

CUVE ETANCHE ET THERMIQUEMENT ISOLANTE

L'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolées et leurs procédés de fabrication. En particulier, l'invention se rapporte à une cuve terrestre de stockage de gaz liquéfiés et, en particulier, de gaz naturel liquéfié à forte teneur en méthane.

Une telle cuve terrestre est par exemple divulguée dans FR-A-2739675. Il est également connu des cuves de stockage de gaz liquéfiés présentes dans la structure porteuse d'un navire. Une telle cuve de navire est par exemple divulguée dans EP-A-0064886.

- 10 Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et thermiquement isolante intégrée dans une structure porteuse pour contenir un fluide, dans laquelle une paroi de la cuve comporte :
- une paroi porteuse de la structure porteuse,
 - une structure multicouche comportant une barrière d'étanchéité et une barrière
 - 15 d'isolation thermique disposée entre la barrière d'étanchéité et la paroi porteuse, la barrière d'isolation thermique comportant des éléments calorifuges juxtaposés, un élément calorifuge incluant :
 - une garniture d'isolation thermique disposée sous la forme d'une couche parallèle à la paroi porteuse,
 - 20 des éléments porteurs qui s'élèvent à travers l'épaisseur de la garniture d'isolation thermique pour reprendre les efforts de compression, et
 - un panneau de couvercle agencé sur les éléments porteurs et présentant une surface de support parallèle à la paroi porteuse pour supporter la barrière d'étanchéité,
 - 25 et des tiges de retenue attachées à la paroi porteuse entre les éléments calorifuges et s'étendant selon l'épaisseur de la structure multicouche pour retenir la structure multicouche sur la paroi porteuse,
 - dans laquelle des traverses sont attachées aux tiges de retenue de manière qu'une traverse s'étend à chaque fois entre deux tiges de retenue au niveau de l'interface
 - 30 entre deux éléments calorifuges,
 - les panneaux de couvercle des éléments calorifuges étant liés aux traverses pour être retenus contre la paroi porteuse par l'intermédiaire des traverses,

et la barrière d'étanchéité étant liée aux traverses pour être retenue contre les panneaux de couvercle des éléments calorifuges par l'intermédiaire des traverses.

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

5 Selon un mode de réalisation, une plaque d'ancrage est liée à la traverse de manière à affleurer au niveau du panneau de couvercle d'un élément calorifuge adjacent, la plaque d'ancrage comportant une surface inférieure qui prend appui sur le panneau de couvercle et une surface supérieure sur laquelle la barrière d'étanchéité est posée.

10 Selon un mode de réalisation, la plaque d'ancrage fait saillie de part et d'autre de la traverse parallèlement à la paroi porteuse pour coopérer avec les panneaux de couvercle des deux éléments calorifuges entre lesquels la traverse est disposée.

 Selon un mode de réalisation, la plaque d'ancrage est disposée à mi-
15 distance entre les deux tiges de retenue auxquelles la traverse est attachée.

 Selon un mode de réalisation, la barrière d'étanchéité comporte une membrane métallique présentant des ondulations et des parties planes situées entre les ondulations, les plaques d'ancrage étant réalisées en métal, la membrane métallique étant soudée sur les plaques d'ancrage au niveau des parties planes.

20 Selon un mode de réalisation, les tiges de retenues sont disposées de manière à former une pluralité de rangées parallèles sur la paroi porteuse, et dans laquelle les traverses qui s'étendent entre les tiges de retenue d'une rangée portent à chaque fois un support de soudure allongé qui fait saillie perpendiculairement à la paroi porteuse entre les panneaux de couvercle des éléments calorifuges adjacents
25 à la rangée de tiges de retenue,

 et dans laquelle la barrière d'étanchéité comporte une membrane métallique en acier à faible coefficient de dilatation constituée de bandes de tôles planes disposées sur les panneaux de couvercle des éléments calorifuges et présentant des bords relevés vers l'intérieur de la cuve, les bords relevés des bandes de tôles
30 étant soudés de manière continue sur les supports de soudure allongés pour former des soufflets déformables dans une direction transversale aux supports de soudure allongés.

 Selon un mode de réalisation, la structure multicouche constitue une barrière primaire de la cuve, la paroi de cuve comportant en outre une deuxième

structure multicouche disposée entre la première structure multicouche et la paroi porteuse, la deuxième structure multicouche comportant une barrière d'étanchéité secondaire et une barrière d'isolation thermique secondaire disposée entre la barrière d'étanchéité secondaire et la paroi porteuse,

- 5 et dans laquelle les éléments calorifuges de la barrière primaire sont en appui sur la barrière d'étanchéité secondaire.

Une telle barrière secondaire de la cuve peut être réalisée avec une structure identique à la barrière primaire décrite ci-dessus ou avec une structure différente.

- 10 Selon un mode de réalisation, la barrière d'isolation secondaire comporte des éléments calorifuges secondaires juxtaposés, un élément calorifuge secondaire incluant :

une garniture d'isolation thermique disposée sous la forme d'une couche parallèle à la paroi porteuse,

- 15 des éléments porteurs qui s'élèvent à travers l'épaisseur de la garniture d'isolation thermique pour reprendre les efforts de compression, et

un panneau de couvercle agencé sur les éléments porteurs et présentant une surface de support parallèle à la paroi porteuse pour supporter la barrière d'étanchéité secondaire,

- 20 et dans laquelle les tiges de retenue attachées à la paroi porteuse s'étendent entre les éléments calorifuges secondaires selon l'épaisseur de la deuxième structure multicouche pour retenir aussi la deuxième structure multicouche sur la paroi porteuse,

- 25 dans laquelle des traverses secondaires sont attachées aux tiges de retenue de manière qu'une traverse secondaire s'étend à chaque fois entre deux tiges de retenue au niveau de l'interface entre deux éléments calorifuges secondaires,

les panneaux de couvercle des éléments calorifuges secondaires étant liés aux traverses secondaires pour être retenus contre la paroi porteuse par l'intermédiaire des traverses secondaires,

- 30 et la barrière d'étanchéité secondaire étant liée aux traverses secondaires pour être retenue contre les panneaux de couvercle des éléments calorifuges secondaires par l'intermédiaire des traverses secondaires,

la barrière d'étanchéité secondaire étant traversée par les tiges de retenue

attachées à la paroi porteuse et présentant des raccords étanches autour des tiges de retenue.

Selon un autre mode de réalisation, la structure multicouche constitue une barrière secondaire de la cuve, la paroi de cuve comportant en outre une deuxième structure multicouche disposée sur la première structure multicouche à l'opposé de la paroi porteuse, la deuxième structure multicouche comportant une barrière d'étanchéité primaire et une barrière d'isolation thermique primaire disposée entre la barrière d'étanchéité primaire et la barrière d'étanchéité secondaire.

Une telle barrière primaire de la cuve peut être réalisée avec une structure identique à la barrière secondaire décrite ci-dessus ou avec une structure différente.

Selon un mode de réalisation, la barrière d'étanchéité secondaire est réalisée en matériau composite comportant une feuille métallique et un matelas de fibre de verre lié à la feuille métallique par une résine polymère.

Selon un mode de réalisation, une tige de retenue porte un connecteur de traverses disposé à un niveau inférieur aux panneaux de couvercle des éléments calorifuges, le connecteur de traverse comportant plusieurs attaches disposées autour de la tige de retenue pour coopérer avec des attaches complémentaires disposées aux extrémités des traverses.

Selon un mode de réalisation, les attaches du connecteur de traverse sont des prises mâles s'engageant dans des logements ménagés aux extrémités des traverses et retenus dans ces logements par des goupilles.

Selon un mode de réalisation, les éléments porteurs comportent des piliers de petite section transversale par rapport aux dimensions de l'élément calorifuge.

Selon un mode de réalisation, la garniture d'isolation thermique comporte une matière isolante souple, par exemple de la laine de verre. Selon un mode de réalisation, les éléments porteurs et le panneau de couvercle d'un élément calorifuge sont en bois. Ces matériaux sont relativement faciles à se procurer à peu près partout dans le monde et présentent un coût avantageux. De plus, l'emploi d'une matière souple facilite la construction de la couche isolante dans toutes les zones de la cuve.

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

stockage déporté (FPSO) et autres. Selon un mode de réalisation, la structure porteuse est bâtie sur des fondations fixées à un sol continental ou sous-marin. Selon un mode de réalisation, un navire pour le transport d'un produit liquide froid comporte une double coque et une cuve précitée disposée dans la double coque.

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

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

 Une idée à la base de l'invention est de fournir une structure de paroi étanche et isolante à un coût avantageux et présentant un temps de montage réduit.

- Certains aspects de l'invention partent de l'idée de remplir des fonctions essentielles de la paroi de cuve étanche et isolante au moyen de plusieurs éléments
20 structurels découplés, en particulier de prévoir une membrane métallique fine pour assurer la fonction d'étanchéité, une garniture d'isolation thermique pour assurer la fonction d'isolation thermique, une paroi de plancher relativement continue pour supporter la membrane, des éléments porteurs pour reprendre la pression hydrostatique subie par la membrane et la paroi de plancher, et un système
25 d'ancrage de la membrane qui retienne la membrane sur la paroi porteuse sans faire transiter aucun effort de traction à travers la paroi de plancher ou ses éléments porteurs ou la garniture d'isolation thermique. Grâce à un tel découplage entre le système d'ancrage et les éléments calorifuges, ceux-ci peuvent être réalisés sous une forme simple et bon marché, notamment à l'aide d'un isolant souple non
30 structurel comme la laine de verre.

 Certains aspects de l'invention partent de l'idée de réaliser la structure de paroi sous une forme modulaire.

 Certains aspects de l'invention partent de l'idée d'utiliser au maximum des matériaux standards et disponibles partout dans le monde.

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.

5 Sur ces dessins :

- La figure 1 est une vue schématique partielle en coupe d'une cuve terrestre de gaz naturel liquéfié.
- La figure 2 est une vue en perspective d'un bloc modulaire pouvant être utilisé dans une barrière isolante de la cuve de la figure 1.
- 10 • La figure 3 est une vue plane de côté du bloc modulaire de la figure 2.
- La figure 4 est une vue en perspective écorchée d'une simple paroi étanche et isolante réalisée au moyen du bloc modulaire de la figure 2.
- La figure 5 est une vue en perspective écorchée d'une double paroi étanche et isolante réalisée au moyen du bloc modulaire de la figure 2.
- 15 • La figure 6 est une vue en coupe d'une autre paroi étanche et isolante réalisée au moyen de blocs modulaires.
- La figure 7 est une vue en coupe d'une barrière d'étanchéité de la paroi de cuve de la figure 6.

20 En référence à la **figure 1**, on a représenté partiellement une cuve terrestre pour le stockage de gaz liquéfié. Une cuve terrestre désigne une cuve dont la structure porteuse 1 est bâtie sur des fondations fixées au sol, qu'il s'agisse du sol continental, de la rive ou d'un sol sous-marin. La structure porteuse 1 peut être construite au-dessus du niveau du sol, ou être partiellement ou totalement enterrée.

25 La structure porteuse 1 est réalisée en béton et comporte une paroi périphérique 2 avec une géométrie globalement cylindrique et une paroi de fond 3. Par exemple, la paroi périphérique 2 présente une surface extérieure à section circulaire et une surface intérieure à section polygonale.

La surface intérieure 7 de la paroi de fond 3 et de la paroi périphérique 2
30 est recouverte d'une structure multicouche représentée schématiquement sur la figure 1, et qui comporte une barrière d'isolation thermique 4 et une membrane d'étanchéité métallique 5, étanche au liquide et au gaz. Le raccordement étanche entre les membranes d'étanchéité 5 de la paroi de fond 3 et de la paroi périphérique 2 est réalisé au moyen d'une cornière métallique 6.

En référence aux **figures 2 et 3**, on décrit maintenant un mode de réalisation de la barrière d'isolation thermique 4. Par convention, on désigne ici par « 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, indépendamment de l'orientation de la paroi par rapport au champ de gravitation terrestre.

Dans ce mode de réalisation, la barrière d'isolation thermique 4 est réalisée sous la forme d'une pluralité d'éléments calorifuges parallélépipédiques 10 juxtaposés sur la surface intérieure 7, et dont la figure 2 représente un exemplaire.

L'élément calorifuge 10 comporte un panneau de couvercle 11 de forme rectangulaire ou carrée et une pluralité de piliers porteurs 12 fixés sur une face inférieure du panneau de couvercle 11 perpendiculairement à celui-ci. Les piliers 12 sont en appui contre la surface 7 de la structure porteuse. Des cales de mastic 13 peuvent être disposées à l'extrémité des piliers 12 appuyée contre la surface intérieure 7 afin de compenser l'irrégularité de niveau de la surface 7 et aligner ainsi les panneaux de couvercle 11 avec une surface théorique présentant une grande précision sur toute l'étendue de la cuve. Cet alignement favorise un soutien uniforme de la membrane d'étanchéité. Les cales de mastic 13 sont destinées à travailler en compression et ne requièrent donc pas des caractéristiques d'adhérence élevées.

Les dimensions du panneau de couvercle 11 et des piliers 12 et l'espacement de ceux-ci sont fixées en fonction des exigences de l'application visée, en particulier la pression hydrostatique à reprendre, et des matériaux choisis. Pour une réalisation en bois contreplaqué, on peut par exemple prévoir une épaisseur de 35 mm pour le panneau de couvercle 11, une section de 60x60mm pour les piliers 12 avec une longueur de l'ordre d'un mètre, et un écart entre deux piliers compris entre 25 et 30cm environ.

Une matière isolante non structurale du type laine de verre, non représentée dans les figures 2 et 3, est positionnée entre les piliers 12 de manière à former une couche isolante sensiblement continue sur toute l'étendue de la surface intérieure 7 de la structure porteuse et remplir sensiblement tout l'espace entre le panneau de couvercle 11 et la surface intérieure 7.

Pour retenir l'élément calorifuge 10 sur la structure porteuse, un dispositif d'ancrage 20 forme un cadre tout autour de l'élément calorifuge 10. Le dispositif d'ancrage 20 comporte quatre goujons 21 qui sont fixés à demeure dans la structure

porteuse, par exemple scellés ou vissés dans le béton, aux quatre coins de l'élément calorifuge 10. Un goujon 21 porte à chaque fois un coupleur allongé 22 qui s'étend perpendiculairement à la surface 7.

Le coupleur 22 comporte à chaque fois successivement une section
5 isolante 23, pour éviter de créer un pont thermique trop élevé avec la structure porteuse, une tige métallique 24 qui s'étend jusqu'au sommet des piliers 12 et un connecteur cruciforme 25 pour attacher des tiges traversières 30. La section isolante 23 est constituée ici de deux plaques de bois 26 allongées, distantes et parallèles qui lient une platine métallique inférieure 27 à une platine métallique
10 supérieure 28 attachée à la tige 24.

Le connecteur cruciforme 25 comporte quatre bras qui s'étendent parallèlement au panneau de couvercle 11 au niveau d'un coin 17 du panneau de couvercle. Deux bras longent les deux côtés adjacents du panneau de couvercle 11 au niveau de ce coin 17, et deux autres bras s'étendent à l'opposé pour coopérer
15 avec des éléments calorifuges adjacents.

Les tiges traversières 30 sont fixées aux connecteurs 25 de manière qu'une tige traversière 30 s'étend le long de chaque côté du panneau de couvercle 11, à chaque fois entre deux connecteurs 25 dont les bras s'engagent dans des logements prévues aux deux extrémités de la tige traversière 30. Un dispositif
20 d'attache peut être prévu pour retenir la tige traversière 30 sur le connecteur 25. Dans l'exemple représenté, des perçages 31 dans le bras du connecteur 25 et des perçages correspondants 32 dans l'extrémité de la tige traversière 30 reçoivent des goupilles non représentées pour réaliser cet attachement.

Les traverses 30 réalisent ainsi un cadre qui entoure le panneau de
25 couvercle 11 et qui est retenu sur la structure porteuse par les coupleurs 22. Les traverses 30 servent à retenir à la fois l'élément calorifuge 10 et la membrane sus-jacente sur la structure porteuse.

Pour cela, une traverse 30 porte à chaque fois une plaque d'ancrage 33, située environ en son milieu, qui s'étend parallèlement au panneau de couvercle 11
30 et affleure précisément au niveau de la surface supérieure 16 du panneau de couvercle 11. La plaque d'ancrage 33 est attachée sur le bord supérieur de la traverse 30 par des vis de fixation 34. La plaque d'ancrage 33 fait saillie de chaque côté de la traverse 30 pour coopérer avec les panneaux de couvercle 11 de deux éléments calorifuges 10 disposés de part et d'autre de la traverse 30. Pour accueillir

la portion saillante de la plaque d'ancrage 33, le bord du panneau de couvercle 11 présente à chaque fois un lamage 18 d'épaisseur égale à plaque d'ancrage 33. Comme visible sur la figure 2, l'élément calorifuge 10 est donc retenu sur la structure porteuse par quatre plaques d'ancrage 33 qui coopèrent avec chacun de ses quatre côtés.

La **figure 4** représente la paroi de cuve obtenue après la mise en place de la membrane métallique 5 sur la barrière isolante 4, laquelle est formée en répétant la structure décrite ci-dessus sur toute l'étendue d'une paroi de la cuve, c'est-à-dire en formant un pavage rectangulaire périodique du plan.

La membrane métallique 5 est ici formée d'une fine tôle d'acier inoxydable présentant un réseau d'ondes 38 et 39 sécantes permettant de lui conférer une élasticité dans toutes les directions du plan. Cette membrane est construite à partir de plaques de tôle rectangulaires qui sont posées sur les panneaux de couvercle 11 des éléments calorifuges 10 juxtaposés, et qui sont soudées sur les plaques d'ancrage 33 au niveau des bords de chaque plaque de tôle rectangulaire. Pour cela, les dimensions des plaques de tôle rectangulaires sont déterminées de manière à correspondre à un nombre entier de dimensions d'un panneau de couvercle 11. De plus, ces dimensions correspondent de préférence à un nombre entier de pas d'onde, par exemple à un motif élémentaire d'au moins deux pas des premières ondes 38 et d'au moins deux pas des deuxièmes ondes 39. Selon un mode de réalisation, les pas des ondes 38 et 39 sont respectivement 340mm et 503mm. Si la plaque de tôle rectangulaire est plus grande que le panneau de couvercle 11, les plaques d'ancrage 33 qui ne correspondent pas aux bords de la plaque de tôle rectangulaire supportent celle-ci sans y être soudées.

Selon la technique connue, les plaques de tôle rectangulaires sont soudées entre elles avec un recouvrement pour former la membrane étanche sur toute la paroi de la cuve. Grâce aux plaques d'ancrage 33, la membrane métallique 5 est retenue de manière fiable sur les panneaux de couvercle 11 sans qu'elle soit susceptible de ne transférer aucun effort de traction sur les éléments calorifuges 10, puisque de tels efforts sont repris directement par le dispositif d'ancrage 20, à savoir les traverses 30 et les coupleurs 22.

Les étapes de construction de la paroi de cuve ci-dessus sont schématiquement les suivantes :

- Traçage du pavage rectangulaire périodique sur la paroi porteuse à recouvrir
- Mise en place des goujons 21 à chaque nœud du pavage
- Installation et réglage en hauteur des coupleurs 22 sur les goujons 21
- 5 - Installation des traverses 30 et fixation avec les goupilles
- Installation des éléments calorifuges 10, obtenus de préférence par préfabrication et incorporant la structure en bois, la garniture de laine de verre et les patins de mastic.
- Verrouillage des éléments calorifuges 10 par mise en place des
- 10 plaques d'ancrage 33, fixées au moyen des vis 34 puis d'un point de soudure.

On a décrit ci-dessus une paroi de cuve simple. Dans un autre mode de réalisation, la cuve comporte une double paroi incluant deux barrières étanches alternées avec deux barrières isolantes. Pour cela, une possibilité est de combiner

15 la première structure de paroi représentée sur la figure 4 avec une deuxième barrière étanche et isolante, disposée soit au-dessus, soit en dessous de cette première structure de paroi. Cette deuxième barrière étanche et isolante peut être réalisée de diverses manières.

Selon un mode de réalisation représenté sur la **figure 5**, la deuxième

20 barrière étanche et isolante est réalisée de la même manière que la première. Sur la figure 5, la structure de paroi identique à celle de la figure 4 constitue une barrière secondaire de la cuve. Une barrière primaire réalisée de la même manière est disposée sur la barrière secondaire. Les éléments de la barrière secondaire portent les mêmes chiffres de référence que sur la figure 4. Les éléments de la barrière

25 primaire qui sont identiques ou analogues aux éléments de la barrière secondaire portent les mêmes chiffres de référence augmentés du nombre 100.

On note que le coupleur primaire 122 est à chaque fois fixé à l'extrémité d'un coupleur secondaire 22 sous-jacent. Les positions de piliers primaires 112 sont choisies pour appuyer entre les ondes de la membrane secondaire 5. Le coupleur

30 primaire 122 est fixé à l'extrémité du coupleur secondaire 22 en traversant la membrane secondaire 5 à travers une perforation de celle-ci. La continuité de la membrane secondaire 5 est rétablie au moyen de raccords étanches, par exemple une collerette annulaire disposée sur le coupleur primaire 122 au-dessus de la

membrane secondaire 5 et dont le bord périphérique est soudé ou collé sur la membrane secondaire 5 tout autour de la perforation réalisée.

On a représenté sur la figure 5 une paroi de cuve dont la barrière primaire et la barrière secondaire sont réalisées de manière identique. En variante, l'une de ces deux barrières pourrait être réalisée différemment de l'autre. Dans une variante de réalisation la membrane secondaire n'est pas réalisée avec la tôle d'acier inoxydable mais avec un autre matériau moins onéreux, par exemple en un matériau composite comprenant une feuille métallique liée à un ou plusieurs matelas de fibres de verre par un liant polymère.

10 En référence aux **figures 6 et 7**, on va maintenant décrire un autre mode de réalisation de la paroi de cuve. Les éléments analogues ou identiques à ceux des figures 2 à 4 portent le même chiffre de référence augmenté de 200.

Ce mode de réalisation convient en particulier pour revêtir la paroi périphérique 2 avec une membrane étanche 205 fabriquée en virures d'acier à faible coefficient de dilatation orientées dans la direction verticale de la paroi, de manière similaire à la figure 5 de FR-A-2739675, déjà cité.

Pour cela, l'élément calorifuge 210 est réalisé identiquement à l'élément calorifuge 10. Toutefois, sur deux côtés de l'élément calorifuge 210 orientés dans la direction verticale de la paroi, les plaques d'ancrage sont supprimées et les traverses 230 sont modifiées pour permettre d'attacher un support de soudure allongé 41 tout le long de la paroi de cuve dans le sens vertical. Ce support de soudure 41 est une aile métallique dont la base coudée est insérée dans une rainure 40 à section en forme de T qui est ménagée dans la traverse 230. Cette rainure 40 est aussi prolongée à travers les connecteurs cruciformes non représentés.

Une virure métallique 42 présentant deux bords relevés 43 est à chaque fois posée sur les panneaux de couvercle 211 des éléments calorifuges 210 formant une rangée verticale et soudée de manière continue aux support de soudure 41 disposés de chaque côté, de sorte que les bords relevés 43 forment des soufflets étanches déformables dans la direction transversale. La figure 7 montre schématiquement la membrane 205 ainsi obtenue avec deux rangées adjacentes de virures 42.

Sur les plaques d'ancrage (non représentées) qui subsistent au niveau des bords horizontaux des panneaux de couvercle 211, la virure 42 est simplement

posée sans y être soudée, de manière à pouvoir coulisser sous l'effet de la contraction thermique. Pour rattraper la contraction thermique dans la direction verticale, un soufflet non représenté peut être placé au niveau de la fermeture de la membrane primaire tout en haut de la paroi périphérique 2.

- 5 La technique décrite ci-dessus pour réaliser une paroi étanche et isolante peut être utilisée dans différents types de réservoirs, par exemple dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre.

- Selon un mode de réalisation correspondant, une cuve étanche et isolée de
10 forme générale prismatique est montée dans la double coque d'un navire méthanier. La paroi de la cuve 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 isolante agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la
15 barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque.

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

- Par exemple un tel terminal maritime comporte un poste de chargement et de déchargement, une conduite sous-marine et une installation à terre. Le poste de chargement et de déchargement est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile et une tour qui supporte le bras mobile. Le bras mobile porte un
25 faisceau de tuyaux flexibles isolés pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement. Le bras mobile orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour. Le poste de chargement et de déchargement permet le chargement et le déchargement du méthanier depuis ou vers l'installation à terre. Celle-ci comporte
30 des cuves de stockage de gaz liquéfié et des conduites de liaison reliées par la conduite sous-marine au poste de chargement ou de déchargement. La conduite sous-marine permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement et l'installation à terre sur une grande distance, par exemple 5 km, ce

qui permet de garder le navire méthanier 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 et/ou des pompes équipant
5 l'installation à terre et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de déchargement.

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

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

REVENDICATIONS

1. Cuve étanche et thermiquement isolante intégrée dans une structure porteuse (1) pour contenir un fluide, dans laquelle une paroi de la cuve
5 comporte :
- une paroi porteuse (2, 3) de la structure porteuse,
une structure multicouche comportant une barrière d'étanchéité (5, 105, 205) et une barrière d'isolation thermique (4, 104) disposée entre la barrière d'étanchéité et la paroi porteuse, la barrière d'isolation thermique comportant des éléments
10 calorifuges juxtaposés (10, 110, 210), un élément calorifuge incluant :
- une garniture d'isolation thermique disposée sous la forme d'une couche parallèle à la paroi porteuse,
des éléments porteurs (12, 112, 212) qui s'élèvent à travers l'épaisseur de la garniture d'isolation thermique pour reprendre les efforts de compression, et
15 un panneau de couvercle (11, 111, 211) agencé sur les éléments porteurs et présentant une surface de support (16) parallèle à la paroi porteuse pour supporter la barrière d'étanchéité,
et des tiges de retenue (22, 122, 222) attachées à la paroi porteuse entre les éléments calorifuges et s'étendant selon l'épaisseur de la structure multicouche
20 pour retenir la structure multicouche sur la paroi porteuse,
dans laquelle des traverses (30, 130, 230) sont attachées aux tiges de retenue (22, 122, 222) de manière qu'une traverse s'étend à chaque fois entre deux tiges de retenue au niveau de l'interface entre deux éléments calorifuges,
caractérisé par le fait que :
- 25 une plaque d'ancrage (33, 133) est disposée au droit de l'interface entre deux éléments calorifuges, liée à la traverse (30, 130) de manière à affleurer au niveau du panneau de couvercle (11, 111) d'un élément calorifuge adjacent, la plaque d'ancrage comportant une surface inférieure qui prend appui sur un bord du panneau de couvercle et une surface supérieure sur laquelle la barrière d'étanchéité
30 (5, 105) est posée, de sorte que
le panneau de couvercle (11, 111, 211) de l'éléments calorifuge est lié à la traverse (30, 130, 230) par la plaque d'ancrage pour être retenu contre la paroi porteuse par l'intermédiaire de la traverse,
et que la barrière d'étanchéité (5, 105, 205) est liée à la traverse (30, 130, 230) par

la plaque d'ancrage pour être retenue contre les panneaux de couvercle de l'élément calorifuge par l'intermédiaire de la traverse.

2. Cuve selon la revendication 1, dans laquelle la plaque d'ancrage (33, 133) fait saillie de part et d'autre de la traverse (30, 130) parallèlement à la paroi porteuse pour coopérer avec les panneaux de couvercle (11, 111) des deux éléments calorifuges entre lesquels la traverse est disposée.

3. Cuve selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle la plaque d'ancrage (33, 133) est disposée à mi-distance entre les deux tiges de retenue (22, 122) auxquelles la traverse est attachée.

4. Cuve selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle la barrière d'étanchéité (5, 105) comporte une membrane métallique présentant des ondulations et des parties planes situées entre les ondulations, les plaques d'ancrage (33, 133) étant réalisées en métal, la membrane métallique étant soudée sur les plaques d'ancrage au niveau des parties planes.

5. Cuve selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle les tiges de retenues (222) sont disposées de manière à former une pluralité de rangées parallèles sur la paroi porteuse, et dans laquelle les traverses (230) qui s'étendent entre les tiges de retenue d'une rangée portent à chaque fois un support de soudure allongé (41) qui fait saillie perpendiculairement à la paroi porteuse entre les panneaux de couvercle (211) des éléments calorifuges (210) adjacents à la rangée de tiges de retenue,

et dans laquelle la barrière d'étanchéité (205) comporte une membrane métallique en acier à faible coefficient de dilatation constituée de bandes de tôles planes (42) disposées sur les panneaux de couvercle (211) des éléments calorifuges et présentant des bords (43) relevés vers l'intérieur de la cuve, les bords relevés des bandes de tôles étant soudés de manière continue sur les supports de soudure allongés pour former des soufflets déformables dans une direction transversale aux supports de soudure allongés.

6. Cuve selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle la structure multicouche (104, 105) constitue une barrière primaire de la cuve, la paroi de cuve comportant en outre une deuxième structure multicouche (4, 5) disposée entre la première structure multicouche (104, 105) et la paroi porteuse, la deuxième structure multicouche (4, 5) comportant une barrière d'étanchéité secondaire et une barrière d'isolation thermique secondaire disposée entre la barrière d'étanchéité

secondaire et la paroi porteuse,
et dans laquelle les éléments calorifuges(104) de la barrière primaire sont en appui sur la barrière d'étanchéité secondaire.

7. Cuve selon la revendication 6, dans laquelle la barrière d'isolation
5 secondaire(4, 5) comporte des éléments calorifuges secondaire (10) juxtaposés, un élément calorifuge secondaire incluant :

une garniture d'isolation thermique disposée sous la forme d'une couche parallèle à la paroi porteuse,

des éléments porteurs (12) qui s'élèvent à travers l'épaisseur de la garniture
10 d'isolation thermique pour reprendre les efforts de compression, et un panneau de couvercle (11) agencé sur les éléments porteurs et présentant une surface de support parallèle à la paroi porteuse pour supporter la barrière d'étanchéité secondaire,

et dans laquelle les tiges de retenue (22) attachées à la paroi porteuse (2, 3)
15 s'étendent entre les éléments calorifuges secondaires (10) selon l'épaisseur de la deuxième structure multicouche pour retenir aussi la deuxième structure multicouche sur la paroi porteuse,

dans laquelle des traverses secondaires (30) sont attachées aux tiges de retenue de manière qu'une traverse secondaire s'étend à chaque fois entre deux tiges de
20 retenue au niveau de l'interface entre deux éléments calorifuges secondaires (10),

les panneaux de couvercle (11) des éléments calorifuges secondaires étant liés aux traverses secondaires (30) pour être retenus contre la paroi porteuse par l'intermédiaire des traverses secondaires,

25 et la barrière d'étanchéité secondaire (5) étant liée aux traverses secondaires (30) pour être retenue contre les panneaux de couvercle des éléments calorifuges secondaires par l'intermédiaire des traverses secondaires,

la barrière d'étanchéité secondaire (5) étant traversée par les tiges de retenue (22, 122) attachées à la paroi porteuse et présentant des raccords étanches autour des
30 tiges de retenue.

8. Cuve selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle la structure multicouche (4, 5) constitue une barrière secondaire de la cuve, la paroi de cuve comportant en outre une deuxième structure multicouche disposée sur la première structure multicouche (4, 5) à l'opposé de la paroi porteuse, la deuxième

structure multicouche comportant une barrière d'étanchéité primaire (105) et une barrière d'isolation thermique primaire (106) disposée entre la barrière d'étanchéité primaire et la barrière d'étanchéité secondaire.

9. Cuve selon la revendication 7 ou 8, dans laquelle la barrière
5 d'étanchéité secondaire (5) est réalisée en matériau composite comportant une feuille métallique et un matelas de fibre de verre lié à la feuille métallique par une résine polymère.

10. Cuve selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle une tige
10 de retenue (22, 122, 222) porte un connecteur de traverses (25, 125) disposé à un niveau inférieur aux panneaux de couvercle (11, 111, 211) des éléments calorifuges, le connecteur de traverse comportant plusieurs attaches disposées autour de la tige de retenue pour coopérer avec des attaches complémentaires disposées aux extrémités des traverses (30, 130, 230).

11. Cuve selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle les
15 éléments porteurs (12, 112, 212) comportent des piliers de petite section transversale par rapport aux dimensions de l'élément calorifuge.

12. Cuve selon l'une des revendications 1 à 11, dans laquelle la garniture d'isolation thermique comporte une matière isolante souple.

13. Cuve selon l'une des revendications 1 à 12, dans laquelle les
20 éléments porteurs (12, 112, 212) et le panneau de couvercle (11, 111, 211) d'un élément calorifuge sont en bois.

14. Cuve selon l'une des revendications 1 à 13, dans laquelle la structure porteuse (1) est bâtie sur des fondations fixées à un sol continental ou sous-marin.

25 15. Navire pour le transport d'un produit liquide froid, le navire comportant une double coque et une cuve selon l'une des revendications 1 à 13 disposée dans la double coque, la double coque formant la structure porteuse de la cuve.

16. Procédé d'utilisation d'un navire selon la revendication 15, dans
30 lequel on achemine un produit liquide froid à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire pour effectuer le chargement ou le déchargement du navire.

17. Système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant un navire selon la revendication 15, des canalisations isolées agencées

de manière à relier la cuve installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre et une pompe pour entraîner un flux de 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.