche primaire 8 de manière plus homogène.
- [0084] Pour assurer la fixation des éléments de pontage 26, chaque décrochement 25 est équipé d'une platine métallique 27 qui est fixée à la plaque interne 15 à l'intérieur du décrochement 25. La platine métallique 27 est, par exemple, fixée à la plaque interne 15 des panneaux primaires 7 par collage et/ou au moyen d'organes de fixation, tels que des rivets par exemple. En outre, les éléments de pontage 26 sont des plaques métalliques qui sont soudées sur les platines métalliques 27.
- [0085] Les éléments de pontage 26 affleurent la surface interne de la plaque interne 15 des éléments primaires 7. Pour ce faire, dans le mode réalisation représenté, la profondeur des décrochements 25 est égale ou sensiblement égale à la somme de l'épaisseur d'une platine métallique 27 et d'un élément de pontage 26. Ainsi, les éléments de pontage 26 sont en mesure d'assurer une continuité dans le support de la membrane étanche

primaire 8.

- [0086] Les tôles métalliques ondulées 16 de la membrane étanche primaire 8 sont soudées à recouvrement le long de leurs bords 20, 21, 22, 23. En outre, les tôles métalliques ondulées 16 sont ancrés à la barrière thermiquement isolante primaire 6.
- [0087] Dans le mode de réalisation représenté sur la [Fig.2], les tôles métalliques ondulées 16 sont ancrées sur certaines des plaques métalliques formant les éléments de pontage 26. Pour ce faire, les bords 20, 21, 22, 23 des tôles métalliques ondulées 16 sont chacun disposés le long de certains bords des panneaux primaires 7 et se situent au droit des éléments de pontage 26.
- [0088] Selon un mode de réalisation, le bord 21, 23 d'une première tôle métallique ondulée 16 qui est destinée à être recouvert par le bord 20, 22 d'une deuxième tôle métallique ondulée 16 adjacente est soudée sur l'élément de pontage 26, par exemple par un procédé de soudage par point, puis, le bord 20, 22 de la deuxième tôle métallique ondulée 16 qui recouvre le bord 21, 23 de la première tôle métallique ondulée 16 est soudé en continue, avantageusement à clin, audit bord 20, 22 de la première tôle métallique ondulée 16.
- [0089] Selon un mode de réalisation non représenté, hors des décrochements 25, les bords de panneaux primaires 7 présentent des bandes de protection thermique qui sont disposées en regard de la ligne de soudure entre les tôles métalliques ondulées 16 et qui visent à protéger les panneaux primaires 7 et notamment leur couche de mousse polymère isolante 14 contre des températures susceptibles de les dégrader lors des opérations de soudage des tôles métalliques ondulées 16 les unes aux autres le long de leurs bords 20, 21, 22, 23.
- [0090] Lorsque les tôles métalliques ondulées 16 présentent des bords 20, 21 dont la dimension vaut sensiblement un multiple entier de celle des bords des panneaux primaires 7, comme c'est le cas dans le mode de réalisation illustré où les bords 20, 21 des tôles métalliques ondulées 16 présentent une longueur qui est sensiblement égale à trois fois la dimension d'un bord d'un panneau primaire 7, les tôles métalliques ondulées 16 sont, selon une variante de réalisation optionnelle, soudées sur les éléments de pontage 26 qu'elles recouvrent intégralement. Pour ce faire, dans le mode de réalisation illustré sur la [Fig.2], les tôles métalliques ondulées 16 sont ancrées sur les éléments de pontage 26 au moyen de soudures en bouchon 28. Pour ce faire, les tôles métalliques ondulées 16 présentent au moins un perçage traversant, en forme de fente dans le mode de réalisation représenté, qui est ménagé dans une portion plane desdites tôles métalliques ondulées 16 au droit dudit élément de pontage 26. Chacun desdits perçages est rempli de soudures pour assurer la liaison entre la membrane étanche primaire 8 et l'élément de pontage 26. De manière alternative, pour ancrer les tôles métalliques ondulées 16 sur les éléments de pontage 26 qu'elles recouvrent, le

procédé utilisé est un soudage par transparence, c'est-à-dire utilisant une source laser sans apport de matière.

- [0091] Selon un autre mode de réalisation représenté sur la [Fig.5], chaque tôle métallique ondulée 16 est disposée à cheval sur plusieurs panneaux primaires 7 de sorte que ses bords 20, 21, 22, 23 soient décalées par rapport au bord des panneaux primaires 7. Ainsi, seules les portions des bords des tôles métalliques ondulées 16 qui se situent à la jonction entre deux panneaux primaires 7 adjacents et, par conséquent, au droit d'un des éléments de pontage 26 sont soudés sur lesdits élément de pontage 26.
- [0092] Les autres parties des bords 20, 21, 22, 23 des tôles métalliques ondulées 16 viennent alors au droit d'éléments de protection thermique 29, représentés sur la [Fig.5]. Les éléments de protection thermique 29 sont, par exemple, formés d'une plaque d'aluminium ou d'un film composite comportant au moins une feuille d'aluminium associée à au moins un mat de fibres de verre. Les éléments de protection thermique 29 sont avantageusement logés dans des lamages ménagés dans la plaque interne 15 des panneaux primaires 7 et sont disposés dans chaque intervalle entre deux fentes de relaxation 24, le long des bords 20, 21, 22, 23 des tôles métalliques ondulées 16. Les éléments de protection thermique 29 sont fixés à la plaque interne 15 des panneaux primaires 7 par collage et/ou agrafage. Les éléments de protection thermique 29 permettent de protéger les panneaux primaires 7 et notamment leur couche de mousse polymère isolante 14 contre des températures susceptibles de les dégrader lors des opérations de soudage des tôles métalliques ondulées 16 les unes aux autres le long de leurs bords 20, 21, 22, 23.
- [0093] Selon un autre mode de réalisation, les éléments de protection thermiques 29, représentés sur la [Fig.5] sont remplacés par des platines métalliques logées dans des lamages ménagés dans la plaque interne 15 des panneaux primaires 7 sur lesquelles les bords des tôles métalliques ondulées 16 qui sont recouverts par un bord d'une tôle métallique ondulées 16 adjacente sont soudés, par exemple au moyen de soudures par point ou à clin.
- [0094] La [Fig.8] représente de manière détaillée des décrochements 25, des éléments de pontage 26 et des plaques métalliques 27 selon un mode de réalisation. Dans ce mode de réalisation, les plaques métalliques 27 sont chacune fixées dans l'un des décrochement 25 au moyen de quatre rivets dont deux sont représentés sur la [Fig.8]. Comme représenté, les extrémités des éléments de pontage 26 sont écartées de l'extrémité des décrochements 25 d'un espace suffisant pour découvrir une surface des plaques métalliques 27 autorisant le soudage desdites extrémités des éléments de pontage 26 sur les plaques métalliques 27.
- [0095] Selon un autre mode de réalisation représenté sur la [Fig.9], chaque élément de pontage 26 est ancré sur chacune de deux plaques métalliques 27 au moyen d'une

soudure par bouchon. Pour ce faire, l'élément de pontage 26 présente deux orifices traversants 38, par exemple en forme de fente sur la [Fig.9], qui est rempli d'un matériau de soudure pour assurer la liaison entre l'élément de pontage 26 et chacune des deux plaques métalliques 27.

- [0096] La [Fig.10] représente de manière détaillée des décrochements 25, des éléments de pontage 26 et des plaques métalliques 27 selon une autre variante de réalisation. Selon cette variante de réalisation, les décrochements 25 ménagés au niveau des coins des panneaux primaires 7 ainsi que les plaques métalliques 27 reçus dans lesdits décrochements 25 sont chacun orientés selon une diagonale à la face interne des panneaux primaires 7. En outre, l'élément de pontage 26 qui est fixé sur les quatre plaques métalliques 27 appartenant respectivement aux quatre panneaux primaires 7 adjacents présente une forme d'octogone.
- [0097] Dans un mode de réalisation non représenté, les plaques métalliques 27 sont supprimées et les éléments de pontage 26 sont directement fixés par rivetage à l'intérieur des décrochements 25.
- [0098] La [Fig.11] représente un autre mode de réalisation. Dans ce mode de réalisation, les éléments de pontages 26 n'affleurent pas à la surface interne des panneaux isolants et ne sont pas non plus coplanaires. Les éléments de pontages 26 comportent deux extrémités qui sont soudées sur des plaques métalliques 27 fixées dans des décrochements 25 ménagés dans la face interne des panneaux primaires 7. Les deux extrémités des éléments de pontage 26 font saillie légèrement au-dessus de la face interne des panneaux primaires 7, par exemple d'une dimension comprise entre 1,2 et 3 mm. Ceci permet de faciliter le soudage des éléments de pontage 26 sur les plaques métalliques 27 sans impacter de manière trop significative le comportement de la membrane étanche primaire 8. Par ailleurs, dans le mode de réalisation représenté, l'élément de pontage 26 comporte une partie centrale qui ne s'étend pas dans le plan des deux extrémités dudit élément de pontage 26 et qui fait saillie dans l'interstice ménagé entre les deux panneaux primaires 7 adjacents.
- [0099] Comme représenté sur la [Fig.6], les panneaux primaires 7 comportent des évidements 30 au niveau de leurs coins, de manière que leur plaque externe 13 déborde par rapport à leur couche de mousse polymère isolante 14 et à leur plaque interne 15. Ainsi, la plaque externe 13 forme au niveau des coins des panneaux primaires 7 une zone d'appui 31 destinée à coopérer directement ou indirectement avec une plaque d'appui 32 d'un dispositif d'ancrage primaire 33. En outre, dans le mode de réalisation représenté, une cale 34 est ajoutée sur la plaque externe 13, ladite cale 34 ayant une forme analogue à celle de la zone d'appui 31 et coopérant avec la plaque d'appui 32 pour ancrer le panneau primaire 7. Chaque dispositif d'ancrage primaire 33 coopère avec quatre zones d'appui 31 appartenant respectivement aux coins de quatre panneaux

primaires 7 adjacents. Chaque dispositif d'ancrage primaire 33 comporte un goujon 35 qui fait saillie depuis l'un des panneaux secondaires 3, une plaque d'appui 32 qui est fixée à l'extrémité du goujon 35 et qui est en appui contre les quatre zones d'appui des quatre panneaux primaires 7 adjacents de manière à les retenir contre la barrière thermiquement isolante secondaire 2. La plaque d'appui 32 comporte un alésage enfilé sur le goujon 35. Un écrou 36 coopère avec une extrémité fileté du goujon 35 de manière à assurer la fixation de la plaque d'appui 32. En outre, selon un mode de réalisation avantageux, des rondelles Belleville sont enfilées sur le goujon 35, entre l'écrou 36 et la plaque d'appui 32, ce qui permet d'assurer un ancrage élastique des panneaux primaires 7 sur la barrière thermiquement isolante secondaire 2.

[0100] Le goujon 35 est fixé à une base 37 qui est elle-même fixée à la plaque interne 11 des panneaux secondaires 3. Pour ce faire, la base 37 comporte, par exemple, un filetage qui coopère avec une extrémité fileté complémentaire du goujon 35. Par ailleurs, la plaque interne 11 des panneaux secondaires 3 présente un évidement dans lequel est logée la base 37. L'évidement présente une section interne présentant un premier diamètre et une section externe présentant un deuxième diamètre supérieur au premier diamètre de sorte à ménager un épaulement. La base 37 présente une forme complémentaire à celle de l'évidement. Ainsi, la face interne de la base 37 affleure avec la face interne de la plaque interne 11 des panneaux secondaires 3 de manière à former une surface plane de support de la membrane étanche secondaire 5. En outre, la base 37 présente une section externe ayant un diamètre plus important que sa section interne de telle sorte que la section externe de ladite base 37 soit en butée contre l'épaulement de l'évidement. La base 37 est en outre collée au panneau secondaire 3.

[0101] Par ailleurs, le goujon 35 traverse de manière étanche un orifice ménagé dans la membrane étanche secondaire 5.

[0102] Dans le mode de réalisation représenté sur la [Fig.12], les panneaux primaires 7 diffèrent des panneaux primaires décrits ci-dessus en ce qu'ils comportent en outre des fentes de relaxation 39 qui débouchent sur la face externe des panneaux primaires 7. De manières avantageuses, les panneaux primaires 7 présentent également deux séries de telles fentes de relaxation 39 qui sont respectivement parallèles à deux premiers bords opposés des panneaux primaires et à deux deuxièmes bords opposés des panneaux primaires 7. Comme illustré sur cette figure, les fentes de relaxation 39 ne sont pas disposés en regard d'une ondulation 17, 18 mais à mi-distance entre deux ondulations 17, 18 parallèles. Ainsi, les fentes de relaxation 39 sont positionnées en alternance avec les fentes de relaxation 24. La profondeur des fentes de relaxation est supérieure à 60 mm, de préférence comprise entre 115 et 150 mm, et par exemple de l'ordre de 115 mm.

[0103] Dans le mode de réalisation représenté sur la [Fig.13], les fentes de relaxation 24

n'ont pas toutes des profondeurs identiques. En effet, la profondeur des fentes de relaxation 24 augmente vers le centre des panneaux primaires 7 et diminue vers ses bords. En d'autres termes, la fente de relaxation centrale présente une profondeur supérieure à celle des deux fentes de relaxation de bord qui s'étendent de part et d'autre de la fente de relaxation centrale. Ceci a pour conséquence d'obtenir une meilleure répartition des contraintes au sein de chaque panneau isolant primaire 7 et permet de solliciter de manière encore plus homogène les ondulations 17, 18 de la membrane étanche primaire 8. A titre d'exemple, la profondeur de la fente de relaxation centrale peut être de 115 mm alors que celles des fentes de relaxation de bord sont de 80 mm. Selon un autre exemple, la profondeur de la fente de relaxation centrale peut être de 150 mm alors que celles des fentes de relaxation de bord sont de 115 mm.

- [0104] La [Fig.14] représente un élément de pontage 26 selon un autre mode de réalisation. Comme dans les modes de réalisation précédents, pour assurer la fixation de l'élément de pontage 26, chaque décrochement 25 est équipé d'une platine métallique 27. Les platines métalliques 27 sont fixées aux panneaux primaires 7, par exemple au moyen d'organes de fixation non représentés, tels que des rivets ou des vis, qui passent au travers d'orifices 40 ménagés dans les platines métalliques 7.
- [0105] L'élément de pontage 26 comporte une portion centrale 41 et deux bords repliés 42, 43 qui sont respectivement encastrés dans une rainure 44, 45 ménagée dans l'une et l'autre des deux platines métalliques 27. L'élément de pontage 26 est, par exemple, constitué d'une tôle métallique pliée et présentant une épaisseur de l'ordre de 1 à 2 mm.
- [0106] Selon un mode de réalisation, chacun des décrochements 25 des panneaux primaires 7 comporte une rainure, non illustrée, de même forme que la rainure 44, 45 de la platine métallique 27 correspondante et en regard de celle-ci. Ainsi, les bords repliés 42, 43 de l'élément de pontage 26 sont également encastrés à l'intérieur des rainures ménagées dans les décrochements 25.
- [0107] Au moins l'une des rainures 44, 45 des deux platines métalliques 27 est biaise, c'est-à-dire qu'elle n'est pas ménagée parallèlement au bord 47, 48 adjacent du panneau primaire 7 qui la porte mais est inclinée, dans un plan orthogonal à la direction d'épaisseur, d'un angle α_1 , α_2 par rapport audit bord 47, 48. Dans le mode de réalisation avantageux représenté sur la [Fig.14], les rainures 44, 45 des deux platines métalliques 27 sont biaises et respectivement inclinées d'un angle α_1 et α_2 par rapport au bord 47, 48 adjacent du panneau primaire 7 respectif. Les angles α_1 et α_2 sont des angles orientés ayant des sens contraires l'un à l'autre. En outre, de préférence, les angles α_1 et α_2 présentent des valeurs identiques.
- [0108] Pour pouvoir être insérées dans l'une des rainures 44, 45, chaque bord replié 42, 43 de l'élément de pontage 26 s'étend dans un plan qui est perpendiculaire au plan de la

portion centrale 26 mais qui est incliné par rapport au bord 47, 48 du panneau primaire 7 adjacent du même angle α_1 et α_2 que la rainure 44, 45 biaise dans laquelle il est encastré.

- [0109] En outre, les rainures 44, 45 présentent une longueur supérieure à la largeur des bords repliés 42, 43 de manière à ménager un jeu de positionnement des bords repliés 42, 43 à l'intérieur des rainures 44, 45.
- [0110] Un tel agencement est avantageux en ce qu'il permet aux bords repliés 42, 43 de venir s'encastrer dans les rainures 42, 43 des platines métalliques 27 même si l'écartement e_1 entre les panneaux primaires 7 ne correspond pas à sa valeur nominale et cela tant qu'il reste dans une plage de tolérance déterminée. Ainsi, sur la [Fig.14], les bords repliés 42, 43 seront plus proches de l'extrémité gauche des rainures 44, 45 que de leur extrémité droite si l'écartement e_1 entre les deux panneaux primaires 7 adjacents est supérieur à sa valeur nominale. A l'inverse, comme représenté sur la [Fig.14], les bords repliés 42, 43 seront plus proches de l'extrémité droite des rainures 44, 45 que de leur extrémité gauche si l'écartement e_1 est inférieur à sa valeur nominale.
- [0111] De manière avantageuse, les angles α_1 et α_2 ainsi que le jeu de positionnement des bords repliés 42, 43 dans les rainures 44, 45 sont telles qu'ils permettent de couvrir une plage de tolérance comprise entre 1 et 10 mm et par exemple de l'ordre de 3 mm. De manière avantageuse, la plage de tolérance est centrée sur la valeur nominale d'écartement e_1 .
- [0112] Les décrochements 25 présentent avantageusement une profondeur sensiblement égale à la somme de l'épaisseur d'une platine métallique 27 et de la portion centrale 41 de l'élément de pontage 26, ce qui permet à la portion centrale 41 de l'élément de pontage 26 d'affleurer la surface interne des panneaux primaires 7 de manière à assurer une continuité du support de la membrane étanche primaire 8.
- [0113] L'élément de pontage 26 est fixé au panneau primaire 7 afin de fixer la position relative des bords repliés 42, 43 dans les des rainures 44, 45 et d'éviter que les bords repliés 42, 43 ne se désengagent des rainures 44, 45. Pour ce faire, dans le mode de réalisation représenté, la portion centrale 41 de l'élément de pontage 26 comporte des orifices 49 destinés à recevoir des organes de fixation non représentés, tels que des vis ou des rivets, permettant de fixer l'élément de pontage 26 aux panneaux primaires 7. De manière alternative ou complémentaire, l'élément de pontage 26 est soudé aux platines métalliques 27. Dans ce cas, l'élément de pontage 26 est, de préférence, soudé aux platines métalliques 27 le long des bords de la portion centrale 41.
- [0114] De manière avantageuse, l'état de surface des rainures 44, 45 et des bords repliés 42, 43 est rugueux, ce qui permet de limiter les efforts de cisaillement s'exerçant sur les organes de fixation de l'élément de pontage 26 aux panneaux primaires 7.

- [0115] Dans un mode de réalisation non illustré, les rainures 44 des platines métalliques 27 s'étendant le long d'un même bord 47 d'un panneau primaire 7 présentent alternativement des inclinaisons par rapport audit bord 47 du panneau primaire 7 dans un sens puis dans l'autre. En d'autres termes, l'inclinaison des rainures 44 de deux platines métalliques 27 adjacentes le long d'un bord 47 est inversée de sorte que, lorsque l'écartement e_1 entre les panneaux primaires 7 est supérieure à la valeur nominale, l'un des éléments de pontage 26 encastré dans la rainure 44 de l'une des platines métalliques 27 est plus proche de l'extrémité droite de ladite rainure 44 et que l'autre élément de pontage 26 encastré dans la rainure 44 de l'autre platine métallique 27 est plus proche de l'extrémité gauche de ladite rainure 44.
- [0116] Un autre mode de réalisation non représenté diffère du mode de réalisation décrit ci-dessus en relation avec la [Fig.14] en ce que les panneaux primaires 7 sont dépourvus de platines métalliques 27, ce qui permet de simplifier encore davantage le montage des éléments de pontage 26. Dès lors, les bords repliés 42, 43 des éléments de pontages 26 sont directement encastrés dans des rainures biaises ménagées dans les décrochements 25 des panneaux primaires 7. Les rainures biaises ménagées dans les décrochements 325 présentent des caractéristiques similaires à celles des rainures 44, 45 décrites ci-dessus, notamment en ce qui concerne leur inclinaison par rapport aux bords 47, 48 adjacents des panneaux primaires 7. Par ailleurs, la profondeur des décrochements 25 est sensiblement égale à l'épaisseur de la portion centrale 41 de l'élément de pontage 26, ce qui permet à la portion centrale 41 de l'élément de pontage 26 d'affleurer la surface interne des panneaux primaires 7.
- [0117] En référence à la [Fig.7], 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 membrane étanche primaire 8 destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une membrane étanche secondaire 5 agencée entre la membrane étanche primaire 8 et la double coque 72 du navire, et deux barrières thermiquement isolantes agencées respectivement entre la membrane étanche primaire 8 et la membrane étanche secondaire et entre la membrane étanche secondaire et la double coque 72.
- [0118] 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.
- [0119] La [Fig.7] représente également 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.

- [0120] 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.
- [0121] 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 revendiquée.
- [0122] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.
- [0123] 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.
- [0124] En particulier, si la description ci-dessus décrit une cuve comportant deux barrières thermiquement isolantes et deux membranes étanches, l'invention n'est pas limitée à une telle structure multicouche et peut par exemple ne comporter qu'une seule barrière thermiquement isolante et qu'une seule membrane étanche.
- [0125] 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.
- [0126] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

Revendications

- [Revendication 1] Paroi (1) d'une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un gaz liquéfié comportant au moins une barrière thermiquement isolante (6) et une membrane étanche (8) qui est ancrée à ladite barrière thermiquement isolante (6) et est destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve, la barrière thermiquement isolante (6) comportant des panneaux isolants (7) qui sont juxtaposés les uns aux autres selon des rangées et colonnes parallèles les unes aux autres, chaque panneau isolant (7) comportant une face interne supportant la membrane étanche (8) et étant relié aux panneaux isolants (7) adjacents au moyen d'éléments de pontage (26), chaque élément de pontage (26) étant disposé à cheval entre deux des panneaux isolants (7) adjacents et étant fixé à la face interne de l'un des deux panneaux isolants (7) adjacents et à la face interne de l'autre des deux panneaux isolants (7) adjacents, les panneaux isolants (7) comportant des fentes de relaxation (24) qui sont chacune ménagées selon une direction d'épaisseur de la paroi, chaque élément de pontage (26) étant fixé à l'un des panneaux isolants (7) entre un bord dudit panneau isolant (7) et l'une des fentes de relaxation (24) qui est adjacente et parallèle audit bord.
- [Revendication 2] Paroi (1) selon la revendication 1, dans laquelle les éléments de pontage (26) sont des plaques métalliques.
- [Revendication 3] Paroi (1) selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle chaque élément de pontage (26) est fixé dans un décrochement (25) ménagé dans la face interne de l'un des deux panneaux isolants (7) adjacents et dans un décrochement (25) ménagé dans la face interne de l'autre des deux panneaux isolants (7) adjacents.
- [Revendication 4] Paroi (1) selon la revendication 3, dans laquelle au moins l'un des éléments de pontage (26) comporte une portion centrale (41) et deux bords repliés (42, 43) respectivement positionnés à deux extrémités de la portion centrale (41), chaque bord replié (42 ; 43) étant encastré dans une rainure (44, 45) respective logée dans l'un des décrochements (25), les rainures présentant une longueur supérieure à une largeur des bords repliés (42, 43), au moins l'une des deux rainures (44) étant inclinée, dans un plan orthogonal à la direction d'épaisseur de la paroi, d'un angle $\alpha 1$ par rapport au bord adjacent du panneau isolant (7) dans lequel est ménagé ledit décrochement (25),
- [Revendication 5] Paroi (1) selon la revendication 4, dans laquelle l'autre des deux

rainures (45) est inclinée, dans un plan orthogonal à la direction d'épaisseur de la paroi, d'un angle α_2 par rapport au bord adjacent du panneau isolant (7) dans lequel est ménagé le décrochement (25) logeant ladite rainure (45), les angles α_1 et α_2 étant des angles orientés ayant des sens contraires l'un à l'autre.

- [Revendication 6] Paroi (1) selon la revendication 5, dans laquelle les angles α_1 et α_2 présentent une valeur comprise entre 5 et 10°.
- [Revendication 7] Paroi (1) selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, dans laquelle chaque plaque métallique est soudée sur deux platines métalliques (27) qui sont respectivement fixées dans l'un des décrochements (25) de l'un et l'autre des deux panneaux isolants (7) adjacents.
- [Revendication 8] Paroi selon la revendication 3, dans laquelle chaque plaque métallique est rivetée dans l'un des décrochements (25) de l'un et l'autre des deux panneaux isolants (7) adjacents.
- [Revendication 9] Paroi (1) selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, dans laquelle la membrane étanche (8) est soudée sur au moins certaines des plaques métalliques.
- [Revendication 10] Paroi (1) selon la revendication 9, dans laquelle la membrane étanche (8) comporte des tôles métalliques (16), chaque tôle métallique (16) comportant des bords (20, 21, 22, 23) qui sont disposés au droit d'au moins certaines des plaques métalliques et forment chacun un bord recouvrant ou un bord recouvert soudé respectivement à un bord recouvert ou un bord recouvrant d'une tôle métallique (16) adjacente, chaque bord recouvert étant en outre soudé à au moins l'une des plaques métalliques au droit desquelles ledit bord recouvert se situe.
- [Revendication 11] Paroi (1) selon la revendication 10, dans laquelle les panneaux isolants (7) présentent une forme parallélépipédique et présentent deux premiers bords parallèles à une première direction et deux deuxièmes bords parallèles à une deuxième direction perpendiculaire à la première direction, les tôles métalliques (16) présentant deux premiers bords (20, 21) parallèles à la première direction et présentant une dimension égale ou valant un multiple entier de celle des premiers bords des panneaux isolants (7) et deux deuxièmes bords (22, 23) parallèles à la deuxième direction et présentant une dimension égale ou valant un multiple entier de celle des deuxièmes bords des panneaux isolants (7), les premiers bords (20, 21) des tôles métalliques (16) longeant au moins certains des deux premiers bords des panneaux isolants (7) de manière à se situer au droit de certaines des plaques métalliques et les deuxièmes bords (22,

- 23) des tôles métalliques (16) longeant au moins certains des deuxièmes bords des panneaux isolants (7) de manière à se situer au droit de certaines des plaques métalliques.
- [Revendication 12] Paroi (1) selon la revendication 11, dans laquelle les deux premiers bords (20, 21) des tôles métalliques (16) présentent une dimension valant un multiple entier des premiers bords des panneaux isolants (7) de sorte que les tôles métalliques (16) recouvrent intégralement certaines des plaques métalliques, les tôles métalliques (16) étant soudées par une soudure par bouchon (28) ou par une soudure par transparence auxdites plaques métalliques intégralement recouvertes.
- [Revendication 13] Paroi (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans laquelle les éléments de pontage (26) affleurent la surface interne des panneaux isolants (7) de manière à assurer une continuité du support de la membrane étanche (8).
- [Revendication 14] Paroi (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans laquelle les éléments de pontage (25) font saillie, en direction de la membrane étanche (8), au-delà de la surface interne des panneaux isolants (7).
- [Revendication 15] Paroi (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, dans laquelle la membrane étanche (8) comporte deux séries d'ondulations perpendiculaires l'une à l'autre.
- [Revendication 16] Paroi (1) selon la revendication 15, dans laquelle les fentes de relaxation (24) des panneaux isolants (7) sont ménagées en regard de chacune des ondulations (17, 18) des deux séries d'ondulations de la membrane étanche (8).
- [Revendication 17] Paroi (1) selon la revendication 15 ou 16, dans laquelle la plaque interne des panneaux isolants (7) présente quatre bords qui comportent chacun une pluralité de décrochements (25), lesdits décrochements (25) étant disposés de part et d'autre de chaque fente de relaxation (24).
- [Revendication 18] Paroi (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, dans laquelle les panneaux isolants (7) présentent des fentes de relaxation dont le nombre et la profondeur sont telles que lesdits panneaux isolants présentent des raideurs en traction selon une première et une deuxième directions orthogonales à la direction d'épaisseur de la paroi et respectivement parallèles aux rangées et aux colonnes de panneaux isolants (7) qui sont respectivement inférieures aux raideurs de l'élément de pontage selon la première et la deuxième directions.
- [Revendication 19] Paroi (1) selon la revendication 18, dans laquelle les fentes de relaxation

- (24) présentent une profondeur selon la direction d'épaisseur de la paroi qui est supérieure à 60 mm.
- [Revendication 20] Paroi (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, dans laquelle les panneaux isolants présentent chacun une première série de fentes de relaxation qui sont ménagées dans la face interne dudit panneau isolant (7) et parallèles à deux premiers bords opposés (20, 21) dudit panneau isolant (7) et une deuxième série de fentes de relaxation qui sont ménagées dans la face interne dudit panneau isolant (7) et parallèles à deux deuxièmes bords opposés (20,21) dudit panneau isolant (7), lesdites fentes de relaxation (24) ayant une profondeur comprise entre 80 et 150 mm et de préférence entre 115 et 150 mm selon la direction d'épaisseur de la paroi.
- [Revendication 21] Paroi (1) selon la revendication 20, dans laquelle au moins l'une des deux séries de fentes de relaxation présente au moins une fente de relaxation centrale et deux fentes de relaxation de bord qui s'étendent de part et d'autre de la fente de relaxation centrale, la fente de relaxation centrale présentant une profondeur supérieure à celle de chacune des deux fentes de relaxation de bord.
- [Revendication 22] Paroi (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, dans laquelle les fentes de relaxation (24) sont ménagées dans la face interne des panneaux isolants (7), les panneaux isolants (7) comportant en outre des fentes de relaxation externes (39) qui sont ménagées dans la face externe des panneaux isolants (7) parallèlement aux fentes de relaxation (24) ménagées sur la face interne et qui sont positionnées en alternance selon une direction perpendiculaires auxdites fentes de relaxation externes (39) avec les fentes de relaxation ménagées sur la face interne.
- [Revendication 23] Paroi (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 22, dans laquelle la membrane étanche (8) est une membrane étanche primaire et la barrière thermiquement isolante (6) est une barrière thermiquement isolante primaire, la paroi (1) comportant en outre une barrière thermiquement isolante secondaire (2) retenue contre une structure porteuse (4) et une membrane étanche secondaire(5) fixée à la barrière thermiquement isolante secondaire et disposée (2) et disposée entre la barrière thermiquement isolante secondaire (2) et la barrière thermiquement isolante primaire.
- [Revendication 24] Cuve étanche et thermiquement isolante comportant une paroi (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 23.
- [Revendication 25] Navire (70) pour le transport d'un fluide, le navire comportant une

coque (72) et une cuve (71) selon la revendication 24 disposée dans la coque.

[Revendication 26] Système de transfert pour un fluide, le système comportant un navire (70) selon la revendication 25, des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) agencées de manière à relier la cuve (71) installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre (77) et une pompe pour entraîner un fluide à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[Revendication 27] Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon la revendication 25, dans lequel on achemine un fluide à travers des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre (77) vers ou depuis la cuve du navire (71).