

Paroi, étanche et thermiquement isolante, pour cuve de stockage de fluide

Domaine technique

L'invention se rapporte au domaine des cuves, étanches et thermiquement
5 isolantes, pour le stockage et/ou le transport de fluide, tel qu'un fluide cryogénique.

L'invention se rapporte plus particulièrement au domaine des cuves dont l'étanchéité est effectuée via des membranes métalliques présentant des ondulations leur conférant une flexibilité et une capacité d'élongation selon une ou plusieurs directions d'un plan.

10 De telles cuves sont notamment employées pour le transport ou le stockage de gaz naturel liquéfié (GNL) qui est stocké, à pression atmosphérique, à environ -162°C.

Arrière-plan technologique

Il est connu de la demande de brevet FR 2 861 060 des cuves, étanches et
15 thermiquement isolantes, pour le transport et/ou le stockage de fluide cryogénique, comportant des panneaux calorifuges recouverts par une membrane d'étanchéité ondulée. La membrane d'étanchéité comporte une face interne, destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve, et une face externe, ancrée sur la face interne du panneau calorifuge. La membrane d'étanchéité est constituée d'une
20 pluralité de plaques métalliques, en acier inoxydable, présentant des séries d'ondulations perpendiculaires permettant d'absorber les efforts. Les plaques ondulées sont soudées les unes aux autres, le long de leurs bords, et sont ancrées sur les panneaux, par soudage des bords des plaques sur des bandes, également en acier inoxydable, rivetées sur lesdits panneaux calorifuges.

25 La face interne des panneaux calorifuges présente des fentes s'étendant dans la direction transversale à la longueur du navire, sur toute la longueur des panneaux calorifuges. De telles fentes permettent une déformation des ondulations sans pour autant que les panneaux calorifuges ne se fissurent lors de la mise à froid de la cuve.

Résumé

Une idée à la base de l'invention est de proposer une paroi étanche et thermiquement isolante, à membrane ondulée, résistante aux basses températures
5 et présentant une flexion limitée lors de sa mise à froid.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une paroi, étanche et thermiquement isolante, pour cuve de stockage de fluide comportant:

- un panneau calorifuge présentant une face interne ; et
- une plaque étanche présentant une face interne, destinée à être en contact avec
10 le fluide contenu dans la cuve, et une face externe ancrée sur la face interne du panneau au niveau d'une pluralité de zones d'ancrage, ladite plaque étanche comportant au moins une ondulation, saillante du côté de la face interne de la plaque étanche, s'étendant selon une direction d_1 ; dans laquelle :
- la face interne du panneau calorifuge comporte, entre deux zones d'ancrage
15 adjacentes disposées de part et d'autre de ladite ondulation, une fente de relaxation présentant un axe s'étendant selon la direction d_1 de sorte à permettre une déformation de l'ondulation transversalement à la direction d_1 ; et
- la fente de relaxation présente une longueur inférieure à la dimension du panneau calorifuge dans l'axe de la fente de relaxation.

20 Ainsi, l'ondulation confère à la membrane d'étanchéité une flexibilité l'autorisant à se déformer, notamment sous l'effet de la flexion des panneaux calorifuges et de la contraction thermique de la membrane d'étanchéité.

En outre, la fente de relaxation permet de tirer pleinement partie de cette ondulation, puisqu'elle permet une déformation de la membrane d'étanchéité sans
25 imposer de contraintes mécaniques trop importantes sur le panneau calorifuge.

Par ailleurs, lorsqu'une cuve est remplie d'un fluide cryogénique, tel que du gaz naturel liquéfié, la différence de température entre l'extérieur de la cuve et l'intérieur génère un gradient thermique au sein des panneaux calorifuges. Ce gradient thermique peut provoquer la flexion des panneaux calorifuges et donc la
30 flexion de la membrane d'étanchéité. Par opposition à une fente s'étendant de part

en part d'un panneau calorifuge, une fente de relaxation ne s'étendant pas sur toute la largeur ou la longueur du panneau permet de conserver une certaine rigidité au panneau et limite donc l'impact d'une fente de relaxation sur la flexibilité du panneau calorifuge sous chargement thermique.

5 Selon des modes de réalisation, une telle paroi étanche et thermiquement isolante peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- la fente de relaxation ne s'étend pas jusqu'à la périphérie du panneau calorifuge.
- la fente de relaxation est une fente traversante qui débouche sur la face
10 externe du panneau calorifuge.
- la fente de relaxation est une fente borgne ne débouchant pas sur la face externe du panneau et comportant des extrémités présentant un congé.
- la fente de relaxation s'étend en vis-à-vis de l'ondulation.
- la plaque étanche comporte une ondulation s'étendant selon une direction
15 d2 perpendiculaire à la direction d1, la face interne du panneau calorifuge comportant, entre deux zones d'ancrage adjacentes s'étendant de part et d'autre de ladite ondulation s'étendant selon la direction d2, une fente de relaxation présentant un axe s'étendant selon la direction d2 et présentant une longueur inférieure à la dimension du panneau calorifuge dans l'axe de
20 ladite fente de relaxation.
- la plaque étanche comporte une première série d'ondulations s'étendant selon la direction d₁ et une seconde série d'ondulations s'étendant selon la direction d₂, la face externe de la plaque étanche étant ancrée sur la face interne du panneau calorifuge au niveau d'une pluralité de zones d'ancrage
25 disposées entre des ondulations de la première et de la seconde séries, la face interne du panneau calorifuge comportant, entre chaque couple de zones d'ancrage adjacentes s'étendant de part et d'autre d'une ondulation, une fente de relaxation, présentant un axe qui s'étend selon la direction d₁ ou d₂ de ladite ondulation, et présentant une longueur inférieure à la
30 dimension du panneau calorifuge dans l'axe de ladite fente de relaxation.
- une fente de relaxation présente une longueur correspondant à la distance entre deux intersections d'ondulations dans la direction d₁ ou d₂ de la fente de relaxation.

- les zones d'ancrage sont alignées le long de deux bords sécants de la plaque métallique.
- une fente de relaxation, adjacente à l'intersection entre les alignements de zones d'ancrage, présente une portion additionnelle s'étendant dans une direction d3 médiane aux directions d1 ou d2.
- la plaque étanche est une plaque métallique et la face interne du panneau calorifuge comporte, au niveau des zones d'ancrages, des platines métalliques d'ancrage permettant le soudage de la plaque étanche sur le panneau calorifuge.
- le panneau calorifuge comporte une couche de mousse polymère isolante prise en sandwich entre deux plaques de bois contreplaqué.
- le panneau calorifuge constitue une barrière isolante primaire de la paroi, la paroi comportant en outre une barrière étanche et isolante secondaire, le panneau calorifuge étant attaché sur la barrière étanche et isolante secondaire par un organe d'attache coopérant avec une zone médiane du panneau, distante des bords du panneau.
- le panneau calorifuge comporte, dans une zone centrale, des organes de fixation à une structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi une cuve de stockage de fluide comportant une structure porteuse et au moins une paroi telle que mentionnée ci-dessus fixée sur la structure porteuse.

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.

Selon un mode de réalisation, un navire pour le transport d'un fluide comporte une double coque formant la structure porteuse et une cuve précitée disposée dans la double coque.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi une utilisation d'un navire précité, dans laquelle 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 afin de charger ou décharger le navire.

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.

Selon un mode de réalisation, l'invention est particulièrement avantageuse lorsque les moyens d'attache des panneaux calorifuges à la structure porteuse ne sont pas aptes à reprendre les contraintes de flexion de l'élément calorifuge, par exemple lorsque le panneau calorifuge n'est pas fixé dans sa zone périphérique, mais uniquement au niveau d'une zone centrale de sa surface externe.

Selon un mode de réalisation, l'invention permet également d'obtenir un meilleur comportement au vieillissement de la mousse isolante des panneaux calorifuges. En effet, les fentes de relaxation ne s'étendant pas sur toute la longueur ou la largeur des panneaux calorifuges, la surface d'échange entre la mousse isolante et l'air ambiant est restreinte de telle sorte que la diffusion du gaz d'expansion en dehors des cellules de la mousse et la migration d'air dans celles-ci sont limitées.

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.

Sur ces dessins :

- **La figure 1** est une vue en perspective d'un panneau calorifuge.
- **Les figures 2, 3 et 4** sont des vues détaillées, selon trois variantes de réalisation, d'un panneau calorifuge dans la zone recevant les angles des plaques métalliques.

- **La figure 5** est une vue d'une paroi étanche et thermiquement isolante, en coupe transversale passant par une fente de relaxation.
- **La figure 6** est une vue similaire à celle la figure 5 avec une fente de relaxation selon un autre mode de réalisation.
- 5 • **La figure 7** est une vue en perspective d'une plaque métallique ondulée de la membrane d'étanchéité.
- **La figure 8** est une vue en plan illustrant le positionnement relatif d'une plaque métallique de la membrane d'étanchéité par rapport à un panneau calorifuge.
- 10 • **La figure 9** est une vue en perspective d'un panneau calorifuge fixé à la structure porteuse dans sa zone centrale.
- **La figure 10** est une vue détaillée en perspective des organes de fixation à la structure porteuse du panneau calorifuge de la figure 9.
- **La figure 11** est une vue en coupe longitudinale du panneau calorifuge
- 15 des figures 9 et 10 au niveau des organes de fixation à la structure porteuse.
- **La figure 12** est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

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

20 l'intérieur et à l'extérieur de la cuve.

Chaque paroi de cuve présente successivement, dans le sens de l'épaisseur, depuis l'intérieur vers l'extérieur de la cuve, au moins une membrane d'étanchéité, en contact avec le fluide contenu dans la cuve, une barrière thermiquement isolante et une structure porteuse, non représentée. Dans un mode

25 de réalisation particulier, non illustré, une paroi peut également comporter deux niveaux d'étanchéité et d'isolation thermique.

La figure 1 représente un panneau calorifuge 1. Le panneau 1 présente ici sensiblement une forme de parallélépipède rectangle. Il comporte une couche de mousse polymère isolante 2 prise en sandwich entre une plaque rigide interne 3 et

30 une plaque rigide externe 4. Les plaques rigides interne 3 et externe 4 sont, par exemple, des plaques de bois contreplaqué collées sur ladite couche de mousse 2. La mousse polymère isolante peut notamment être une mousse à base de

polyuréthane. La mousse polymère peut avantageusement être renforcée par des fibres de verre contribuant à réduire sa contraction thermique.

A titre d'exemple, le panneau 1 présente une longueur de 3 mètres pour une largeur de 1 mètre. La plaque interne 3 de contreplaqué peut présenter une
5 épaisseur de 12 mm ; la plaque externe 4 de contreplaqué : une épaisseur de 9 mm, et la couche de mousse isolante 2 : une épaisseur de 200 mm. Bien entendu, les dimensions et épaisseurs sont données à titre indicatif et varient en fonction des applications et des performances d'isolation thermique souhaitées.

La surface interne du panneau 1 comporte des platines métalliques 5, 6
10 destinées à ancrer des plaques métalliques 7, dont un exemple est illustré sur la figure 7, constituant la membrane d'étanchéité. Des platines métalliques 5 s'étendent longitudinalement sur la plaque interne 3 du panneau 1 et des platines métalliques 6 s'étendent transversalement. Les platines métalliques 5, 6 sont, par exemple, rivetées à la plaque interne 3 du panneau 1. Les platines métalliques 5, 6
15 peuvent notamment être réalisées en acier inoxydable ou en Invar® : un alliage de fer et de nickel dont la propriété principale est d'avoir un coefficient de dilatation très faible. L'épaisseur des platines métalliques 5, 6 est, par exemple, de l'ordre de 2 mm. Une bande de protection thermique, non illustrée, peut être placée sous les platines métalliques 5, 6. L'ancrage entre la plaque métallique 7 et les platines
20 métalliques 5, 6 est réalisé par des soudures de pointage.

La membrane d'étanchéité est obtenue par assemblage de multiples plaques métalliques 7, soudées les unes aux autres le long de leurs bords. Comme illustré sur la figure 7, une plaque métallique 7 comporte une première série d'ondulations parallèles, dites basses 8, s'étendant selon une direction y et une
25 seconde série d'ondulations parallèles, dites hautes 9, s'étendant selon une direction x. Les directions x et y des séries d'ondulations 8, 9 sont perpendiculaires. Les ondulations 8, 9 sont saillantes du côté de la face interne de la plaque métallique 7. Les bords de la plaque métallique 7 sont ici parallèles aux ondulations 8 et 9. La plaque métallique 7 comporte entre les ondulations 8, 9 une pluralité de
30 surfaces planes 11. Notons que les termes « haute » et « basse » ont un sens relatif et signifient que la première série d'ondulations 8 présente une hauteur inférieure à la seconde série d'ondulations 9. Au niveau d'une intersection 10 entre une

ondulation basse 8 et une ondulation haute 9, l'ondulation basse est discontinue, c'est-à-dire qu'elle est interrompue par un pli qui prolonge l'arête de sommet de l'ondulation haute 9 en faisant saillie au-dessus de l'arête de sommet de l'ondulation basse 8. Les ondulations 8, 9 permettent à la membrane d'étanchéité d'être
5 sensiblement flexible afin de pouvoir se déformer sous l'effet des sollicitations, notamment thermiques, générées par le fluide emmagasiné dans la cuve.

La plaque métallique 7 est réalisée en tôle d'acier inoxydable ou d'aluminium, mise en forme par pliage ou par emboutissage. D'autres métaux ou alliages sont également possibles. A titre d'exemple, la plaque métallique 7
10 présente une épaisseur d'environ 1,2 mm. D'autres épaisseurs sont également envisageables, sachant qu'un épaissement de la plaque métallique 7 entraîne une augmentation de son coût et accroît généralement la rigidité des ondulations.

Au niveau d'un des deux bords transversaux 13, et au niveau d'un des deux bords longitudinaux 12, la plaque métallique 7 présente une bande emboutie,
15 non représentée, qui est décalée, vers l'intérieur dans la direction d'épaisseur par rapport au plan de la plaque 7 afin de venir recouvrir la bordure d'une plaque métallique 7 adjacente.

Un positionnement relatif d'une plaque métallique 7 par rapport à un panneau calorifuge 1 est illustré sur la figure 8. Les plaques métalliques 7 sont ici
20 disposées de manière décalée, d'une demi-longueur et d'une demi-largeur par rapport au panneau calorifuge 1. Une paroi comporte donc une pluralité de panneaux calorifuges 1 et une pluralité de plaques métalliques 7 et chacune desdites plaques métalliques 7 s'étend sur quatre panneaux calorifuges 1 adjacents.

25 Un des bords longitudinaux 12 de la plaque métallique 7 est ancré sur le panneau calorifuge 1, par soudage dudit bord longitudinal 12 sur les platines métalliques 5. De même, un des bords transversaux 13 est ancré sur le panneau calorifuge 1, par soudage dudit bord transversal 13 sur les platines métalliques 6. Les zones d'ancrage 14 entre la plaque métallique 7 et le panneau calorifuge 1 sont
30 situées de part et d'autre des ondulations 8, 9. En d'autres termes, les zones d'ancrage 14 sont formées à l'interface entre des portions planes¹¹ des bords 12,

13 des plaques métalliques 7, s'étendant de part et d'autre des ondulations 8, 9, et les platines métalliques 5, 6.

Notons que, de manière avantageuse, l'ondulation centrale de chacune des séries d'ondulations 8, 9 s'étend en vis-à-vis de la jonction entre deux panneaux calorifuges 1 adjacent.

La surface interne du panneau calorifuge 1 est pourvu d'une pluralité de fentes de relaxation 15, 16. Une première série de fentes de relaxation 15 s'étend selon la direction y des ondulations 8. Une seconde série de fentes de relaxation 16 s'étend selon la direction x des ondulations 9.

10 Sur la figure 8, entre chaque couple de zones d'ancrage 14 adjacentes s'étendant de part et d'autre d'une ondulation 8, 9, le panneau calorifuge 1 présente une fente de relaxation 15, 16. Les fentes de relaxation 15, 16 s'étendent ici en vis-à-vis de leur ondulation respective 8, 9. Les fentes de relaxation 15, 16 sont ainsi agencées pour permettre une déformation de leur ondulation respective 8, 9 selon
15 une direction transversale à leur direction. En effet, sans fente de relaxation 15, 16, toute ondulation 8, 9 bordée de zones d'ancrage 14 ne peut se déformer sans imposer des contraintes mécaniques importantes au panneau calorifuge 1.

Les fentes de relaxation 15, 16 présentent des longueurs inférieures à la dimension du panneau calorifuge 1 selon leur axe. En d'autres termes, les fentes de
20 relaxation 15, 16 ne s'étendent pas jusqu'à la périphérie du panneau calorifuge 1. De manière avantageuse, la longueur d'une fente de relaxation 15, 16 correspond sensiblement au pas entre deux intersection 10 d'ondulations dans la direction de la fente 15, 16.

Dans un mode de réalisation représenté sur la figure 5, la fente de
25 relaxation 15 est une fente traversante s'étendant sur toute l'épaisseur du panneau calorifuge et débouchant, par conséquent, sur la face externe du panneau 1. Une telle fente de relaxation 15 permet de conférer à la membrane d'étanchéité une flexibilité importante par rapport aux déformations du panneau calorifuge 1 tout en conservant une continuité de la plaque rigide interne 3 dans certaines zones de
30 celle-ci. Cette continuité permet limiter la flexibilité du panneau calorifuge 1 sous chargement thermique. Cela permet également de soulager le collage des plaques

rigides 3, 4 sur la couche de mousse 2 et par conséquent de limiter les amorces de rupture.

Dans un autre mode de réalisation représenté sur la figure 6, la fente de relaxation 15 est une fente borgne ne débouchant pas sur la face externe du panneau. Une telle fente de relaxation 15 s'étend sensiblement jusqu'à la moitié de l'épaisseur du panneau calorifuge 1. Afin de limiter les concentrations de contraintes au niveau du fond des extrémités 17, 18 de la fente 15, les extrémités 17, 18 de la fente de relaxation 15 présentent un congé. Afin de réaliser ces congés, la fente de relaxation 15 est typiquement réalisée à la scie circulaire.

Les figures 2 à 4 illustrent, de manière détaillée, la zone d'intersection entre l'axe d'alignement de platines métalliques 5 s'étendant longitudinalement au panneau 1 et l'axe d'alignement de platines métalliques 6 s'étendant transversalement. Cette zone d'intersection correspond à la zone de fixation d'un angle de la plaque métallique 7.

Dans les modes de réalisation des figures 2 et 4, les fentes de relaxation 15, 16, qui sont disposées de part et d'autre de l'intersection entre les alignements de platines métalliques 5, 6 se prolongent par une portion additionnelle 17, 18 s'étendant dans une direction médiane aux directions x et y. Autrement dit les directions x et y étant ici perpendiculaires, les portions additionnelles 17, 18 forment un angle de 45 ° par rapport aux directions x et y.

Dans le mode de réalisation de la figure 3, il a été choisi de diminuer la longueur des fentes de relaxation 15 transversales de telle sorte qu'elles ne croisent pas les fentes de relaxation longitudinales 16.

La fabrication des panneaux calorifuges 1 peut être réalisée selon divers modes de réalisation. Selon un mode de réalisation, les plaques interne 3 et externe 4 sont, par exemple, collées de part et d'autre de la couche de mousse polymère isolante 2 puis les fentes de relaxation 15, 16 sont découpées. Enfin, lorsque les fentes de relaxation 15, 16 ont été découpées, les platines métalliques 5, 6 sont fixées, par exemple par rivetage, sur la plaque rigide interne 3.

De manière alternative, il est également possible de découper, au préalable, la plaque rigide interne 3, la couche de mousse polymère isolante 2 et optionnellement la plaque rigide externe 4 puis de coller les plaques rigides interne 3 et externe 4 sur la couche de mousse polymère isolante 2 en ajustant les fentes 5 formées dans la plaque interne 3 et dans la couche de mousse polymère isolante 2.

Le découpage des fentes 15, 16 peut être réalisée au moyen d'un dispositif de type mortaiseuse ou tout autre dispositif approprié tel que jet d'eau, laser, scie sauteuse, scie à chantourner, fraisage, scie circulaire, ou autre.

Les figures 9 à 11 illustrent un panneau calorifuge 1 comprenant dans sa zone centrale, des organes de fixation à la structure porteuse. Le panneau calorifuge 1 présente, dans sa zone centrale, un orifice 19 recevant un goujon 20 fixé à la structure porteuse ou à une barrière secondaire étanche et thermiquement isolante, elle-même fixée à la structure porteuse, lorsque la cuve comporte deux niveaux d'étanchéité et d'isolation thermique. Le goujon 20 comprend une partie filetée coopérant avec un écrou 21. L'orifice 19 comporte un épaulement 22. Une ou plusieurs rondelles plates et/ou rondelles de belleville 23 sont insérés entre l'écrou 21 et l'épaulement 22. Le logement 22 est ici obturé par un disque d'obturation 24.

Une cuve étanche et thermiquement isolante peut comporter une ou plusieurs parois telles que décrites ci-dessus. 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.

En référence à la figure 12, une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve étanche et isolée 71 de forme générale prismatique montée dans la double coque 72 du navire. La paroi de la cuve 71 comporte une barrière étanche primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières isolante agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque 72.

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.

5 La figure 12 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
10 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
15 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
20 pendant les opérations de chargement et de déchargement.

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.

25 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.

30 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. L'usage de l'article indéfini « un » ou

« une » pour un élément ou une étape n'exclut pas, sauf mention contraire, la présence d'une pluralité de tels éléments ou étapes.

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

REVENDICATIONS

1. Paroi, étanche et thermiquement isolante, pour cuve de stockage de fluide comportant:
- un panneau calorifuge (1) présentant une face interne et une périphérie ; et
 - 5 • une plaque étanche (7) présentant une face interne, destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve, et une face externe ancrée sur la face interne du panneau (1) au niveau d'une pluralité de zones d'ancrage (14), ladite plaque étanche (7) comportant au moins une ondulation (8 ; 9), saillante du côté de la face interne de la plaque étanche (7), s'étendant selon une direction
 - 10 $d_1(x; y)$; dans laquelle :
 - la face interne du panneau calorifuge (1) comporte, entre deux zones d'ancrage adjacentes (14) disposées de part et d'autre de ladite ondulation (8 ; 9), une fente de relaxation (15 ; 16) présentant un axe s'étendant selon la direction $d_1(x, y)$ de sorte à permettre une déformation de l'ondulation transversalement à la
 - 15 direction $d_1(x, y)$; et
 - la fente de relaxation (15 ; 16) présente une longueur inférieure à la dimension du panneau calorifuge (1) dans l'axe de la fente de relaxation (15 ; 16) et ne s'étend pas jusqu'à la périphérie du panneau calorifuge (1).
2. Paroi selon la revendication 1, dans laquelle la fente de relaxation
- 20 (15 ; 16) est une fente traversante qui débouche sur la face externe du panneau calorifuge (1).
3. Paroi selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle la fente de relaxation (15 ; 16) est une fente borgne ne débouchant pas sur la face externe du panneau et comportant des extrémités (17, 18) présentant un congé.
- 25 4. Paroi selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle la fente de relaxation (15 ; 16) s'étend en vis-à-vis de l'ondulation (8 ; 9).
5. Paroi selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle la plaque étanche (7) comporte une ondulation (9 ; 8) s'étendant selon une direction $d_2(y; x)$ perpendiculaire à la direction $d_1(x; y)$, la face interne du panneau
- 30 calorifuge (1) comportant, entre deux zones d'ancrage adjacentes (14) s'étendant de part et d'autre de ladite ondulation (9 ; 8) s'étendant selon la direction $d_2(y; x)$, une fente de relaxation (16 ; 15) présentant un axe s'étendant selon la direction $d_2(y; x)$ et présentant une longueur inférieure à la dimension du panneau calorifuge dans l'axe de ladite fente de relaxation (16 ; 15).

6. Paroi selon la revendication 5, dans laquelle la plaque étanche (7) comporte une première série d'ondulations (15 ; 16) s'étendant selon la direction d_1 (x ; y) et une seconde série d'ondulations (16 ; 15) s'étendant selon la direction d_2 (y ; x), la face externe de la plaque étanche (7) étant ancrée sur la face interne du panneau calorifuge (1) au niveau d'une pluralité de zones d'ancrage (14) disposées entre des ondulations (15, 16) de la première et de la seconde séries, la face interne du panneau calorifuge (1) comportant, entre chaque couple de zones d'ancrage (14) adjacentes s'étendant de part et d'autre d'une ondulation (15, 16), une fente de relaxation (8, 9), présentant un axe qui s'étend selon la direction d_1 (x ; y) ou d_2 (y ; x) de ladite ondulation, et présentant une longueur inférieure à la dimension du panneau calorifuge (1) dans l'axe de ladite fente de relaxation (8, 9).

7. Paroi selon la revendication 6, dans laquelle une fente de relaxation (15, 16) présente une longueur correspondant à la distance entre deux intersections (10) d'ondulations (8, 9) dans la direction d_1 (x ; y) ou d_2 (y ; x) de la fente de relaxation (15, 16).

8. Paroi selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, dans laquelle les zones d'ancrage (14) sont alignées le long de deux bords sécants (12, 13) de la plaque métallique (7).

9. Paroi selon la revendication 8, dans laquelle une fente de relaxation (15, 16), adjacente à l'intersection entre les alignements de zones d'ancrage (14), présente une portion additionnelle (17, 18) s'étendant dans une direction d_3 médiane aux directions d_1 (x ; y) ou d_2 (y ; x).

10. Paroi selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans laquelle la plaque étanche (7) est une plaque métallique et dans laquelle la face interne du panneau calorifuge (1) comporte, au niveau des zones d'ancrages (14), des platines métalliques d'ancrage permettant le soudage de la plaque étanche (7) sur le panneau calorifuge (1).

11. Paroi selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans laquelle le panneau calorifuge (1) comporte une couche de mousse polymère isolante (2) prise en sandwich entre deux plaques de bois contreplaqué (3, 4).

12. Paroi selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans laquelle le panneau calorifuge (1) constitue une barrière isolante primaire de la paroi, la paroi comportant en outre une barrière étanche et isolante secondaire, le panneau calorifuge (1) étant attaché sur la barrière étanche et isolante secondaire

par un organe d'attache coopérant avec une zone médiane du panneau (1), distante des bords du panneau (1).

13. Paroi selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans laquelle le panneau calorifuge (1) comporte, dans une zone centrale, des organes
5 de fixation à une structure porteuse.

14. Cuve de stockage de fluide comportant une structure porteuse et au moins une paroi selon l'une des revendications 1 à 13 fixée sur la structure porteuse.

15. Navire (70) pour le transport d'un fluide, le navire comportant une double coque (72) formant la structure porteuse et une cuve (71) selon la revendication 14, disposée dans la double coque.

16. Utilisation d'un navire (70) selon la revendication 16, dans laquelle 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
15 du navire (71) afin de charger ou décharger le navire.

17. Système de transfert pour un fluide, le système comportant un navire (70) selon la revendication 15, 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
20 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.