

Paroi de cuve étanche comprenant une membrane d'étanchéité

Domaine technique

L'invention se rapporte au domaine des cuves étanches, notamment pour le stockage ou le transport de fluides, et en particulier à des cuves étanches et
5 thermiquement isolantes pour des gaz liquéfiés à basse température.

Des cuves étanches et thermiquement isolantes sont notamment employées pour le stockage de gaz liquéfié comme le gaz naturel liquéfié (GNL) ou le gaz de pétrole liquéfié (GPL), qui est stocké, à pression atmosphérique. Ces cuves peuvent être installées à terre ou sur un ouvrage flottant.

10 Arrière-plan technologique

On connaît par exemple d'après WO2012072906 ou FR3054872 des cuves de stockage ou de transport pour des gaz liquéfiés à basse température dont la ou chaque membrane d'étanchéité, notamment une membrane d'étanchéité primaire en contact avec le produit contenu dans la cuve, est constituée de tôles métalliques
15 minces, nommées virures métalliques, qui sont reliées entre elles, de manière étanche afin d'assurer l'étanchéité de la cuve.

Lesdites virures métalliques sont fixées sur la barrière thermiquement isolante dans ce type de cuve. En effet, une surface supérieure de la barrière thermiquement isolante présente une rainure creusée dans une direction d'épaisseur
20 depuis la surface supérieure et se développant dans une direction longitudinale de la barrière thermiquement isolante. Un support de soudure, comprenant une base et une branche reliée à la base, est inséré de manière glissante dans la rainure. La base est logée dans la rainure de manière à retenir le support de soudure sur la barrière thermiquement isolante selon une direction perpendiculaire à la surface supérieure.
25 La branche du support de soudure fait saillie au-dessus de la surface supérieure.

Deux virures métalliques sont disposées de part et d'autre du support de soudure. Ces virures métalliques présentent chacune une portion médiane plane en appui sur la surface supérieure. Ces virures métalliques présentent en outre des bords latéraux relevés. Un bord relevé de chacune des deux virures métalliques

adjacentes est soudé de part et d'autre de la branche du support de soudure. Le support de soudure est couramment d'une épaisseur inférieure à celle des virures.

Les bords relevés forment ainsi avec le support de soudure des soufflets déformables permettant d'absorber les efforts liés à la contraction de la membrane
5 étanche, par exemple lors d'un chargement de liquide cryogénique dans la cuve.

Une telle membrane peut être désignée comme membrane à soufflets rentrants, les soufflets étant orientés vers l'intérieur de la cuve.

On connaît également d'après WO2015022473 des cuves à membranes où une première paroi de cuve et une seconde paroi de cuve adjacentes forment une
10 arête, la cuve comportant en outre une pièce d'angle étanche située au niveau de l'arête. Les plaques adjacentes à l'arête sont ici liées entre elles à l'aide de deux ailes de renforts de la pièce d'angle à l'intérieur de la rainure. La fixation se fait alors côté sortant de la cuve. Cependant, une plaque métallique nommée cornière d'angle vient également fixer les deux plaques au-dessus de la surface de support de manière à
15 recouvrir la zone de fixation et les ailes de renforts de l'arête ce qui ne permet pas d'avoir de soufflet déformable au niveau de la liaison des deux plaques de membrane.

Résumé

Lors du transport de fluide contenu dans la cuve étanche, notamment quand la cuve n'est pas remplie entièrement, le fluide est soumis à un ballotement le faisant
20 se déplacer d'une paroi à l'autre, ce phénomène étant également connu sous le nom anglais de « sloshing ». Le ballotement du fluide vient alors appliquer des contraintes sur les parois de la cuve et notamment sur ces parties les saillantes comme les bords relevés. Dans les cuves de l'art antérieur, ces contraintes sur les bords relevés peuvent avoir pour conséquence de fléchir les bords relevés. Des bords relevés
25 fléchis ne réalisent plus de manière efficace un soufflet permettant d'absorber la contraction de la membrane et pourraient occasionner un endommagement de la membrane ce qui nuirait à l'étanchéité de la cuve.

Une idée à la base de l'invention est de réduire ou d'empêcher le risque de fléchissement des bords relevés de manière à éviter toute dégradation de la cuve
30 étanche.

Une autre idée à la base de l'invention est de conserver des soufflets déformables sur la membrane d'étanchéité de manière à absorber les efforts liés à la contraction de la membrane.

Une autre idée à la base de l'invention est de fournir une membrane étanche
5 utilisable dans une cuve étanche pour le transport ou le stockage d'un produit froid et qui maximise le volume utile de la cuve.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une paroi de cuve étanche, pour le stockage d'un fluide, comportant :

- une surface de support comportant au moins une rainure creusée dans une direction
10 d'épaisseur de la paroi de cuve et se développant dans une direction longitudinale ;
 - une membrane d'étanchéité métallique portée par la surface de support selon la direction longitudinale, la membrane d'étanchéité métallique comportant au moins un support métallique, de préférence une pluralité de supports métalliques, porté par la surface de support, ledit support métallique comportant une première aile d'ancrage
15 et une deuxième aile d'ancrage fixées l'une à l'autre de manière étanche, les ailes d'ancrages comprenant chacune une portion supérieure s'étendant au-dessus de la surface de support selon une direction transversale de manière à ce que la portion supérieure de la première aile d'ancrage s'étende d'un côté de la rainure et que la portion supérieure de la deuxième aile d'ancrage s'étende de l'autre côté de la
20 rainure, les ailes d'ancrages comprenant également chacune une base retenue dans la rainure de la surface de support selon une direction perpendiculaire à la surface de support avec un degré de liberté dans la direction longitudinale, et les ailes d'ancrages comprenant chacune une branche reliant la portion supérieure à la base ;
- dans laquelle les branches des ailes d'ancrages sont déformables élastiquement en
25 flexion selon la direction transversale de manière à permettre un déplacement selon la direction transversale des portions supérieures des ailes d'ancrages l'une par rapport à l'autre.

Grâce à ces caractéristiques, la paroi de cuve étanche ne possède pas de bords relevés pour constituer sa membrane d'étanchéité mais au moins un support
30 métallique, il n'y a donc plus de partie saillante subissant le ballonnement du fluide et plus de risque de voir fléchir ces bords relevés. De plus, le support métallique permet d'obtenir une membrane à soufflet sortant, le ou les soufflets étant orientés vers

l'extérieur de la cuve, le ou les soufflets permettant d'absorber les efforts liés à la contraction de la membrane.

Selon un mode de réalisation, la surface de support comprend une pluralité de rainures, et la membrane d'étanchéité comprend une pluralité de supports
5 métalliques dont au moins une base d'une aile d'ancrage de la pluralité de supports métalliques est retenue dans chacune des rainures.

Selon un mode de réalisation, l'au moins un support métallique est réalisé dans tout type de métal comme par exemple un acier inoxydable.

Selon un mode de réalisation, l'au moins un support métallique est réalisé
10 dans un métal présentant un coefficient de dilatation thermique faible, par exemple ce métal peut être un alliage fer-nickel dont le coefficient de dilatation thermique est compris entre $1,2$ et $2,0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, ou d'un alliage de fer à forte teneur en manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement de l'ordre de $7,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Selon un mode de réalisation, la rainure comprend une partie débouchant
15 évasée. La partie débouchant évasée peut par exemple être réalisée à l'aide de chanfreins de part et d'autre de la rainure.

Ainsi, la partie débouchant évasée permet d'augmenter l'espace où peut se déformer les ailes d'ancrages et ainsi augmenter l'effet soufflet en augmentant le déplacement possible selon la direction transversale des portions supérieures des
20 ailes d'ancrages.

Selon un mode de réalisation, la dimension transversale de la rainure est supérieure à deux fois l'épaisseur d'une aile d'ancrage. La dimension transversale de la rainure peut par exemple être supérieure à cinq fois l'épaisseur d'une aile d'ancrage.

25 Grâce à ces caractéristiques, la dimension transversale de la rainure permet de laisser un jeu entre le support métallique et la rainure permettant de laisser un espace où peut se déformer les ailes d'ancrages et ainsi augmenter l'effet soufflet de la membrane.

Selon un mode de réalisation, les ailes d'ancrages sont soudées l'une à
30 l'autre par une soudure longitudinale primaire à l'intérieur de la rainure.

Ainsi, la soudure permet de réaliser l'étanchéité entre les deux ailes d'ancrages. De plus, la soudure est réalisée à l'intérieur de la rainure car la distance dans la direction de l'épaisseur de la paroi, entre la portion supérieure d'une aile d'ancrage et la soudure longitudinale primaire permet de créer et d'augmenter l'effet
5 soufflet dont la membrane a besoin pour se contracter. En effet, plus la distance entre la portion supérieure d'une aile d'ancrage et la soudure longitudinale primaire est importante, plus le débattement transversal de la membrane sera important.

Selon un mode de réalisation, la soudure longitudinale primaire se trouve au niveau des branches des ailes d'ancrages.

10 Selon un mode de réalisation, la distance dans la direction de l'épaisseur de la paroi, entre la portion supérieure d'une aile d'ancrage et la soudure longitudinale primaire est compris entre 15 mm et 50 mm.

Selon un mode de réalisation, le support métallique comprend une partie de liaison qui relie de manière étanche l'une à l'autre les bases des ailes d'ancrages à
15 l'intérieur de la rainure.

Grâce à ces caractéristiques, la partie de liaison permet de réaliser l'étanchéité entre les deux ailes d'ancrages. De plus, du fait qu'elle relie les bases de chacune des ailes d'ancrages, la partie de liaison est éloignée de la portion supérieure de la longueur de la branche d'une aile d'ancrage. Les branches d'ailes d'ancrages
20 peuvent donc se déformer élastiquement en flexion sur toute leur longueur ce qui permet un déplacement selon la direction transversale des portions supérieures potentiellement plus important.

Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité métallique comprend une pluralité desdits supports métalliques agencés parallèlement les uns
25 aux autres, dans laquelle les portions supérieures des ailes d'ancrages de deux supports métalliques adjacents sont directement ou indirectement reliées de manière étanche.

Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité métallique comprend une bande métallique reposant sur la surface de support, la bande
30 métallique étant disposée parallèlement aux supports métalliques, et dans laquelle un premier bord de la bande métallique est soudé à la portion supérieure de la

première aile d'ancrage d'un premier des supports métalliques par une première soudure longitudinale secondaire, et un deuxième bord de la bande métallique est soudée à la portion supérieure de la deuxième aile d'ancrage d'un deuxième des supports métalliques par une deuxième soudure longitudinale secondaire.

- 5 Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité métallique comprend une pluralité de bandes métalliques, une ou chacune des dites bandes métalliques étant disposées parallèlement aux supports métalliques.

Ainsi, la membrane comporte une ou plusieurs bandes métalliques ainsi qu'un ou plusieurs supports métalliques reliant chacune des bandes les unes aux
10 autres de manière à former un ensemble étanche aux fluides.

Selon un mode de réalisation, l'épaisseur du support métallique est supérieure ou égale à l'épaisseur d'une bande métallique.

Selon un mode de réalisation, l'épaisseur du support métallique est comprise entre 0,7 et 1,5 mm, l'épaisseur d'une bande étant par exemple inférieure ou égale à
15 0,7 mm.

Selon un mode de réalisation, ladite ou lesdites bandes métalliques sont réalisées dans tout type de métal comme par exemple un acier inoxydable.

Selon un mode de réalisation, ladite ou lesdites bandes métalliques sont réalisées dans un métal présentant un coefficient de dilatation thermique faible, par
20 exemple ce métal peut être un alliage fer-nickel dont le coefficient de dilatation thermique est compris entre $1,2$ et $2,0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, ou d'un alliage de fer à forte teneur en manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement de l'ordre de $7,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Selon un mode de réalisation, une extrémité de la bande métallique est
25 située entre la surface de support et la portion supérieure d'une aile d'ancrage et la soudure longitudinale secondaire est réalisée sur la portion supérieure, par exemple à une extrémité de la portion supérieure, de manière à relier la bande métallique avec la portion supérieure.

Grâce à ces caractéristiques, le placement de la portion supérieure des ailes d'ancrages sur les bandes métalliques permet de faciliter la réalisation de soudure de tôles de différentes épaisseurs,

- Selon un mode de réalisation, la section transversale de la bande métallique
- 5 comporte une portion médiane plane reposant sur la surface de support et au moins une portion déportée parallèle et à distance de la surface de support, la portion supérieure d'une aile d'ancrage étant située entre la surface de support et la portion déportée et dans laquelle la soudure longitudinale secondaire reliant une dite portion supérieure et un bord de la bande métallique est réalisée sur la portion déportée de
- 10 la bande métallique.

Grâce à ces caractéristiques, la fixation d'une aile d'ancrage à une bande est facilitée car le chevauchement de la portion déportée avec la portion supérieure facilite le soudage et permet également d'avoir une tolérance de fabrication des pièces plus importantes.

- 15 Selon un mode de réalisation la portion déportée est formée par emboutissage d'une extrémité de la bande métallique ou par soudage d'une plaque rapportée sur une extrémité de la bande métallique.

Selon un mode de réalisation, une ou plusieurs bandes métalliques comportent deux portions déportées de part et d'autre de la portion médiane plane.

- 20 Selon un mode de réalisation, la distance entre la surface de support et la portion déportée est sensiblement égale ou supérieure à l'épaisseur de la portion supérieure de l'aile d'ancrage, de préférence sensiblement égale.

- Selon un mode de réalisation, la section transversale de la portion supérieure du ou d'un support métallique comporte une portion plane reposant sur la surface de
- 25 support et au moins une portion déportée parallèle et à distance de la surface de support, une partie d'une bande métallique étant située entre la surface de support et la portion déportée et dans laquelle la soudure longitudinale secondaire reliant une dite portion supérieure et un bord de la bande métallique est réalisée sur la portion déportée de la portion supérieure.

Selon un mode de réalisation, la rainure est la rainure principale, et la surface de support comprend au moins une rainure secondaire creusée dans la direction d'épaisseur et se développant dans la direction longitudinale à proximité, de préférence à proximité immédiate, de la rainure principale et dans laquelle au moins
5 une partie ou la portion supérieure d'une aile d'ancrage est située dans la rainure secondaire. L'au moins une partie ou la portion supérieure d'une aile d'ancrage située dans la rainure secondaire peut être par exemple en dessous d'une bande métallique.

Ainsi, la fixation d'une aile d'ancrage à une bande est facilitée car le chevauchement de la bande avec la portion supérieure située dans la rainure
10 secondaire facilite le soudage et permet également d'avoir une tolérance de fabrication des pièces plus importantes.

Selon un mode de réalisation, la paroi de cuve étanche comprend une couche d'isolation thermique dans la rainure secondaire en dessous de la portion supérieure d'une aile d'ancrage.

15 Selon un mode de réalisation, la surface de support comprend deux rainures secondaires de part et d'autre de la rainure principale

Selon un mode de réalisation, la dimension de la rainure secondaire dans la direction de l'épaisseur est sensiblement égale ou supérieure à l'épaisseur de la portion supérieure de l'aile d'ancrage.

20 Selon un mode de réalisation la dimension de la rainure secondaire dans la direction transversale est sensiblement égale ou supérieure à la dimension de la portion supérieure de l'aile d'ancrage dans la direction transversale.

Selon un mode de réalisation, la rainure présente une zone d'entrée qui s'étend dans la direction d'épaisseur, la rainure comprenant une zone de retenue
25 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 base d'au moins une aile d'ancrage du support métallique est logée dans la zone de retenue.

Selon un mode de réalisation, la zone de retenue se développe
30 parallèlement à la surface de support, de part et d'autre de la zone d'entrée.

Selon un mode de réalisation, la base d'une ou chacune des ailes d'ancrages est de forme plate.

Selon un mode de réalisation, la rainure comprend au moins une attache, l'attache étant configurée pour retenir l'une des bases du support métallique dans la
5 rainure, de préférence la rainure comprend deux attaches de manière à retenir la base de la première aile d'ancrage et la base de la deuxième aile d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, l'une des bases du support métallique présente une forme arrondie et l'attache présente une portion arrondie complémentaire de manière à ce que la base du support métallique et la portion
10 arrondie de l'attache s'emboîtent l'une dans l'autre. De préférence, les deux bases du support métallique présentent chacune une forme arrondie et les deux attaches présentent chacune une portion arrondie complémentaire de manière à ce que la base du support métallique et la portion arrondie de l'attache correspondantes s'emboîtent l'une dans l'autre.

15 Selon un mode de réalisation, la paroi de cuve étanche comprend une barrière thermiquement isolante comportant un panneau de dessus présentant la surface de support. Une telle barrière thermiquement isolante peut être réalisée de nombreuses manières, selon la technique décrite par exemple dans les publications FR-A-2798902, WO-A-2017103500 ou WO-A-2017207938.

20 Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante primaire et la membrane d'étanchéité est une membrane d'étanchéité primaire, et dans laquelle la paroi de cuve étanche comporte une barrière thermiquement isolante secondaire et une membrane d'étanchéité secondaire disposée sous la barrière thermiquement isolante primaire.

25 Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche polyédrique comprenant une pluralité de parois de cuve étanche fixées les unes aux autres de manière étanche pour former un espace intérieur polyédrique pour le stockage d'un fluide, dans laquelle une ou plusieurs des dites parois de cuve étanche est comme précitée.

30 Selon d'autres modes de réalisation avantageux, une telle cuve peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

Selon des modes de réalisation, la cuve peut comprendre une ou plusieurs des parois de cuve de la liste suivante :

- une paroi de plafond,
- une paroi de fond,
- 5 - une ou plusieurs parois latérales de cofferdam reliant la paroi de fond à la paroi de plafond,
- une ou plusieurs parois latérales reliant la ou les parois latérales de cofferdam,
- une ou plusieurs parois inférieures formant chanfreins reliant la ou les parois latérales à la paroi de fond et
- 10 - une ou plusieurs parois supérieures formant chanfreins reliant la ou les parois latérales à la paroi de plafond ;

L'une ou plusieurs des parois de cuve de la liste peut être une paroi de cuve 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
- 15 ou en eau profonde, notamment un navire méthanier, une unité flottante de stockage et de regazéification (FSRU), une unité flottante de production et de stockage déporté (FPSO) et autres. Une telle cuve peut aussi servir de réservoir de carburant dans tout type de navire.

- Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un navire pour le
- 20 transport d'un produit liquide, le navire comportant une coque et une cuve selon l'invention disposée dans la coque.

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

- Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un produit liquide, le système comportant le navire précité, des canalisations isolées agencées de manière à relier la cuve étanche installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre et une pompe
- 30 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 étanche du navire.

Brève description des figures

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 partielle et arrachée d'une paroi de cuve étanche et isolante selon l'invention.
- 10 - **La figure 2** est une vue en coupe schématique d'un support métallique ancré dans une surface de support, les bases du support étant plates.
- **La figure 3** est une vue en coupe schématique d'un support métallique ancré dans une surface de support, les bases du support étant plates et le support étant soudé en dessous des bandes métalliques.
- 15 - **La figure 4** est une vue en coupe schématique d'un support métallique ancré dans une surface de support, les bases du support étant arrondies et fixées à des attaches et le support étant soudé à des bandes métalliques.
- **La figure 5** est une vue partielle en perspective d'un support métallique ancré dans une surface de support selon la figure 4.
- 20 - **La figure 6** est une vue en coupe schématique d'un support métallique ancré dans une surface de support, la surface présentant une rainure secondaire.
- **La figure 7** est une vue en coupe schématique d'un support métallique ancré dans une surface de support, le support étant soudé au-dessus à des bandes métalliques
- 25 - **La figure 8** est une représentation schématique écorchée d'un navire comportant une cuve étanche de stockage de fluide et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

Description détaillée de modes de réalisation

Dans la description ci-dessous, on fait référence à une membrane d'étanchéité dans le cadre d'une cuve étanche. Une telle cuve comporte un espace interne, formé par une pluralité de parois de cuve, destiné à être rempli par exemple de gaz combustible ou non combustible. Le gaz peut notamment être un gaz naturel
5 liquéfié (GNL), c'est-à-dire un mélange gazeux comportant majoritairement du méthane ainsi qu'un ou plusieurs autres hydrocarbures, tels que l'éthane, le propane, le n-butane, le i-butane, le n-pentane le i-pentane, le néopentane, et de l'azote en faible proportion. Le gaz peut également être de l'éthane ou un gaz de pétrole liquéfié (GPL), c'est-à-dire un mélange d'hydrocarbures issu du raffinage du pétrole
10 comportant essentiellement du propane et du butane.

Par convention, la direction longitudinale est définie par la direction de la longueur de la paroi de cuve. La direction d'épaisseur est définie par la direction de l'épaisseur de la paroi de cuve. La direction transversale est définie par la direction de la largeur de la paroi de cuve. La direction longitudinale, la direction transversale
15 et la direction d'épaisseur forment un repère orthogonal en trois dimensions.

La membrane d'étanchéité 50, 52 repose sur une surface de support 11 formée par une barrière thermiquement isolante 51, 53 de la cuve 71. Cette membrane d'étanchéité 50, 52 présente une structure répétée comportant alternativement d'une part des bandes de tôle 22 disposées sur la surface de support
20 11 et, d'autre part, des supports métalliques 16 allongés liés à la surface de support 11 et s'étendant parallèlement aux bandes de tôle 22 sur au moins une partie de la longueur des bandes de tôle 22. Une extrémité des bandes de tôle 22 est soudée contre les supports métalliques 16 adjacents. Une telle structure est par exemple utilisée dans les cuves de méthanier de type NO96 commercialisées par la
25 déposante.

Se référant à la figure 1, la structure porteuse d'un navire est constituée ici par la paroi interne 1 d'une double coque 72 du navire 70. De manière connue en soi, la cuve 71 comporte une barrière thermiquement isolante secondaire 53 fixée sur la structure porteuse du navire 70. Cette barrière thermiquement isolante secondaire 53
30 est constituée d'une pluralité de caissons isolants secondaires parallélépipédiques 2 qui sont disposés côte à côte, de manière à recouvrir sensiblement la surface interne de la structure porteuse.

Chaque caisson isolant secondaire 2 est constitué d'une boîte parallélépipédique en bois contre-plaqué qui comporte intérieurement des cloisons porteuses 3 et des cloisons non porteuses 4 qui sont uniquement destinées à assurer le positionnement relatif des cloisons porteuses 3, lesdites cloisons étant intercalées
5 entre un panneau de fond 5 en bois contre-plaqué et un panneau de dessus 6 en bois contre-plaqué. La paroi de fond 5 des caissons 2 débord latéralement sur les deux petits côtés du caisson, de façon que dans chaque angle du caisson, sur cette partie débordante, soient fixés des tasseaux 7 qui ont l'épaisseur de ladite partie débordante. Les tasseaux 7 coopèrent avec des organes de fixation des caissons 2
10 à la structure porteuse.

Chaque caisson 2 est rempli d'une matière particulière thermiquement isolante, par exemple de la perlite ou de la laine de verre. La plaque de fond 5 de chaque caisson 2 repose sur des boudins de résine polymérisable 8 qui sont eux-mêmes en appui sur la structure porteuse 1, par l'intermédiaire d'un papier kraft 9
15 pour éviter que la résine du boudin de colle ne colle à la structure porteuse et pour permettre ainsi une déformation dynamique de la structure porteuse sans que les caissons 2 ne subissent les efforts dus à ladite déformation. Les boudins de résine polymérisable 8 ont pour but de rattraper les écarts entre la surface théorique prévue pour la structure porteuse et la surface imparfaite résultant des tolérances de
20 fabrication. Les panneaux de dessus 6 des caissons isolants secondaires 2 comportent, en outre, une paire de rainures parallèles 12 par exemple en forme sensiblement de I, L ou T inversés pour recevoir des supports métalliques 16 par exemple de forme de L, de T ou de J.

Les supports métalliques 16 comportent une première aile d'ancrage 17 et
25 une deuxième aile d'ancrage 18 fixées l'une à l'autre de manière à former un support métallique 16 étanche. Les ailes d'ancrages 17, 18 comprennent chacune une portion supérieure 21 s'étendant au-dessus de la surface de support 11 selon la direction transversale. La portion supérieure 21 de la première aile d'ancrage 17 s'étend d'un côté de la rainure 12 tandis que la portion supérieure 21 de la deuxième aile d'ancrage
30 18 s'étend de l'autre côté de la rainure 12.

Les ailes d'ancrages 17, 18 comprennent également chacune une base 19 retenue dans la rainure 12 de la surface de support 11 selon une direction

perpendiculaire à la surface de support 11 avec un degré de liberté dans la direction longitudinale. Les ailes d'ancrages 17, 18 comprennent de plus chacune une branche 20 reliant la portion supérieure 21 à la base 19.

Une membrane d'étanchéité secondaire 52 est constituée d'une pluralité de
5 bandes métalliques 22, ayant une épaisseur de l'ordre de 0,7 mm. Les extrémités de chaque bande métallique 22 sont soudées aux supports métalliques précités au niveau des portions supérieures 21 des ailes d'ancrages 17, 18. Les bandes métalliques 22 sont réalisées soit dans un métal résistant comme l'acier inoxydable soit dans un métal présentant un coefficient de dilatation thermique faible, par
10 exemple ce métal peut être un alliage fer-nickel dont le coefficient de dilatation thermique est compris entre $1,2$ et $2,0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, ou d'un alliage de fer à forte teneur en manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement de l'ordre de $7,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Sur la membrane d'étanchéité secondaire 52 est montée la barrière
15 thermiquement isolante primaire 51 qui est également constituée d'une pluralité de caissons isolants primaires 10 ayant une structure analogue aux caissons isolants secondaires 2. Chaque caisson isolant primaire 10 est constitué d'une boîte parallélépipédique rectangle réalisée en bois contre-plaqué d'une hauteur inférieure au caisson 2, qui est remplie de matière particulaire, comme de la perlite ou de la
20 laine de verre. Les caissons isolants primaires 10 comportent également des cloisons internes porteuses un panneau de fond et un panneau de dessus 11.

Les panneaux de dessus 11 comportent deux rainures 12 par exemple en forme sensiblement de I, L ou T inversés, pour recevoir un support métallique 16 sur laquelle sont soudées les extrémités des bandes 22 de la membrane d'étanchéité
25 primaire 50.

Les rainures 12 peuvent présenter dans l'épaisseur de la barrière thermiquement isolante 51, 53 une zone de retenue 13 qui se développe parallèlement à la surface de support 11. Cette zone de retenue 13 se développe au niveau d'une extrémité de la rainure 12 opposée à la surface de support 11 dans
30 l'épaisseur de la barrière thermiquement isolante 51, 53. La rainure 12 présente alors une section en coupe en forme en « L » dont la base est formée par la zone de retenue 13.

Dans le cas d'un support métallique 16 en forme de T, la rainure 12 présente une section en coupe en forme de T dont la base est formée par la zone de retenue 14 située de part et d'autre de la zone d'entrée 13 de la rainure 12. Les bases 17 du support métallique 16 sont logées dans la zone de retenue 14 de manière à retenir le support métallique 16 sur la barrière thermiquement isolante selon une direction perpendiculaire à la surface de support 11.

Dans le cas d'un support métallique 16 en forme de J, la rainure 12 présente une section en coupe en forme de I ou de L. La rainure 12 peut comporter une zone de retenue 14 mais celle-ci est optionnelle. La rainure peut donc comporter seulement une zone d'entrée 13. La rainure 12 comprend une attache 26 en forme de J inversé présentant une portion arrondie 27 complémentaire d'une des bases 19 du support métallique 16 qui est également arrondie, de manière à se fixer dans la portion arrondie 27 de l'attache 26 permettant ainsi de retenir le support métallique 16 sur la barrière thermiquement isolante selon une direction perpendiculaire à la surface de support 11. De manière avantageuse, la rainure 12 comprend deux attaches 26 de part et d'autre de la rainure 12 de manière à retenir la base 19 de la première aile d'ancrage 17 et la base 19 de la deuxième aile d'ancrage 18.

Les figures 2 à 6 représentent une pluralité de modes de réalisation d'un support métallique 16 ancré dans une surface de support 11.

Chacun des différents modes de réalisation peut utiliser un support métallique 16 avec des bases 17 logées dans une zone de retenue 14 de la rainure 12 visible par exemple figure 2, ou un support métallique 16 avec des bases 17 arrondies coopérant chacune avec une portion arrondie 27 complémentaire d'une attache 26 fixée dans la rainure 12 visible par exemple figure 4, ou encore un support métallique 16 avec des bases 17 arrondies coopérant chacune avec une portion arrondie 27 complémentaire d'une attache 26 fixée dans la zone de retenue 14 de la rainure 12.

La figure 2 représente un mode de réalisation d'un support métallique 16 ancré dans une surface de support 11. Dans ce mode de réalisation, les ailes d'ancrages 17, 18 du support métallique 16 sont soudées l'une à l'autre dos à dos de manière à ce que la base 19 d'une aile d'ancrage 17, 18 soit dirigée de manière à

s'éloigner de l'autre aile d'ancrage 18, 17. Les ailes d'ancrages 17, 18 sont soudées à l'aide d'une soudure longitudinale primaire 28 à l'intérieur de la rainure 12 et à distance des portions supérieures 21 des ailes d'ancrages 17, 18. La soudure longitudinale primaire 28 est réalisée sur les branches 20 des ailes d'ancrages 17, 18. La partie des branches 20 au-dessus de la soudure longitudinale primaire 28 et les portions supérieures 21 du support métallique 16 forment un soufflet déformables permettant lorsque le support métallique 16 fait partie d'une membrane d'étanchéité d'absorber les efforts liés à la contraction thermique de la membrane.

Dans le mode de réalisation de la figure 2, une membrane d'étanchéité 50, 52 peut être composée d'une pluralité de supports métalliques 16 placés chacun dans une rainure 12 de la barrière thermiquement isolante 51, 53 de manière à ce que les supports métalliques 16 peuvent être directement soudés les uns aux autres par leurs portions supérieures 21 adjacentes de façon à former un ensemble étanche.

La figure 3 représente un mode de réalisation différent d'un support métallique 16 ancré dans une surface de support 11. Ce mode de réalisation est différent du mode de réalisation de la figure 2 en ce que les supports métalliques 16 ne sont pas directement soudés les uns aux autres. En effet, la membrane d'étanchéité 50, 52 comprend une pluralité de bandes métalliques 22. Les bandes métalliques 22 sont disposées parallèlement les unes aux autres sur la surface de support 11. La portion supérieure 21 de la première aile d'ancrage 17 est soudée par une soudure longitudinale secondaire 29 à une bande métallique 22 et la portion supérieure 21 de la deuxième aile d'ancrage 18 est soudée par une soudure longitudinale secondaire 29 à une bande métallique 22 adjacente.

De plus, la section transversale de chaque bande métallique 22 comporte une portion médiane plane 23 reposant sur la surface de support 11 et au moins une portion déportée 24 parallèle et à distance de la surface de support 11. La portion déportée 24 est située à une extrémité de la portion médiane plane 23. La portion supérieure 21 d'une aile d'ancrage 17, 18 est alors située entre la surface de support 11 et la portion déportée 24. Les soudures longitudinales secondaires 29 reliant une desdites portions supérieures 21 et une desdites bandes métalliques 22 sont ainsi réalisées sur la portion déportée 24 des bandes métalliques 22. La portion déportée

24 permet alors le chevauchement d'une bande métallique 22 avec le support métallique 16.

Les figures 4 et 5 représentent un mode de réalisation différent d'un support métallique 16 ancré dans une surface de support 11. Ce mode de réalisation est différent du mode de réalisation de la figure 3 par la forme de la rainure, la forme des bases 19 et la liaison entre les bases 19 et la rainure 12. En effet, dans ce mode de réalisation, la membrane d'étanchéité 50, 52 comprend un support métallique 16 avec des bases 17 arrondies coopérant chacune avec une portion arrondie 27 complémentaire d'une attache 26 fixée dans la rainure 12.

La figure 6 représente un mode de réalisation différent d'un support métallique 16 ancré dans une surface de support 11. Ce mode de réalisation est différent du mode de réalisation de la figure 3 en ce que la fixation des ailes d'ancrages, entre elles, n'est pas réalisée par soudage et que les bandes métalliques 22 ne comportent pas de portion déportée 24. En effet, dans ce mode de réalisation, le support métallique 16 comprend une partie de liaison 30 qui relie de manière étanche l'une à l'autre les bases 19 des ailes d'ancrages 17, 18 à l'intérieur de la rainure 12. Il n'est donc pas nécessaire de souder les branches des ailes d'ancrages l'une avec l'autre. De plus, la surface de support 11 comprend deux rainures secondaires 15 creusées dans la direction d'épaisseur et se développant dans la direction longitudinale à proximité immédiate de la rainure principale 12. Les portions supérieures 21 des ailes d'ancrages sont alors situées dans les rainures secondaires 15 de manière à ce qu'au moins une partie des portions supérieures 21 passent en dessous d'une bande métallique 22. Ainsi, dans ce mode de réalisation, ce n'est pas la portion déportée 24 qui permet le chevauchement de la bande métallique 22 avec le support métallique 16 mais les rainures secondaires 15.

Une couche d'isolation thermique 25 est placée dans une rainure secondaire 15 en dessous de la portion supérieure 21 d'une aile d'ancrage 17, 18. De plus, dans le mode de réalisation de la figure 6, la rainure principale 12 comprend une partie évasée 31 réalisée à l'extrémité supérieure de la rainure principale 12. La partie évasée 31 est formée à l'aide de chanfreins sur la paroi de la rainure principale 12. La partie évasée 31 permet d'augmenter l'espace où peut se déformer les ailes d'ancrages 17, 18.

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

5 La figure 7 représente un autre mode de réalisation d'un support métallique 16 ancré dans une surface de support 11. Ce mode de réalisation est différent du mode de réalisation de la figure 3 en ce que la portion supérieure 21 d'une aile d'ancrage 17, 18 n'est pas située entre la surface de support 11 et la bande métallique 22. En effet, la membrane d'étanchéité 50, 52 comprend une pluralité de bandes
10 métalliques 22. Les bandes métalliques 22 sont disposées parallèlement les unes aux autres sur la surface de support 11. La portion supérieure 21 de la première aile d'ancrage 17 est soudée par une soudure longitudinale secondaire 29 à une bande métallique 22 et la portion supérieure 21 de la deuxième aile d'ancrage 18 est soudée par une soudure longitudinale secondaire 29 à une bande métallique 22 adjacente.

15 Contrairement à la figure 3, les bandes métalliques 22 dans ce mode de réalisation de la figure 7 ne comportent pas de portion déportée. Les bandes métalliques 22 sont ici sensiblement planes de manière à ce qu'une partie de la bande métallique soit située après montage entre la surface de support 11 et la portion supérieure 11 d'une aile d'ancrage 17, 18. La soudure longitudinale secondaire 29
20 est alors réalisée sur une extrémité de la portion supérieure 21 de manière à relier la bande métallique 22 avec le support métallique 16.

Lors du montage de la barrière d'étanchéité de la paroi de cuve, les supports métalliques 16 sont insérés dans les rainures principales 12 avec les ailes d'ancrages 17, 18 déjà soudées l'une à l'autre par la soudure longitudinale principale 28. Puis les
25 bandes métalliques 22 sont alors insérées en dessous des portions supérieures 21 de deux supports métalliques 16 adjacents sur la surface de support 11 ce qui permet aux bandes métalliques 22 d'être calées latéralement. Les bandes métalliques 22 sont alors soudées aux portions supérieures 21 des supports métalliques adjacents par la soudure longitudinale secondaire 29 de manière à former une membrane
30 d'étanchéité.

La soudure longitudinale secondaire 29 peut être réalisée sur le bord d'extrémité latérale de la portion supérieure 21 comme représenté ou à distance de ce bord.

Dans un mode de réalisation non représenté, les modes de réalisations représentés sur les figures 3, 6 et 7 peuvent par exemple être combinés. En effet, la bande métallique 22 comprend une portion médiane plane reposant sur la surface de support et une portion déportée 23, de manière similaire à la figure 3, parallèle à la surface de support 11 mais cette fois située dans la rainure secondaire 15 de la figure 6. Le support métallique 16 vient alors se placer sur la portion déportée 23 de manière à ce que la portion déportée soit située entre la portion supérieure 21 d'une aile d'ancrage 17, 18 et le fond de la rainure secondaire 15. La soudure longitudinale secondaire 29 est alors réalisée sur la portion supérieure 21 et sur la portion déportée 23 de manière à relier le support métallique 16 avec la bande métallique 22.

En référence à la figure 8, 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.

La figure 8 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.

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.

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.

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