

Structure d'angle d'une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide

Domaine technique

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

Des cuves étanches et thermiquement isolantes à membranes sont notamment employées pour le stockage de gaz naturel liquéfié (GNL), qui est stocké, à pression atmosphérique, à environ -162°C . Ces cuves peuvent être installées à terre ou sur un ouvrage flottant. Dans le cas d'un ouvrage flottant, la cuve peut être destinée au transport de gaz naturel liquéfié ou à recevoir du gaz naturel liquéfié servant de carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant.

L'invention concerne plus particulièrement une structure d'angle d'une telle cuve étanche et thermiquement isolante.

Arrière-plan technologique

Le document FR 2 691 520 décrit une cuve étanche et thermiquement isolante présentant successivement, dans le sens de l'épaisseur, depuis l'intérieur vers l'extérieur de la cuve, une membrane d'étanchéité primaire, en contact avec le fluide contenu dans la cuve, une barrière d'isolation thermique primaire, une membrane d'étanchéité secondaire, une barrière d'isolation thermique secondaire et une structure porteuse constituée de tôles métalliques formant la coque ou la double-coque d'un navire marchand, tel qu'un méthanier.

Les zones d'angle de la cuve sont réalisées à partir de structures d'angle préassemblées, en forme de dièdre, illustrées sur la figure 3 du document FR 2 691 520. Une telle structure d'angle préassemblée comporte deux plaques isolantes biseautées formant la barrière d'isolation thermique secondaire, une membrane souple reposant sur les plaques isolantes de la barrière d'isolation thermique secondaire et constituant la barrière d'étanchéité secondaire, une pluralité de blocs isolants de la barrière d'isolation thermique primaire collées sur la membrane d'étanchéité secondaire et des cornières métalliques de membrane d'étanchéité primaire fixées sur les blocs isolants de la barrière d'isolation thermique primaire.

Le collage des blocs isolants de la barrière d'isolation thermique primaire sur la barrière d'étanchéité secondaire n'est pas totalement satisfaisant. En particulier, les opérations de collage des blocs isolants sont complexes à mettre en œuvre.

Compte-tenu de cette complexité, le collage des blocs isolants de la barrière d'isolation thermique primaire sur la membrane d'étanchéité secondaire est réalisé en atelier et les structures d'angles sont intégralement préassemblées. Toutefois, de telles structures d'angle préassemblées sont lourdes rendant leur transport et leur manutention, vers le site d'implantation de la cuve, difficiles.

Résumé

Une idée à la base de l'invention est de proposer une structure d'angle qui soit facile à assembler.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide comprenant une barrière d'isolation thermique secondaire retenue à une structure porteuse, une membrane d'étanchéité secondaire, une barrière d'isolation thermique primaire et une membrane d'étanchéité primaire destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve, la cuve comprenant une structure d'angle comportant :

- un premier et un second panneaux formant un coin de la barrière d'isolation thermique secondaire et comportant une face externe en vis-à-vis de la structure porteuse et une face interne ;
- un arrangement d'angle de la membrane d'étanchéité secondaire, fixé sur le premier et le second panneaux ;
- un premier et un second blocs isolants de barrière d'isolation thermique primaire fixés respectivement sur le premier et le second panneaux et reposant contre l'arrangement d'angle de la membrane d'étanchéité secondaire; et
- une cornière de barrière d'étanchéité primaire comprenant une première et une seconde ailes fixées respectivement sur le premier et le second blocs isolants ; dans lequel :
 - le premier et le second panneaux comportent chacun une platine métallique fixée sur leur face interne et portant un organe de fixation d'un bloc isolant ; et

- l'arrangement d'angle de la membrane d'étanchéité secondaire est métallique, présente des orifices de passage des organes de fixation des blocs isolants et est soudé, en périphérie desdits orifices, aux platines métalliques portant lesdits organes de fixation de manière à assurer l'étanchéité de la membrane d'étanchéité secondaire.

Une telle structure d'angle ne nécessite donc pas d'opération de collage des blocs isolants de la membrane d'isolation thermique primaire. Ainsi, la fixation de blocs isolants sur la structure d'angle peut être plus facilement réalisée, in situ.

En outre, l'ancrage mécanique desdits blocs isolants sur la structure d'angle permet d'assurer une tenue mécanique plus importante qu'un ancrage par collage.

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

- les organes de fixation des blocs isolants sont des goujons filetés coopérant avec des écrous, les blocs isolants comportant chacun un orifice de passage d'un goujon et un évidement communiquant avec ledit orifice de passage d'un goujon et présentant une surface d'appui d'un écrou bordant ledit orifice de passage d'un goujon.
- le premier et le second blocs isolants comportent un bord latéral adjacent à l'angle de cuve, un bord latéral opposé à l'angle de cuve, et une face interne coopérant avec la cornière de barrière d'étanchéité primaire et dans laquelle les évidements débouchent sur le bord latéral opposé à l'angle de cuve et/ou dans une portion de la face interne, contiguë au bord latéral opposé à l'angle de cuve, et non recouverte par la cornière de barrière d'étanchéité primaire.
- La structure d'angle comporte des éléments isolants d'obturation desdits évidements.
- les évidements sont formés par des puits comportant un fond formant la surface d'appui d'un écrou et débouchant sur une portion de la face interne des blocs isolants s'étendant, vers le bord latéral opposé à l'angle de cuve desdits blocs isolants, au-delà d'un bord de la cornière de barrière d'étanchéité primaire.
- la cornière présente des bords pourvus de découpes disposées en vis-à-vis des puits débouchant sur la face interne des premier et second blocs isolants.

- l'évidement est formé par un décrochement du bord latéral opposé à l'angle de cuve, ménageant une patte portant la surface d'appui d'un écrou.
- l'arrangement d'angle de la membrane d'étanchéité secondaire comporte une première tôle métallique fixée sur le premier panneau, une seconde tôle métallique fixée sur le second panneau et une cornière métallique soudée auxdites première et seconde tôles métalliques.
- les ailes de la cornière de barrière d'étanchéité primaire comportent chacune une face externe équipée d'un goujon, faisant saillie vers l'extérieur, pour la fixation de la cornière sur le premier et le second bloc isolants.
- la structure d'angle comporte une pluralité de premiers et de seconds blocs isolants respectivement répartis le long du premier et du second panneaux et une pluralité de cornières de barrière d'étanchéité primaire fixées chacune sur un premier et un second blocs isolants.
- La cuve comporte une paroi plane à l'extrémité de laquelle est disposée la structure d'angle, la membrane d'étanchéité secondaire de la paroi plane étant soudée sur l'arrangement d'angle de la membrane d'étanchéité secondaire et la membrane d'étanchéité primaire de la paroi plane étant soudée sur une aile de la cornière de barrière d'étanchéité primaire.
- la membrane d'étanchéité secondaire de la paroi plane comporte une pluralité de plaques métalliques comportant des ondulations s'étendant selon deux directions perpendiculaires.
- la barrière d'isolation thermique secondaire de la paroi plane comporte une pluralité de panneaux calorifuges entre lesquelles sont ménagés des interstices, les ondulations des plaques métalliques de la membrane d'étanchéité secondaire étant saillantes vers l'extérieur de la cuve et insérées dans les interstices.

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, l'invention concerne un procédé d'assemblage d'une structure d'angle telle que mentionnée ci-dessus, comportant :

- l'assemblage d'une pluralité de modules préassemblés comportant chacun une cornière de barrière d'étanchéité primaire et un premier et un second blocs isolants, ladite étape d'assemblage comportant, pour chaque module préassemblé, la fixation d'une cornière de barrière d'étanchéité primaire sur un premier et un second blocs isolants ; et
- la fixation de la pluralité de modules préassemblés sur le premier et le second panneaux formant un coin de la membrane d'isolation thermique secondaire.

Selon un mode de réalisation, une première pluralité de modules préassemblés est fixée sur le premier et le second panneaux en atelier et une seconde pluralité de modules préassemblés est fixée sur le premier et le second panneaux, in situ, dans la cuve. Ainsi, le transport et la manutention de la structure d'angle sont facilités.

Selon un mode de réalisation, un navire pour le transport d'un fluide comporte une double coque et une cuve précitée, dans lequel la double coque forme la structure porteuse externe de la cuve.

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

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

Brève description des figures

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.

- **Les figures 1, 3, 5, 7 et 9** sont des vues en perspective illustrant les étapes successives d'assemblage d'une structure d'angle d'une cuve étanche et thermique isolante.
- **La figure 2** est une vue de détail de la figure 1, illustrant une platine métallique, fixée sur la face interne d'un des panneaux formant le coin de la barrière d'isolation thermique secondaire, et portant des goujons de fixation de blocs isolants de la barrière d'isolation thermique primaire.
- **La figure 4** est une vue de détail de la figure 3, illustrant le passage de goujons pour la fixation de blocs isolants de la barrière d'isolation thermique primaire, au travers d'une tôle métallique de la membrane d'étanchéité secondaire.
- **La figure 6** est une vue de détail de la figure 5, illustrant un arrangement d'angle de la membrane d'étanchéité secondaire.
- **La figure 8** est une vue de détail de la figure 7, dans laquelle, pour une meilleure compréhension, deux blocs isolants et une cornière de la membrane d'étanchéité primaire sont représentés de manière transparente de sorte à visualiser les organes de fixation de ladite cornière sur les blocs isolants et les organes de fixation des blocs isolants sur la barrière d'isolation thermique secondaire.
- **La figure 10** est une vue de détail de la figure 9 illustrant plus particulièrement des éléments isolants pour le colmatage d'un évidement formé dans un bloc isolant ou d'une jointure entre deux blocs isolants adjacents, avant la mise en place desdits éléments isolants.
- **La figure 11** est une vue en perspective d'une structure d'angle selon un deuxième mode de réalisation.
- **La figure 12** est une vue de détail de la figure 11.
- **La figure 13** est une vue en perspective d'une structure d'angle selon un troisième mode de réalisation.
- **La figure 14** est une représentation en perspective écorchée des éléments d'une paroi de cuve étanche et thermiquement isolante.
- **La figure 15** est une vue en coupe d'une paroi de cuve étanche et thermiquement isolante.

- **La figure 16** est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

Description détaillée de modes de réalisation

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

La cuve étanche et thermiquement isolante comporte, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une structure porteuse, une barrière thermiquement isolante secondaire, une membrane d'étanchéité secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire et une membrane d'étanchéité primaire destinée à être en contact avec le fluide cryogénique contenu dans la cuve.

La structure porteuse peut notamment être une tôle métallique autoporteuse ou, plus généralement, tout type de cloison rigide présentant des propriétés mécanique appropriées. La structure porteuse peut notamment être formée par la coque ou la double coque d'un navire. La structure porteuse comporte une pluralité de parois définissant la forme générale de la cuve.

La figure 1 illustre la barrière d'isolation thermique secondaire, d'une structure d'angle destinée à être disposée à l'intersection entre deux parois de la structure porteuse. La barrière d'isolation thermique secondaire comporte deux panneaux calorifuges 1, 2. Les panneaux 1, 2 présentent une face externe destinée à être fixée contre les parois de la structure porteuse. Les panneaux 1, 2 présentent, en outre, une section en forme de trapèze rectangle et sont raccordés l'un à l'autre, par exemple par collage, via leur bord latéral biseauté 3, 4. Les panneaux 1, 2 forment ainsi un coin de la barrière d'isolation thermique secondaire.

Dans le mode de réalisation représenté, les panneaux calorifuges 1, 2 comportent une couche de mousse polymère isolante prise en sandwich entre deux plaques rigides, interne et externe, collées sur ladite couche de mousse. Les plaques rigides, interne et externe, sont par exemple en bois contreplaqué. La mousse polymère peut notamment être une mousse de polyuréthane haute densité, éventuellement renforcée de fibres de verre.

Les panneaux 1, 2 présentent des puits cylindriques 5 débouchant sur leur face interne et destinés à recevoir l'extrémité d'un goujon fileté, soudé à la structure

porteuse, afin d'assurer un ancrage des panneaux 1, 2. Les puits cylindriques 5 communiquent avec des orifices de passage des goujons, non illustrés, débouchant sur la face externe des panneaux 1, 2. Les puits cylindriques 5 présentent un diamètre supérieur à celui des orifices de passage des goujons de telle sorte que les fonds des puits cylindrique 5 définissent une surface d'appui destiné à coopérer avec un écrou vissé sur le goujon fileté. Lorsque la fixation des panneaux 1, 2 sur la structure porteuse a été exécutée, des bouchons en matière isolante, non représentés, peuvent être introduits dans les puits cylindriques 5 de sorte à assurer une continuité de la barrière d'isolation thermique secondaire.

En complément de l'ancrage des panneaux 1, 2 par des goujons soudés sur la structure porteuse, des boudins de résine polymérisable peuvent être disposés entre la structure porteuse et la face externe des panneaux 1, 2.

Les panneaux 1, 2 sont équipés d'une pluralité de platines métalliques 6, fixées sur leur plaque rigide interne, par des vis, des rivets ou des agrafes par exemple. Les platines métalliques 6 portent des goujons filetés 7, faisant saillie vers l'intérieur de la cuve, et destinés à assurer la fixation de la barrière d'isolation thermique primaire sur les panneaux 1, 2.

Les figures 3 à 6 illustrent l'arrangement d'angle de la membrane d'étanchéité secondaire. L'arrangement d'angle comporte deux tôles métalliques 8, 9 fixées chacune sur un panneau 1, 2, par des vis, des rivets ou des agrafes par exemple. Les tôles métalliques 8, 9 sont pourvues d'orifices 11 de passage des goujons 7. De manière à assurer l'étanchéité de la membrane d'étanchéité secondaire, les tôles métalliques 8, 9 sont soudées, en périphérie desdits orifices 11, aux platines métalliques 6.

Dans un mode de réalisation, le soudage des tôles métalliques 8, 9 sur les platines 6 est réalisé par un procédé de soudage orbital. L'équipement de soudage orbital est avantageusement apte à s'ancrer sur les goujons 7 de telle sorte que le soudage peut être réalisé de manière automatisée.

L'arrangement d'angle de la membrane d'étanchéité secondaire comporte également une cornière métallique 10, illustrée sur les figures 5 et 6. La cornière métallique 10 est soudée à recouvrement sur les tôles métalliques 8, 9 de manière à assurer l'étanchéité de la membrane d'étanchéité secondaire dans la zone d'angle. Le soudage de la cornière métallique 10 sur les plaques métalliques 8, 9 est assuré

par un équipement de soudage en continu. Un tel équipement de soudage est avantageusement apte à s'ancrer sur les goujons 7.

Dans le mode de réalisation représenté, les orifices 11 de passage des goujons 7 sont des alésages ménagés dans les tôles métalliques 8, 9. Il est toutefois envisageable de réaliser les orifices de passage des goujons par tout autre moyen. En particulier, de tels orifices peuvent être formés au moyen de découpes pratiquées dans un bord de la cornière et/ou dans le bord des tôles métalliques adjacent à ladite cornière. Ainsi, il n'est pas nécessaire de perforer la cornière 10 ou les tôles métalliques 8, 9 pour laisser passer les goujons 7. De manière semblable, il est également possible de prévoir plusieurs tôles métalliques reposant sur chacun des panneaux 1 et 2 et de pratiquer des découpes dans les bords adjacents desdites tôles métalliques de manière à former lesdits orifices de passage des goujons 7.

Par la suite, tel que représenté sur les figures 7 et 8, des blocs isolants 13, 14 de la barrière d'isolation thermique primaire et des cornières métalliques 15 de la barrière d'étanchéité primaire sont fixés sur les panneaux 1, 2.

Dans un mode de réalisation avantageux, les blocs isolants 13, 14 et les cornières métalliques 15 sont préalablement assemblés sous forme de module 12a, 12b, 12c, 12d. Chaque module préassemblé 12a, 12b, 12c, 12d comprend deux blocs isolants 13, 14 de barrière d'isolation thermique primaire et une cornière 15 fixée sur les deux blocs isolant 13, 14.

Les blocs isolants 13, 14 présentent une forme générale de parallélépipède rectangle. Ils comportent une face interne sur laquelle repose la cornière 15 et une face externe reposant contre une des tôles métalliques 8, 9. Les blocs isolants 13 et 14 sont respectivement fixés sur les panneaux 1 et 2. Les blocs isolants 13, 14 peuvent être intégralement réalisés en bois contreplaqué ou présenter une structure composite similaire à celle des panneaux 1, 2, c'est-à-dire comportant une couche de mousse polymère isolante prise en sandwich entre deux plaques rigides, interne et externe, collées sur ladite couche de mousse.

Les cornières 15 sont des cornières métalliques, par exemple réalisées en acier inoxydable. Les cornières 15 présentent deux ailes 15a et 15b, perpendiculaires dans le mode de réalisation représenté, reposant contre la face interne des blocs isolants 13 et 14. Les ailes 15a, 15b présentent des goujons 16 de

fixation aux blocs isolants 13, 14, illustrés sur la figure 8, soudés sur la face externe des ailes 15a, 15b et faisant saillie vers l'intérieur de la cuve. Les blocs isolants comportent des orifices 17 de passage des goujons 16, formés sur leur face interne. Lesdits orifices 17 de passage des goujons communiquent avec des puits cylindriques 18 débouchant sur la face externe des blocs isolants 13, 14. Des écrous vissés sur les goujons 16 s'appuient contre le fond desdits puits cylindriques 18 et assurent ainsi la solidarisation de la cornière 15 auxdits blocs isolants 13, 14. Sur les figures 7 à 12, les ailes 15a, 15b présentent également des goujons 19 soudés sur leur face interne. De tels goujons 19 permettent d'ancrer un équipement de soudage lors du soudage des éléments de membrane d'étanchéité primaire sur les cornières 15.

Par ailleurs, un raccord d'angle 46 en matière isolante, tel qu'une mousse polymère, est disposé entre les bords adjacents à l'angle de cuve de deux blocs isolants 13, 14 et permet ainsi d'assurer une continuité de l'isolation thermique au niveau de l'angle de la cuve.

Afin d'assurer la fixation des blocs isolants aux goujons 7 portés par les panneaux 1, 2, les blocs isolants 13, 14 sont pourvus d'orifices 20 de passage desdits goujons 7, ménagés dans leur face interne. Dans le mode de réalisation illustré sur les figures 7 à 10, les orifices 20 de passage des goujons 7 communiquent avec des puits cylindriques 21 débouchant sur la face interne des blocs isolants 13, 14. Les fonds des puits cylindriques 21 définissent des surfaces d'appui pour des écrous coopérant avec les extrémités filetées des goujons 7.

Afin d'assurer la fixation des blocs isolants 13, 14 sur les goujons 7, alors que des cornières 15 ont été préalablement fixées sur lesdits blocs-isolants 13, 14, les puits cylindriques 21 débouchent dans des portions de la face interne des blocs isolants 13, 14, non recouvertes par les cornières 15. Pour ce faire, dans le mode de réalisation représenté sur les figures 7 à 10, les blocs isolants 13, 14 débordent, en direction opposée à l'angle de cuve, au-delà des bords des cornières 15. En outre, les puits cylindriques 21 sont ménagés dans les portions des blocs isolants 13, 14 qui débordent au-delà du bord des cornières 15. Ainsi, il est possible d'accéder aux puits cylindriques 21 pour assurer la fixation des blocs isolants 13, 14 sur les goujons 7 alors que la cornière 15 est positionnée sur les blocs isolants 13, 14.

Lorsque les blocs isolants 13, 14 ont été ancrés sur les goujons 7, les puits cylindriques 21 sont obturés par des bouchons 22 en matière isolante, notamment représentés sur les figures 9 et 10. Par ailleurs, des éléments isolants de jointure 23 sont insérés entre les blocs isolants 13, 14.

L'agencement des blocs isolants 13, 14 et des cornières 15 sous forme de modules préassemblés 12a, 12b, 12c, 12d est particulièrement avantageux et autorise différentes méthodes d'assemblage et de transport des structures d'angle. Dans un mode de réalisation, les panneaux 1, 2 de la structure d'angle sont assemblés, in situ, sur le site d'implantation de la cuve en fixant une pluralité de modules préassemblés 12a, 12b, 12c, 12d sur lesdits panneaux 1, 2. Dans un autre mode de réalisation, les panneaux 1, 2, l'arrangement d'angle de la membrane d'étanchéité secondaire et une partie ou la totalité des modules préassemblés 12a, 12b, 12c, 12d sont assemblés en atelier. Dans une variante avantageuse, il est prévu de ne fixer sur les panneaux 1, 2, en atelier, qu'un nombre de modules préassemblés 12a, 12b, 12c, 12d nécessaire pour assurer une tenue mécanique de la structure d'angle lors de son transport et sa manutention, le reste des modules préassemblés étant, par la suite, fixé sur le site d'implantation de la cuve. Une telle méthode d'assemblage permet de limiter le poids de la structure d'angle lors de son transport et de sa manutention sans pour autant nuire à l'ergonomie de l'assemblage, in situ, de la cuve.

Les figures 11 et 12 présentent une structure d'angle selon une autre mode de réalisation. Les blocs isolants 13, 14 présentent également des orifices de passage des goujons ménagés dans leur face interne. Toutefois, dans ce mode de réalisation, les orifices communiquent avec des évidements 24, formés dans les blocs isolants 13, 14 et débouchant sur leur bord latéral opposé à l'angle de cuve. Les évidements 24 sont formés par des décrochements formés dans le bord latéral opposé à l'angle de cuve. Les décrochements ménagent des pattes 25 qui portent la surface d'appui des écrous coopérant avec l'extrémité filetée des goujons 7. Les évidements 24 sont avantageusement formés au niveau des coins des blocs isolants 13, 14. Ainsi, les évidements 24 débouchent sur l'interstice entre deux blocs isolants adjacents 13, 14 et le colmatage d'un interstice entre deux blocs isolants 13, 14 adjacents, et de deux évidements 24 bordant ledit interstice, peut être réalisé par un seul élément isolant de jointure 26. On note que de tels évidements 24

permettent également une fixation des blocs isolants 13, 14 sur les goujons 7, alors que des cornières 15 ont été préalablement fixées sur lesdits blocs-isolants 13, 14.

La figure 13 représente un autre mode de réalisation. Dans ce mode de réalisation, les cornières 15 présentent des bords présentant des découpes 27. Les blocs isolants 13, 14 comportent des puits cylindriques 28, communiquant avec des orifices de passage des goujons 7 ménagés sur la face externe desdits blocs isolants 13, 14 et dont le fond coopère avec un écrou vissé sur un goujon 7. Les puits cylindriques 28 débouchent sur la face interne des blocs isolants 13, 14 en vis-à-vis des découpes 27 pratiquées dans les bords des cornières 15 de telle sorte que la fixation des blocs isolants 13, 14 sur les goujons 7 peut être assurée malgré la présence de la cornière 15. Les puits cylindriques 28 sont obturés par des bouchons.

Les figures 14 et 15 illustrent, à titre d'exemple, la structure des parois d'une cuve étanche et thermiquement isolante équipée d'une structure d'angle telle que décrite ci-dessus.

La barrière d'isolation thermique secondaire comporte une pluralité de panneaux calorifuges 29 ancrés sur la structure porteuse 30 au moyen de boudins 31 de résine et de goujons 32 soudés sur la structure porteuse 1. Les panneaux 29 présentent sensiblement une forme de parallélépipède rectangle et présentent, selon leur deux axes de symétrie, une bande de liaison métallique 33, qui est mise en place dans un évidement et qui y est fixée par des vis, des rivets, des agrafes ou de la colle. Dans la zone de croisement des bandes de liaison métalliques, on a ménagé un goujon 34 faisant saillie vers l'intérieur de la cuve et permettant la fixation de la barrière d'isolation thermique primaire.

La membrane d'étanchéité secondaire est obtenue par assemblage d'une pluralité de plaques métalliques 35 soudées bord à bord et présentant une forme sensiblement rectangulaire. Les plaques métalliques 35 comportent, selon chacun des deux axes de symétrie de ce rectangle, une ondulation 36 formant un relief en direction de la structure porteuse 30. Les plaques métalliques 35 sont ici disposées de manière décalée par rapport aux panneaux 29 de telle sorte que chacune desdites plaques métalliques 35 s'étende à cheval sur quatre panneaux 29 adjacents. En outre, les ondulations 36 sont logées dans des interstices 37 de la barrière d'isolation thermique secondaire ménagés entre deux panneaux 29

adjacents. Les plaques métalliques 35 adjacentes sont soudées entre elles à recouvrement. L'ancrage des plaques métalliques 35 sur les panneaux 29 est réalisé au moyen des bandes de liaison métalliques 33 sur lesquelles on soude au moins deux bords desdites plaques métalliques 35.

Au niveau de la zone d'angle, les plaques métalliques 35 de la barrière d'étanchéité secondaire sont soudées par recouvrement sur les tôles métalliques 8, 9 de l'arrangement d'angle de la membrane d'étanchéité secondaire.

La barrière d'isolation thermique primaire comporte une pluralité de panneaux calorifuges 38 de forme sensiblement parallélépipédique rectangle recouvrant la membrane d'étanchéité secondaire. Les panneaux 38 de la barrière d'isolation thermique primaire comportent également, sur leur face interne, des bandes de liaison métalliques 39 permettant un ancrage, par soudage, de la barrière d'étanchéité primaire.

La membrane d'étanchéité primaire est obtenue par assemblage d'une pluralité de plaques métalliques 40, soudées les unes aux autres le long de leurs bords. Les plaques métalliques 40 comportent des ondulations 41 s'étendant selon deux directions perpendiculaires. Les ondulations 41 de la membrane d'étanchéité primaire sont saillantes du côté de la face interne des plaques métalliques 40. Les plaques métalliques 40 sont, par exemple, réalisées en tôle d'acier inoxydable ou d'aluminium, mise en forme par pliage ou par emboutissage. Les plaques métalliques 40 sont décalées par rapport aux panneaux 38, chacune desdites plaques métalliques 40 s'étendant à cheval sur quatre panneaux 38 adjacents.

Au niveau de la zone d'angle de la membrane d'étanchéité primaire, les plaques métalliques 40 sont soudées sur les cornières 15. Par ailleurs, des pièces d'angles, non représentées, sont positionnées à cheval entre deux cornières adjacentes 35. De telles pièces d'angles comportent dans leur zone médiane, une ondulation s'étendant dans le prolongement d'une ondulation de la plaque métallique 40 et sont soudées par recouvrement sur les tôles métalliques 40 s'étendant de part et d'autre de la structure d'angle et sur les deux cornières 35 qu'elles chevauchent.

En référence à la figure 16, une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve étanche et isolée 71 de forme générale prismatique montée dans la double coque 72 du navire. La paroi de la cuve 71 comporte une barrière étanche

primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières isolante agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque 72.

De manière connue en soi, des canalisations de chargement/déchargement 73 disposées sur le pont supérieur du navire peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriés, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 71.

La figure 16 représente un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 75, une conduite sous-marine 76 et une installation à terre 77. Le poste de chargement et de déchargement 75 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 74 et une tour 78 qui supporte le bras mobile 74. Le bras mobile 74 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 79 pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 73. Le bras mobile 74 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 78. Le poste de chargement et de déchargement 75 permet le chargement et le déchargement du méthanier 70 depuis ou vers l'installation à terre 77. Celle-ci comporte des cuves de stockage de gaz liquéfié 80 et des conduites de liaison 81 reliées par la conduite sous-marine 76 au poste de chargement ou de déchargement 75. La conduite sous-marine 76 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 75 et l'installation à terre 77 sur une grande distance, par exemple 5 km, ce qui permet de garder le navire méthanier 70 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et de déchargement.

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

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

On notera, en particulier, que si l'invention est décrite en relation avec un mode de réalisation dans laquelle la cuve comporte deux niveaux d'étanchéité et d'isolation thermique, elle n'y est aucunement limitée et s'applique également aux cuves étanches ne comportant qu'un seul niveau d'étanchéité et d'isolation thermique.

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 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 de stockage d'un fluide comprenant une barrière d'isolation thermique secondaire retenue à une structure porteuse, une membrane d'étanchéité secondaire, une barrière d'isolation thermique primaire et une membrane d'étanchéité primaire destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve, la cuve comprenant une structure d'angle comportant :

- un premier et un second panneaux (1, 2) formant un coin de la barrière d'isolation thermique secondaire, et comportant une face externe en vis-à-vis de la structure porteuse et une face interne ;

- un arrangement d'angle (8, 9, 10) de la membrane d'étanchéité secondaire, fixé sur le premier et le second panneaux (1, 2) ;

- un premier et un second blocs isolants (13, 14) de barrière d'isolation thermique primaire fixés respectivement sur le premier et le second panneaux (1, 2) et reposant contre l'arrangement d'angle (8, 9, 10) de la membrane d'étanchéité secondaire; et

- une cornière (15) de barrière d'étanchéité primaire comprenant une première et une seconde ailes (15a, 15b) fixées respectivement sur le premier et le second blocs isolants (1, 2) ; dans lequel :

- le premier et le second panneaux (1, 2) comportent chacun une platine métallique (6) fixée sur leur face interne et portant un organe (7) de fixation d'un bloc isolant ; et

- l'arrangement d'angle de la membrane d'étanchéité secondaire est métallique, présente des orifices (11) de passage des organes de fixation des blocs isolants et est soudé, en périphérie desdits orifices, aux platines métalliques (6) portant lesdits organes (7) de fixation de manière à assurer l'étanchéité de la membrane d'étanchéité secondaire.

2. Cuve selon la revendication 1, dans laquelle les organes de fixation des blocs isolants sont des goujons filetés (7) coopérant avec des écrous, les blocs isolants (13, 14) comportant chacun un orifice (20) de passage d'un goujon et un évidement (21, 24) communiquant avec ledit orifice (20) de passage d'un goujon et présentant une surface d'appui d'un écrou bordant ledit orifice (20) de passage d'un goujon.

3. Cuve selon la revendication 2, dans laquelle le premier et le second blocs isolants (13, 14) comportent un bord latéral adjacent à l'angle de cuve, un bord latéral opposé à l'angle de cuve, et une face interne coopérant avec la cornière (35) de barrière d'étanchéité primaire et dans laquelle les évidements (21, 24, 28) débouchent sur le bord latéral opposé à l'angle de cuve et/ou dans une portion de la face interne, contiguë au bord latéral opposé à l'angle de cuve, et non recouverte par la cornière (35) de barrière d'étanchéité primaire.

4. Cuve selon la revendication 3, comportant des éléments isolants (22, 26) d'obturation des évidements (21, 24).

5. Cuve selon la revendication 3 ou 4, dans laquelle les évidements sont formés par des puits (21, 28) comportant un fond formant la surface d'appui d'un écrou et débouchant sur une portion de la face interne des blocs isolants (13, 14) s'étendant, vers le bord latéral opposé à l'angle de cuve desdits blocs isolants (13, 14) au-delà d'un bord de la cornière (35) de barrière d'étanchéité primaire.

6. Cuve selon la revendication 5, dans laquelle la cornière (35) présente des bords pourvus de découpes (27) disposées en vis-à-vis des puits (28) débouchant sur la face interne des premier et second blocs isolants (13, 14).

7. Cuve selon la revendication 3 ou 4, dans laquelle l'évidement (24) est formé par un décrochement du bord latéral opposé à l'angle de cuve, ménageant une patte (25) portant la surface d'appui d'un écrou.

8. Cuve selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle l'arrangement d'angle de la membrane d'étanchéité secondaire comporte une première tôle métallique (8) fixée sur le premier panneau (1), une seconde tôle métallique (9) fixée sur le second panneau (2) et une cornière métallique (10) soudée auxdites première et seconde tôles métalliques (8, 9).

9. Cuve selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle les ailes (15a, 15b) de la cornière (15) de barrière d'étanchéité primaire comportent chacune une face externe équipée d'un goujon (16), faisant saillie vers l'extérieur, pour la fixation de la cornière (15) sur le premier et le second bloc isolants (13, 14).

10. Cuve selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans laquelle la structure d'angle comporte une pluralité de premiers et de seconds blocs isolants (13, 14) respectivement répartis le long du premier et du second panneaux (1, 2) et une pluralité de cornières (15) de barrière d'étanchéité primaire fixées chacune sur un premier et un second blocs isolants (13, 14).

11. Cuve selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, comportant une paroi plane à une extrémité de laquelle est disposée la structure d'angle, la membrane d'étanchéité secondaire de la paroi plane étant soudée sur l'arrangement d'angle (8, 9, 10) de la membrane d'étanchéité secondaire et la membrane d'étanchéité primaire de la paroi plane étant soudée sur une aile (15a, 15b) de la cornière (15) de barrière d'étanchéité primaire.

12. Cuve selon la revendication 11, dans laquelle la membrane d'étanchéité secondaire de la paroi plane comporte une pluralité de plaques métalliques (35) comportant des ondulations (36) s'étendant selon deux directions perpendiculaires.

13. Cuve selon la revendication 12, dans laquelle la barrière d'isolation thermique secondaire de la paroi plane comporte une pluralité de panneaux calorifuges (29) entre lesquelles sont ménagés des interstices (37) et dans laquelle les ondulations (36) des plaques métalliques (35) de la membrane d'étanchéité secondaire sont saillantes vers l'extérieur de la cuve et insérées dans les interstices (37).

14. Procédé d'assemblage d'une cuve selon la revendication 10, comportant :

- l'assemblage d'une pluralité de modules préassemblés (12a, 12b, 12c, 12d) comportant chacun une cornière (15) de barrière d'étanchéité primaire et un premier et un second blocs isolants (13, 14), ladite étape d'assemblage comportant, pour chaque module préassemblé, la fixation d'une cornière (15) de barrière d'étanchéité primaire sur un premier et un second blocs isolants (13, 14) ; et
- la fixation de la pluralité de modules préassemblés (12a, 12b, 12c, 12d) sur le premier et le second panneaux (1, 2) formant un coin de la membrane d'isolation thermique secondaire.

15. Procédé d'assemblage selon la revendication 14, dans lequel une première pluralité de modules préassemblés (12a, 12b, 12c, 12d) est fixée sur le

premier et le second panneaux (1, 2) en atelier et une seconde pluralité de modules préassemblés (12a, 12b, 12c, 12d) est fixée sur le premier et le second panneaux (1, 2), in situ, dans la cuve.

16. Navire (70) pour le transport d'un fluide, le navire comportant une double coque (72) et une cuve (71) selon l'une des revendications 1 à 13, dans lequel la double coque forme la structure porteuse externe de la cuve.

17. Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon la revendication 16, dans lequel on achemine un fluide 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 navire (71).

18. Système de transfert pour un fluide, le système comportant un navire (70) selon la revendication 16, des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) agencées de manière à relier la cuve (71) installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre (77) et une pompe pour entraîner un flux de fluide à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.