

Paroi de cuve étanche et thermiquement isolante

Domaine technique

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

Arrière-plan technologique

Le document WO2014167227 décrit une cuve étanche et thermiquement
15 isolante de stockage de gaz liquéfié dans une structure qui comporte une paroi porteuse. La cuve comporte une paroi de cuve fixée sur la paroi porteuse et comprenant une barrière thermiquement isolante constituée de blocs d'isolation juxtaposés et une membrane d'étanchéité constituée de feuilles ondulées soudées les unes aux autres de manière étanche.

20 Afin de fixer la membrane d'étanchéité à la barrière thermiquement isolante, des éléments de retenue sous forme de rails sont insérés dans une rainure formée dans un bloc isolant de la barrière thermiquement isolante. Les feuilles formant la membrane d'étanchéité sont ensuite soudées par leurs bords au rail inséré dans la rainure au niveau de ses bords. Ainsi chaque feuille de la membrane d'étanchéité est
25 fixée à la barrière thermiquement isolante de manière à conserver une mobilité en translation dans la direction de longueur du rail. En effet, le rail étant monté coulissant dans la rainure, les feuilles de la membrane conservent la même mobilité que les rails. Ainsi, les déplacements des bords des feuilles de la membrane sont libérés pour réduire les contraintes dans la membrane.

30 Toutefois, les éléments de retenue du document de l'art antérieur présentent une pluralité d'inconvénients. En effet, ceux-ci sont notamment de conception

complexe et couteuse. De plus, la résistance mécanique de ces éléments est à améliorer afin de reprendre les sollicitations subies par la membrane d'étanchéité de manière durable.

Résumé

5 Une idée à la base de l'invention est d'améliorer la fixation glissante de la membrane d'étanchéité à la barrière thermiquement isolante tout en conservant une résistante mécanique suffisante pour supporter les contraintes exercées par la membrane d'étanchéité sur la fixation.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une paroi de cuve étanche
10 et thermiquement isolante pour former une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un gaz liquéfié, la paroi de cuve comprenant :

une membrane d'étanchéité destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve, la membrane d'étanchéité comportant une plaque métallique ondulée, une barrière thermiquement isolante formant une surface de support pour la
15 membrane d'étanchéité et comportant une rainure s'étendant dans une direction longitudinale,

au moins un support de soudure porté par la barrière thermiquement isolante, le support de soudure comportant une partie inférieure retenue dans la rainure de la barrière thermiquement isolante selon une direction perpendiculaire à la surface de
20 support, une partie supérieure parallèle à la surface de support, une partie intermédiaire reliant la partie inférieure à la partie supérieure, la partie intermédiaire étant disposée dans la rainure dans une direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante,

dans laquelle l'au moins un support de soudure est monté glissant dans ladite rainure
25 dans la direction longitudinale, et la plaque métallique ondulée est soudée à la partie supérieure du support de soudure,

et dans laquelle la partie supérieure du support de soudure est logée dans un lamage adjacent à la rainure, le lamage étant formé dans la barrière thermiquement isolante, de manière à ce que la partie supérieure du support de soudure soit située entre la
30 membrane d'étanchéité et la barrière thermiquement isolante et dans le prolongement de la surface de support.

La direction longitudinale est définie comme étant une direction parallèle à un des bords de la plaque métallique ondulée.

Grâce à ces caractéristiques, le support de soudure permet de fixer la membrane d'étanchéité à la barrière thermiquement isolante tout en conservant un
5 degré de liberté dans la direction longitudinale due au montage glissant du support de soudure dans la rainure. Ce degré de liberté permet que des petits déplacements des bords de la plaque métallique par rapport à la barrière thermiquement isolante aient lieu lors des variations de température, ce qui limite les concentrations de contraintes et améliore la répartition des efforts et déplacements subis par la plaque
10 ondulée afin de limiter la fatigue de la membrane d'étanchéité.

De plus, la partie supérieure du support de soudure repose dans un lamage réalisé dans la barrière thermiquement isolante ce qui permet au support de soudure d'être dans la continuité de la surface de support de la barrière thermiquement isolante et donc de ne pas nécessiter d'usinage supplémentaire de la plaque
15 métallique ondulée afin de limiter le coût de fabrication de l'ensemble. De plus, le lamage permet à la partie supérieure du support de soudure d'être soutenue par la barrière thermiquement isolante ce qui a pour conséquence de reporter les efforts mécaniques de la partie supérieure du support de soudure notamment les contraintes de pression appliquées à la membrane d'étanchéité dans la direction d'épaisseur de
20 la paroi de cuve vers la barrière thermiquement isolante.

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

Selon un mode de réalisation, le support de soudure est un élément allongé s'étendant dans la même direction que la rainure.

25 Selon un mode de réalisation, la paroi de cuve comprend une pluralité de supports de soudure retenus dans la rainure. Les supports de soudure peuvent être espacés les uns des autres ou être disposés de manière continue dans la rainure.

Selon un mode de réalisation, un bord de la plaque métallique ondulée s'étendant dans la direction longitudinale est soudé à la partie supérieure du support
30 de soudure.

Selon un mode de réalisation, la rainure est une rainure longitudinale, le bord est un premier bord, le support de soudure est un premier support de soudure, et la barrière thermiquement isolante comprend une rainure transversale s'étendant dans une direction transversale perpendiculaire à la direction longitudinale, dans laquelle
5 la paroi comprend un deuxième support de soudure dont la partie inférieure est retenue dans la rainure transversale de la barrière thermiquement isolante, et dans laquelle un deuxième bord de la plaque métallique ondulée s'étendant dans la direction transversale est soudée à la partie supérieure du deuxième support de soudure.

10 Selon un mode de réalisation, laquelle ladite rainure présente dans la barrière thermiquement isolante une zone d'entrée qui s'étend dans la direction d'épaisseur, la rainure comprenant une zone de retenue disposée sous la zone d'entrée et qui se développe parallèlement à la surface de support sur une largeur plus grande que la zone d'entrée, et dans laquelle la partie inférieure du support de
15 soudure est logée dans la zone de retenue.

Ainsi, la zone de retenue permet d'améliorer le blocage en déplacement de la partie inférieure du support de soudure et donc du support de soudure dans son ensemble dans la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante.

Selon un mode de réalisation, la zone de retenue se développe
20 parallèlement à la surface de support de part et d'autre de la zone d'entrée, et ledit support de soudure comporte un premier segment et un deuxième segment, le premier segment comprenant une partie inférieure retenue dans la zone de retenue de la barrière thermiquement isolante selon une direction perpendiculaire à la surface de support, une partie supérieure parallèle à la surface de support et logée dans le
25 lamage adjacent à la rainure, de manière à ce que la partie supérieure du premier segment soit située entre la membrane d'étanchéité et la barrière thermiquement isolante et dans le prolongement de la surface de support, une partie intermédiaire reliant la partie inférieure du premier segment à la partie supérieure du premier segment, la partie intermédiaire étant disposée dans la rainure dans une direction
30 d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante, et le deuxième segment comprenant une partie inférieure retenue dans la zone de retenue de la barrière thermiquement isolante dans une direction opposée à la direction de la partie

inférieure du premier segment, et une partie intermédiaire soudée à la partie intermédiaire du premier segment et dans laquelle la partie supérieure du premier segment est soudée à la plaque métallique ondulée.

Grâce à ces caractéristiques, le premier segment permet de fixer de manière
5 glissante la membrane d'étanchéité à la barrière thermiquement isolante. De plus, le deuxième segment permet de renforcer le support de soudure notamment au niveau de la partie intermédiaire et de limiter le déplacement du support de soudure dans la direction transversale à savoir la direction de la partie inférieure du support de soudure. Le deuxième segment permet également d'augmenter la tenue aux
10 chargements perpendiculaires du support de soudure en répartissant les efforts subis par la plaque métallique ondulée sur deux fois plus de surface de la barrière thermiquement isolante et la tenue à l'arrachement du support de soudure hors de la rainure.

Selon un mode de réalisation, le lamage est un premier lamage, la barrière
15 thermiquement isolante comprenant un deuxième lamage, le premier lamage et le deuxième lamage étant situés de part et d'autre de ladite rainure, et dans laquelle le deuxième segment comprend une partie supérieure parallèle à la surface de support et logée dans le deuxième lamage, de manière à ce que la partie supérieure du deuxième segment soit située entre la membrane d'étanchéité et la barrière
20 thermiquement isolante et dans le prolongement de la surface de support, la partie intermédiaire du deuxième segment reliant la partie inférieure du deuxième segment à la partie supérieure du deuxième segment.

Grâce à ces caractéristiques, la partie supérieure du deuxième segment repose dans un deuxième lamage réalisé dans la barrière thermiquement isolante ce
25 qui permet au support de soudure d'être dans la continuité de la surface de support de la barrière thermiquement isolante et donc de ne pas nécessiter d'usinage supplémentaire de la plaque métallique ondulée afin de limiter le coût de fabrication de l'ensemble. De plus, le deuxième lamage permet à la partie supérieure du deuxième segment d'être soutenue par la barrière thermiquement isolante ce qui a
30 pour conséquence d'améliorer la résistance du support de soudure notamment lors de contraintes appliquées à la membrane d'étanchéité dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve.

Selon un mode de réalisation, ladite rainure présente dans la barrière thermiquement isolante une zone d'entrée qui s'étend dans la direction d'épaisseur, la zone d'entrée comprenant une attache fixée à une paroi de ladite rainure, et dans laquelle la partie inférieure du support de soudure est logée coulissante dans
5 l'attache.

Ainsi, l'attache permet d'améliorer le blocage en déplacement de la partie inférieure du support de soudure et donc du support de soudure dans son ensemble dans la direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante.

Selon un mode de réalisation, la partie inférieure comprend un crochet et
10 l'attache comprend un contre crochet, le crochet étant logé dans le contre crochet.

Selon un mode de réalisation, l'attache est une première attache et la zone d'entrée comprend une deuxième attache fixée à une paroi de ladite rainure opposée à la première attache, ledit support de soudure comporte un premier segment et un deuxième segment, le premier segment comprenant une partie inférieure retenue
15 dans la première attache de la barrière thermiquement isolante selon une direction perpendiculaire à la surface de support, une partie supérieure parallèle à la surface de support et logée dans le lamage adjacent à la rainure, de manière à ce que la partie supérieure du premier segment soit située entre la membrane d'étanchéité et la barrière thermiquement isolante et dans le prolongement de la surface de support,
20 une partie intermédiaire du premier segment reliant la partie inférieure à la partie supérieure, la partie intermédiaire étant disposée dans la zone d'entrée dans une direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante, et le deuxième segment comprenant une partie inférieure retenue dans la deuxième attache de la barrière thermiquement isolante, et une partie intermédiaire du deuxième segment soudée à
25 la partie intermédiaire du premier segment.

Grâce à ces caractéristiques, le premier segment permet de fixer de manière glissante la membrane d'étanchéité à la barrière thermiquement isolante. De plus, le deuxième segment permet de renforcer le support de soudure notamment au niveau de la partie intermédiaire et également de limiter le déplacement du support de
30 soudure dans la direction transversale à savoir la direction de la partie inférieure du support de soudure.

Selon un mode de réalisation, le lamage est un premier lamage, la barrière thermiquement isolante comprenant un deuxième lamage, le premier lamage et le deuxième lamage étant situés de part et d'autre de ladite rainure, et dans laquelle le deuxième segment comprend une partie supérieure parallèle à la surface de support
5 et logée dans le deuxième lamage, de manière à ce que la partie supérieure du deuxième segment soit située entre la membrane d'étanchéité et la barrière thermiquement isolante et dans le prolongement de la surface de support, la partie intermédiaire du deuxième segment reliant la partie inférieure du deuxième segment à la partie supérieure du deuxième segment.

10 Selon un mode de réalisation, la plaque métallique soudée à la partie supérieure du support de soudure est une première plaque métallique, dans laquelle la membrane d'étanchéité comprend une deuxième plaque métallique ondulée comportant une portion déportée soudée au-dessus de la première plaque métallique pour former un chevauchement étanche entre les deux plaques métalliques et dans
15 laquelle la soudure entre la partie supérieure du support de soudure et la première plaque métallique est située en-dessous de la portion déportée de la deuxième plaque métallique.

Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante comporte une pluralité de panneaux isolants parallélépipédiques juxtaposés, la partie inférieure
20 du support de soudure étant retenue dans un panneau isolant de la barrière thermiquement isolante et le lamage étant formé dans ledit panneau isolant.

Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante comporte une pluralité de panneaux isolants parallélépipédiques juxtaposés et dans laquelle ladite rainure est située entre deux panneaux isolants adjacents de la barrière
25 thermiquement isolante de manière à ce que la zone d'entrée soit un espace inter-panneau.

Grâce à ces caractéristiques, la zone d'entrée ne nécessite pas d'usinage d'un panneau isolant mais simplement d'un placement de deux panneaux à une certaine distance.

30 Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante comporte une pluralité de panneaux isolants parallélépipédiques juxtaposés et dans laquelle

ladite rainure est située au centre d'un panneau isolant de la barrière thermiquement isolante.

Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante comporte une pluralité de panneaux isolants parallélépipédiques juxtaposés et dans laquelle

5 ladite rainure est située à proximité d'un bord d'un panneau isolant.

L'expression « à proximité d'un bord d'un panneau isolant » signifie que l'élément est situé à une distance d'un bord comprise entre 0 et 10 % d'une dimension transversale d'un panneau isolant.

Selon un mode de réalisation, la rainure est une première rainure et la

10 barrière thermiquement isolante comporte une deuxième rainure s'étendant dans la direction longitudinale à distance de la première rainure, le lamage s'étendant entre les deux rainures, la partie supérieure du support de soudure étant logée dans le lamage s'étendant entre les deux rainures, et dans laquelle la partie inférieure est une première partie inférieure et la partie intermédiaire est une première partie

15 intermédiaire, le support de soudure comprenant une deuxième partie inférieure et une deuxième partie intermédiaire reliant la deuxième partie inférieure à la partie supérieure du support de soudure, de sorte que la première partie inférieure et la première partie intermédiaire sont situées dans la première rainure et que la deuxième partie inférieure et la deuxième partie intermédiaire sont situées dans la

20 deuxième rainure distincte de la première rainure.

Selon un mode de réalisation, l'au moins une des ou chaque partie inférieure est formée d'une pluralité de portions de partie inférieure espacées les unes des autres dans la direction longitudinale et l'au moins une des ou chaque partie intermédiaire est formée d'une pluralité de portions de partie intermédiaire espacées

25 les unes des autres dans la direction longitudinale de manière à ce que chaque portion de partie intermédiaire relie l'une des portions de partie inférieure à la partie supérieure.

Selon un mode de réalisation, la partie supérieure est une première partie supérieure et la barrière thermiquement isolante comporte une troisième rainure

30 s'étendant dans la direction transversale et une quatrième rainure adjacente à la troisième rainure et s'étendant dans la direction transversale, et dans laquelle le

support de soudure comprend une deuxième partie supérieure étant logée dans un lamage transversal s'étendant entre la troisième rainure et la quatrième rainure, les troisième et quatrième rainures croisant les première et deuxième rainures.

Selon un mode de réalisation, une troisième partie intermédiaire est située
5 dans la troisième rainure et reliée à la deuxième partie supérieure, et une quatrième partie intermédiaire est située dans la quatrième rainure et reliée à la deuxième partie supérieure.

Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante est une
barrière thermiquement isolante primaire et la membrane d'étanchéité est une
10 membrane d'étanchéité primaire, et dans laquelle la paroi de cuve comporte en outre une membrane d'étanchéité secondaire située sous la barrière thermiquement isolante primaire et une barrière thermiquement isolante secondaire située sous la membrane d'étanchéité secondaire et comprenant une pluralité de panneaux isolants parallélépipédiques juxtaposés formant une surface de support pour la membrane
15 d'étanchéité secondaire.

Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité secondaire comporte une pluralité de virures parallèles à la direction longitudinale, une virure comportant une portion centrale plane reposant sur une surface supérieure des panneaux isolants de la barrière thermiquement isolante secondaire et deux bords
20 relevés faisant saillie vers la membrane d'étanchéité primaire par rapport à la portion centrale, les virures étant juxtaposées dans une direction transversale perpendiculaire à la direction longitudinale selon un motif répété et soudées ensemble de manière étanche au niveau des bords relevés, des ailes d'ancrage ancrées aux panneaux isolants de la barrière thermiquement isolante secondaire et parallèles à la
25 direction longitudinale étant agencées entre les virures juxtaposées pour retenir la membrane d'étanchéité secondaire sur la barrière thermiquement isolante secondaire.

Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante secondaire comporte une pluralité de rangées secondaires parallèles à la direction longitudinale,
30 une rangée secondaire comportant une pluralité de panneaux isolants secondaires parallélépipédiques juxtaposés, les rangées secondaires étant juxtaposées dans la direction transversale selon un motif répété, dans laquelle la dimension du motif

répété des rangées secondaires est un multiple entier de la dimension d'une virure dans la direction transversale.

Selon un mode de réalisation, la barrière isolante primaire comporte une pluralité de rangées primaires parallèles à la direction longitudinale, une rangée
5 primaire comportant une pluralité de panneaux isolants primaires parallélépipédiques juxtaposés et étant superposée à une rangée secondaire, les rangées primaires étant juxtaposées dans la direction transversale selon un motif répété, la dimension du motif répété des rangées primaires étant égale à la dimension du motif répété des rangées secondaires dans la direction transversale.

10 Selon un mode de réalisation, dans laquelle la membrane d'étanchéité primaire présente des premières ondulations parallèles à la direction longitudinale et disposées selon un motif répété dans la direction transversale et des portions planes situées entre les premières ondulations et reposant sur une surface supérieure des
panneaux isolants primaires,

15 dans laquelle la dimension du motif répété des rangées primaires est un multiple entier de la dimension du motif répété des premières ondulations,

la membrane d'étanchéité primaire comportant une pluralité de rangées de tôles parallèles à la direction longitudinale, une rangée de tôles comportant une pluralité de tôles rectangulaires soudées ensemble de manière étanche par des zones de
20 bord, les rangées de tôles étant juxtaposées dans la direction transversale et soudées ensemble de manière étanche, la dimension d'une rangée de tôles dans la direction transversale étant égale à un multiple entier de la dimension du motif répété des rangées primaires,

les rangées de tôles étant décalées dans la direction transversale par rapport aux
25 rangées primaires de sorte que les jonctions soudées entre les rangées de tôles soient situées à distance des interfaces entre les rangées primaires

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi une cuve étanche et thermiquement isolante disposée dans une structure porteuse, la cuve comportant une pluralité de parois fixées les unes aux autres de manière étanche afin de former
30 un espace intérieur pour la réception d'un gaz liquéfié, dans laquelle au moins une des parois est une paroi précitée.

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
5 (FPSO) et autres. Une telle cuve peut aussi servir de réservoir de carburant dans tout type de navire.

Selon un mode de réalisation, un navire pour le transport d'un produit liquide froid comporte une double coque et une cuve précitée disposée dans la double coque.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé de
10 chargement ou déchargement d'un tel navire, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant le navire précité, des
15 canalisations isolées agencées de manière à relier la cuve installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre et une pompe pour entraîner un flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

Brève description des figures

20 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.

- **La figure 1** est une vue en perspective écorchée d'une paroi de cuve
25 selon un mode de réalisation.

- **La figure 2** est une vue agrandie de la zone II de la figure 1.

- **La figure 3** est une vue en coupe selon la ligne III-III de la figure 1.

- **La figure 4** est une vue agrandie de la zone IV de la figure 3
représentant un support de soudure fixant la membrane d'étanchéité primaire à la
30 barrière thermiquement isolante primaire selon un premier mode de réalisation.

- **La figure 5** est une vue agrandie de la zone IV de la figure 3, représentant un support de soudure selon un deuxième mode de réalisation.

- **La figure 6** est une vue agrandie de la zone IV de la figure 3, représentant un support de soudure selon un troisième mode de réalisation.

5 - **La figure 7** est une vue agrandie de la zone IV de la figure 3, représentant un support de soudure selon un quatrième mode de réalisation.

- **La figure 8** est une vue agrandie de la zone IV de la figure 3, représentant un support de soudure selon un cinquième mode de réalisation.

10 - **La figure 9** est une vue agrandie de la zone IV de la figure 3, représentant un support de soudure selon un sixième mode de réalisation.

- **La figure 10** est une vue en perspective d'un support de soudure selon un septième mode de réalisation.

- **La figure 11** est une vue en perspective d'un support de soudure selon un huitième mode de réalisation.

15 - **La figure 12** est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve

Description détaillée de modes de réalisation

Sur la figure 1, on a représenté la structure multicouche d'une paroi 1 d'une cuve étanche et thermiquement isolante pour le stockage d'un fluide liquéfié, tel que
20 du gaz naturel liquéfié (GNL). Chaque paroi 1 de la cuve comporte successivement, dans le sens de l'épaisseur, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire 3 retenue à une paroi porteuse 2, une membrane d'étanchéité secondaire 4 reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire 2, une barrière thermiquement isolante primaire 5 reposant contre la
25 membrane d'étanchéité secondaire 4 et une membrane d'étanchéité primaire 6 destinée à être en contact avec le gaz naturel liquéfié contenu dans la cuve.

La structure porteuse peut notamment être formée par la coque ou la double coque d'un navire. La structure porteuse comporte une pluralité de parois porteuses 2 définissant la forme générale de la cuve, habituellement une forme polyédrique.

La barrière thermiquement isolante secondaire 3 comporte une pluralité de panneaux isolants secondaires 7 qui sont ancrés sur la paroi porteuse 2 au moyen de dispositifs de retenue. Les panneaux isolants secondaires 7 présentent une forme générale parallélépipédique et sont disposés selon des rangés parallèles. Trois rangées sont indiquées par les lettres A, B et C. Des boudins de mastic 99 sont interposés entre les panneaux isolants secondaires 7 et la paroi porteuse 2 pour rattraper les écarts de la paroi porteuse 2 par rapport à une surface plane de référence. Un papier kraft est inséré entre les boudins de mastic 99 et la paroi porteuse 2 pour empêcher une adhérence des boudins de mastic 99 sur la paroi porteuse 2.

Comme on peut le voir sur la figure 3, les panneaux isolants secondaire 7 comportent par exemple trois plaques, à savoir une plaque de fond 8, une plaque intermédiaire 9 et une plaque de couvercle 10. Les plaques de fond 8, intermédiaire 9 et de couvercle 10 sont par exemple réalisées en bois contreplaqué. Le panneau isolant secondaire 7 comporte également une première couche de mousse polymère isolante 11 prise en sandwich entre la plaque de fond 8 et la plaque intermédiaire 9 et une seconde couche de mousse polymère isolante 12 prise en sandwich entre la plaque intermédiaire 9 et la plaque de couvercle 10. Les panneaux isolants secondaires 7 sont susceptibles de présenter une autre structure générale, par exemple celle décrite dans le document WO2012/127141. Les panneaux isolants secondaires 7 sont alors réalisés sous forme de caisson comportant une plaque de fond, une plaque de couvercle et des voiles porteurs s'étendant, dans la direction d'épaisseur de la paroi 1 de cuve, entre la plaque de fond et la plaque de couvercle et délimitant une pluralité de compartiments remplis d'une garniture isolante, telle que de la perlite, de la laine de verre ou de roche

La membrane d'étanchéité secondaire 4 comporte une nappe continue de virures 13, métalliques, à bord relevés. Les virures 13 sont soudées par leurs bords relevés 14 sur des supports de soudure parallèles qui sont fixés dans des rainures ménagées sur les plaques de couvercle 10 des panneaux isolants secondaires 7. Les virures 13 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 $2 \cdot 10^{-6}$

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 $7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

La barrière thermiquement isolante primaire 5 comporte une pluralité de panneaux isolants primaires 15 qui sont ancrés sur la paroi porteuse 2 au moyen des dispositifs de retenue. Les panneaux isolants primaires 15 présentent une forme générale parallélépipédique. En outre, comme visible sur la figure 1, ils présentent des dimensions identiques à celles des panneaux isolants secondaires 7 à l'exception de leur épaisseur selon la direction d'épaisseur de la paroi 1 de cuve qui est susceptible d'être différente, et notamment plus faible. Chacun des panneaux isolants primaires 15 est positionné au droit de l'un des panneaux isolants secondaires 7, dans l'alignement de celui-ci selon la direction d'épaisseur de la paroi 1 de cuve.

Comme on peut le voir sur la figure 3, le panneau isolant primaire 15 présente une structure multicouche similaire à celle du panneau isolant secondaire 7. Aussi, le panneau isolant primaire 15 comporte successivement une plaque de fond 16, une première couche de mousse polymère isolante 17, une plaque intermédiaire 18, une deuxième couche de mousse polymère isolante 19 et une plaque de couvercle 20. La mousse polymère isolante peut notamment être une mousse à base de polyuréthane, optionnellement renforcée par des fibres.

La plaque de fond 16 comporte des rainures destinées à recevoir les bords relevés 14 des virures 13 de la membrane d'étanchéité secondaire 4. La structure du panneau isolant primaire 15 est décrite ci-dessus à titre d'exemple. Aussi, dans un autre mode de réalisation, les panneaux isolants primaires 15 sont susceptibles de présenter une autre structure générale, par exemple celle décrite dans le document WO2012/127141.

La paroi de cuve 1 comporte des supports de soudure 26 pour ancrer la membrane étanche primaire 6 à la barrière thermiquement isolante primaire 5. Les supports de soudure 26 seront décrits par la suite.

La figure 1 montre également que la membrane d'étanchéité primaire 6 comporte une nappe continue de plaques métalliques ondulées 21 de forme rectangulaire et qui présentent deux séries d'ondulations mutuellement perpendiculaires. La première série d'ondulations 22 s'étend aux rangées de

panneaux isolants A, B, C et donc perpendiculairement aux bords relevés 14 des virures 13 et présente un espacement régulier 40. La deuxième série d'ondulations 23 s'étend parallèlement aux rangées de panneaux isolants A, B, C et donc parallèlement aux bords relevés 14 des virures 13 et présente un espacement régulier

5 41. De préférence, la première série d'ondulations 22 est plus haute que la deuxième série d'ondulations 23.

Les plaques métalliques ondulées 21 sont soudées ensemble en formant des chevauchements 24 le long de leurs bords visibles sur les figures 4 à 9, selon la technique connue. En effet, au niveau d'un chevauchement entre deux plaques

10 métalliques ondulées 21 adjacentes, l'une des plaques métalliques ondulées 21 comporte une portion déportée 25 venant se placer au-dessus de l'autre des plaques métalliques ondulées 21.

Une plaque métallique ondulée 21 présente de préférence des dimensions de largeur et de longueur qui valent des multiples entiers de l'espacement des

15 ondulations correspondantes et aussi des multiples entiers des dimensions des panneaux isolants primaires 15. La figure 1 montre une plaque métallique ondulée 21 qui mesure 4 fois l'espacement 40 par 12 fois l'espacement 41. De préférence les espacements 40 et 41 sont égaux. Ainsi, l'orientation des ondulations 22 et 23 dans la cuve peut être facilement adaptée aux exigences de l'application sans entraîner de

20 modifications importantes quant à la réalisation des barrières d'isolation.

Par exemple, dans une variante de réalisation, la membrane d'étanchéité primaire 6 est tournée de 90° de sorte que la deuxième série d'ondulations 23 s'étend parallèlement aux rangées de panneaux isolants A, B, C et donc parallèlement aux bords relevés 14 des virures 13.

25 Les panneaux isolants primaires 15 et les panneaux isolants secondaires 7 présentent la même dimension dans la direction de largeur des rangées A, B, C. Cette dimension sera appelée longueur des panneaux isolants par convention. Cette largeur de rangée est un multiple entier de l'espacement des ondulations dans la même direction, ici l'espacement 41, et un multiple entier de la largeur des virures 13,

30 pour faciliter la fabrication de la paroi de cuve de manière modulaire en formant des motifs répétés un grand nombre de fois sur sensiblement toute la paroi porteuse 2.

De préférence, la largeur d'une virure 13 est un multiple entier de l'espacement des ondulations dans la même direction, par exemple le double.

Dans la direction de longueur des rangées A, B, C, un panneau isolant primaire 15 peut présenter la même dimension qu'un panneau isolant secondaire 7 ou un multiple entier de cette dimension. Cette dimension est un multiple entier de l'espacement des ondulations dans la même direction, ici l'espacement 40, pour faciliter la fabrication de la paroi de cuve de manière modulaire en formant des motifs répétés un grand nombre de fois sur toute la paroi porteuse 2.

De préférence, les panneaux isolants primaires 15 et les panneaux isolants secondaires 7 sont de forme carrée. Ainsi, il est plus facile d'adapter l'orientation relative des virures et des ondulations dans la cuve sans nécessiter de modifications importantes dans la conception des panneaux isolants

Exemple dimensionnel préféré

Espacement des ondulations 40, 41 : PO

15 Largeur du panneau isolant primaire 15 et du panneau isolant secondaire 7 : 4PO

Longueur du panneau isolant primaire 15 et du panneau isolant secondaire 7 : 4PO (forme carrée)

Largeur d'une virure 13 : 2PO

Longueur d'une plaque métallique ondulée 21 : 12PO (Fig. 1) ou 8PO (non représenté)

20 Largeur d'une plaque métallique ondulée : 4PO

PO = 300 mm.

Avec ces dimensions, un bon compromis est obtenu entre la facilité de manutention des pièces constitutives de la paroi de cuve et le nombre de pièces devant être assemblées. Cet arrangement simplifie aussi le raccordement des ondulations entre deux parois d'une cuve.

Exemple dimensionnel 2

Espacement des ondulations 40 : PO

Espacement des ondulations 41 : GO

Largeur du panneau isolant primaire 15 et du panneau isolant secondaire 7 : 3GO

Longueur du panneau isolant primaire 15 et du panneau isolant secondaire 7 : 4PO
(forme rectangulaire)

5 Largeur d'une virure 13 : 2PO

Longueur d'une plaque métallique ondulée 21 : 12PO

Largeur d'une plaque métallique ondulée 21 : 3GO

PO = 300 mm

GO = 340 mm

10 Exemple 3

Les ondulations ne sont pas équidistantes, mais disposées selon un motif répété de quatre ondulations, dont les espacements successifs sont :

340 ; 340 ; 340 ; 180mm

De préférence, l'intervalle de 180 mm est divisé en deux portions de 90mm
15 situées sur deux bords opposés de la plaque métallique ondulée 21.

La dimension du motif répété est donc 1200mm. Pour le reste, les dimensions du premier exemple sont conservées.

Exemple 4

Les ondulations ne sont pas équidistantes, mais disposées selon un motif
20 répété de quatre ondulations, dont les espacements successifs sont :

300 ; 400 ; 300 ; 200mm

De préférence, l'intervalle de 200 mm est divisé en deux portions de 100mm
situées sur deux bords opposés de la plaque métallique ondulée.

La dimension du motif répété est donc 1200mm. Pour le reste, les
25 dimensions du premier exemple sont conservées.

La figure 2 représente en vue détaillée la fixation d'une plaque métallique 21 de la membrane d'étanchéité primaire 6 à la barrière thermiquement isolante primaire par des supports de soudure 26.

Chaque panneau isolant primaire 15 comprend des rainures 27 sur la plaque
5 de couvercle 20. Les rainures 27 peuvent être faites de manière continue, en générant des intersections entre les rainures 27, comme illustrées sur les figures 1 et 2. Au niveau d'une intersection entre deux rainures 27, une rainure peut contenir un support d'ancrage 26 qui franchit l'intersection de manière continue tandis que l'autre rainure peut contenir deux supports d'ancrage 26 disposées de part et d'autre de
10 l'intersection.

Pour fixer une plaque métallique 21 de la membrane d'étanchéité primaire 6 à la barrière thermiquement isolante primaire 5, au moins un bord de la plaque métallique 21 s'étendant dans la direction longitudinale est soudée à un support de soudure 26 se trouvant dans une rainure 27 dirigée dans la direction longitudinale et
15 au moins un bord de la plaque métallique 21 s'étendant dans la direction transversale est soudée à un support de soudure 26 se trouvant dans une rainure 27 dirigée dans la direction transversale.

Les supports de soudure 26, par exemple métalliques sont logés de manière coulissante dans les rainures 27 creusées dans les plaques de couvercle 20 de la
20 barrière thermiquement isolante primaire 5. Ce degré de liberté permet que des petits déplacements des bords des plaques métalliques 21 par rapport aux panneaux isolants primaires 15 aient lieu lors des variations de température, ce qui limite les concentrations de contraintes et donc la fatigue de la membrane d'étanchéité primaire 6.

25 Comme on peut le voir dans l'exemple de réalisation illustré par la figure 2, les supports de soudure 26 sont espacés dans les rainures 27. Ces espaces formés entre deux supports de soudure 26 peuvent varier de quelques millimètres à un espacement légèrement supérieur à une ondulation de la plaque métallique ondulée 21. Les espaces formés entre deux supports de soudure 26 dans une rainure 27
30 peuvent être comblés par un matériau isolant.

La figure 3 représente une paroi de cuve 1 en coupe où l'on peut distinguer les différentes couches formant ladite paroi de cuve. Les figures 4 à 9 représentent de manière détaillée la zone de fixation de la membrane d'étanchéité primaire 6 à la barrière thermiquement isolante primaire 5 dans une pluralité de modes de réalisation.

Un premier mode de réalisation de fixation de la membrane d'étanchéité primaire 6 à la barrière thermiquement isolante primaire 5 est illustré à la figure 4.

Dans ce mode de réalisation, le support de soudure 26 comporte une partie inférieure 28 retenue dans la rainure 27 de la barrière thermiquement isolante primaire 5 selon une direction perpendiculaire à la surface de support 31, une partie supérieure 30 parallèle à la surface de support 31 et située sur la barrière thermiquement isolante 5, une partie intermédiaire 29 reliant la partie inférieure 28 à la partie supérieure 30, la partie intermédiaire 29 étant disposée dans la rainure 27 dans une direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante primaire 5.

La partie supérieure 30 du support de soudure 26 est logée dans un lamage 32 adjacent à la rainure 27, le lamage 32 étant formé dans un panneau isolant primaire 15 de la barrière thermiquement isolante primaire 5, de manière à ce que la partie supérieure 30 du support de soudure 26 soit située entre la membrane d'étanchéité primaire 6 et la barrière thermiquement isolante primaire 5 et dans le prolongement de la surface de support 31.

La rainure 27 présente une zone d'entrée 33 qui s'étend dans la direction d'épaisseur et une zone de retenue 34 disposée sous la zone d'entrée 33 et qui se développe parallèlement à la surface de support 31 sur une largeur plus grande que la zone d'entrée 33. La partie inférieure 28 du support de soudure 26 est logée dans la zone de retenue 34 de manière à ce que le support de soudure soit retenu dans la rainure 27. La zone de retenue 34 est formée dans une ou plusieurs plaques de couvercle 20 de la barrière thermiquement isolante primaire 5.

La fixation de la membrane d'étanchéité primaire 6 à la barrière thermiquement isolante primaire 5 est réalisée au niveau de la fixation par chevauchement de deux plaques métalliques 21 adjacentes de la membrane d'étanchéité primaire 6. En effet, une première plaque métallique 21 ne comportant

pas de portion déportée 25 sur ce bord est soudée à la partie supérieure 30 du support de soudure 26 puis une deuxième plaque métallique 21 comportant une portion déportée 25 sur le bord à souder vient recouvrir le support de soudure 26 ainsi que le bord de la première plaque métallique 21. La portion déportée 25 est alors soudée
5 à la première plaque métallique de manière à réaliser un chevauchement étanche, c'est-à-dire avec un cordon de soudure continu tout au long du bord de la plaque métallique 21, recouvrant entièrement le support de soudure.

La figure 5 représente un deuxième mode de réalisation de support de soudure 26 pour fixer la membrane d'étanchéité primaire 6 à la barrière
10 thermiquement isolante primaire 5.

Dans ce mode de réalisation, le support de soudure 26 est inséré dans deux rainures 27 adjacentes s'étendant dans la même direction. Le lamage 32 est ici réalisé sur la partie de la plaque de couvercle 20 située entre les deux rainures 27. La partie supérieure 30 du support de soudure 26 est logée dans le lamage 32
15 s'étendant entre les deux rainures. Le support de soudure 26 comprend une première partie inférieure 28 insérée dans la zone de retenue 34 de la première rainure 27 et une deuxième partie inférieure 28 insérée dans la zone de retenue 34 de la deuxième rainure 27. Le support de soudure 26 comprend également une première partie intermédiaire 29 située dans la zone d'entrée 33 de la première rainure 27 et reliant
20 la première partie inférieure 28 à une extrémité de la partie supérieure 30 et une deuxième partie intermédiaire située dans la zone d'entrée 33 de la deuxième rainure 27 et reliant la deuxième partie inférieure 28 à l'autre extrémité de la partie supérieure 30 du support de soudure 26. La partie inférieure 28 et la partie intermédiaire 29 sont formées de manière continue dans la direction longitudinale.

25 La plaque de couvercle 20 peut être en contre-plaqué ou en composite et avoir une épaisseur comprise entre 9 et 24 mm.

La figure 6 représente un troisième mode de réalisation de support de soudure 26 pour fixer la membrane d'étanchéité primaire 6 à la barrière thermiquement isolante primaire 5.

30 Dans ce mode de réalisation, la zone de retenue 34 se développe parallèlement à la surface de support 31 de part et d'autre de la zone d'entrée 33. Le

support de soudure 26 comporte un premier segment 35 et un deuxième segment 36. Le premier segment 35 comprend une partie inférieure 28 logée dans la zone de retenue 34 de la rainure 27, une partie supérieure 30 parallèle à la surface de support et logée dans le lamage 32 adjacent à la rainure 27, de manière à ce que la partie

5 supérieure 30 du premier segment 35 soit située entre la membrane d'étanchéité primaire 6 et la barrière thermiquement isolante primaire 5 et dans le prolongement de la surface de support 31, comme dans le premier mode de réalisation. Le premier segment 35 comprend également une partie intermédiaire 29 reliant la partie inférieure 28 du premier segment 35 à la partie supérieure 30 du premier segment

10 35, la partie intermédiaire 29 étant disposée dans la zone d'entrée 33 de la rainure 27. Le deuxième segment 36 comprend une partie inférieure 28 logée dans la zone de retenue 34 de la rainure 27 dans une direction opposée à la direction de la partie inférieure 28 du premier segment 35, et une partie intermédiaire 29 soudée par une soudure 98 à la partie intermédiaire 29 du premier segment 35.

15 La figure 7 représente un quatrième mode de réalisation de support de soudure 26 pour fixer la membrane d'étanchéité primaire 6 à la barrière thermiquement isolante primaire 5.

Ce mode de réalisation est très similaire au deuxième mode de réalisation. En effet, la différence majeure entre ces deux modes de réalisation réside sur le

20 deuxième segment 36. Comme on peut le voir sur la figure 7, la barrière thermiquement isolante 5 comprend ici deux lamages 32 de part et d'autre de la rainure 27, l'un des lamages logeant la partie supérieure 30 du premier segment 35. Le deuxième segment 36 comprend en plus de la partie inférieure 28 et la partie intermédiaire 29, une partie supérieure 30 parallèle à la surface de support 31 et logée

25 dans l'autre des lamages 32 de manière à être orientée dans une direction opposée à la direction de la partie supérieure 30 du premier segment 35. La partie supérieure 30 du deuxième segment 36 est ainsi également située entre la membrane d'étanchéité primaire 6 et la barrière thermiquement isolante primaire 5. La partie intermédiaire 29 du deuxième segment 36 relie, comme celle du premier segment 35,

30 la partie inférieure 28 du deuxième segment 36 à la partie supérieure 30 du deuxième segment 36.

La rainure 27 de chacun des modes de réalisation précédemment décrits peut être située au centre d'un panneau isolant primaire 15 comme illustré sur la figure 1 ou à proximité d'un bord d'un panneau isolant primaire 15.

La figure 8 représente un cinquième mode de réalisation de support de
5 soudure 26 pour fixer la membrane d'étanchéité primaire 6 à la barrière thermiquement isolante primaire 5.

Le cinquième mode de réalisation de la figure 8 est très similaire au premier mode de réalisation de la figure 4. Ce mode de réalisation de la figure 8 diffère cependant par l'emplacement de la rainure 27. En effet, comme on peut le voir sur la
10 figure 8, la zone d'entrée 33 de la rainure 27 correspond dans ce mode de réalisation à un espace inter-panneau, c'est-à-dire que la rainure 27 est située entre deux panneaux isolants primaires 15 adjacents de la barrière thermiquement isolante primaire 5. La zone de retenue 34 est donc réalisée dans une direction dans un premier panneau isolant primaire 15 et dans la direction opposée dans un deuxième
15 panneau isolant primaire 15.

La figure 9 représente un sixième mode de réalisation de support de soudure 26 pour fixer la membrane d'étanchéité primaire 6 à la barrière thermiquement isolante primaire 5.

Le sixième mode de réalisation de la figure 9 est très similaire au mode de
20 réalisation de la figure 8. En effet, la zone d'entrée 33 de la rainure 27 correspond également à un espace inter-panneau. Toutefois, dans ce mode de réalisation, la zone de retenue 34 a été remplacée par une attache 37. L'attache 37 est fixée à une paroi de la zone d'entrée 33 correspondant à un côté d'un panneau isolant primaire 15. La partie inférieure 28 du support de soudure 26 est alors logée coulissante dans
25 l'attache 36 de manière à être retenue notamment dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve 1 et dans la direction transversale pour une rainure 27 s'étendant dans la direction longitudinale. Pour cela, la partie inférieure 28 comprend à son extrémité un crochet 38 ayant une forme complémentaire d'un contre-crochet 39 situé sur l'attache 37. Ainsi, le crochet 38 de la partie inférieure 28 vient se loger dans le contre-
30 crochet 39 de l'attache 37 pour réaliser la fixation coulissante. Ce mode de réalisation

peut également être utilisé au centre d'un panneau isolant primaire 15 ou à proximité d'un bord d'un panneau isolant primaire 15.

La figure 10 représente un septième mode de réalisation du support de soudure 26 pour fixer la membrane d'étanchéité primaire 6 à la barrière 5 thermiquement isolante primaire 5.

Le septième mode de réalisation de la figure 10 est très similaire au mode de réalisation de la figure 5. Toutefois, dans ce mode de réalisation, la partie inférieure 28 et la partie intermédiaire 29 du support de soudure sont formées de manière discontinue dans la direction longitudinale de manière à former des pattes reliées à 10 la partie supérieure 30 et espacées les unes des autres dans la direction longitudinale.

La figure 11 représente un huitième mode de réalisation du support de soudure 26 pour fixer la membrane d'étanchéité primaire 6 à la barrière thermiquement isolante primaire 5.

15 Dans ce mode de réalisation, le support de soudure 26 est inséré au centre d'un panneau d'isolation primaire 15 dans deux rainures 27 adjacentes s'étendant dans la direction longitudinale et dans deux rainures 97 (esquissées en trait interrompu sur la figure 11) adjacentes s'étendant dans la direction transversale croisant les deux rainures 27 longitudinales. En effet, le support de soudure 26 de ce 20 mode de réalisation est réalisé par une portion 26A formée dans la direction longitudinale et une portion 26B formée dans la direction transversale, les portions 26A, 26B se croisant de manière à former une croix. Ainsi, la partie supérieure 30 s'étend dans un premier lamage 32 formé entre les deux rainures 27 longitudinales et également dans un deuxième lamage 32 formé entre les deux rainures 97 25 transversales.

La portion 26A comprend donc la portion de la partie supérieure 30 s'étendant dans la direction longitudinale et comprend également une première partie inférieure 28 insérée dans la zone de retenue 34 de la première rainure 27 longitudinale et une deuxième partie inférieure 28 insérée dans la zone de retenue 30 34 de la deuxième rainure 27 longitudinale. La portion 26A comprend également une première partie intermédiaire 29 située dans la zone d'entrée 33 de la première

rainure 27 longitudinale et reliant la première partie inférieure 28 à la partie supérieure 30 et une deuxième partie intermédiaire 29 située dans la zone d'entrée 33 de la deuxième rainure 27 transversale et reliant la deuxième partie inférieure 28 à la partie supérieure 30.

5 Contrairement à la portion 26A, la portion 26B ne comprend pas de partie inférieure 28. La portion 26B est formée de la portion de la partie supérieure 30 s'étendant dans la direction transversale et comprend également une première partie intermédiaire 29 située dans la première rainure 97 transversale et reliée à la partie supérieure 30 et une deuxième partie intermédiaire 29 située dans la zone d'entrée
10 33 de la deuxième rainure 97 transversale et reliée à la partie supérieure 30. Les rainures 97 transversales ont une ouverture importante de manière à assurer un jeu suffisant du support de soudure 26 dans la direction longitudinale. Ainsi le support de soudure 26 garde un degré de liberté suffisant dans la direction longitudinale. De la même manière, les rainures longitudinales 27 peuvent également avoir une ouverture
15 importante dans ce mode de réalisation pour permettre un jeu dans la direction transversale.

De plus, afin de pouvoir loger les parties inférieures 28 et les parties intermédiaires 29 dans les rainures longitudinales 27 et transversales 97, le support de soudure 26 est inséré en force dans le croisement des rainures longitudinales 27
20 et transversales 97.

Dans d'autres modes de réalisation non illustrés, les modes de réalisation décrits aux figures 4 à 11 peuvent être combinés lorsque les caractéristiques de ces modes sont compatibles entre elles.

Par exemple, le mode de réalisation décrit à la figure 5 peut comprendre
25 dans chacune des rainures 27 à la place de la zone de retenue 34, des attaches 36. Les deux parties inférieures 28 du support de soudure 26 sont alors munies de crochets 38 qui sont logés dans les contre-crochets 39 des attaches 36.

Dans un autre exemple de mode de réalisation non illustré, le mode de réalisation décrit à la figure 7 peut comprendre à la place de la zone de retenue 34, des
30 attaches 36, une première attache 36 fixée sur la paroi de la rainure 27 proche du premier segment 35 et une deuxième attache 36 fixée sur la paroi de la rainure 27

proche du deuxième segment 36. La partie inférieure 28 du premier segment 35 et la partie inférieure 28 du deuxième segment 36 sont munies de crochets 38 logés dans un contre-crochet 38 de chacune des attaches 36.

La technique décrite ci-dessus pour réaliser une paroi de cuve étanche peut être utilisée dans différents types de réservoirs, par exemple pour constituer la paroi de cuve d'un réservoir de GNL dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre.

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 appropriées, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 71.

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 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.

5 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.

10 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.

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.

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

REVENDICATIONS

1. Paroi de cuve (1) étanche et thermiquement isolante pour former une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un gaz liquéfié, la paroi de cuve (1) comprenant :
- 5 une membrane d'étanchéité (6) destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve, la membrane d'étanchéité (6) comportant une plaque métallique (21) ondulée,
- une barrière thermiquement isolante (5) formant une surface de support (31) pour la membrane d'étanchéité (6) et comportant une rainure (27) s'étendant dans une
- 10 direction longitudinale,
- au moins un support de soudure (26) porté par la barrière thermiquement isolante (5), le support de soudure (26) comportant une partie inférieure (28) retenue dans la rainure (27) de la barrière thermiquement isolante (5) selon une direction perpendiculaire à la surface de support (31), une partie supérieure (30) parallèle à la
- 15 surface de support (31), une partie intermédiaire (29) reliant la partie inférieure (28) à la partie supérieure (30), la partie intermédiaire (29) étant disposée dans la rainure (27) dans une direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante (5), dans laquelle l'au moins un support de soudure (26) est monté glissant dans ladite rainure (27) dans la direction longitudinale, et la plaque métallique (21) ondulée est
- 20 soudée à la partie supérieure (30) du support de soudure (26),
- et dans laquelle la partie supérieure (30) du support de soudure (26) est logée dans un lamage (32) adjacent à la rainure (27), le lamage (32) étant formé dans la barrière thermiquement isolante (5), de manière à ce que la partie supérieure (30) du support de soudure (26) soit située entre la membrane d'étanchéité (6) et la barrière
- 25 thermiquement isolante (5) et dans le prolongement de la surface de support (31).
2. Paroi de cuve (1) selon la revendication 1, dans laquelle la rainure est une rainure longitudinale, le bord est un premier bord, le support de soudure est un premier support de soudure, et la barrière thermiquement isolante comprend une rainure transversale s'étendant dans une direction transversale perpendiculaire à la
- 30 direction longitudinale, dans laquelle la paroi comprend un deuxième support de soudure dont la partie inférieure est retenue dans la rainure transversale de la barrière thermiquement isolante, et dans laquelle un deuxième bord de la plaque métallique

ondulée s'étendant dans la direction transversale est soudée à la partie supérieure du deuxième support de soudure.

3. Paroi de cuve (1) selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans laquelle ladite rainure (27) présente dans la barrière thermiquement isolante (5) une zone d'entrée (33) qui s'étend dans la direction d'épaisseur, la rainure (27) comprenant une zone de retenue (34) disposée sous la zone d'entrée (33) et qui se développe parallèlement à la surface de support (31) sur une largeur plus grande que la zone d'entrée (33), et dans laquelle la partie inférieure (28) du support de soudure (26) est logée dans la zone de retenue (34).

10 4. Paroi de cuve (1) selon la revendication 3, dans laquelle la zone de retenue (34) se développe parallèlement à la surface de support (31) de part et d'autre de la zone d'entrée (33), et ledit support de soudure (26) comporte un premier segment (35) et un deuxième segment (36), le premier segment (35) comprenant une partie inférieure (28) retenue dans la zone de retenue (34) de la barrière
15 thermiquement isolante (5) selon une direction perpendiculaire à la surface de support (31), une partie supérieure (30) parallèle à la surface de support (31) et logée dans le lamage (32) adjacent à la rainure (27), de manière à ce que la partie supérieure (30) du premier segment (35) soit située entre la membrane d'étanchéité (6) et la barrière thermiquement isolante (5) et dans le prolongement de la surface de
20 support (31), une partie intermédiaire (29) reliant la partie inférieure (28) du premier segment (35) à la partie supérieure (30) du premier segment (35), la partie intermédiaire (29) étant disposée dans la rainure (27) dans une direction d'épaisseur de la barrière thermiquement isolante (5), et le deuxième segment (36) comprenant une partie inférieure (28) retenue dans la zone de retenue (34) de la barrière
25 thermiquement isolante (5) dans une direction opposée à la direction de la partie inférieure (28) du premier segment (35), et une partie intermédiaire (29) soudée à la partie intermédiaire (29) du premier segment (35), et dans laquelle la partie supérieure (30) du premier segment (35) est soudée à la plaque métallique (21) ondulée.

30 5. Paroi de cuve (1) selon la revendication 4, dans laquelle le lamage (32) est un premier lamage (32), la barrière thermiquement isolante (5) comprenant un deuxième lamage (32), le premier lamage (32) et le deuxième lamage (32) étant

situés de part et d'autre de ladite rainure (27), et dans laquelle le deuxième segment (36) comprend une partie supérieure (30) parallèle à la surface de support (31) et logée dans le deuxième lamage (32), de manière à ce que la partie supérieure (30) du deuxième segment (36) soit située entre la membrane d'étanchéité (6) et la
5 barrière thermiquement isolante (5) et dans le prolongement de la surface de support (31), la partie intermédiaire (29) du deuxième segment (36) reliant la partie inférieure (28) du deuxième segment (36) à la partie supérieure (30) du deuxième segment (36).

6. Paroi de cuve (1) selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans laquelle ladite rainure (27) présente dans la barrière thermiquement isolante (5)
10 une zone d'entrée (33) qui s'étend dans la direction d'épaisseur, la zone d'entrée (33) comprenant une attache (37) fixée à une paroi de ladite rainure (27), et dans laquelle la partie inférieure (28) du support de soudure (26) est logée coulissante dans l'attache (37).

7. Paroi de cuve (1) selon la revendication 6, dans laquelle la partie
15 inférieure (28) comprend un crochet (38) et l'attache (37) comprend un contre crochet (39), le crochet (38) étant logé dans le contre crochet (39).

8. Paroi de cuve (1) selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle la plaque métallique (21) soudée à la partie supérieure (30) du support de soudure (26) est une première plaque métallique (21), dans laquelle la membrane d'étanchéité
20 (6) comprend une deuxième plaque métallique (21) ondulée comportant une portion déportée (25) soudée au-dessus de la première plaque métallique (21) pour former un chevauchement (24) étanche entre les deux plaques métalliques (21) et dans laquelle la soudure (98) entre la partie supérieure (30) du support de soudure (26) et la première plaque métallique (21) est située en-dessous de la portion déportée (25)
25 de la deuxième plaque métallique (21).

9. Paroi de cuve (1) selon l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle la barrière thermiquement isolante (5) comporte une pluralité de panneaux isolants (15) parallélépipédiques juxtaposés, la partie inférieure (28) du support de soudure (26) étant retenue dans un panneau isolant (15) de la barrière thermiquement isolante
30 (5) et le lamage (32) étant formé dans ledit panneau isolant (15).

10. Paroi de cuve (1) selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle la barrière thermiquement isolante (5) comporte une pluralité de panneaux isolants (15) parallélépipédiques juxtaposés et dans laquelle ladite rainure (27) est située entre deux panneaux isolants (15) adjacents de la barrière thermiquement isolante (5) de manière à ce que la zone d'entrée (33) soit un espace inter-panneau.

11. Paroi de cuve (1) selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle la barrière thermiquement isolante (5) comporte une pluralité de panneaux isolants (15) parallélépipédiques juxtaposés et dans laquelle ladite rainure (27) est située au centre d'un panneau isolant (15) de la barrière thermiquement isolante (5).

10 12. Paroi de cuve (1) selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle la barrière thermiquement isolante (5) comporte une pluralité de panneaux isolants (15) parallélépipédiques juxtaposés et dans laquelle ladite rainure (27) est située à proximité d'un bord d'un panneau isolant (15).

13. Paroi de cuve (1) selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle
15 la rainure (27) est une première rainure (27) et la barrière thermiquement isolante (5) comporte une deuxième rainure (27) s'étendant dans la direction longitudinale à distance de la première rainure (27), le lamage (32) s'étendant entre les deux rainures (27), la partie supérieure (30) du support de soudure (26) étant logée dans le lamage (32) s'étendant entre les deux rainures (27), et dans laquelle la partie inférieure (28)
20 est une première partie inférieure (28) et la partie intermédiaire (29) est une première partie intermédiaire (29), le support de soudure (26) comprenant une deuxième partie inférieure (28) et une deuxième partie intermédiaire (29) reliant la deuxième partie inférieure (28) à la partie supérieure (30) du support de soudure (26), de sorte que la première partie inférieure (28) et la première partie intermédiaire (29) sont situées
25 dans la première rainure (27) et que la deuxième partie inférieure (28) et la deuxième partie intermédiaire (29) sont situées dans la deuxième rainure (27) distincte de la première rainure (27).

14. Paroi de cuve (1) selon la revendication 13, dans laquelle chaque
partie inférieure (28) est formée d'une pluralité de portions de partie inférieure
30 espacées les unes des autres dans la direction longitudinale et chaque partie intermédiaire (29) est formée d'une pluralité de portions de partie intermédiaire

espacées les unes des autres dans la direction longitudinale de manière à ce que chaque portion de partie intermédiaire relie l'une des portions de partie inférieure à la partie supérieure (30).

15. Paroi de cuve (1) selon la revendication 13 ou la revendication 14,
5 dans laquelle la partie supérieure (30) est une première partie supérieure (30) et la barrière thermiquement isolante (5) comporte une troisième rainure (27) s'étendant dans la direction transversale et une quatrième rainure (27) adjacente à la troisième rainure (27) et s'étendant dans la direction transversale, et dans laquelle le support de soudure (26) comprend une deuxième partie supérieure (30) étant logée dans un
10 lamage (32) transversal s'étendant entre la troisième rainure (27) et la quatrième rainure (27), les troisième et quatrième rainures (27) croisant les première et deuxième rainures (27).

16. Paroi de cuve (1) selon la revendication 15, dans laquelle une troisième partie intermédiaire (29) est située dans une zone d'entrée (33) de la
15 troisième rainure (27) et reliée à la deuxième partie supérieure (30), et une quatrième partie intermédiaire (29) est située dans une zone d'entrée (33) de la quatrième rainure (27) et reliée à la deuxième partie supérieure (30).

17. Paroi de cuve (1) selon l'une des revendications 1 à 16, dans laquelle la barrière thermiquement isolante (5) est une barrière thermiquement
20 isolante primaire (5) et la membrane d'étanchéité (6) est une membrane d'étanchéité primaire (6), et dans laquelle la paroi de cuve (1) comporte en outre une membrane d'étanchéité secondaire (4) située sous la barrière thermiquement isolante primaire (5) et une barrière thermiquement isolante secondaire (3) située sous la membrane d'étanchéité secondaire (4) et comprenant une pluralité de panneaux isolants (7)
25 parallélépipédiques juxtaposés formant une surface de support (31) pour la membrane d'étanchéité secondaire (4).

18. Paroi de cuve (1) selon la revendication 17, dans laquelle la membrane d'étanchéité secondaire (4) comporte une pluralité de virures (13)
parallèles à la direction longitudinale, une virure (13) comportant une portion centrale
30 plane reposant sur une surface supérieure des panneaux isolants (7) de la barrière thermiquement isolante secondaire (3) et deux bords relevés (14) faisant saillie vers la membrane d'étanchéité primaire (6) par rapport à la portion centrale, les virures

(13) étant juxtaposées dans une direction transversale perpendiculaire à la direction longitudinale selon un motif répété et soudées ensemble de manière étanche au niveau des bords relevés (14), des ailes d'ancrage ancrées aux panneaux isolants de la barrière thermiquement isolante secondaire (3) et parallèles à la direction
5 longitudinale étant agencées entre les virures (13) juxtaposées pour retenir la membrane d'étanchéité secondaire (4) sur la barrière thermiquement isolante secondaire (3).

19. Cuve étanche et thermiquement isolante (71) disposée dans une structure porteuse, la cuve comportant une pluralité de parois fixées les unes aux
10 autres de manière étanche afin de former un espace intérieur pour la réception d'un gaz liquéfié, dans laquelle au moins une des parois de cuve (1) est selon l'une des revendications 1 à 18.

20. Navire (70) pour le transport d'un produit liquide froid, le navire comportant une double coque (72) et une cuve (71) selon la revendication 19
15 disposée dans la double coque.

21. Système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant un navire (70) selon la revendication 20, 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
20 un flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

22. Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon la revendication 20, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) depuis ou vers une installation de stockage
25 flottante ou terrestre (77) vers ou depuis la cuve du navire (71)..