

PAROI DE CUVE COMPORTANT UN ELEMENT TRAVERSANT

L'invention se rapporte au domaine de la fabrication de cuves étanches et thermiquement isolées. En particulier, la présente invention se rapporte à des cuves destinées à contenir des liquides froids ou chauds, et plus particulièrement à des cuves pour le stockage et/ou le transport de gaz liquéfié par voie maritime disposée dans une structure porteuse. La présente invention se rapporte plus spécifiquement à la construction d'une paroi d'une telle cuve devant accueillir un élément traversant, comme un pied de support ou une conduite ou autre.

Des cuves étanches et thermiquement isolantes peuvent être utilisées dans différentes industries pour stocker des produits chauds ou froids. Par exemple, dans le domaine de l'énergie, le gaz naturel liquéfié (GNL) est un liquide qui peut être stocké à pression atmosphérique à environ -163°C dans des cuves de stockage terrestres ou dans des cuves embarquées dans des structures flottantes. De telles structures flottantes sont en particulier les barges, les navires méthaniers pour le transport du produit et les installations off-shore, connues notamment sous les acronymes FPSO et FSRU, pour le stockage, la liquéfaction ou la regazéification du produit.

Ces cuves sont constituées d'une ou plusieurs membranes associées à des couches isolantes. Ces membranes présentent une élasticité suffisante pour résister à des efforts résultant par exemple de la pression hydrostatique, de la pression dynamique en cas de mouvement de la cargaison, et/ou des variations de température. Toutefois, une telle barrière étanche et le matériau d'isolation thermique sous-jacent sont relativement fragiles et ne peuvent pas nécessairement supporter le poids d'un mat comme celui de chargement/déchargement des cuves GNL. Pour cela, un pied de support peut être prévu comme dans FR-A-2961580. Dans ce document, la jonction entre la membrane étanche secondaire et le pied de support est réalisée au moyen d'un plateau de forme carrée.

De plus, les conditions thermodynamiques des cuves lors du stockage d'un tel liquide produisent une ébullition à la surface du liquide. Cette ébullition produit une certaine quantité de vapeur qui fait varier la pression interne des cuves. Pour contrôler la pression de ces cuves, les gaz d'évaporation sont collectés et acheminés
5 vers un collecteur d'évaporation pour être par exemple reliquéfiés ou brûlés dans la machine de propulsion du navire.

Il existe donc différentes fonctionnalités qui peuvent nécessiter de traverser la structure multicouche de la paroi de cuve avec un élément traversant.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et
10 thermiquement isolée agencée dans une structure porteuse pour contenir un fluide, ladite cuve comprenant des parois de cuve fixées à des parois de ladite structure porteuse,

une paroi de cuve présentant successivement, dans le sens de l'épaisseur depuis l'intérieur vers l'extérieur de ladite cuve, une barrière étanche primaire, une barrière
15 thermiquement isolante primaire, une barrière étanche secondaire, et une barrière thermiquement isolante secondaire,

la cuve comportant en outre un élément traversant disposé à travers la paroi de cuve, dans laquelle la paroi de cuve autour de l'élément traversant comporte :

des blocs isolants secondaires disposés sur la paroi de la structure porteuse
20 autour de l'élément traversant, les blocs isolant secondaires étant recouverts d'une première nappe étanche formant la barrière étanche secondaire,

un plateau disposé parallèlement à la paroi de cuve présentant une surface tournée vers l'intérieur de la cuve au même niveau que la première nappe étanche formant la barrière étanche secondaire, le plateau étant lié de manière étanche
25 directement ou indirectement à une paroi périphérique de l'élément traversant tout autour de l'élément traversant,

une deuxième nappe étanche fixée de manière étanche à cheval sur la première nappe étanche et sur le plateau tout autour du plateau

dans laquelle la paroi de cuve comporte en outre des éléments isolants primaires
30 disposés sur la barrière étanche secondaire autour de l'élément traversant, les

éléments isolants primaires étant recouverts par des éléments de barrière étanche primaire liés de manière étanche à la paroi périphérique de l'élément traversant, caractérisée par le fait que

le plateau est un plateau circulaire présentant une forme extérieure circulaire et
5 que la deuxième nappe étanche comporte une fenêtre circulaire présentant un diamètre inférieur au diamètre extérieur du plateau circulaire.

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

10

Selon un mode de réalisation, la deuxième nappe étanche est collée sur la première nappe étanche et sur le plateau circulaire. Selon un mode de réalisation, la deuxième nappe étanche est soudée sur la première nappe étanche et sur le plateau circulaire.

15

Selon un mode de réalisation, la deuxième nappe étanche comporte une bande annulaire qui suit la forme extérieure circulaire du plateau circulaire, la fenêtre circulaire étant délimitée par un bord intérieur de la bande annulaire.

Selon un mode de réalisation, la bande annulaire est composée d'une
20 pluralité de portion de bandes étanches, chaque portion de bande étanche formant un arc de cercle, par exemple de deux où quatre portions de bandes étanches.

Selon un mode de réalisation, les portions de bandes étanches se chevauchent deux par deux de manière à former des zones de chevauchement correspondant chacune à une portion marginale de la longueur des deux portions de bandes étanches.

25

Selon un mode de réalisation, la deuxième nappe étanche comprend une feuille métallique présentant un pli annulaire entourant la fenêtre circulaire et disposé entre le diamètre extérieur du plateau circulaire et la première nappe étanche, le pli annulaire formant un joint d'expansion entre ledit plateau circulaire et
30 ladite première nappe étanche. Selon un mode de réalisation, le pli annulaire est

orienté en direction de la barrière thermiquement isolante secondaire, le pli annulaire étant engagé dans une cheminée périphérique entre le pied de support et les blocs isolants secondaires. Selon un mode de réalisation, la cheminée périphérique est remplie par un isolant compressible.

5

Selon un mode de réalisation, les éléments de barrière étanche primaire s'étendent parallèlement à la paroi de cuve.

Selon un mode de réalisation, l'élément traversant présente une enveloppe
10 creuse de forme globalement tubulaire dont l'axe longitudinal est sensiblement perpendiculaire à la paroi de cuve. Selon un mode de réalisation, la paroi périphérique de l'élément traversant présente une section circulaire.

Selon un mode de réalisation, l'élément traversant est un pied support pour
15 un équipement immergé dans la cuve étanche, le pied de support s'étendant longitudinalement à travers la paroi de cuve et présentant une première portion d'extrémité en appui contre la paroi de la structure porteuse et une deuxième portion d'extrémité faisant saillie dans la cuve pour supporter l'équipement à distance de la couche de tôle métallique, le plateau circulaire étant lié de manière
20 étanche à la paroi périphérique du pied support tout autour du pied support.

Selon un mode de réalisation, le pied support traverse la barrière étanche primaire dans une fenêtre, la barrière étanche primaire comportant des pièces de liaison disposées dans la fenêtre autour du pied de support pour relier de manière
25 étanche le pied de support à une portion marginale de la couche de tôle métallique ondulée délimitant la fenêtre,

la fenêtre interrompant les lignes directrices d'une pluralité des ondulations parallèles de ladite au moins une série et le pied de support est centré à une position située entre les lignes directrices de deux ondulations parallèles de ladite
30 pluralité.

Selon un mode de réalisation, le pied support est disposé à la base d'un mat de déchargement de la cuve.

Selon un mode de réalisation, l'élément traversant comprend une conduite
5 étanche, la conduite étanche définissant un passage entre l'espace intérieur de la cuve et un collecteur de vapeur agencé à l'extérieur de la cuve.

La conduite peut présenter diverses formes, par exemple la section de la conduite peut être rectangulaire, circulaire, elliptique ou carré.

10 Selon un mode de réalisation, la paroi de cuve autour de la conduite étanche comporte en outre :

un plateau d'obturation lié de manière étanche à la périphérie de la conduite étanche et s'étendant parallèlement à la paroi de cuve, le plateau d'obturation étant espacé vers l'extérieur de la cuve par rapport à la barrière étanche secondaire,

15 une première plaque de liaison périphérique fixée de manière étanche sur toute la périphérie du plateau d'obturation et s'étendant parallèlement à la conduite étanche, la première plaque de liaison s'étendant dans le sens de l'épaisseur de la paroi de cuve et formant un rebord en saillie vers la barrière étanche secondaire par rapport au plateau d'obturation, les blocs isolants secondaires étant disposés sur la
20 paroi de la structure porteuse autour de la première plaque de liaison périphérique,

le plateau circulaire comportant une deuxième plaque de liaison fixée de manière étanche sur une surface du plateau circulaire orientée vers le plateau d'obturation et faisant saillie vers la structure porteuse parallèlement à la conduite étanche, la
25 deuxième plaque de liaison étant fixée de manière étanche à la première plaque de liaison tout autour de la première plaque de liaison, les deux plateaux mutuellement espacés délimitant un logement,

une ouverture ménagée à travers le plateau circulaire pour permettre la circulation de gaz entre un espace primaire situé entre les deux barrières étanches et
30 le logement,

et un tuyau débouchant à travers le plateau d'obturation et s'étendant en direction de la structure porteuse pour définir un passage entre le logement et le collecteur de vapeur.

5 Une telle cuve peut faire partie d'une installation de stockage terrestre, par exemple pour stocker du GNL ou être installée dans une structure flottante, côtière ou en eau profonde, notamment un navire méthanier, une unité flottante de stockage et de regazéification (FSRU), une unité flottante de production et de stockage déporté (FPSO) et autres.

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

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

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

25 Une idée à la base de l'invention est de réaliser l'étanchéité entre un élément traversant et d'une membrane étanche secondaire à l'aide de bandes étanches souples collées sur des surfaces reliées à l'élément traversant en limitant les concentrations de contraintes quelque soit l'origine de ces contraintes.

Certains aspects de l'invention partent de l'idée de fournir une cuve étanche
30 et thermiquement isolée dans laquelle un passage entre l'intérieur et l'extérieur de la

cuve sous forme d'un élément traversant est ménagé à travers une paroi de la cuve et dans laquelle la paroi est liée de manière étanche avec ledit élément traversant tout en permettant la gestion de fluides présents dans l'épaisseur de la paroi de la cuve.

- 5 Certains aspects de l'invention partent de l'idée de réaliser des traversées métalliques rigides passant au travers de l'isolation d'une cuve étanche. Certains aspects de l'invention partent de l'idée de réaliser une cuve étanche à l'aide d'une barrière étanche comportant une membrane étanche secondaire reliée de manière étanche autour d'un logement étanche situé autour dudit élément traversant et
- 10 s'étendant en dessous de la barrière étanche secondaire de manière à faciliter la réalisation de l'arrêt de la membrane étanche secondaire, l'élément traversant étant par exemple une conduite.

Certains aspects de l'invention partent de l'idée de réaliser l'étanchéité entre l'élément traversant et la membrane étanche secondaire à l'aide de bandes

15 étanches souples collées sur des surfaces reliées à la conduite de manière à simplifier le montage, faciliter les réparations, employer une quantité réduite de bandes souples et produire un collage fiable.

Certains aspects de l'invention partent de l'idée de réaliser un espace étanche dans la paroi de la cuve entre la membrane étanche secondaire et une

20 membrane étanche primaire au contact du fluide et de réaliser un circuit pour permettre une circulation efficace de fluides au sein de l'espace étanche et du logement.

Certains aspects de l'invention partent de l'idée de réaliser une cuve présentant une bonne résistance aux contraintes thermomécaniques. À cet effet,

25 certains aspects de l'invention partent de l'idée de limiter les vibrations de la conduite sur laquelle sont collés des éléments de ladite paroi de cuve pour protéger lesdits collages des éléments. Certains aspects de l'invention partent de l'idée de réaliser la fixation de la conduite de manière à compenser sa contraction thermique par rapport à la paroi de la cuve et ainsi limiter les contraintes thermomécaniques

30 sur lesdits collages.

Certains aspects de l'invention partent de l'idée de permettre le support d'un équipement devant être immergé dans une cuve sur un pied prenant appui directement ou indirectement sur la structure porteuse, pour éviter ou limiter un effort exercé sur une membrane d'étanchéité ondulée relativement fragile. Certains

5 aspects de l'invention partent de l'idée de disposer d'un tel pied de support d'une manière qui ne mette pas en péril les propriétés mécaniques essentielles de la membrane d'étanchéité secondaire, notamment son étanchéité et sa résistance à la contraction thermique ou aux efforts de pression.

10

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

15 uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés.

Sur ces dessins :

- La figure 1 est une vue en coupe d'une paroi de cuve comportant un dispositif de collecte de fluide.
- La figure 2 est une vue en coupe agrandie de la zone II de la figure 1
- 20 selon un mode de réalisation utile à la compréhension de l'invention.
- La figure 3 est une vue partielle en perspective éclatée de la paroi de cuve présentée dans la figure 2.
- La figure 4 est une vue en perspective partielle de la paroi de cuve de la figure 2 comportant une membrane étanche secondaire dont l'arrêt est réalisé
- 25 autour du dispositif de collecte de fluide.
- La figure 5 est une vue en perspective éclatée du dispositif de collecte de fluide traversant la paroi de la cuve.
- La figure 6 est une vue en perspective éclatée d'un pavé isolant primaire de la figure 2 destiné à être positionné à proximité du dispositif de collecte de fluide.

- La figure 7 est une vue en coupe agrandie de la zone II de la figure 1 selon un mode de réalisation de l'invention.
- La figure 8 est vue partielle en perspective éclatée de la paroi de cuve présentée dans la figure 7.
- 5 • La figure 9 est une vue en perspective partielle de la paroi de cuve de la figure 7 comportant une membrane étanche secondaire dont l'arrêt est réalisé autour du dispositif de collecte de fluide.
- La figure 10 est une représentation en perspective, en section transversale, d'une structure de paroi de cuve et d'un pied de support pouvant être
10 utilisé dans une cuve.
- La figure 11 est une représentation en perspective, de la réalisation de l'étanchéité autour d'un pied de support.
- La figure 12 est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

15

Une cuve étanche et thermiquement isolante est constituée de parois de cuve fixées à la surface intérieure de parois correspondantes d'une structure porteuse. La structure porteuse est par exemple la coque intérieure d'un navire à double coque ou une construction située à terre. Pour contenir un liquide froid
20 comme du GNL, les parois de la cuve comportent au moins une barrière d'étanchéité et au moins une barrière d'isolation thermique. Par mesure de sécurité, il est possible de prévoir une barrière d'étanchéité secondaire, entre la structure porteuse et la barrière d'étanchéité, qui est dite primaire dans ce cas.

La cuve peut être réalisée selon différentes géométries, par exemple une
25 géométrie prismatique dans la coque d'un navire ou une géométrie cylindrique à terre ou autre. Par convention, on appellera « au-dessus » une position située plus près de l'intérieur de la cuve et « en dessous » une position située plus près de la structure porteuse 1, quelle que soit l'orientation de la paroi de cuve par rapport au champ de gravité terrestre.

La **figure 1** présente un dispositif de collecte de fluides 2 traversant une paroi de plafond d'une cuve.

Une telle paroi de cuve présente, successivement depuis l'intérieur de la cuve vers la structure porteuse 1, une barrière d'étanchéité primaire 3 au contact
5 avec le produit contenu dans la cuve, une barrière thermiquement isolante primaire 4, une barrière d'étanchéité secondaire 5 et une barrière thermiquement isolante secondaire 6. La barrière thermiquement isolante primaire, la barrière d'étanchéité secondaire et la barrière thermiquement isolante secondaire sont essentiellement constituées par un ensemble de panneaux préfabriqués reposant sur des cordons de
10 mastic 9 et fixés sur la structure porteuse 1, à savoir ici la paroi de plafond.

La structure porteuse 1 comporte une ouverture circulaire 8 autour de laquelle est soudé un fût 10 qui s'étend à l'extérieur de la structure porteuse 1. Une conduite métallique collectrice de vapeurs 7 est ancrée à l'intérieur du fût 10 et est destinée à extraire les vapeurs produites par l'évaporation du fluide dans la cuve. À
15 cet effet, la conduite collectrice 7 traverse la paroi de cuve au centre de l'ouverture circulaire 8 ainsi que les barrières étanches 3 et 5 et les barrières isolantes 4 et 6 pour déboucher à l'intérieur de la cuve. Cette conduite collectrice 7 est notamment reliée à un collecteur de vapeur à l'extérieur de la cuve qui extrait cette vapeur et la transmet par exemple au dispositif de propulsion du navire pour alimenter la
20 propulsion du navire ou à un dispositif de liquéfaction pour réintroduire ensuite le fluide dans la cuve.

La barrière d'étanchéité 3 est reliée de manière étanche à la conduite collectrice 7. De même, la barrière d'étanchéité 5 est reliée de manière étanche à la conduite collectrice 7 sauf en un passage permettant au fluide présent entre les
25 deux barrières d'étanchéité de circuler vers des conduites secondaires 13 et 14. De cette manière, l'espace entre la barrière étanche secondaire 5 et la barrière étanche primaire 3 forme un espace étanche primaire relié aux deux conduites secondaires 13 et 14.

Par ailleurs, le fût 10 est relié de manière étanche à la structure porteuse 1
30 et à la conduite collectrice 7. La conduite collectrice comporte une couche

d'isolation 11 répartie uniformément sur sa portée extérieure qui présente un diamètre inférieur à l'ouverture circulaire 8. De cette manière, l'espacement entre la couche isolante 11 et l'ouverture circulaire 8 permet la circulation de fluide entre la barrière isolante secondaire et un espace intermédiaire présent entre le fût 10 et la
5 couche d'isolant 7. L'espace intermédiaire et l'espace entre la structure porteuse et la barrière isolante secondaire 6 forment ainsi un espace étanche secondaire.

Les deux conduites secondaires 13 et 14 s'étendent parallèlement à la conduite collectrice 7 dans la couche isolante 11 de la conduite collectrice 7 depuis l'extérieur du fût 10 jusqu'à l'espace étanche primaire. La première conduite 13
10 permet de réaliser un passage entre l'espace étanche primaire et un organe d'évacuation non représenté qui permet de contrôler les fluides présents dans l'espace primaire. La seconde conduite 14 permet de réaliser un passage entre l'espace primaire et un organe de mesure de pression non représenté. Ces deux conduites secondaires 13 et 14 permettent notamment de réaliser un balayage
15 d'azote dans l'espace étanche primaire.

Deux autres conduites non représentées sont soudées au fût 10 et débouchent à l'intérieur du fût 10 dans l'espace étanche secondaire pour permettre elles aussi la gestion des fluides et la mesure de pression dans l'espace étanche secondaire. Les conduites reliées à l'espace étanche secondaire permettent aussi le
20 balayage d'azote dans l'espace étanche secondaire.

En référence à la **figure 2** on va maintenant décrire plus en détail une zone II de la paroi de cuve traversée par la conduite collectrice 7.

Un panneau préfabriqué 12 placé à proximité de la conduite collectrice 7 comporte un panneau inférieur 15 rigide supporté par les cordons de mastic 9. Le
25 panneau inférieur 15 porte une couche d'isolant thermique 16 en mousse polyuréthane et constitue avec celui-ci un élément de barrière thermiquement isolante secondaire 6. Une nappe 17 en matériau composite appelé triplex® souple ou rigide adhère sensiblement sur toute la surface de la couche d'isolant thermique 16 de l'élément de barrière thermiquement isolante secondaire 6, ladite nappe 17
30 formant un élément de barrière d'étanchéité secondaire 5. Une deuxième couche

d'isolant thermique 18 en mousse polyuréthane recouvre partiellement la nappe 17 et y adhère. Un panneau supérieur 19 rigide recouvre la deuxième couche d'isolant thermique 18 et constitue avec lui un élément de barrière thermiquement isolante primaire 4.

5 Comme expliqué ci-dessus en référence à la figure 1, la conduite collectrice 7 traverse l'ouverture circulaire 8, les barrières étanches 3 et 5 et les barrières isolantes 4 et 6. L'étanchéité entre la barrière isolante secondaire et la conduite collectrice 7 est réalisée par l'intermédiaire d'un premier plateau 20 s'étendant autour de la conduite et obturant un tube 21. Le tube 21 est surmonté de manière
10 étanche par un deuxième plateau 22 de forme extérieure carrée. De cette manière, les deux plateaux 20 et 22 forment un logement. Des bandes flexibles 23 sont collées entre la nappe 17 et le deuxième plateau 22 pour réaliser l'arrêt étanche de la barrière étanche secondaire 5.

Le premier plateau circulaire métallique 20 est soudé autour de la conduite
15 collectrice 7 entre la structure porteuse 1 et la barrière étanche secondaire 5. Le premier plateau circulaire 20 est soudé sur toute sa périphérie sur la portée intérieure du tube métallique 21. Le tube métallique présente un diamètre inférieur à l'ouverture 8 de la structure porteuse 1 et s'étend au-dessus du premier plateau circulaire 20 jusqu'en une zone proche du niveau de la barrière étanche secondaire
20 5.

Le deuxième plateau 22 est soudé à l'extrémité supérieure du tube 21. Le deuxième plateau 22 comporte un passage circulaire 25 traversé par la conduite 7. Ce passage circulaire 25 présente un diamètre supérieur au diamètre de la conduite collectrice 7 de manière à laisser un espacement entre le deuxième plateau 22 et la
25 conduite collectrice 7. Grâce à cet espacement, le fluide peut circuler depuis l'espace primaire situé entre les barrières étanches 3 et 5 vers le logement 24.

Une partie tubulaire 26 est soudée sur la surface inférieure du deuxième plateau 22 et est centrée sur le passage 25 du deuxième plateau 22. La portée intérieure de la partie tubulaire 26 présente un diamètre sensiblement égal au
30 diamètre externe du tube 18. De cette manière, le tube 21 et la partie tubulaire 26

du deuxième plateau 22 peuvent s'emboîter et coopérer pour coulisser lorsqu'ils ne sont pas soudés. Ainsi, lors du soudage de la partie tubulaire 26 avec le tube 21, l'écartement entre le deuxième plateau 22 et la structure porteuse 1 peut être ajustée pour placer le deuxième plateau 22 sensiblement au niveau de la barrière
5 étanche secondaire 5. Par ailleurs, l'emboîtement du tube 21 et de la partie tubulaire 26 permet le centrage de l'ouverture 25 par rapport à la conduite ainsi que l'orientation du deuxième plateau 22. Les soudages entre le premier plateau 20, le tube 21 et le deuxième plateau 22 sont réalisés sur tout leur pourtour de manière à obtenir l'étanchéité entre ces éléments.

10 Le tube 21 s'étend en outre en dessous du premier plateau circulaire 20 jusqu'en une zone au-delà de la structure porteuse 1. Une couronne métallique 27 présente un contour intérieur sur lequel est soudée l'extrémité du tube 21 situé dans la zone au-delà de la structure porteuse. La couronne 27 comporte une surface parallèle à la paroi de la cuve sur laquelle est collée la couche isolante 11 de la
15 conduite collectrice 7. Le premier plateau circulaire 20 comporte en outre deux orifices 28 auxquels sont soudées les deux conduites secondaires 13 et 14 (non représentées sur la figure 2).

Le premier plateau 20, le deuxième plateau 22 ainsi que le tube 21 et la partie tubulaire 26 sont constitués d'acier inoxydable.

20 Un pavé 29 est posé à cheval sur le panneau préfabriqué 12 et sur le deuxième plateau 22 pour former un élément de la barrière isolante entre la conduite collectrice 7 et le panneau préfabriqué 12. Ce pavé 29 comporte, comme le panneau préfabriqué 12, une couche isolante 31 en appui sur la barrière étanche secondaire 5. Cette couche isolante 31 est surmontée d'un panneau supérieur 30.

25 Les panneaux supérieurs du panneau préfabriqué 12 et du pavé 29 supportent la barrière d'étanchéité primaire 3 sous forme de plaques de fine tôle métalliques présentant des ondulations 32. Ces ondulations 32 forment des zones élastiques pour absorber la contraction thermique et les efforts de pression statiques et dynamiques. De telles barrières d'étanchéité en tôle ondulée ou gaufrée
30 ont notamment été décrites dans FR-A-1379651, FR-A-1376525, FR-A-2781557 et

FR-A-2861060. La barrière étanche primaire 3 est reliée de manière étanche à la conduite collectrice 7 par l'intermédiaire d'une collerette 33 de section formant un L. Cette collerette 33 est soudée sur les fines tôles et sur la conduite collectrice 7.

En référence à la **figure 3**, on voit plus en détails la structure des éléments
5 présentés dans la figure 2 : La conduite collectrice 7 et le tube 21 traversent la structure porteuse 1 au centre de l'ouverture 8. Le tube 21 est centré dans l'ouverture 8 par l'intermédiaire de quatre cales de centrage 34 réparties en appui de manière équilibrée autour du tube 21. Ces cales de centrage 34 sont vissées sur la structure porteuse 1 et sont constituées de polyéthylène de haute densité. Les cales
10 34 permettent d'éviter les vibrations du tube 21 et de la conduite collectrice 7 et permettent ainsi d'éviter la dégradation du collage de la barrière secondaire 5.

Une garniture en laine de verre 35 est introduite dans le logement 24. Le deuxième plateau 22 est positionné sur le tube 21 pour que le deuxième plateau 22 soit sensiblement au même niveau que la barrière étanche secondaire. La partie
15 tubulaire 26 du deuxième plateau est soudée sur le tube 21. Pour éviter un risque de brûlure de la garniture en laine de verre 35, une protection thermique non représentée est préalablement placée entre la garniture 34 et le tube 21 et la partie tubulaire 26. Cette garniture est poreuse pour permettre la libre circulation du fluide dans le logement entre l'espace étanche primaire et les conduites secondaires 13 et
20 14.

Autour du tube 21 sont placées deux parties 36 d'un bourrage de laine de verre qui présentent ensemble un contour extérieur carré de dimension plus importante que le deuxième plateau 22. Chacune des deux parties 36 comporte un contour intérieur en forme de demi-cercle pour venir s'appuyer sur la portée
25 extérieure du tube 21 et la partie tubulaire 26.

On réalise la barrière isolante secondaire 6, la barrière d'étanchéité secondaire 5 et la barrière isolante primaire 4 au moyen de deux panneaux préfabriqués 12. Chacun des panneaux 12 autour de la conduite collectrice 7 présente globalement une forme de gradins en forme de U avec un bloc isolant
30 inférieur 37 en forme de U constituant un élément de la barrière d'isolation

secondaire, une nappe étanche 17 recouvrant complètement la surface supérieure en forme du bloc, et un bloc isolant supérieur 38 en forme de U de plus petite dimension constituant un élément de la barrière d'isolation primaire 4 de manière à laisser découvert une zone du revêtement étanche 32 située sur tout le rebord du bloc inférieur 37. Le panneau peut être préfabriqué par collage avec de la mousse de polyuréthane et de bois contreplaqué pour les barrières d'isolation. Ainsi, le bloc inférieur 37 comporte le panneau inférieur 15 et la couche de mousse isolante 16 et le bloc supérieur comporte la couche isolante 18 et le panneau supérieur 19. Les deux panneaux préfabriqués en forme de U sont juxtaposés pour entourer les deux parties 36 du bourrage de laine de verre. Chaque panneau préfabriqué 12 comporte en outre des cheminées 42 qui permettent l'accès, lors du montage, au moyen de fixations du panneau préfabriqué 12 permettant d'ancrer le panneau préfabriqué 12 sur des goujons (non représentés) soudés préalablement sur la structure porteuse 1.

Quatre bandes flexibles 23 sont collées à cheval chacune sur un côté du deuxième plateau 22 et sur la nappe étanche 17 de la zone à découvert du panneau préfabriqué 12 en forme de U. Le deuxième plateau 22 présente une forme carrée permettant de bandes flexibles linéaires. Les bandes flexibles sont collées à l'aide d'une colle polyuréthane. La **figure 4** présente plus en détail la réalisation du collage des bandes flexibles 23. Deux premières bandes flexibles 23a sont collées à cheval sur la partie intérieure des panneaux préfabriqué 12 en forme de U puis les deux bandes flexibles 23b sont collées à cheval sur les deux panneaux préfabriqués 12 et sur le deuxième plateau 22 tout en étant collées sur l'extrémité 41 des deux premières bandes flexibles 23a pour les chevaucher. La présente méthode de collage est donc fiable, aisée à réaliser lors du montage, et simplifie les éventuelles réparations du fait d'une zone de collage étroite facilitant le décollage. Par ailleurs, ce collage pour arrêter la membrane secondaire 5 peut être effectué de manière automatique.

En revenant à la figure 3 on voit que quatre pavés 29 sont positionnés sur les bandes flexibles pour compléter la barrière étanche primaire. Les pavés 29 présentent un côté en forme d'arc de cercle pour accueillir la conduite collectrice 7.

L'arc de cercle présente un diamètre supérieur au diamètre de la conduite collectrice tel que c'est visible sur la figure 2. Cela permet de laisser un espace pour une garniture de laine de verre non représentée entre la conduite 7 et les pavés 29.

Les fines tôles de la barrière étanche sont ensuite fixées sur la barrière
5 isolante primaire. Celles-ci sont positionnées de manière que la zone de la barrière étanche primaire traversée par la conduite collectrice ne soit pas traversée par une ondulation 32. De cette manière, la zone traversée par la conduite collectrice 7 est sensiblement plane et permet la mise en place et le soudage de la collerette 33.

La **figure 5** présente plus précisément le deuxième plateau 22 de la figure
10 3. Des bandes de nappe rigide 43 sont collées entre les côtés de la partie carrée du deuxième plateau 22 et le passage circulaire 25. Les bandes de nappe étanche flexible 23 sont collées sur ces nappes rigides. De cette manière les bandes de nappe flexible 23 sont seulement collées sur des nappes étanches rigides.

La **figure 6** met en évidence la structure des pavés 29 permettant la
15 circulation du fluide entre les ondulations 32 et le logement 24. Le panneau supérieur comporte une rainure 44 formant un angle droit traversant le panneau entre sa surface supérieur et sa surface inférieure. Lors de la mise en place de la barrière étanche primaire, deux ondulations 32 perpendiculaires l'une par rapport à l'autre sont superposées à la rainure 44 de manière à permettre la circulation de
20 fluide présent dans les ondulations vers la couche isolante 18. Cette couche isolante comporte en outre une rainure de liaison 46 correspondant à la rainure 44 du panneau supérieur à partir de laquelle s'étendent trois rainures parallèles 46 en direction de la partie du pavé en arc de cercle sur laquelle elles débouchent. Les rainures 45 et 46 de la couche isolante 18 du pavé 29 sont comblées de laine de
25 verre d'une densité de 22kg/m³. De cette manière le fluide gazeux qui a traversé le panneau supérieur peut circuler jusqu'à l'extérieur du pavé, dans l'espace entre le pavé et la conduite collectrice 7.

Cette structure spécifique des pavés 29, l'espacement entre le passage circulaire 25 et la conduite collectrice et le logement 24 comprenant une garniture
30 35 poreuse permet de créer un circuit pour les fluides pour faciliter leur circulation

dans l'espace étanche primaire, notamment depuis les ondulations 32 jusqu'aux conduites secondaires 13 et 14 et inversement.

De même, l'espace entre l'ouverture circulaire 8 et la conduite 21 et entre la structure porteuse 1 et les panneaux inférieurs 15 permet de générer un circuit pour le fluide entre l'espace secondaire et le fût 10. Ces circuits permettent notamment l'inertage de la paroi de cuve à l'azote.

Pour réduire les contraintes exercées sur les collages effectués autour de la conduite collectrice, l'ancrage de la conduite 7 est réalisé en une partie 48 de la conduite 7 espacée dans une direction opposée à l'intérieur de la cuve par rapport à la structure porteuse 1. De cette manière, la contraction de la conduite collectrice 7 lorsqu'elle est soumise à des basses températures est équivalente à la contraction de la barrière isolante secondaire 5 au niveau de la zone collée sur le deuxième plateau 22. Ainsi, les contraintes sur les collages de la paroi de cuve sont réduites. Cet ancrage comporte un élément tronconique 49 métallique soudé à la conduite étanche 7. L'élément tronconique 49 s'appuie sur un support s'étendant à l'intérieur du fût 10.

On va maintenant décrire un mode de réalisation de la paroi de plafond munie d'un collecteur de vapeur en se reportant aux **figures 7 à 9**. Ce mode de réalisation permet de diminuer les contraintes supportées par les bandes flexibles 23 par rapport au mode de réalisation des figures 2 à 6 décrit ci-dessus. Sur les figures 7 à 9 les éléments identiques à ceux des figures 2 à 6 portent le même chiffre de référence. Les éléments analogues modifiés portent le même chiffre de référence augmenté de 700.

Comme expliqué ci-dessus en référence à la figure 2, la conduite collectrice 7 traverse l'ouverture circulaire 8, les barrières étanches 3 et 5 et les barrières isolantes 4 et 6. L'étanchéité entre la barrière isolante secondaire et la conduite collectrice 7 est réalisée par l'intermédiaire d'un plateau d'obturation 727 s'étendant autour de la conduite collectrice 7. Ce plateau d'obturation, positionné au sommet du tube 21 le bouche à cette extrémité. À l'autre extrémité du tube 21, le tube est relié par l'intermédiaire d'une partie tubulaire 26 à un plateau circulaire 722 dont le

pourtour extérieur est circulaire. L'ensemble constitué par le tube 21 et les deux plateaux 727 & 722 forme un logement 724. La conception de ce logement le rend étanche par rapport à la barrière secondaire et l'intérieur de la cuve. Ce logement fait partie de l'espace primaire auquel il est relié par le passage circulaire 25. Pour
5 permettre l'évacuation des vapeurs présentes dans ce logement, sur le plateau d'obturation 727 sont raccordées de manière étanche les deux conduites secondaires 13 et 14 (représentées sur la figure 8). Le dispositif ainsi formé ne permet pas à la vapeur éventuellement présente dans l'espace primaire de s'échapper ailleurs que par ces deux conduites 13 et 14. Cette architecture permet
10 en outre de réaliser un balayage avec un gaz inerte. Pour garantir l'isolation, le logement 724 est rempli d'un isolant perméable aux vapeurs, gaz.

Selon une variante, entre le tube 21 et le panneau préfabriqué 712, un jeu 97 est également comblé par de la laine minérale pour assurer la continuité de l'isolation.

15 En outre, selon cette variante des ailettes 99 sont disposées régulièrement entre l'intérieur de la base du tube 21 et la périphérie de la conduite collectrice 7 afin de positionner et fixer le tube 21 par rapport à la conduite collectrice 7.

La **figure 8** présente une vue en perspective éclatée de la structure au niveau des barrières d'isolation et d'étanchéités des éléments présentés à la figure 7.

20 La barrière isolante secondaire 6, la barrière d'étanchéité secondaire 5 et la barrière isolante primaire 4 sont réalisées au moyen de deux panneaux préfabriqués 712 différents de ceux de la figure 3. Les deux panneaux préfabriqués 712 en forme de U sont juxtaposés pour entourer le tube 21. Chaque panneau préfabriqué 712 présente un contour intérieur en forme de demi-cercle pour venir s'appuyer sur la
25 portée extérieure du tube 21 et la partie tubulaire 26 ce qui peut rendre inutile les bourrages de laine de verre 36 du mode de réalisation de la figure 3.

Chacun des panneaux 712 autour de la conduite collectrice 7 présente globalement une forme de gradins en forme de U avec un bloc isolant inférieur 37 en forme de U constituant un élément de la barrière d'isolation secondaire, une
30 nappe étanche 17 recouvrant complètement la surface supérieure en forme du bloc,

et un bloc isolant supérieur 38 en forme de U de plus petite dimension constituant un élément de la barrière d'isolation primaire 4 de manière à laisser découvert une zone du revêtement étanche 32 située sur tout le rebord du bloc inférieur 37. Le panneau peut être préfabriqué par collage avec de la mousse de polyuréthane et de bois contreplaqué pour les barrières d'isolation. Ainsi, le bloc inférieur 37 comporte le panneau inférieur 15 et la couche de mousse isolante 16 et le bloc supérieur comporte la couche isolante 18 et le panneau supérieur 19. Chaque panneau préfabriqué 712 comporte en outre des cheminées 42 qui permettent l'accès, lors du montage, au moyen de fixations du panneau préfabriqué 712 permettant d'ancrer le panneau préfabriqué 712 sur des goujons 700 soudés préalablement sur la structure porteuse 1.

À l'intérieur du tube 21, dans le logement 724, une garniture en laine minérale 735 est introduite pour assurer l'isolation, par exemple de la laine de verre. En variante, cette garniture est de la mousse de polyuréthane.

Pour assurer la continuité de l'étanchéité de la nappe étanche, une bande annulaire flexible 723 est utilisée. Quatre portions de bandes flexibles 723 sont collées à cheval chacune sur une portion de cercle du plateau circulaire 722 et sur la nappe étanche 17 de la zone à découvert du panneau préfabriqué 712.

Une autre caractéristique visible sur la figure 8 est la présence d'un disque rapporté 700 qui forme la paroi de plafond autour de la conduite 7. Le disque 700 est réalisé dans un alliage plus résistant au froid que le reste de la paroi porteuse étant donné que cette zone est susceptible d'être exposée à des températures plus froides.

La **figure 9** présente plus en détail la réalisation du collage des portions de bandes flexibles 723. La première portion de bande 723a est collée à cheval sur la partie intérieure des panneaux préfabriqués 712 et sur un arc de cercle du plateau circulaire 722. La seconde portion de bande 723b est collée à cheval sur l'extrémité de la première portion de bande 723a, pour recouvrir une partie marginale de cette première portion de bande 723a d'une part et à cheval sur les deux panneaux préfabriqués 712 et sur le plateau circulaire 722. Le positionnement de la troisième

portion de bande 723c est réalisé selon la même méthode avec un chevauchement de la portion de bande 723b. Enfin, la dernière portion de bande 723d est disposée pour finaliser l'étanchéité dans la zone du plateau circulaire 722. Tout comme pour les bandes 723a à 723c, la portion de bande 723d est collée à cheval entre le plateau

5 circulaire 722 et les panneaux préfabriqués 712, mais elle recouvre également des zones d'extrémités des portions de bandes voisines 723a et 723c. Ainsi, la continuité de l'étanchéité est assurée par un recouvrement de proximité des portions de bandes voisines.

En variante, les portions de bandes sont collées bord à bord et une autre

10 portion de bande est collée sur la jointure afin de réaliser l'étanchéité.

L'utilisation d'un plateau circulaire 722 et d'une bande annulaire permet de réduire les contraintes supportées par la bande flexible 723 notamment en supprimant les zones de coins susceptible de concentrer les contraintes. Le tableau 1 illustre à titre d'exemple, le gain obtenu dans le cas d'un navire méthanier. Les

15 études réalisées sur deux types de membranes montrent une diminution systématique des contraintes subies par la bande flexible lors de l'utilisation d'un plateau circulaire par rapport à un plateau carré. Par exemple dans le cas d'une barrière isolante secondaire de forte épaisseur, des essais ont montré que les contraintes encaissées par un plateau carré, tel que décrit sur les figures 2 à 6, sont

20 au moins 23% plus élevées que celles qui sont subies par un plateau circulaire, toutes choses égales par ailleurs.

Barrière isolante secondaire	Géométrie du plateau	Gain (en %)
Épaisseur standard 170mm	Carré	13.5
	Circulaire	
Forte épaisseur 300mm	Carré	23
	Circulaire	

Tableau 1: mesure des contraintes sur les bandes flexibles, pour une barrière isolante primaire épaisse de 100mm.

5 En se reportant à la **figure 13**, on va maintenant décrire un autre mode de réalisation en variante au mode de réalisation des figures 7 à 9. Sur la figure 13, les éléments identiques à ceux des figures 7 à 9 portent le même chiffre de référence. Les éléments analogues modifiés portent le même chiffre de référence augmenté de 100.

10 Comme pour le mode de réalisation précédent, une conduite collectrice 7 traverse la structure porteuse 1, les barrières étanches et les barrières isolantes. Autour de la conduite collectrice 7, la barrière isolante secondaire est réalisée à l'aide d'un panneau préfabriqué 812 comprenant une ouverture cylindrique. Cette ouverture permet le passage des éléments entourant la conduite collectrice 7 décrite
15 à la figure 7 et repris dans ce mode de réalisation. Sur la figure 13, seuls sont visibles la laine minérale 98 et le plateau circulaire 722. Après la mise en place du panneau préfabriqué 812, le plateau circulaire 722 affleure à la surface du panneau préfabriqué 812.

La barrière d'étanchéité secondaire est obtenue à l'aide d'une membrane
20 étanche 117 qui recouvre toute la barrière isolante secondaire sauf une ouverture 1045 dans la zone de la conduite collectrice 7. La membrane étanche 117 est maintenue sur les panneaux préfabriqués 812. Pour cela, le couvercle 1048 comprend des inserts 1049 métalliques. La membrane 117 est par exemple composée de bandes 1046 de tôles dont les bords adjacents sont soudés à
25 recouvrement 1047 sur les inserts 1049. La membrane 117 est réalisée dans une tôle métallique en alliage d'acier au nickel à très faible coefficient de dilatation.

La continuité de l'étanchéité avec le plateau circulaire 722 est assurée à l'aide d'une nappe 823 de liaison. Cette nappe 823 recouvre partiellement le plateau circulaire 722 sur lequel elle est fixée de manière étanche. De même, elle est
30 partiellement recouverte par la membrane étanche 117 à laquelle elle est également fixée de manière étanche. Ce mode de fixation est par exemple une fixation par

soudure étanche. La nappe 823 est réalisé en métal, par exemple dans le même alliage que la membrane 117.

La nappe 823 comprend un trou circulaire 1044 pour le passage de la conduite 7. Elle comprend en outre une onde circulaire 850 formant une zone élastique. Cette onde absorbe les efforts de pression statiques et dynamiques. Elle permet également d'encaisser la contraction thermique en s'ouvrant plus ou moins.

La périphérie extérieure de la nappe 823 est de forme rectangulaire, afin de faciliter le raccordement à la membrane étanche 117. Selon une variante, la forme extérieure de la nappe 823 est circulaire.

10 Bien que dans les modes de réalisation décrits ci-dessus, la conduite collectrice traverse une paroi de plafond de la cuve, dans un autre mode de réalisation la conduite pourrait traverser la paroi de la cuve en haut d'une paroi latérale de la cuve.

On a décrit ci-dessus une paroi de cuve traversée par une conduite et des structures permettant de rétablir l'étanchéité des barrières étanches autour de cette conduite. Des structures similaires peuvent être employées autour d'autres éléments traversants disposés sur une paroi de cuve.

On va maintenant décrire un pied support immergé dans une cuve étanche en référence aux **figures 10 et 11**. Dans le fond, la cuve comprend un élément rigide allongé, constituant un pied de support 910, qui s'étend à travers la barrière d'isolation thermique et la barrière d'étanchéité, de sorte qu'un bout prend appui contre la paroi de fond 100 de la structure porteuse et que l'autre bout fait saillie dans la cuve à distance de la barrière d'étanchéité. Le pied de support 910 peut par exemple servir à supporter un équipement devant être immergé dans la cuve. Par exemple, pour supporter une pompe de déchargement, il peut être disposé à la base d'un mât de pompage de la cuve, non représenté. Bien que le pied de support soit ici représenté sur une paroi de fond de la cuve, un élément rigide similaire peut être disposé de la même manière à d'autres emplacements dans la cuve, par exemple comme élément de support ou d'espacement pour maintenir un objet quelconque à distance de la paroi de cuve.

Pour réaliser la barrière d'étanchéité primaire, il est possible d'utiliser des plaques de fine tôle métalliques présentant des ondulations qui forment des zones élastiques pour absorber la contraction thermique et les efforts de pression statiques et dynamiques. De telles barrières d'étanchéité en tôle ondulée ou gaufrée
5 ont notamment été décrites dans FR-A-1379651, FR-A-1376525, FR-A-2781557 et FR-A-2861060.

Sur la figure 10, le pied de support 910 présente ici une forme de révolution à section circulaire, avec une partie inférieure tronconique 913 qui se raccorde au niveau de son extrémité de plus petit diamètre 917 à une partie supérieure
10 cylindrique 914. La base de plus grand diamètre de la partie tronconique 913 est en appui contre la paroi de la structure porteuse. La partie tronconique 913 s'étend à travers l'épaisseur de la paroi de cuve au-delà du niveau de la barrière d'étanchéité 3. La partie cylindrique 914 est fermée de manière étanche par une plaque circulaire 919, qui peut être par exemple soudée sur un rebord intérieur non représenté de la
15 partie cylindrique 914.

Pour permettre le passage du pied de support 910, les plaques étanches ondulées 911 formant la barrière d'étanchéité 3 sont découpées de manière à délimiter une fenêtre carrée 925 autour du pied de support 910. Pour réaliser la continuité de la barrière d'étanchéité 3 au niveau de la fenêtre 925, un assemblage
20 étanche de pièces de liaisons est réalisé entre le pied de support 910 et les plaques étanches 911. Comme le diamètre du pied de support 910 est supérieur à l'espacement entre les ondulations de la première série 915, certaines des ondulations longitudinales indiquées au chiffre 920 et dont la ligne directrice A coupe le pied de support 910 ont été interrompues au niveau de la fenêtre 925. De
25 même, comme le diamètre du pied de support 910 est supérieur à l'espacement entre les ondulations de la deuxième série 916, certaines des ondulations transversales indiquées au chiffre 921 et dont la ligne directrice B coupe le pied de support 910 ont été interrompues au niveau de la fenêtre entourant le pied de support.

Par ailleurs, comme visible sur la figure 10, la taille de la fenêtre 925 est en pratique plus grande que le diamètre du pied de support 910, afin que la mise en place des pièces de liaisons soit relativement aisée. Ainsi, la fenêtre 925 ménagée dans la couche de tôle ondulée serait susceptible d'interrompre similairement des ondulations dont la ligne directrice, sans couper effectivement le pied de support, se trouverait à une proximité trop étroite du pied de support pour permettre la mise en place des pièces de liaison entre elles et le pied de support.

Le centre du pied de support 910 est positionné entre les lignes directrices A des ondulations interrompues 920 et entre les lignes directrices B des ondulations interrompues 921, et plus précisément au milieu de ces lignes directrices sur la figure 10. Il résulte de ce positionnement que la ligne directrice A ou B coupe à chaque fois le pied de support 910 selon une corde plus courte que le diamètre du pied de support 910. De ce fait, et compte tenu de l'espace devant exister entre le bord de la fenêtre 925 et le pied de support 910 pour permettre la mise en place des pièces de liaison, ce positionnement du pied de support permet d'interrompre chacune des ondulations 920 et 921 sur une distance plus courte que dans le cas où la ligne directrice A ou B couperait le pied de support selon sa plus grande dimension transversale, c'est-à-dire son diamètre dans le cas d'une section circulaire. Il est avantageux d'interrompre les ondulations de la barrière d'étanchéité sur une distance la plus courte possible, étant donné que ces interruptions sont susceptibles de réduire localement la flexibilité de la barrière d'étanchéité et donc de favoriser localement sa fatigue et son usure.

Dans le cas d'une section circulaire, le centrage du pied de support à mi-distance entre les ondulations interrompues 920 et à mi-distance entre les ondulations interrompues 921 offre un résultat optimal. Toutefois, d'autres formes de section et d'autres positionnements du pied peuvent aussi être considérés. Un principe pouvant servir à adapter à chaque fois le positionnement du pied de support entre les ondulations est de choisir une position qui minimise, ou du moins diminue, la dimension transversale du pied de support que coupe la ligne directrice de l'ondulation interrompue. Dans le cas où la géométrie particulière du pied de

support et/ou la distribution particulière des ondulations de la membrane implique d'interrompre plusieurs ondulations sur des longueurs différentes, un paramètre d'optimisation pertinent pour adapter le positionnement du pied de support peut être la longueur de la plus longue interruption ou la longueur cumulée des
5 interruptions obtenues.

Sur la figure 10, la fenêtre 925 présente une forme carrée qui facilite la découpe des plaques étanches 911 à la forme souhaitée. Toutefois, d'autres formes de fenêtres peuvent aussi être mises en œuvre, en fonction notamment de la géométrie du pied de support. D'autres modes de réalisation pouvant être employés
10 pour réaliser la membrane étanche primaire autour du pied de support sont décrits dans FR-A-2961580

Pour se raccorder à la barrière d'étanchéité secondaire, le pied de support 910 comporte un plateau secondaire 923 de forme circulaire fixé autour de la partie
15 tronconique 913 à une hauteur correspondant à la surface supérieure de la barrière d'isolation thermique secondaire 922 et de la barrière étanche secondaire qui est très mince. Pour se raccorder à la barrière d'étanchéité primaire, le pied de support 910 comporte un plateau primaire 924 de forme ronde fixé autour de la partie tronconique 913 à une hauteur correspondant à la surface supérieure de la barrière
20 d'isolation thermique primaire 926. Les plateaux 923 et 924 peuvent être réalisés d'un seul tenant avec le pied de support 910.

Au-dessous du plateau secondaire 923, la barrière d'isolation secondaire 922 comporte un bourrage de laine de verre 927 qui présente également un contour extérieur circulaire. Au-dessous du plateau primaire 924, la barrière d'isolation
25 primaire 926 comporte un bourrage de laine de verre 928 qui présente également un contour extérieur circulaire.

Autour du bourrage 927 et du plateau 923, on réalise la barrière d'isolation secondaire, la barrière d'étanchéité secondaire et la barrière d'isolation primaire au moyen de quatre panneaux d'angle. Un panneau présente globalement une forme
30 de gradins en forme de L avec un bloc isolant inférieur en forme de L constituant un

élément de la barrière d'isolation secondaire, un revêtement étanche 932 recouvrant complètement la surface supérieure en forme de L du bloc, et un bloc isolant supérieur en forme de L de plus petite dimension constituant un élément de la barrière d'isolation primaire. Le bloc supérieur est aligné aux côtés extérieurs du bloc inférieur, de manière à laisser découverte une zone du revêtement étanche 932 situé sur un rebord intérieur et sur des rebords d'extrémité du bloc inférieur 931. Le panneau 930 peut être préfabriqué par collage avec des matériaux similaires à ceux enseignés dans la demande FR-A-2781557, notamment mousse de polyuréthane et bois contreplaqué pour les barrières d'isolation et un matériau composite en feuille d'aluminium et fibre de verre pour la barrière d'étanchéité secondaire. La réalisation d'une telle barrière d'isolation à l'aide de panneaux est décrite en détail dans le brevet FR-A-2961580.

Les quatre panneaux d'angle 930 bordent par leurs côtés intérieurs le contour du bourrage 927 et du plateau 923. Les dimensions des blocs 931 sont conçues pour ménager des espaces entre eux sous la forme de quatre cheminées radiales 934 situées à chaque fois entre les faces d'extrémité de deux blocs inférieurs 931 voisins. Pour assurer une continuité de la barrière d'isolation secondaire 922, chacune des cheminées 934 est bourrée d'une feuille de fibre de verre 935. La porosité de la fibre de verre des feuilles 935 et du bourrage 927 rend possible la circulation de gaz à travers la barrière d'isolation secondaire 922, notamment pour l'inertage de la paroi de cuve à l'azote.

La **figure 11** représente la réalisation de la barrière d'étanchéité secondaire dans la zone du pied de support 910. Pour réaliser la continuité de la barrière d'étanchéité secondaire autour du pied de support 910, quatre portions de bandes 936 du matériau composite étanche en feuilles d'aluminium et fibre de verre appelé triplex® sont collées sur le plateau secondaire 923 et sur le revêtement étanche 932 des panneaux 930. Chaque portion de bande étanche forme un arc de cercle qui constitue un anneau à la base du pied une fois qu'elles sont assemblées sur le revêtement étanche 932. Une portion de bande 936 est positionnée à chaque fois de manière à chevaucher un côté du plateau secondaire 927 et les rebords intérieurs

découverts de deux blocs inférieurs 931. Les portions de bandes 936 se chevauchent au niveau de zones d'extrémité 937. Pour réaliser la continuité de la barrière d'étanchéité secondaire au-dessus des cheminées 935, quatre bandes 938 du matériau composite étanche en feuille d'aluminium et fibre de verre sont collées sur
5 le revêtement étanche 932 des panneaux 930, à chaque fois de manière à chevaucher les rebords d'extrémité de deux blocs inférieurs 931.

L'utilisation d'un plateau circulaire 923 et d'une bande annulaire permet de réduire les contraintes supportées par la bande flexible 936 notamment en supprimant les zones de coins susceptibles de concentrer les contraintes. Les
10 contraintes d'origine thermique apparaissant dans la membrane secondaire collée au niveau de la jonction avec le pied de support dépendent notamment de la température de service de cette membrane, lorsque la cuve est chargée de gaz liquéfié. Cette température est d'autant plus basse que l'épaisseur de la barrière isolante secondaire représente une proportion importante de l'épaisseur totale de la
15 paroi de cuve.

En référence à la **figure 14**, on va décrire un autre mode de réalisation de l'étanchéité autour d'un pied de support 910, en variante au mode de réalisation des figures 10 et 11.

Dans ce mode de réalisation, le pied de support 910 est en tout point
20 identique au précédent et comprend notamment un plateau primaire 924 et un plateau secondaire 923. La barrière isolante secondaire 922 est composée de panneaux 930 isolants. Ces panneaux 930 supportent la membrane étanche secondaire 1032. Les panneaux 930 comprennent dans le couvercle 1048 en contreplaqué des inserts métalliques 1049 formant des bandes régulières, parallèles.
25 Ces inserts 1049 sont destinés au maintien de la membrane 1032. En effet, la membrane 1032 est composée de bandes métalliques dont les bords de bandes adjacentes se recouvrent au niveau des inserts métalliques sur lesquels ils sont soudés de manière étanche. La membrane 1032 est réalisée dans une tôle métallique en alliage d'acier au nickel à très faible coefficient de dilatation.

Entre cette membrane étanche secondaire 1032 et le plateau de support secondaire 923 est disposée une nappe métallique de liaison 1036. Cette nappe 1036 permet d'assurer la continuité de l'étanchéité entre les deux éléments. Cette nappe 1036 recouvre partiellement le plateau secondaire 923 d'une part. D'autre
5 part la nappe 1036 est partiellement recouverte par la membrane étanche secondaire 1032. Dans chacun des cas, elle est fixée de manière étanche. Cette fixation est réalisée par exemple par un procédé de soudage.

La nappe 1036 est réalisée dans une tôle métallique en alliage d'acier au nickel à très faible coefficient de dilatation. La forme périphérique est celle d'un
10 rectangle. Elle comprend un trou 1052 permettant le passage du plateau primaire 924 tout en recouvrant partiellement le plateau secondaire 923. Elle comprend une onde circulaire 1050. L'onde 1050 forme un pli tourné vers la barrière isolante secondaire 922. L'onde 1050 est disposée à l'extérieur du plateau secondaire 923 au droit d'une cheminée 1051 périphérique au pied de support 910 permettant de
15 l'accueillir. La cheminée 1051 périphérique est bourrée à l'aide d'une laine minérale comprimable par l'onde 1050. Cette onde 1050 forme une zone élastique dans la nappe 1036. Cette zone élastique est destinée à absorber les efforts de pression statiques et dynamiques. Elle permet également d'encaisser la contraction thermique subie par la barrière étanche secondaire.

20 Les cuves décrites ci-dessus peuvent être utilisées dans différents types d'installations telles que des installations terrestres ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre.

En référence à la **figure 12**, une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve étanche et isolée 71 de forme générale prismatique montée dans
25 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 du navire, et deux barrières isolantes agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la barrière étanche secondaire, et entre la barrière étanche
30 secondaire et la double coque 72.

De manière connue en soi, des canalisations de chargement/déchargement disposées sur le pont supérieur du navire peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriés, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 71.

5 La figure 12 représente un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 75, une conduite sous-marine 76 et une installation à terre 77. Le poste de chargement et de déchargement 75 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 74 et une tour 78 qui supporte le bras mobile 74. Le bras mobile 74 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 79
10 pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 73. Le bras mobile 74 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 78. Le poste de chargement et de déchargement 75 permet le chargement et le déchargement du méthanier 70 depuis ou vers l'installation à terre 77. Celle-ci comporte des cuves de stockage de
15 gaz liquéfié 80 et des conduites de liaison 81 reliées par la conduite sous-marine 76 au poste de chargement ou de déchargement 75. La conduite sous-marine 76 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 75 et l'installation à terre 77 sur une grande distance, par exemple 5 km, ce qui permet de garder le navire méthanier 70 à grande distance de la côte
20 pendant les opérations de chargement et de déchargement.

Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz liquéfié, on met en œuvre des pompes embarquées dans le navire 70 et/ou des pompes équipant l'installation à terre 77 et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de déchargement 75.

25 Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec plusieurs modes de réalisation particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

L'usage du verbe «comporter», «comprendre» ou «inclure» et de ses formes
30 conjuguées n'exclut pas la présence d'autres éléments ou d'autres étapes que ceux

énoncés dans une revendication. L'usage de l'article indéfini « un » ou « une » pour un élément ou une étape n'exclut pas, sauf mention contraire, la présence d'une pluralité de tels éléments ou étapes.

Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne

5 saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

REVENDICATIONS

1. Cuve étanche et thermiquement isolée agencée dans une structure porteuse (1) pour contenir un fluide, ladite cuve comprenant des parois de cuve
- 5 fixées à des parois de ladite structure porteuse,
- une paroi de cuve présentant successivement, dans le sens de l'épaisseur depuis l'intérieur vers l'extérieur de ladite cuve, une barrière étanche primaire (3), une barrière thermiquement isolante primaire (4), une barrière étanche secondaire (5), et une barrière thermiquement isolante secondaire (6),
- 10 la cuve comportant en outre un élément traversant (7, 910) disposé à travers la paroi de cuve,
- dans laquelle la paroi de cuve autour de l'élément traversant comporte :
- des blocs isolants secondaires disposés sur la paroi de la structure porteuse autour de l'élément traversant et formant la barrière thermiquement isolante
- 15 secondaire autour de l'élément traversant de sorte que l'élément traversant traverse la barrière thermiquement isolante secondaire entre lesdits blocs isolants secondaires, les blocs isolant secondaires étant recouverts d'une première nappe étanche formant la barrière étanche secondaire,
- un plateau (722, 923) disposé parallèlement à la paroi de cuve présentant une
- 20 surface tournée vers l'intérieur de la cuve au même niveau que la première nappe étanche (17, 932) formant la barrière étanche secondaire, le plateau étant lié de manière étanche directement ou indirectement à une paroi périphérique de l'élément traversant tout autour de l'élément traversant,
- une deuxième nappe étanche (723, 936, 823, 1036) fixée de manière étanche à
- 25 cheval sur la première nappe étanche et sur le plateau tout autour du plateau
- dans laquelle la paroi de cuve comporte en outre des éléments isolants primaires disposés sur la barrière étanche secondaire autour de l'élément traversant et formant la barrière thermiquement isolante primaire autour de l'élément traversant de sorte que l'élément traversant traverse la barrière thermiquement isolante
- 30 primaire entre les éléments isolants primaires, les éléments isolants primaires étant

recouverts par des éléments de barrière étanche primaire liés de manière étanche à la paroi périphérique de l'élément traversant de sorte que l'élément traversant traverse la barrière étanche primaire entre les éléments de barrière étanche primaire, caractérisée par le fait que

- 5 le plateau (722, 923) est un plateau circulaire présentant une forme extérieure circulaire et que la deuxième nappe étanche comporte une fenêtre circulaire présentant un diamètre inférieur au diamètre extérieur du plateau circulaire, la barrière étanche secondaire étant traversée par l'élément traversant à travers la fenêtre de la deuxième nappe étanche.

10

2. Cuve selon la revendication 1, dans laquelle la deuxième nappe étanche comporte une bande annulaire (723, 936) qui suit la forme extérieure circulaire du plateau circulaire (722, 923), la fenêtre circulaire étant délimitée par un bord intérieur de la bande annulaire.

15

3. Cuve selon la revendication 2, dans laquelle la bande annulaire (723, 936) est composée d'une pluralité de portion de bandes étanches, chaque portion de bande étanche (723a, 723d) formant un arc de cercle.

20

4. Cuve selon la revendication 3, dans laquelle les portions de bandes étanches (723b, 723c) se chevauchent deux par deux de manière à former des zones de chevauchement correspondant chacune à une portion marginale de la longueur des deux portions de bandes étanches.

25

5. Cuve selon la revendication 1, dans laquelle la deuxième nappe étanche (823, 1036) comprend une feuille métallique présentant un pli annulaire (850, 1050) entourant la fenêtre circulaire (1044, 1052) et disposé entre le diamètre extérieur du plateau circulaire et la première nappe étanche, le pli annulaire formant un joint d'expansion entre ledit plateau circulaire et ladite première nappe étanche.

6. Cuve selon la revendication 5, dans laquelle le pli annulaire est orienté en direction de la barrière thermiquement isolante secondaire, le pli annulaire étant engagé dans une cheminée (1051) périphérique entre l'élément traversant et les blocs isolants secondaires.

7. Cuve selon la revendication 5 ou 6, dans laquelle la cheminée (1051) périphérique est remplie par un isolant compressible.

10

8. Cuve selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle la deuxième nappe étanche est collée sur la première nappe étanche et le plateau circulaire.

15

9. Cuve selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle la deuxième nappe étanche est soudée sur la première nappe étanche et le plateau circulaire.

10. Cuve selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle l'élément traversant est un pied support (910) pour un équipement immergé dans la cuve étanche, le pied de support s'étendant longitudinalement à travers la paroi de cuve et présentant une première portion d'extrémité en appui contre la paroi de la structure porteuse (1) et une deuxième portion d'extrémité faisant saillie dans la cuve pour supporter l'équipement à distance de la couche de tôle métallique, le plateau circulaire étant lié de manière étanche à la paroi périphérique du pied support tout autour du pied support.

11. Cuve selon la revendication 10, dans laquelle le pied support traverse la barrière étanche primaire dans une fenêtre (925), ladite barrière étanche primaire comportant des pièces de liaison disposées dans la fenêtre autour du pied

30

de support pour relier de manière étanche le pied de support à une portion marginale de la couche de tôle métallique ondulée délimitant la fenêtre, ladite fenêtre interrompant les lignes directrices (A, B) d'une pluralité des ondulations parallèles de ladite au moins une série et le pied de support est centré à
5 une position située entre les lignes directrices de deux ondulations parallèles de ladite pluralité.

12. Cuve selon la revendication 10 ou 11, dans laquelle le pied support est disposé à la base d'un mat de déchargement de la cuve.

10

13. Cuve selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle l'élément traversant comprend une conduite étanche (7), la conduite étanche définissant un passage entre l'espace intérieur de la cuve et un collecteur de vapeur agencé à l'extérieur de la cuve.

15

14. Cuve selon la revendication 13, dans laquelle la paroi de cuve autour de la conduite étanche comporte en outre :

un plateau d'obturation (727) lié de manière étanche à la périphérie de la conduite étanche et s'étendant parallèlement à la paroi de cuve, le plateau d'obturation étant espacé vers l'extérieur de la cuve par rapport à la barrière étanche
20 secondaire,

une première plaque de liaison périphérique (21) fixée de manière étanche sur toute la périphérie du plateau d'obturation (727) et s'étendant parallèlement à la conduite étanche (7), la première plaque de liaison s'étendant dans le sens de
25 l'épaisseur de la paroi de cuve et formant un rebord en saillie vers la barrière étanche secondaire par rapport au plateau d'obturation, les blocs isolants secondaires étant disposés sur la paroi de la structure porteuse autour de la première plaque de liaison périphérique,

le plateau circulaire (722) comportant une deuxième plaque de liaison (26) fixée
30 de manière étanche sur une surface du plateau circulaire orientée vers le plateau

d'obturation et faisant saillie vers la structure porteuse parallèlement à la conduite étanche (7), la deuxième plaque de liaison étant fixée de manière étanche à la première plaque de liaison tout autour de la première plaque de liaison, les deux plateaux mutuellement espacés délimitant un logement,

- 5 une ouverture (25) ménagée à travers le plateau circulaire pour permettre la circulation de gaz entre un espace primaire situé entre les deux barrières étanches et le logement,

et un tuyau débouchant à travers le plateau d'obturation et s'étendant en direction de la structure porteuse pour définir un passage entre le logement et le
10 collecteur de vapeur.

15. Navire (70) pour le transport d'un produit liquide froid, le navire comportant une double coque (72) et une cuve (71) selon l'une des revendications 1 à 14 disposée dans la double coque.

15

16. Utilisation d'un navire (70) selon la revendication 15 pour le chargement ou déchargement d'un produit liquide froid, dans laquelle on achemine un produit liquide froid à travers des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre (77) vers ou depuis la cuve du
20 navire (71).

17. Système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant un navire (70) selon la revendication 15, des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) agencées de manière à relier la cuve (71) installée dans la coque du navire à
25 une installation de stockage flottante ou terrestre (77) et une pompe pour entraîner un flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.