

CUVE ETANCHE ET THERMIQUEMENT ISOLANTE

Domaine technique

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

Des cuves étanches et thermiquement isolantes à membranes sont notamment employées pour le stockage de gaz naturel liquéfié (GNL), qui est stocké, à pression atmosphérique, à environ -163°C. Ces cuves peuvent être installées à terre ou sur un ouvrage flottant. Dans le cas d'un ouvrage flottant, la cuve peut être
10 destinée au transport de gaz naturel liquéfié ou à recevoir du gaz naturel liquéfié servant de carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant.

Arrière-plan technologique

La demande WO2014/170588 divulgue une cuve étanche et thermiquement isolante pour le stockage de gaz naturel liquéfié, qui est intégrée dans la double coque
15 d'un navire. Chaque paroi de cuve comporte une structure multicouche et présente successivement, dans le sens de l'épaisseur, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire retenue à une structure porteuse, une membrane d'étanchéité secondaire reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire
20 reposant contre la membrane d'étanchéité secondaire et une membrane d'étanchéité primaire destinée à être en contact avec le gaz naturel liquéfié contenu dans la cuve et reposant contre la barrière thermiquement isolante primaire.

Dans le document précité, la barrière thermiquement isolante comporte une pluralité de panneaux isolants primaires qui sont ancrés sur des panneaux isolants
25 secondaires de la barrière thermiquement isolante secondaire, au moyen de dispositifs d'ancrage. Tous les dispositifs d'ancrage sont équipés d'un empilement de rondelles élastiques qui permet d'assurer un ancrage élastique des panneaux isolants primaires sur les panneaux isolants secondaires. Un tel ancrage élastique permet de maintenir les panneaux isolants primaires contre les panneaux isolants secondaires
30 tout en autorisant de légers déplacements relatifs des panneaux isolants primaires par rapport aux panneaux isolants secondaires. Ceci permet de limiter les contraintes

susceptibles d'être exercées sur les panneaux isolants primaires et sur les panneaux isolants secondaires dans les zones d'ancrage. Toutefois, une telle cuve étanche n'est pas totalement satisfaisante. En particulier, de tels dispositifs d'ancrage nécessitent un grand nombre d'empilement de rondelles Belleville, ce qui augmente
5 le coût de la cuve équipée de tels dispositifs d'ancrage ainsi que la complexité de sa fabrication.

Résumé

Une idée à la base de l'invention consiste à proposer une cuve étanche et thermiquement isolante dans laquelle l'ancrage des panneaux isolants est réalisé de
10 manière plus simple et plus économique.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide comportant une paroi de cuve présentant successivement dans une direction d'épaisseur de la paroi de cuve, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante
15 destinée à être ancrée à une structure porteuse et une membrane d'étanchéité qui repose contre la barrière thermiquement isolante,

dans laquelle la barrière thermiquement isolante comporte des panneaux isolants de forme parallélépipédique juxtaposés et destinés à être ancrés sur la structure porteuse, lesdits panneaux isolants présentant une plaque de fond et une
20 garniture isolante, la plaque de fond définissant une surface d'appui faisant saillie latéralement de la garniture isolante, ladite surface d'appui étant tournée vers l'intérieur de la cuve, une cale étant agencée sur ladite surface d'appui, ladite cale présentant une surface interne tournée vers l'intérieur de la cuve,

dans laquelle des dispositifs d'ancrage destinés à être fixés sur la structure
25 porteuse entre les panneaux isolants coopèrent avec lesdits panneaux isolants, lesdits dispositifs d'ancrage étant destinés à retenir les panneaux isolants contre la structure porteuse ;

dans laquelle au moins un des dispositifs d'ancrage comporte un organe d'appui présentant une face externe tournée vers la cale, ledit organe d'appui étant
30 configuré pour que ladite face externe exerce un appui sur la face interne de la cale en direction de la surface d'appui,

et dans laquelle l'une parmi la cale et la plaque de fond présente un coefficient de contraction thermique dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve supérieur au coefficient de contraction thermique dudit dispositif d'ancrage dans ladite direction d'épaisseur et l'autre parmi la cale et la plaque de fond présente un

5 coefficient de contraction thermique dans ladite direction d'épaisseur inférieur au coefficient de contraction thermique du dispositif d'ancrage dans ladite direction d'épaisseur.

Grâce à ces caractéristiques, l'ensemble formé par le panneau de fond et la cale présente un comportement en contraction thermique proche de celui du dispositif

10 d'ancrage. Plus particulièrement, le comportement en contraction thermique de cet ensemble permet le maintien de la coopération entre la cale et l'organe d'appui malgré les variations de température. En d'autres termes, on empêche que cet ensemble ne se contracte plus que l'organe d'ancrage afin de conserver l'appui dudit dispositif d'ancrage sur la cale. Ainsi, la coopération entre l'organe d'appui et la cale est

15 maintenue de manière à conserver l'ancrage des panneaux isolants sur la structure porteuse de façon simple et fiable. En particulier, le dispositif d'ancrage ne nécessite pas l'emploi de nombreuses rondelles élastiques afin de maintenir l'ancrage des panneaux isolants malgré les déformations liées à la contraction thermique dans la cuve ou aux déformations de la structure porteuse.

20 On entend par coefficient de contraction thermique du dispositif d'ancrage le comportement en contraction thermique de l'ensemble des éléments constitutifs dudit dispositif d'ancrage au niveau de la plaque de fond et de la cale. Autrement dit, ce coefficient de contraction thermique définit le comportement en contraction thermique de l'ensemble formé par le ou les éléments constitutifs du dispositif d'ancrage sur une

25 portion dudit dispositif d'ancrage située sensiblement dans la même section d'épaisseur de la paroi cuve que la plaque de fond et de la cale. Ce coefficient de contraction thermique du dispositif d'ancrage peut être mesuré expérimentalement ou calculé à partir de la connaissance des différents matériaux constitutif de l'ensemble des éléments formant ledit dispositif d'ancrage.

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

Selon un mode de réalisation, le coefficient de contraction thermique de la cale est inférieur au coefficient de contraction thermique de la plaque de fond.

Selon un mode de réalisation, la cale et la plaque de fond présentent une dimension respective dans la direction d'épaisseur configurée pour que l'organe
5 d'appui exerce, de préférence continument, l'appui sur la face interne de la cale en direction de la surface d'appui lors d'une diminution de la température depuis la température ambiante.

Selon un mode de réalisation, la variation dimensionnelle du dispositif d'ancrage dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve est plus élevée que la
10 variation dimensionnelle dans ladite direction d'épaisseur de l'ensemble formé de la plaque de fond et de la cale lors d'un changement de température passant de 20°C à -163°C.

Autrement dit, la face externe de l'organe d'appui se déplace dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve plus que le déplacement de la face interne
15 de la cale lors d'un changement de température dans la cuve. Ainsi, l'appui de l'organe d'appui sur la cale est maintenu malgré les changement de température dans la cuve.

Selon un mode de réalisation, à température ambiante, l'organe d'appui exerce un appui sur la cale en direction de la zone d'appui

20 Selon un mode de réalisation, la différence de différence de variation dimensionnelle dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve lors d'un changement de température passant de 20°C à -163°C entre l'organe d'ancrage et l'ensemble formé de la plaque de fond et de la cale est comprise entre à 5.50E-05 mm et 9.69E-02 mm. Par convention, « E-N » signifie 10^{-N} dans cette description.

25 Autrement dit, le déplacement de la face externe de l'organe d'appui est supérieur d'une valeur de 5.50E-05 mm à 9.69E-02 mm par rapport au déplacement de la face interne de la cale lors d'un changement de température dans la cuve passant de 20°C à -163°C.

Selon un mode de réalisation, la cale est en contreplaqué. Selon un mode
30 de réalisation, une telle cale en contreplaqué est agencée de manière à présenter

des fibres orientées dans un plan parallèle à la direction d'épaisseur de la paroi de cuve.

Selon un mode de réalisation, la plaque de fond est en contreplaqué. Selon un mode de réalisation, la plaque de fond en contreplaqué est agencée de manière à
5 présenter des fibres orientées dans un plan perpendiculaire à la direction d'épaisseur de la paroi de cuve.

Selon un mode de réalisation, la cale présente un coefficient de contraction thermique dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve compris entre $4E-06\text{ K}^{-1}$ et $8E-06\text{ K}^{-1}$, par exemple $5.50E-06\text{ K}^{-1}$.

10 Selon un mode de réalisation, la plaque de fond présente un coefficient de contraction thermique dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve compris entre $3E-05\text{ K}^{-1}$ et $4E-05\text{ K}^{-1}$, par exemple $3.65E-05\text{ K}^{-1}$.

Selon un mode de réalisation, le dispositif d'ancrage présente un coefficient de contraction thermique dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve compris
15 entre $1.4E-05\text{ K}^{-1}$ et $1.8E-05\text{ K}^{-1}$, par exemple $1.6E-05\text{ K}^{-1}$.

Selon un mode de réalisation, selon une direction d'épaisseur de la paroi de cuve, la plaque de fond présente une épaisseur de 9mm et la cale présente une épaisseur comprise entre 17.6mm et 68mm.

Selon un mode de réalisation, la cale présente une section constante le long
20 de la direction d'épaisseur de la cuve. Selon un mode de réalisation, la cale repose sur au moins 50% de la surface d'appui du panneau isolant.

Selon un mode de réalisation, la cale est agencée sur la surface d'appui de deux panneaux isolants adjacents de sorte que l'organe d'appui exerce un appui sur ladite cale en direction des surfaces d'appui desdits deux panneaux isolants
25 adjacents.

Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante primaire, les panneaux isolants sont des panneaux isolants primaires, la membrane d'étanchéité est une membrane d'étanchéité primaire et l'organe d'appui est un organe d'appui primaire, la paroi de cuve
30 comportant en outre une barrière thermiquement isolante secondaire et une

membrane d'étanchéité secondaire destinées à être intercalées entre la barrière thermiquement isolante primaire et la structure porteuse.

Selon un autre mode de réalisation, au moins l'un des panneaux isolants comporte une plaque de couvercle et des voiles porteurs s'étendant, dans la direction
5 d'épaisseur de la paroi 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.

Selon un mode de réalisation, au moins un des panneaux isolants comporte une plaque de couvercle, la garniture isolante étant intercalée entre la plaque de fond
10 et la plaque de couvercle, ledit panneau isolant comportant en outre une plaque intermédiaire disposée entre la plaque de fond et la plaque de couvercle, la garniture isolante comportant une première couche de mousse polymère isolante prise en sandwich entre la plaque de fond et la plaque intermédiaire et une deuxième couche de mousse polymère isolante prise en sandwich entre la plaque intermédiaire et la
15 plaque de couvercle.

Selon un mode de réalisation, des évidements sont ménagés dans les couches de mousse polymère isolante et dans la plaque intermédiaire et la plaque de couvercle de manière à ce que la plaque de fond déborde par rapport auxdites
20 couches de mousse polymère isolante et aux plaques intermédiaire et de fond ménageant ainsi la surface d'appui sur la plaque de fond.

Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante secondaire comporte une pluralité de panneaux isolants secondaires juxtaposés sur la structure porteuse, la cuve comportant en outre une pluralité d'organes d'ancrages destinés à ancrer les panneaux isolants secondaire sur la structure porteuse.

25 Selon un mode de réalisation, les panneaux isolants primaires reposent sur la membrane d'étanchéité secondaire, le dispositif d'ancrage se développant depuis la membrane d'étanchéité secondaire. Selon un mode de réalisation, le dispositif d'ancrage est fixé sur un organe d'ancrage au niveau de la membrane étanche secondaire. Autrement dit, le dispositif d'ancrage et la plaque de fond se développent
30 tous les deux, selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve, depuis la membrane d'étanchéité secondaire.

Selon un mode de réalisation, la première couche de mousse polymère isolante présente, dans chacune des zones de coins du panneau isolant une découpe logeant un pilier qui s'étend entre la plaque de fond et la plaque intermédiaire. Ceci permet de limiter l'écrasement et le fluage de la mousse.

- 5 Selon un mode de réalisation, le fluide est un gaz liquéfié, tel que du gaz naturel liquéfié.

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
10 et de regazéification (FSRU), une unité flottante de production et de stockage déporté (FPSO) et autres.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit également un navire pour le transport d'un fluide cryogénique comporte une double coque et une cuve précitée disposée dans la double coque.

- 15 Selon un mode de réalisation, la double coque comporte une coque interne formant la structure porteuse de la cuve.

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

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un fluide, le système comportant le navire précité, des canalisations isolées agencées de manière à relier la cuve installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre et une pompe pour entraîner un fluide à
25 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

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 ;
- 5 - **La figure 2** est une vue en perspective d'un panneau isolant secondaire ;
- **La figure 3** est une vue en perspective partielle d'un panneau isolant primaire ;
- 10 - **La figure 4** est une vue en perspective d'un dispositif d'ancrage des panneaux isolants primaires et des panneaux isolants secondaires ;
- **La figure 5** est une vue partielle en éclaté du dispositif d'ancrage de la figure 4 intégré dans la paroi de cuve de la figure 1 ;
- 15 - **La figure 6** est une vue en perspective schématique de détail de la figure 5 illustrant un premier mode de réalisation de la cale d'ancrage du panneau primaire ;
- **La figure 7** est une vue de dessus de la figure 5 ;
- **Les figures 8 et 9** sont des vues de détails respectivement en perspective schématique et de dessus d'un deuxième mode de réalisation de la cale d'ancrage ;
- 20 - **Les figures 10 et 11** sont des vues de détails respectivement en perspective schématique et de dessus d'un troisième mode de réalisation de la cale d'ancrage ;
- **La figure 12** est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.
- 25 - **La figure 13** est une vue en perspective écorchée d'une paroi de cuve selon un autre mode de réalisation ;

- La figure 14 est une vue agrandie de la zone XIII de la figure 13, montrant en outre un organe d'ancrage primaire selon un mode de réalisation.

Description détaillée de modes de réalisation

5 Par convention, les termes « externe » et « interne » sont utilisés pour définir la position relative d'un élément par rapport à un autre, par référence à l'intérieur et à l'extérieur de la cuve.

Sur la figure 1, on a représenté la structure multicouche d'une paroi 1 d'une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide liquéfié, tel que du
10 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 2 retenue à une structure porteuse 3, une membrane d'étanchéité secondaire 4 reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire 2, une barrière thermiquement isolante primaire 5 reposant contre
15 la 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 3 peut notamment être formée par la coque ou la double coque d'un navire. La structure porteuse 3 comporte une pluralité de parois définissant la forme générale de la cuve, habituellement une forme polyédrique.

20 La barrière thermiquement isolante secondaire 2 comporte une pluralité de panneaux isolants secondaires 7 qui sont ancrés sur la structure porteuse 3 au moyen de dispositifs d'ancrage 8 qui seront décrits de manière détaillée par la suite. Les panneaux isolants secondaires 7 présentent une forme générale parallélépipédique et sont disposés selon des rangés parallèles.

25 En relation avec la figure 2, l'on observe la structure d'un panneau isolant secondaire 7 selon un mode de réalisation. Le panneau isolant secondaire 7 comporte ici trois plaques, à savoir une plaque de fond 9, une plaque intermédiaire 10 et une plaque de couvercle 11. Les plaques de fond 9, intermédiaire 10 et de couvercle 11 sont par exemple réalisées en bois contreplaqué. Le panneau isolant
30 secondaire 7 comporte également une première couche de mousse polymère isolante 12 prise en sandwich entre la plaque de fond 9 et la plaque intermédiaire 10

et une seconde couche de mousse polymère isolante 13 prise en sandwich entre la plaque intermédiaire 10 et la plaque de couvercle 11. La première et la deuxième couches de mousse polymère isolante 12, 13 sont respectivement collées sur les plaques de fond 9 et intermédiaire 10 et sur les plaques intermédiaire 10 et de
5 couvercle 11. La mousse polymère isolante peut notamment être une mousse à base de polyuréthane, optionnellement renforcée par des fibres.

La première couche de mousse polymère isolante 12 présente, dans les zones de coin, des découpes pour laisser passer de piliers de coin 14. Les piliers de coin 14 s'étendent, au niveau des quatre zones de coin du panneau isolant
10 secondaire 7, entre la plaque de fond 9 et la plaque intermédiaire 10. Les piliers de coin 14 sont fixés, par exemple au moyen d'agrafes ou de vis ou collés, sur la plaque de fond 9 et la plaque intermédiaire 10 et éventuellement sur la mousse polymère isolante 12. Les piliers de coin 14 sont, par exemple, en bois contreplaqué ou en plastique. Les piliers de coin 14 permettent de reprendre une partie de la charge de
15 compression en service et de limiter l'écrasement et le fluage de la mousse. De tels piliers de coin 14 présentent un coefficient de contraction thermique différent de celui de la première couche de mousse polymère isolante 12. Aussi, lors de la mise à froid de la cuve, la déflexion du panneau isolant secondaire 7 est plus faible au niveau des piliers de coin 14 que dans les autres zones. Ceci augmente encore davantage
20 les effets de dénivelés ou de marche au niveau des zones de coin des panneaux isolants secondaires 7.

Par ailleurs, le panneau isolant secondaire 7 comporte des évidements 15, 16 au niveau de ses zones de coin pour recevoir des dispositifs d'ancrage 8 qui seront détaillées par la suite. Le panneau isolant secondaire 7 comporte, de la plaque de
25 fond 9 à la plaque intermédiaire 10, un premier évidement 15 destiné à permettre le passage d'une tige 17 du dispositif d'ancrage 8. Au, dessus de la plaque intermédiaire 10, le panneau isolant secondaire 7 comporte un deuxième évidement 16. Le deuxième évidement 16 présente des dimensions supérieures à celles du premier évidement 15 de manière à ce que la plaque intermédiaire 10 déborde par rapport à
30 la deuxième couche de mousse polymère isolante 13 et à la plaque de couvercle 11. Ainsi, la plaque intermédiaire 10 forme au niveau des zones de coin du panneau

isolant secondaire 7 une zone d'appui 18 destinée à coopérer avec une platine d'appui secondaire 19 du dispositif d'ancrage 8.

Par ailleurs, la plaque de couvercle 11 présente un lamage 20 au niveau de ces quatre zones de coin. Chaque lamage 20 est destiné à recevoir une plaque de répartition des efforts 21 du dispositif d'ancrage 8, décrite par la suite. Les lamages 20 présentent une épaisseur sensiblement similaire à celle de la plaque de répartition des efforts 21 de sorte que la plaque de répartition des efforts 21 affleure la surface supérieure de la plaque de couvercle 11. La plaque de couvercle 11 comporte également des rainures 22 pour recevoir des supports de soudure.

10 La structure du panneau isolant secondaire 7 est décrite ci-dessus à titre d'exemple. Aussi, dans un autre mode de réalisation, 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
15 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.

Dans un autre mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante
20 secondaire 2 comporte des panneaux isolants secondaires 7 ayant au moins deux types de structure différents, par exemple les deux structures précitées, en fonction de leur zone d'implantation dans la cuve. Ainsi, dans certaines zones de la paroi 1 de cuve, les panneaux isolants secondaires 7 adjacents sont susceptibles de présenter des comportements différents lorsqu'ils sont soumis à des gradients thermiques, ce
25 qui est susceptible d'amplifier les phénomènes de dénivelés entre les coins adjacents des panneaux isolants secondaires 7.

En revenant à la figure 1, l'on observe que la membrane d'étanchéité secondaire 4 comporte une nappe continue de virures 23, métalliques, à bord relevés. Les virures 23 sont soudées par leurs bords relevés sur des supports de soudure
30 parallèles qui sont fixés dans les rainures 22 ménagées sur les plaques de couvercle 11 des panneaux isolants secondaires 7. Les virures 23 sont, par exemple, réalisées

en Invar[®] : c'est-à-dire un alliage de fer et de nickel dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre $1,2 \cdot 10^{-6}$ et $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

La barrière thermiquement isolante primaire 5 comporte une pluralité de panneaux isolants primaires 24 qui sont ancrés sur la structure porteuse 3 au moyen des dispositifs d'ancrage 8 précités. Les panneaux isolants primaires 24 présentent une forme générale parallélépipédique. En outre, 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 10 24 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.

En relation avec la figure 3, l'on observe la structure d'un panneau isolant primaire 24 selon un mode de réalisation. Le panneau isolant primaire 24 présente une structure multicouche similaire à celle du panneau isolant secondaire 7 de la 15 figure 2. Aussi, le panneau isolant primaire 24 comporte successivement une plaque de fond 25, une première couche de mousse polymère isolante 26, une plaque intermédiaire 27, une deuxième couche de mousse polymère isolante 28 et une plaque de couvercle 29. La mousse polymère isolante peut notamment être une mousse à base de polyuréthane, optionnellement renforcée par des fibres.

20 Le panneau isolant primaire 24 comporte des évidements 30 au niveau de ses zones de coin de manière à ce que la plaque de fond 25 déborde par rapport à la première couche de mousse polymère isolante 26, à la plaque intermédiaire 27, à la deuxième couche de mousse polymère isolante 28 et à la plaque de couvercle 29. Ainsi, la plaque de fond 25 forme au niveau des zones de coin du panneau isolant 25 primaire 24 une zone d'appui 31. Cette zone d'appui 31 reçoit une cale 32 décrite plus en détail ci-après. Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 3, la cale 32 a une forme analogue à celle de la zone d'appui 31. Cette cale 32 est destinée à coopérer avec une platine d'appui primaire 33 du dispositif d'ancrage 8.

La plaque de fond 25 comporte des rainures 34 destinées à recevoir les 30 bords relevés des virures 23 de la membrane d'étanchéité secondaire 4. Dans le mode de réalisation illustré sur les figures 1 et 3, la plaque de couvercle 29 comporte également des rainures 35 pour recevoir des supports de soudure (non illustrés).

La structure du panneau isolant primaire 24 est décrite ci-dessus à titre d'exemple. Aussi, dans un autre mode de réalisation, les panneaux isolants primaires 24 sont susceptibles de présenter une autre structure générale, par exemple celle décrite dans le document WO2012/127141.

- 5 Dans un autre mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante primaire 5 comporte des panneaux isolants primaires 24 ayant au moins deux types de structure différents, par exemple les deux structures précitées, en fonction de leur zone d'implantation dans la cuve.

En revenant à la figure 1, l'on observe que la membrane d'étanchéité
10 primaire 6 comporte une nappe continue de virures 36 métalliques à bord relevés. Les virures 33 sont soudées par leurs bords relevés sur des supports de soudure parallèles qui sont fixés dans les rainures ménagées sur les plaques de couvercle 29 des panneaux isolants primaires 24. Bien que la description soit réalisée dans le cadre d'une membrane d'étanchéité primaire 6 réalisée à l'aide de virures 36
15 métallique, la membrane d'étanchéité primaire pourrait être réalisée selon d'autres techniques. Par exemple, la membrane d'étanchéité primaire pourrait être réalisée à l'aide de plaque métalliques ondulées telles que décrites par exemple dans le document FR2691520.

Comme représenté sur la figure 1, les dispositifs d'ancrage 8 sont
20 positionnés au niveau des quatre coins des panneaux isolants primaires 24 et secondaires 7. Chaque empilement d'un panneau isolant secondaire 7 et d'un panneau isolant primaire 24 est ancré à la structure porteuse 3 au moyen de quatre dispositifs d'ancrage 8. En outre, chaque dispositif d'ancrage 8 coopère avec les coins de quatre panneaux isolants secondaires 7 adjacents et avec les coins de quatre
25 panneaux isolants primaires 24 adjacents.

En relation avec les figures 4 et 5, l'on observe la structure d'un dispositif d'ancrage 8.

Le dispositif d'ancrage 8 comporte une douille 37 dont la base est soudée à la structure porteuse 3 en une position qui correspond à un dégagement au niveau
30 des zones de coin de quatre panneaux isolants secondaires 7 adjacents. La douille

37 loge un écrou (non illustré) dans lequel vient se visser l'extrémité inférieure d'une tige 17. La tige 17 passe entre les panneaux isolants secondaires 7 adjacents.

La tige 17 passe au travers d'un alésage ménagé dans un bouchon isolant 38 destiné à assurer une continuité de l'isolation thermique secondaire au niveau du dispositif d'ancrage 8. Le bouchon isolant 38 présente, selon un plan orthogonal à la direction d'épaisseur de la paroi 1 de cuve, une section en forme de croix qui est définie par quatre branches. Chacune des quatre branches est insérée dans un interstice ménagé entre deux des quatre panneaux isolants secondaires 7 adjacents.

Le dispositif d'ancrage 8 comporte en outre une platine d'appui secondaire 19 qui est en appui en direction de la structure porteuse 3 contre la zone d'appui 18 ménagée dans chacun des quatre panneaux isolants secondaires 7 adjacents afin de les retenir contre la structure porteuse 3. Dans le mode de réalisation représenté, la platine d'appui secondaire 19 est logé dans le deuxième évidement 16 ménagé dans la deuxième couche de mousse polymère isolante 13 de chacun des panneaux isolants secondaires 7 et est en appui contre une zone de la plaque intermédiaire 10 qui forme la zone d'appui 18.

Un écrou 39 coopère avec un filetage ménagé au niveau de l'extrémité supérieure de la tige 17 de manière à assurer une retenue de la platine d'appui secondaire 19 sur la tige 17.

Dans le mode de réalisation représenté, le dispositif d'ancrage 8 comporte en outre une ou plusieurs rondelles élastiques 40, de type Belleville. Les rondelles élastiques 40 sont enfilées sur la tige 17 entre l'écrou 39 et la platine d'appui secondaire 19, ce qui permet d'assurer un ancrage élastique des panneaux isolants secondaires 7 sur la structure porteuse 3. En outre, de manière avantageuse, un organe de verrouillage 41 est soudé localement sur l'extrémité supérieure de la tige 17, de manière à fixer en position l'écrou 39 sur la tige 17.

Le dispositif d'ancrage 8 comporte en outre une plaque de répartition des efforts 21, une platine supérieure 42 et une entretoise 43 qui sont fixées à la platine d'appui secondaire 19.

La plaque de répartition des efforts 21 est logée dans chacun des lamages 20 ménagés dans les plaques de couvercle 11 des quatre panneaux isolants

secondaires 7 adjacents. La plaque de répartition des efforts 21 est donc positionnée entre les plaques de couvercle 11 de chacun des quatre panneaux isolants secondaire 7 et la membrane d'étanchéité secondaire 4. La plaque de répartition des efforts 21 vise à atténuer les phénomènes de dénivelés entre les coins des panneaux isolants secondaires 7 adjacents. Aussi, la plaque de répartition des efforts 21 permet de répartir les contraintes susceptibles de s'exercer sur la membrane d'étanchéité secondaire 4 et les panneaux isolants primaires 24 au droit des zones de coin des panneaux isolants secondaires 7. Dès lors, la plaque de répartition des efforts 21 permet de limiter les phénomènes de poinçonnement des plaques de fond 25 des panneaux isolants primaires 24 et de poinçonnement et de tassement des couches de mousse polymère isolante 26, 28 des panneaux isolants primaires 24 au droit des zones de coin des panneaux isolants secondaires 7.

La plaque de répartition des efforts 21 est avantageusement réalisée dans un métal choisi parmi l'acier inoxydable, les alliages de fer et de nickel, tel que l'invar, dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre $1,2 \cdot 10^{-6}$ et $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ et les alliages de fer et de manganèse dont le coefficient de dilatation est inférieur à $2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, typiquement de l'ordre de $7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. La plaque de répartition des efforts 21 présente une épaisseur comprise entre 1 et 7 mm, de préférence comprise entre 2 et 4 mm, par exemple de l'ordre de 3 mm. La plaque de répartition des efforts 21 présente avantageusement une forme carrée dont la dimension d'un côté est comprise entre 100 et 250 mm, par exemple de l'ordre de 150 mm.

La platine supérieure 42 est disposée en-dessous de la plaque de répartition des efforts 21 et présente des dimensions inférieures à celle de la plaque de répartition des efforts 21 de sorte que la plaque de répartition des efforts 21 recouvre intégralement la platine supérieure 42. La platine supérieure 42 est logée dans les évidements 16 ménagés dans les zones de coin des panneaux isolants secondaires 7, au droit des zones d'appui 17, c'est-à-dire dans le mode de réalisation représenté sur la figure 5, dans les évidements 16 ménagés dans la seconde couche de mousse polymère isolante 13 des panneaux isolants secondaires 7.

La platine supérieure 42 présente un alésage fileté 44 dans lequel est montée une embase filetée d'un goujon 45 destiné à l'ancrage des panneaux isolants primaires 24. Afin de permettre la fixation du goujon 45 à la platine supérieure 42, la

plaque de répartition des efforts 21 comporte également un alésage, ménagé en regard de l'alésage fileté de la platine supérieure 42, et permettant ainsi au goujon 45 de passer au travers de la plaque de répartition des efforts 21.

La platine supérieure 42 présente une forme générale de parallélépipède rectangle comprenant deux grandes faces opposées qui sont parallèle à la structure porteuse 3 de la paroi 1 et quatre faces qui relient les deux grandes faces et s'étendent parallèlement à la direction d'épaisseur de la paroi 1 de cuve. Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 4, les quatre faces qui s'étendent parallèlement à la direction d'épaisseur de la paroi 1 de cuve sont reliées par des congés 46. Ceci permet d'éviter la présence d'angle vif et contribue à limiter encore davantage les phénomènes de poinçonnement des plaques de fond 25 des panneaux isolants primaires 24 en limitant les concentrations de contraintes.

Dans un mode de réalisation, la platine supérieure 42 et la plaque de répartition des efforts 21 sont formées en une seule pièce monobloc.

L'entretoise 43 est disposée entre la platine d'appui secondaire 19 et la platine supérieure 42 et sert ainsi à maintenir un écartement entre la platine d'appui secondaire 19 et la platine supérieure 42. Dans le mode de réalisation illustré sur la figures 4, l'entretoise 43 présente des chanfreins 47 afin de rentrer dans l'encombrement, vue selon la direction d'épaisseur de la paroi 1 de cuve, de la platine supérieure 42. En d'autres termes, la platine supérieure 42 recouvre intégralement l'entretoise 43.

Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 5, le dispositif d'ancrage 8 diffère du dispositif d'ancrage 8 illustré sur la figures 4 en ce que l'entretoise 43 présentent une section, dans un plan orthogonal à la direction d'épaisseur de la paroi 1 de cuve, dépourvue de chanfreins, ce qui permet de faciliter sa fabrication. De façon analogue (non illustrée), la platine supérieure 42 pourrait être dépourvue de congés.

L'entretoise 43 est avantageusement en bois ce qui permet de limiter le pont thermique vers la structure porteuse 3 au niveau du dispositif d'ancrage 8. L'entretoise 43 présente une forme de U inversé de manière à définir entre les deux branches du U un logement central 48. Le logement central 48 reçoit l'extrémité supérieure de la tige 17, l'organe de verrouillage 41, l'écrou 39 et les rondelles

élastiques 40. L'entretoise 43 est également logée dans l'évidement 16 ménagé, au droit de la surface d'appui 18.

L'organe de verrouillage 41 présente une forme carrée ou rectangulaire dont la diagonale présente une dimension supérieure à la dimension du logement central 5 48 entre les deux branches du U, ce qui permet de bloquer en rotation la tige 17 par rapport à l'entretoise 43 et évite ainsi à la tige 17 de se désengager de l'écrou 39.

Afin de fixer la plaque de répartition des efforts 21, la platine supérieure 42, l'entretoise 43 et la platine d'appui secondaire 19 les uns aux autres, les éléments précités sont chacun pourvus de deux alésages au travers de chacun desquels passe 10 une vis 49, 50. Les alésages ménagés dans la platine d'appui secondaire 19 présentent chacun un filetage coopérant avec l'une des vis 49, 50 de manière à assurer la fixation des éléments précités les uns aux autres.

Par ailleurs, le goujon 45 traverse un perçage ménagé au travers d'une virure 23 de la membrane d'étanchéité secondaire 4. Le goujon 45 présente une collerette 15 51 qui est soudée à sa périphérie, autour du perçage, pour assurer l'étanchéité de la membrane d'étanchéité secondaire 4. La membrane d'étanchéité secondaire est donc prise en sandwich entre la collerette 51 du goujon 45 et la plaque de répartition des efforts 21.

Le dispositif d'ancrage 8 comporte également une platine d'appui primaire 20 33 qui est en appui en direction de la structure porteuse 3 sur la cale 32. Dans le mode de réalisation illustré sur les figures 3 et 5, les coins de chaque panneau isolant primaire 24 comportent une cale 32 respective, ladite cale 32 recouvrant la zone d'appui 31 formée par la plaque de fond 25. Ainsi, la platine d'appui primaire 33 appuie sur les cales 32 de quatre panneaux primaires 24 adjacents, lesdites cales 32 25 étant en appui contre les zones d'appui 31 ménagées dans les coins correspondant desdits quatre panneaux isolants primaires 24 adjacents de manière à retenir lesdits panneaux isolants primaires 24 contre la structure porteuse 3. Dans le mode de réalisation représenté, chaque zone d'appui 31 est formée par une partie débordante de la plaque de fond 25 de l'un des panneaux isolants primaires 24. La platine d'appui 30 primaire 33 est logée dans les évidements 30 ménagés dans les zones de coin des panneaux isolants primaires 24, au droit des zones d'appui 31.

Un écrou 52 coopère avec un filetage ménagé au niveau de l'extrémité supérieure du goujon 45 de manière à assurer la fixation de la platine d'appui primaire 33 sur le goujon 45. Dans le mode de réalisation représenté, le dispositif d'ancrage 8 comporte en outre une unique rondelle élastique 53, de type Belleville, enfilée sur le
5 goujon 45 entre l'écrou 52 et la platine d'appui primaire 33.

Par ailleurs, un bouchon isolant 54, illustré sur la figure 5, est inséré au-dessus du dispositif d'ancrage 8 dans les évidements 30 ménagés au niveau des zones de coin de quatre panneaux isolants primaires 24 adjacents de manière à assurer une continuité de la barrière thermiquement isolante primaire 5 au niveau du
10 dispositif d'ancrage 8. En outre, une plaque de fermeture (non illustrée), en bois, permet d'assurer une planéité de la surface de support de la membrane d'étanchéité primaire 6. La plaque de fermeture est reçue dans des lamages ménagés au niveau des zones de coin des panneaux isolants primaires 24.

Afin de conserver un ancrage des panneaux isolants primaires 24 sur la
15 structure porteuse 3, il est nécessaire de conserver l'appui de la platine d'appui primaire 33 sur les cales 32 malgré les différences de comportement du dispositif d'ancrage 8 et des panneaux isolants primaires 24. En particulier, il est nécessaire de conserver cet appui malgré les différences de comportement en contraction thermique du dispositif d'ancrage 8 et des panneaux isolants primaires 24.

Pour conserver l'appui de la platine d'appui primaire 33 sur les cales 32, le
20 mode de réalisation illustré sur la figure 5 prévoit l'emploi d'une cale 32 et d'une plaque de fond 25 sélectionnés pour présenter un coefficient de contraction thermique selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve adaptés de manière à ce que l'ensemble formé par la plaque de fond 25 et la cale 32 présente un coefficient de
25 contraction thermique global inférieur à celui du dispositif d'ancrage 8. Dans la suite de la description, les références au coefficient de contraction thermique sont faites pour un coefficient de contraction thermique selon une direction d'épaisseur de la paroi de cuve.

Dans le cadre d'une plaque de fond 25 réalisée dans un matériau présentant
30 un coefficient de contraction thermique supérieur au coefficient de contraction thermique du goujon 45 et de la platine d'appui primaire 33, la cale 32 est

sélectionnée de manière à présenter un coefficient de contraction thermique inférieur au coefficient de contraction thermique du goujon 45 et de la platine d'appui primaire 33. En outre, la plaque de fond 25 et la cale 32 sont dimensionnées de sorte que l'ensemble formé par ladite plaque de fond 25 et la cale 32 présente un coefficient de contraction thermique global inférieur, de préférence légèrement inférieur et idéalement égal, au coefficient de contraction thermique global du goujon 45 et de la platine d'appui primaire 33. Ainsi, une surface externe de la platine d'appui primaire 33 est maintenue en appui sur une surface interne de la cale 32 lors d'un changement de température dans la cuve.

En effet, sous l'effet de ce changement de température, le déplacement de la surface externe de la platine d'appui primaire 33 est légèrement supérieure, idéalement sensiblement identique, au déplacement de la surface externe de la cale 32 du fait que l'ensemble formé par la plaque de fond 25 et la cale 32 présente un coefficient de contraction thermique global inférieur au coefficient de contraction thermique du goujon 45 et de la platine d'appui primaire 33.

Ce comportement en contraction thermique permet donc de conserver l'appui de la platine d'appui primaire 33 sur la cale 32 de façon fiable et stable malgré l'absence ou le nombre limité de rondelles Belleville 50 sur le goujon 45.

Dans un exemple, la plaque de fond 25 des panneaux isolants primaire 24 est réalisée en bois contreplaqué avec des fibres orientées dans un plan parallèle à la structure porteuse 3 et une épaisseur de 9mm. Une telle plaque de fond 25 présente ainsi un coefficient de contraction thermique de l'ordre de $3.65E-05$. Dans le cadre d'un goujon 45 présentant un coefficient de contraction thermique de l'ordre de $1.60E-05$, la cale 32 peut être réalisée de manière à présenter un coefficient de contraction thermique de l'ordre de $5.50E-06$.

Une telle cale 32 est par exemple réalisée en bois contreplaqué mais, contrairement à la plaque de fond 25, présente une orientation des fibres du contreplaqué perpendiculaire à la structure poreuse, c'est-à-dire dans un plan parallèle à la direction d'épaisseur de la paroi de cuve.

Dans ce cas, la cale 32 présente alors une épaisseur supérieure à 17.6mm et le goujon 45 et la platine d'appui primaire 33 sont dimensionnées de manière à ce

que la surface externe de la platine d'appui primaire 33 soit positionnée à 26.6 mm de la face externe de la plaque de fond. En effet, dans un tel exemple, une variation de température de 90°C, la différence de déplacement entre la surface externe de la platine d'appui primaire 33 et la surface interne de la cale 32 est de l'ordre de 2.70E-05, la surface externe de la platine d'appui primaire 33 se déplaçant légèrement plus que la surface interne de la cale 32 de sorte que l'appui de la platine d'appui primaire 33 sur la cale 32 est conservé malgré le changement de température. De même, pour une variation de température de 183°C, la différence de déplacement entre la surface externe de la platine d'appui primaire 33 et la surface interne de la cale 32 est de l'ordre de 5.49E-05, la surface externe de la platine d'appui primaire 33 se déplaçant légèrement plus que la surface interne de la cale 32 de sorte que l'appui de la platine d'appui primaire 33 sur la cale 32 est conservé malgré le changement de température.

Des épaisseurs de cale 32 de 18, 19 ou 20 mm, et un goujon 45 et une platine d'appui primaire 33 dimensionnés de manière à ce que la surface externe de la platine d'appui primaire soit à une distance respectivement de 27, 28 ou 29 mm permettraient également de maintenir le serrage de la platine d'appui primaire 33 sur la cale 32.

Cependant, afin de ne pas endommager la cale 32 et/ou la plaque de fond 25, l'ensemble formé par la plaque de fond 25 et la cale 32 ne doit pas présenter un coefficient de contraction global trop éloigné du coefficient de contraction thermique de l'ensemble formé par le goujon 45 et la platine d'appui primaire 33. En effet, une trop grande différence de coefficient de contraction thermique pourrait entraîner un déplacement et donc un appui trop important de la platine d'appui primaire 33 sur la cale 32.

Ainsi, dans l'exemple donné à titre illustratif ci-dessus d'une plaque de fond 25 en contreplaqué de 9mm d'épaisseur avec un coefficient de contraction thermique de 3.65E-05 et d'un goujon 45 avec un coefficient de contraction thermique de 1.60E-05, la cale 32 avec un coefficient de contraction thermique de 5.50E-05 ne doit pas présenter une épaisseur supérieure à 68mm sous peine de voir la platine d'appui primaire 33 exercer un appui trop important. Autrement dit, dans cet exemple de réalisation, la cale 32 doit présenter une épaisseur comprise entre 17.6 mm et 68mm

pour conserver l'appui de la platine d'appui primaire 33 sans endommager la plaque de fond 25.

Ainsi, la cale 32 est dans un matériau sélectionné et/ou est agencée afin d'obtenir une cale 32 présentant un coefficient de contraction thermique dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve plus faible que celui de la plaque de fond 25 sur lequel elle repose. En outre, cette cale 32 est dimensionnée dans ladite direction d'épaisseur de la paroi de cuve de manière à ce que l'ensemble formé par la plaque de fond 25 et la cale 32 présente un comportement en contraction thermique proche de celui du dispositif d'ancrage 8. Plus particulièrement, le comportement en contraction thermique de cet ensemble permet le maintien de la coopération entre la cale 32 et la platine d'appui primaire 33 malgré les variations de température, c'est-à-dire empêchant que cet ensemble ne se contracte plus que le dispositif d'ancrage 8.

La figure 6 présente une variante de réalisation de la cale 32 dans laquelle la cale 32 est dimensionnée de manière à recouvrir conjointement deux zones d'appui 31 de deux panneaux isolants primaires 24 adjacents. Une telle cale 32 permet de limiter les opérations de montage dans la cuve et donc facilite la fabrication de la cuve. Cette cale 32 présente un renforcement central 55 permettant le passage du goujon 45.

En outre, comme illustré sur la figure 7, cette cale 32 est dimensionnée de manière à préserver un espace entre la première couche de mousse polymère isolante 26 et la cale 32, permettant la circulation de gaz dans la barrière thermiquement isolante primaire. En d'autres termes, la cale 32 présente des dimensions telles qu'elle ne recouvre pas intégralement les zones d'appui 31 des panneaux isolants primaires 24 adjacents afin de conserver un espace permettant la circulation de gaz tel qu'un gaz inerte dans la barrière thermiquement isolante primaire tout en assurant une coopération suffisante avec la platine d'appui primaire 33 et avec lesdites zones d'appui 31 pour permettre l'ancrage desdits panneaux isolants primaires 24.

Les figures 8 à 11 présentent d'autres modes de réalisation de la cale 32 permettant également la circulation de gaz dans la barrière thermiquement isolante

primaire en ménageant des espaces entre la cale 32 et la première couche de mousse polymère isolante 26.

La figure 13 illustre une paroi de cuve 101 selon un deuxième mode de réalisation. Les éléments identiques ou analogues aux éléments des figures 1 à 11 portent le même chiffre de référence que ceux-ci augmenté de 100 et ne seront décrits que dans la mesure où ils en diffèrent.

Le mode de réalisation illustré sur les figures 13 et 14 diffère du mode de réalisation illustré sur les figures 1 à 5 en ce que les panneaux isolants primaires 124 sont superposés en décalé par rapport aux panneaux isolants secondaires 107. Ainsi, les zones de coin des panneaux isolants primaires 124 ne sont pas situées au droit des zones de coin des panneaux isolants secondaires 107 mais au droit d'une portion centrale de la plaque de couvercle 111 de panneaux isolants secondaires 107 correspondants.

Dans le mode de réalisation illustré, les panneaux isolants primaires 124 sont décalés par rapport aux panneaux isolants secondaires 107 dans les deux directions du plan de la moitié de la longueur d'un panneau isolant secondaire 107. L'amplitude du décalage pourrait être différente et les zones de coins des panneaux isolants primaires 124 pourraient être ailleurs sur la plaque de couvercle 111 d'un panneau isolant secondaire 107, mais de préférence à distance des bords relevés des virures 123 pour ne pas interférer avec ceux-ci. L'amplitude du décalage peut être différente dans les deux directions du plan.

En outre, dans le mode de réalisation illustré sur les figures 13 et 14, les panneaux isolants secondaires 107 et primaire 124 diffèrent des panneaux isolants secondaires 7 et primaires 24 décrits ci-dessus en ce qu'ils ne comportent pas de plaque intermédiaire 10, 27. Ainsi, un panneau isolant secondaire 107 comporte une plaque de fond 109, une couche de mousse polymère isolante secondaire 156 et une plaque de couvercle 111. De même, un panneau isolant primaire 124 comporte une plaque de fond 125, une couche de mousse polymère isolante primaire 157 et une plaque de couvercle 129. En outre, la plaque de fond 109 est débordante de la couche de mousse polymère isolante secondaire 156 et de la plaque de couvercle 111 sur les côtés des panneaux isolants secondaire 107.

Dans ce deuxième mode de réalisation, les dispositifs d'ancrage 8 sont séparés en deux parties distinctes, une première partie formant un organe de retenue secondaire 158 coopérant avec des panneaux isolants secondaires 107 et une deuxième partie formant un organe de retenue primaire 159 coopérant avec des
5 panneaux isolants primaires 124. Du fait du décalage des zones de coin des panneaux isolants primaire 124 par rapport aux zones de coin des panneaux isolants secondaires 107, les organes de retenue secondaire 158 sont séparés et décalés des organes de retenue primaire 159.

L'organe de retenue secondaire 158 peut être fait de diverses manières. Par
10 exemple, l'organe de retenue secondaire 158 peut comporter un goujon fileté ancré sur la structure porteuse sur lequel est monté une platine d'appui secondaire retenue sur le goujon par un écrou. Cette platine d'appui secondaire est alors en appui sur la plaque de fond 109 du panneau isolant secondaire 107, directement ou par l'intermédiaire d'une cale reposant sur la partie débordante de la plaque de fond 109.
15 Un bouchon isolant afin d'assurer la continuité de l'isolation thermique peut être inséré dans la cheminée formée par les évidements des panneaux isolants secondaires 107 adjacents. De même, une plaque de fermeture, par exemple en bois contreplaqué, peut être logé dans un lamage de la plaque de couvercle 111 des panneaux isolants secondaires 107 adjacents pour assurer la continuité de la surface de support formée
20 par les plaques de couvercle 111.

Dans une variante de réalisation non illustré, les panneaux isolants secondaires 107 sont identiques aux panneaux isolants secondaires 7 décrits ci-dessus. Dans cette variante, l'organe de retenue secondaire 158 peut présenter une structure analogue à celle décrite ci-dessus pour le dispositif d'ancrage 8 dont on aura
25 supprimé tous les éléments agencés au-dessus de la plaque de répartition des efforts 21. Dans ce cas, la plaque de répartition des efforts 21 et le lamage 20 destiné à la recevoir peuvent aussi être supprimés.

Les organes de retenue secondaire 158 peuvent être en nombres divers allant par exemple de 2 à 5 par panneau isolant secondaire 107 et placés par exemple
30 aux coins des panneaux isolant secondaires 107 et/ou dans un interstice entre deux panneaux isolants secondaires 107 soit selon la première direction soit selon la

deuxième direction. D'autres modes de réalisation de l'organe de retenue secondaire sont décrits dans WO-A-2013093262.

Sur la figure 14, l'organe de retenue primaire 159 comporte une platine d'ancrage 160, par exemple ayant un contour carré ou circulaire, qui est fixée dans un lamage ménagé dans la surface de la plaque de couvercle 111 tournée vers la couche de mousse polymère isolante secondaire 156, par exemple par collage. La platine d'ancrage 160 présente un trou taraudé débouchant à la surface supérieure de la plaque de couvercle 111, c'est-à-dire sur la surface de la plaque de couvercle 111 tournée vers l'intérieur de la cuve. Un goujon 145 identique au goujon 45 décrit plus haut est vissé dans le trou taraudé de la platine 160.

Par ailleurs, l'organe de retenue primaire 159 présente des caractéristiques analogues à celles décrites ci-dessus en regard des figures 1 à 5 pour les parties du dispositif d'ancrage 8 coopérant avec le goujon 45. Ainsi, l'organe de retenue primaire 159 comporte une platine d'appui primaire retenue sur le goujon 145 par un écrou et, optionnellement, une rondelle élastique. Cet organe de retenue primaire 159 coopère avec la plaque de fond 125 et une cale de façon analogue à celle décrite ci-dessus entre d'une part le dispositif d'ancrage 8 et, d'autre part, la plaque de fond 25 et la cale 32. Autrement dit, l'organe de retenue primaire 159 d'une part, et la plaque de fond 125 et la cale, d'autre part, présentent des coefficients de contraction thermique sélectionnés et sont dimensionnés de manière à conserver l'appui de la platine d'appui primaire de l'organe de retenue primaire 159 sur la cale sous l'effet des changements de température dans la cuve.

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.

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.