

Description

Titre de l'invention : Procédé de fabrication d'une barrière thermiquement isolante pour une cuve

Domaine technique

- [0001] L'invention concerne le domaine des cuves, étanches et thermiquement isolantes pour le stockage et/ou le transport d'un gaz liquéfié, telles que des cuves pour le transport de Gaz de Pétrole Liquéfié (aussi appelé GPL) présentant par exemple une température comprise entre -50°C et 0°C, ou pour le transport de Gaz Naturel Liquéfié (GNL) à environ -162°C à pression atmosphérique.
- [0002] 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 liquéfié ou à recevoir du gaz liquéfié servant de carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant.

Arrière-plan technologique

- [0003] Le document WO19092384 divulgue un procédé de fabrication d'une barrière thermiquement isolante pour une paroi d'une cuve étanche et thermiquement isolante. La paroi de la cuve comporte une structure multicouche présentant successivement, dans le sens de l'épaisseur, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire comprenant des panneaux isolants retenus à une structure porteuse, une membrane d'étanchéité secondaire reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire comprenant des panneaux isolants reposant contre la membrane d'étanchéité secondaire et une membrane d'étanchéité primaire reposant contre la barrière thermiquement isolante primaire et destinée à être en contact avec le gaz naturel liquéfié contenu dans la cuve. Chaque panneau isolant de la barrière thermiquement isolante primaire présente des découpes le long de ses bords et au niveau de ses coins. Ces découpes définissent des évidements formant des logements dans lesquels sont logés des dispositifs d'ancrage assurant la fixation des panneaux isolants de la barrière thermiquement isolante primaire sur les panneaux isolants de la barrière thermiquement isolante secondaire. Des bouchons isolants comportant une couche de mousse polymère isolante sont logés dans les logements ménagés dans la barrière thermiquement isolante primaire afin d'assurer une continuité de l'isolation thermique. Pour ce faire, ce document prévoit d'insérer chaque bouchon isolant à l'intérieur d'un logement respectif et de le pousser en direction de la structure porteuse jusqu'à endommager de manière irréversible le bouchon isolant au niveau d'un appui dudit bouchon isolant contre un organe d'appui logé à l'intérieur du logement. Chaque bouchon isolant est poussé jusqu'à ce que l'extrémité interne du bouchon isolant

atteigne une position prédéterminée à l'intérieur dudit logement.

[0004] Ceci permet d'éviter que les bouchons isolants n'occasionnent localement des dénivelés qui affectent la planéité de la surface de support de la membrane d'étanchéité primaire et cela même lorsque les tolérances dimensionnelles de fabrication des bouchons isolants sont importantes.

[0005] Toutefois, ce procédé n'est pas totalement satisfaisant. En particulier, la poussée des bouchons isolants jusqu'à ce qu'ils se déforment de manière irréversible nécessite des efforts importants de la part des opérateurs, ce qui allonge la durée de fabrication de la barrière thermiquement isolante et dégrade les conditions de travail des opérateurs, et cela d'autant plus lorsque la mousse polymère des bouchons isolants présente une densité importante.

Résumé

[0006] Une idée à la base de l'invention est de proposer un procédé de fabrication d'une barrière thermiquement isolante, destinée à définir une surface interne de support d'une membrane d'étanchéité et présentant des logements ainsi que des bouchons isolants logés dans lesdits logements, qui soit simple à mettre en œuvre et qui limite la présence de dénivelés dans la surface interne de support de la membrane d'étanchéité au droit des logements.

[0007] Selon un mode de réalisation, l'invention propose un procédé de fabrication d'une barrière thermiquement isolante pour une paroi d'une cuve étanche et thermiquement isolante fixée à une structure porteuse, ledit procédé comportant les étapes suivantes :

- ancrer une pluralité de panneaux isolants directement ou indirectement à la structure porteuse au moyen d'au moins un dispositif d'ancrage, ladite pluralité de panneaux isolants définissant une surface interne destinée à supporter une membrane d'étanchéité et comportant un logement débouchant au niveau de la surface interne et dans lequel est logé le dispositif d'ancrage ;
- fournir un bouchon isolant destiné à assurer une continuité de l'isolation thermique au niveau dudit logement, ledit bouchon isolant comportant une extrémité interne et une extrémité externe et présentant une dimension d_1 entre l'extrémité interne et l'extrémité externe, le bouchon isolant comportant une couche de mousse polymère isolante et une plaque rigide interne fixée à la couche de mousse polymère isolante et formant l'extrémité interne du bouchon isolant ;
- insérer le bouchon isolant à l'intérieur du logement et le pousser en direction de la structure porteuse jusqu'à ce que l'extrémité externe du bouchon isolant vienne en appui en direction de la structure porteuse contre une surface d'appui qui est distante de la surface interne de la pluralité de panneaux isolants d'une distance d_2 inférieure à d_1 ;
- raser la plaque rigide interne du bouchon isolant de sorte que l'extrémité interne

du bouchon isolant affleure la surface interne de la pluralité de panneaux isolants.

- [0008] Ainsi, un tel procédé est particulièrement simple puisqu'il ne nécessite pas d'appliquer des efforts de poussée importants pour déformer les bouchons isolants et autorise une augmentation des tolérances dimensionnelles du bouchon puisque celles-ci ne sont pas critiques dans le procédé proposé. En outre, ce procédé permet d'éviter que les bouchons isolants n'occasionnent localement des dénivelés au niveau de la surface de support de la membrane d'étanchéité.
- [0009] Selon des modes de réalisation, un tel procédé peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.
- [0010] Selon un mode de réalisation, la plaque rigide interne est réalisée en bois contreplaqué.
- [0011] Selon une variante de réalisation, la plaque rigide interne est collée à la couche de mousse polymère isolante, par exemple au moyen d'une colle polyuréthane ou d'une colle époxy.
- [0012] Selon une autre variante de réalisation, la plaque rigide interne est agrafée sur la couche de mousse polymère isolante.
- [0013] Selon un mode de réalisation, le dispositif d'ancrage logé à l'intérieur dudit logement comporte un goujon fixé directement ou indirectement à la structure porteuse. Lors de l'ancrage de la pluralité de panneaux isolants, l'on monte sur le goujon un organe de retenue de manière à ce qu'il coopère avec une zone de retenue d'au moins l'un des panneaux isolants de sorte à retenir ledit panneau isolant vers la structure porteuse et l'on visse un écrou sur le goujon de sorte à assurer la fixation de l'organe de retenue sur le goujon.
- [0014] Selon un mode de réalisation, l'organe de retenue forme la surface d'appui contre laquelle l'extrémité externe du bouchon isolant est poussée.
- [0015] Selon un mode de réalisation, le bouchon isolant comporte une plaque rigide externe présentant une face externe formant l'extrémité externe dudit bouchon isolant et une face interne en contact contre la couche de mousse polymère isolante du bouchon isolant, la plaque rigide externe présentant un renforcement ménagé dans la face externe de la plaque rigide externe et dans lequel est logé l'écrou du dispositif d'ancrage. Ceci permet à la couche de mousse polymère isolante d'assurer une meilleure reprise des efforts de compression.
- [0016] Selon un mode de réalisation, la face interne de la plaque rigide externe recouvre au moins partiellement le renforcement.
- [0017] Selon un mode de réalisation, la plaque rigide externe présente un trou qui débouche dans le renforcement et dans lequel est logée une extrémité du goujon, le trou présentant un diamètre inférieur à celui du renforcement.
- [0018] Selon un mode de réalisation, le trou est borgne.

- [0019] Selon un mode de réalisation, la plaque rigide externe est fixée à la couche de mousse polymère isolante.
- [0020] Selon une variante de réalisation, la plaque rigide externe est collée à la couche de mousse polymère isolante, par exemple au moyen d'une colle polyuréthane ou d'une colle époxy.
- [0021] Selon une autre variante de réalisation, la plaque rigide externe est agrafée à la couche de mousse polymère isolante.
- [0022] Selon un autre mode de réalisation, la plaque rigide externe est libre par rapport à la couche de mousse polymère isolante, l'insertion du bouchon isolant à l'intérieur du logement comportant une phase d'insertion de la plaque rigide externe dans ledit logement puis une phase d'insertion de la couche de mousse polymère isolante dans ledit logement.
- [0023] Selon un autre mode de réalisation, la plaque rigide externe est choisie parmi plusieurs plaques rigides externes présentant des épaisseurs différentes de manière à limiter l'épaisseur $\Delta = d1 - d2$ de la plaque rigide interne à araser.
- [0024] Selon un mode de réalisation, la couche de mousse polymère isolante présente une densité comprise entre 100 et 260 kg/m³.
- [0025] Selon un mode de réalisation, l'on agrafe la plaque rigide externe à l'un des panneaux isolants.
- [0026] Selon un autre aspect, l'invention propose également une barrière thermiquement isolante pour une paroi d'une cuve étanche et thermiquement isolante fixée à une structure porteuse, ladite barrière thermiquement isolante comportant :
- une pluralité de panneaux isolants ancrés directement ou indirectement à la structure porteuse au moyen d'au moins un dispositif d'ancrage, ladite pluralité de panneaux isolants définissant une surface interne destinée à supporter une membrane d'étanchéité et comportant un logement débouchant au niveau de la surface interne et dans lequel est logé le dispositif d'ancrage,
 - le dispositif d'ancrage logé à l'intérieur dudit logement comportant un goujon fixé directement ou indirectement à la structure porteuse, un organe de retenue monté sur le goujon de manière à ce qu'il coopère avec une zone de retenue d'au moins l'un des panneaux isolants et un écrou vissé sur le goujon de sorte à assurer la fixation de l'organe de retenue sur le goujon ;
 - un bouchon isolant logé à l'intérieur du logement de manière à assurer une continuité de l'isolation thermique au niveau dudit logement, le bouchon isolant comportant une couche de mousse polymère isolante, une plaque rigide interne fixée à la couche de mousse polymère isolante et formant l'extrémité interne du bouchon isolant et une plaque rigide externe, ladite plaque rigide externe présentant une face interne en contact contre la couche de mousse polymère isolante du bouchon isolant et

une face externe formant l'extrémité externe dudit bouchon isolant et en appui en direction de la structure porteuse contre l'organe de retenue, la plaque rigide externe présentant un renforcement ménagé dans la face externe de la plaque rigide externe et dans lequel est logé l'écrou du dispositif d'ancrage, la face interne de la plaque rigide externe recouvrant au moins partiellement le renforcement.

- [0027] Ainsi, grâce à un tel agencement, la zone de support de la couche de mousse polymère isolante, c'est-à-dire la zone par laquelle transite les efforts de compression, sous l'effet des pressions dynamiques et hydrostatiques exercées par le liquide contenu dans la cuve, est plus importante. Ceci permet à la couche de mousse polymère isolante d'assurer une meilleure reprise des efforts de compression sans pour autant que le couche de mousse polymère isolante présente une densité plus importante.
- [0028] Selon un mode de réalisation, l'invention vise une paroi de cuve comportant une barrière thermiquement isolante précitée et une membrane d'étanchéité qui repose contre la barrière thermiquement isolante et est destinée à être en contact avec le fluide stocké dans la cuve.
- [0029] Selon un mode de réalisation, l'invention vise une cuve étanche et thermiquement isolante comportant une paroi précitée.
- [0030] Une cuve selon l'un des modes de réalisation précités 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 éthanier ou méthanier, une unité flottante de stockage et de regazéification (FSRU), une unité flottante de production et de stockage déporté (FPSO) et autres. Dans le cas d'une structure flottante, la cuve peut être destinée à recevoir du gaz naturel liquéfié servant de carburant pour la propulsion de la structure flottante.
- [0031] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante précitée est une barrière thermiquement isolante primaire, la paroi de cuve comportant en outre une barrière thermiquement isolante secondaire et une membrane d'étanchéité secondaire disposée entre la barrière thermiquement isolante primaire et la barrière thermiquement isolante secondaire.
- [0032] Selon un mode de réalisation, un navire pour le transport d'un fluide comporte une coque, telle qu'une double coque, et une cuve précitée disposée dans la coque.
- [0033] 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.
- [0034] 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.

Breve description des figures

- [0035] 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.
- [0036] [Fig.1] La [Fig.1] est une représentation en perspective écorchée d'une paroi d'une cuve étanche et thermiquement isolante.
- [0037] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue en coupe d'une barrière thermiquement isolante passant par un bouchon isolant selon un premier mode de réalisation.
- [0038] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue en coupe d'une barrière thermiquement isolante passant par un bouchon isolant selon un deuxième mode de réalisation.
- [0039] [Fig.4] La [Fig.4] est une représentation schématique écorchée d'un navire comportant une cuve de stockage de gaz naturel liquéfié et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.
- [0040] [Fig.5] La [Fig.5] est une représentation en perspective écorchée d'une paroi d'une cuve étanche et thermiquement isolante selon un autre mode de réalisation.

Description des modes de réalisation

- [0041] 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'extérieur et à l'intérieur de la cuve.
- [0042] Sur la [Fig.1], on a représenté la structure multicouche d'une paroi 1 d'une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide, tel que du gaz naturel liquéfié (GNL). Chaque paroi 1 de la cuve comporte successivement, dans le sens de l'épaisseur, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire 3 retenue à la structure porteuse 2, une membrane d'étanchéité secondaire 4 reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire 3, une barrière thermiquement isolante primaire 5 reposant contre la membrane d'étanchéité secondaire 4 et une membrane d'étanchéité primaire 6 destinée à être en contact avec le gaz naturel liquéfié contenu dans la cuve.
- [0043] La structure porteuse 2 peut notamment comprendre des tôles métalliques auto-porteuses ou, plus généralement, tout type de cloisons rigides présentant des propriétés mécaniques appropriées. La structure porteuse 2 peut notamment être formée par la coque ou la double coque d'un navire. La structure porteuse 2 comporte une pluralité de parois définissant la forme générale de la cuve, habituellement une forme po-

lyédrique.

- [0044] La barrière thermiquement isolante secondaire 3 comporte une pluralité de panneaux isolants secondaires 7 ancrés à la structure porteuse 2 au moyen de cordons de résine et de goujons soudés sur la structure porteuse 2. Les panneaux isolants secondaires 7 présentent sensiblement une forme de parallélépipède rectangle et sont juxtaposés selon des rangées parallèles et séparées les uns des autres par des interstices garantissant un jeu fonctionnel de montage. Les interstices sont comblés avec une garniture calorifuge telle que de la laine de verre, de la laine de roche ou de la mousse synthétique souple à cellules ouvertes, par exemple. Les panneaux isolants secondaires 7 comportent chacun une couche de mousse polymère 8 prise en sandwich entre une plaque interne 9 et une plaque externe 10. Les plaques interne 9 et externe 10 sont, par exemple, des plaques de bois contreplaqué collées sur ladite couche de mousse polymère 8. La mousse polymère 8 peut notamment être une mousse à base de polyuréthane, optionnellement renforcée de fibres, telles que des fibres de verre par exemple.
- [0045] Dans le mode de réalisation représenté, la membrane d'étanchéité secondaire 4 comporte une nappe continue de virures, métalliques, à bords relevés. Les virures sont soudées par leurs bords relevés sur des supports de soudure parallèles qui sont fixés dans les rainures ménagées sur les plaques internes 9 des panneaux isolants secondaires 7. Les virures sont, par exemple, réalisées en Invar ® : c'est-à-dire un alliage de fer et de nickel dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre $1,2 \cdot 10^{-6}$ et $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.
- [0046] Selon un autre mode de réalisation, non représenté, la membrane d'étanchéité secondaire 4 comporte une pluralité de tôles métalliques ondulées ayant chacune une forme sensiblement rectangulaire qui sont soudées les unes aux autres à recouvrement. En outre, les tôles métalliques ondulées sont soudées sur des platines métalliques qui sont fixées sur la plaque interne 9 des panneaux isolants secondaires 7. Les ondulations sont, par exemple, saillies vers l'extérieur de la cuve et sont logées dans des rainures ménagées dans la plaque interne 9 des panneaux isolants secondaires 7.
- [0047] Par ailleurs, la barrière thermiquement isolante primaire 5 comporte une pluralité de panneaux isolants primaires 11 de forme sensiblement parallélépipédique rectangle. Les panneaux isolants primaires 11 sont ici décalés par rapport aux panneaux isolants secondaires 7 de la barrière thermiquement isolante secondaire 3 de telle sorte que chaque panneau isolant primaire 11 est disposé en quinconce sur quatre panneaux isolants secondaires 7. Les panneaux isolants primaires 11 sont fixés sur les panneaux isolants secondaires 7 au moyen de dispositifs d'ancrage 12 qui seront décrits par la suite.
- [0048] Dans le mode de réalisation illustré, chaque panneau isolant primaire 11 présente une

couche de mousse polymère 13 prise en sandwich entre deux plaques rigides, à savoir une plaque externe 15 et une plaque interne 14. Les plaques externe 15 et interne 14 sont par exemple en bois contreplaqué. La couche de mousse polymère 13 est, par exemple, de la mousse de polyuréthane, optionnellement renforcée par des fibres, tels que des fibres de verre.

- [0049] La membrane d'étanchéité primaire 6 est obtenue par l'assemblage d'une pluralité de tôles métalliques ondulées. Les tôles métalliques ondulées présentent chacune une forme sensiblement rectangulaire. Les ondulations font saillie vers l'intérieur de la cuve. Les tôles métalliques ondulées de la membrane d'étanchéité primaire 6 sont disposées de manière décalée par rapport aux panneaux isolants primaires 11 de telle sorte que chacune desdites tôles métalliques ondulées s'étende conjointement sur quatre panneaux isolants primaires 11 adjacents. Les tôles métalliques ondulées sont soudées entre elles à recouvrement et sont en outre soudées le long de leurs bords sur des platines métalliques qui sont fixées sur les panneaux isolants primaires 11 et plus particulièrement sur leur plaque interne 14. Les plaques internes 14 des panneaux isolants primaires 11 définissent la surface interne de support de la membrane d'étanchéité primaire 6.
- [0050] Comme représenté sur la [Fig.1], chaque panneau isolant primaire 11 comporte un évidement 16 à chacun de ses coins. Chaque évidement 16 traverse la plaque interne 14 et s'étend sur toute l'épaisseur de la couche de mousse polymère 13.
- [0051] Ainsi, comme illustré sur la [Fig.2], au niveau de chacun des évidements 16, la plaque externe 15 déborde par rapport à la couche de mousse polymère 13 et à la plaque interne 14 de manière à former une zone d'appui 17 coopérant avec un dispositif d'ancrage 12. Chaque évidement 16 formé dans le coin de l'un des panneaux isolants primaires 11 est disposé en regard des évidements 16 formés dans le coin des trois panneaux isolants primaires 11 adjacents de manière à ce que les quatre évidements 16 définissent ensemble un logement 18 dans la barrière thermiquement isolante primaire 5. Ainsi, un unique dispositif d'ancrage 12 disposé dans ledit logement 18 peut coopérer avec quatre zones d'appui 17 appartenant respectivement à quatre panneaux isolants primaires 11 adjacents.
- [0052] Dans le mode de réalisation représenté, un tasseau 19, par exemple en bois contreplaqué, est fixé sur la zone d'appui 17 de chaque panneau isolant primaire 11 de manière à le renforcer.
- [0053] Dans le mode de réalisation représenté, chaque logement 18 est formé par plusieurs évidements 16 ménagés au niveau des coins des panneaux isolants primaires 11. Toutefois, dans d'autres modes de réalisation non représentés, chaque logement 18 n'est ménagé ni au niveau d'un bord d'un panneau isolant primaire 11, ni au niveau d'un de ses coins, mais est ménagé au travers de la couche de mousse polymère 13

d'un seul panneau isolant primaire 11.

- [0054] Dans le mode de réalisation représenté, chaque dispositif d'ancrage 12 comporte un goujon 20 qui fait saillie d'une platine métallique, non illustrée, qui est fixée sur la plaque interne 9 de l'un des panneaux isolants secondaires 7. Les goujons 20 passent chacun au travers d'un orifice ménagé dans la membrane d'étanchéité secondaire 4. En outre, la membrane d'étanchéité secondaire 4 est soudée de manière étanche à la platine métallique tout autour de l'orifice de manière à assurer l'étanchéité du passage des goujons 20 au travers de la membrane d'étanchéité secondaire 4.
- [0055] Comme représenté sur la [Fig.2], chaque dispositif d'ancrage 12 comporte un organe de retenue 21 qui est fixé sur chacun des goujons 20 et qui vient en appui contre les zones d'appui 17 de chacun des quatre panneaux isolants primaires 11 adjacents, ici par l'intermédiaire des tasseaux 19. Par ailleurs, un organe de fixation, tel qu'un écrou 22, coopère avec un filetage du goujon 20 et vient en appui contre la face interne de l'organe de retenue 21 de manière que l'organe de retenue 21 soit fixé sur le goujon 20 et exerce ainsi un effort de retenue contre les zones d'appui 17. A titre d'exemple, l'écrou 22 est un écrou fendu et présente l'avantage de ne pas se desserrer en fonctionnement.
- [0056] Dans le mode de réalisation de la [Fig.2], l'organe de retenue 21 est une platine annulaire qui présente un orifice enfilé sur le goujon 20.
- [0057] En outre, dans des modes de réalisation non illustrés, une ou plusieurs rondelles élastiques, telle que des rondelles de Belleville sont enfilées sur le goujon 20, entre l'écrou 22 et l'organe de retenue 21, ce qui permet d'assurer un ancrage élastique des panneaux isolants primaires 11 sur les panneaux isolants secondaires 7.
- [0058] La barrière thermiquement isolante primaire 5 comporte un bouchon isolant 25 qui est destiné à être inséré dans le logement 18 de manière assurer une continuité de l'isolation thermique. Le bouchon isolant 25 comporte une couche de mousse polymère isolante 23. La couche de mousse polymère isolante 23 est, par exemple, une mousse de polyuréthane, optionnellement renforcée par des fibres, tels que des fibres de verre. La couche de mousse polymère isolante 23 présente une densité comprise entre 100 et 260 kg/m³ et avantageusement entre 110 et 150 kg/m³, par exemple de l'ordre de 130 kg/m³.
- [0059] Le bouchon isolant 25 comporte en outre une plaque rigide interne 24, par exemple en bois contreplaqué, formant l'extrémité interne du bouchon isolant 25. La plaque rigide interne 24 est avantageusement collée à la couche de mousse polymère isolante 23, par exemple au moyen d'une colle polyuréthane ou d'une colle époxy. Selon une autre variante de réalisation, la plaque rigide interne 24 est agrafée sur la couche de mousse polymère isolante 23. Dans un tel cas, les agrafes sont avantageusement positionnées à distance de la face interne de la plaque rigide interne 24, par exemple en

étant disposés dans des cavités ménagées dans la face interne de la plaque rigide interne 24, afin de ne pas porter préjudice aux opérations ultérieures de ponçage décrites par la suite.

- [0060] Le bouchon isolant 25 présente une extrémité externe qui est en appui en direction de la structure porteuse 2 contre une surface d'appui logée dans le logement 18. Dans le mode de réalisation représenté, la surface d'appui est formée par l'organe de retenue 21. La surface d'appui est positionnée à une distance $d2$ de la surface interne de support de la membrane d'étanchéité primaire 6.
- [0061] Dans le mode de réalisation représenté sur la [Fig.2], le bouchon isolant 25 présente un renforcement 26 qui débouche au niveau de l'extrémité externe dudit bouchon isolant 25 et dans lequel est ménagé l'écrou 22 du dispositif d'ancrage 12. Le bouchon isolant 25 comporte également un trou borgne 27 qui débouche dans ledit renforcement 26 et dans lequel est logé l'extrémité du goujon 20. Le bouchon isolant 25 présente, à l'état initial, une dimension $d1$, mesurée selon la direction d'épaisseur de la paroi 1, entre l'extrémité interne et l'extrémité externe dudit bouchon isolant 25. La dimension $d1$ est inférieure à $d2$.
- [0062] Lors de la fabrication de la barrière thermiquement isolante primaire 5, le bouchon isolant 25 est inséré à l'intérieur du logement 18 puis poussé en direction de la structure porteuse 2 jusqu'à ce que l'extrémité externe du bouchon isolant 25 vienne en appui contre la surface d'appui, c'est-à-dire contre l'organe de retenue 21.
- [0063] Par la suite, la plaque rigide interne 24 est arasée d'une épaisseur $e = d1 - d2$ de manière à ce que la face interne de la plaque rigide interne 24 ainsi arasée affleure la surface interne de support de la membrane d'étanchéité primaire 6. Cette opération permet ainsi de mettre à niveau la face interne de la plaque rigide interne 24 du bouchon isolant 25 avec la surface interne des panneaux isolants primaires 11. Cette opération d'arasage est par exemple réalisée au moyen d'un rabot. Un rabot est typiquement muni d'une ou de plusieurs poignées, d'une semelle destinée à coopérer avec la surface à raboter, ici la face interne de la plaque rigide interne 24, et d'un outil affleurant la semelle et permettant d'usiner la surface à raboter. Selon un mode de réalisation, l'outil est un rouleau muni de lames ou d'une fraise et est entraîné en rotation par un moteur.
- [0064] Enfin, afin de maintenir en position le bouchon isolant 25, la plaque rigide interne 24 est fixée à la barrière thermiquement isolante primaire 5. Pour ce faire, la plaque rigide interne 24 est, par exemple, fixée à l'un des quatre panneaux isolants primaires 11 bordant le logement 18 au moyen d'une ou plusieurs agrafes disposées à cheval entre la plaque rigide interne et l'un des panneaux isolants primaires 11.
- [0065] Un tel procédé est avantageux en ce qu'il permet d'éviter que les bouchons isolants 25 n'occasionnent localement des dénivelés qui affectent la planéité de la surface de

support de la membrane d'étanchéité primaire 6.

- [0066] La [Fig.3] illustre un bouchon isolant 25 selon un autre mode de réalisation. Comme dans le mode de réalisation précédent, le bouchon isolant 25 comporte une plaque rigide interne 24 qui est arasée afin de mettre sa face interne à niveau avec la surface interne de support de la membrane d'étanchéité primaire 6.
- [0067] Toutefois, le bouchon isolant 25 du mode de réalisation de la [Fig.3] diffère du mode de réalisation décrit ci-dessus en relation avec la [Fig.2] en ce qu'il comporte en outre une plaque rigide externe 28, par exemple en bois contreplaqué. La plaque rigide externe 28 présente une face externe qui forme l'extrémité externe du bouchon isolant 25 et qui est, par conséquent, destinée à venir en appui en direction de la structure porteuse 2 contre la surface d'appui, c'est-à-dire contre l'organe de retenue 21 dans le mode de réalisation représenté. La plaque rigide externe 28 présente une face interne qui est en contact contre la couche de mousse polymère isolante 23. Selon un mode de réalisation, la plaque rigide externe 28 est collée à la couche de mousse polymère isolante, par exemple au moyen d'une colle polyuréthane ou d'une colle époxy. De manière alternative, la plaque rigide externe 28 est agrafée sur la couche de mousse polymère isolante 23.
- [0068] Selon un autre mode de réalisation, le bouchon isolant 25 est réalisée en deux parties libres l'une par rapport à l'autre et comportant respectivement, la plaque rigide externe 28, d'une part, et la couche de mousse polymère isolante 23 et la plaque rigide interne 24, d'autre part. Dans ce cas, l'insertion du bouchon isolant 25 à l'intérieur du logement est réalisée en deux temps. Dans un premier temps, la plaque rigide externe 28 est insérée dans le logement 18 et poussée en direction de la structure porteuse 2 jusqu'à ce qu'elle vienne en appui contre l'organe de retenue 21. Dans un second temps, la couche de mousse polymère isolante 23 et la plaque rigide interne 24 sont insérées dans le logement 18 puis poussées en direction de la structure porteuse 2 jusqu'à ce que la couche de mousse polymère isolante 23 vienne en appui contre la plaque rigide externe 28.
- [0069] Par ailleurs, la plaque rigide externe 28 présente un renforcement 29 qui est ménagé dans la face externe de la plaque rigide externe 28 et dans lequel est logé l'écrou 22 du dispositif d'ancrage 12. Dans le mode de réalisation représenté, la plaque rigide externe 28 comporte également un trou 30 qui présente un diamètre inférieur au diamètre du renforcement 29 et dans lequel est logé l'extrémité du goujon 20. Le trou 30 peut être soit traversant et traversé ainsi la face interne de la plaque rigide externe 29, soit borgne, c'est-à-dire qu'il ne traverse pas la face interne de la plaque rigide externe 28. Quoi qu'il en soit, la face interne de la plaque rigide externe 28 recouvre au moins partiellement le renforcement 29.
- [0070] Ainsi, grâce à un tel agencement, la zone de support de la couche de mousse

polymère isolante 23, c'est-à-dire la zone de la couche de mousse polymère isolante 2 par laquelle transite les efforts de compression, sous l'effet des pressions dynamiques et hydrostatiques exercées par le liquide contenu dans la cuve, est plus importante que dans le mode de réalisation de la [Fig.2]. Ceci permet à la couche de mousse polymère isolante 23 de ne pas s'écraser ou plus faiblement et d'assurer une meilleure reprise des efforts de compression sans pour autant que la couche de mousse polymère isolante 22 présente une densité plus importante.

[0071] Selon une variante du mode de réalisation de la [Fig.3], l'opérateur dispose d'un jeu de plusieurs plaque rigide externe 28 présentant des épaisseurs différentes et choisit la plaque rigide externe 28 dont l'épaisseur permet de limiter l'épaisseur $\Delta = d1-d2$ de la plaque rigide interne 24 à poncer.

[0072] Lorsque la plaque rigide externe 28 a été choisie, elle est alors, selon un mode de réalisation, fixée, par collage, par agrafage ou au moyen d'un ou plusieurs vis, à la couche de mousse polymère isolante 22.

[0073]

[0074] La [Fig.5] représente une paroi de cuve selon un autre mode de réalisation. Ce mode de réalisation diffère de celui décrit ci-dessus en relation avec la [Fig.1] en ce que chacun des panneaux isolants primaires 11 est positionné au droit de l'un des panneaux isolants secondaires 7, dans l'alignement de celui-ci selon la direction d'épaisseur de la paroi 1.

[0075] Ainsi, les dispositifs d'ancrage sont positionnés, de préférence, au niveau des quatre coins des panneaux isolants secondaires 7 et panneaux isolants primaires 11. Chaque empilement d'un panneau isolant secondaire 7 et d'un panneau isolant primaire 11 est donc ancré à la structure porteuse 2 au moyen de quatre dispositifs d'ancrage. En outre, chaque dispositif d'ancrage coopère avec les coins de quatre panneaux isolants secondaires 7 adjacents et avec les coins de quatre panneaux isolants primaires 11 adjacents.

[0076] En outre, dans ce mode de réalisation, la membrane d'étanchéité primaire 6 comporte une nappe continue de virures métalliques à bord relevés. Aussi, comme dans la membrane d'étanchéité secondaire 4 du mode de réalisation de la [Fig.1], les virures métalliques sont soudées par leurs bords relevés sur des supports de soudure parallèles qui sont fixés dans des rainures ménagées sur les plaques internes des panneaux isolants primaires 11.

[0077] En référence à la [Fig.4], 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 membrane primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une membrane secondaire agencée entre la membrane primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières ther-

miquement isolantes agencées respectivement entre la membrane primaire et la membrane secondaire et entre la membrane secondaire et la double coque 72.

- [0078] 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.
- [0079] La [Fig.4] représente également 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.
- [0080] 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.
- [0081] 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.
- [0082] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.
- [0083] 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, telle que définie par les revendications.
- [0084] 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.

[0085] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de fabrication d'une barrière thermiquement isolante (5) pour une paroi (1) d'une cuve étanche et thermiquement isolante fixée à une structure porteuse (2), ledit procédé comportant les étapes suivantes :
- ancrer une pluralité de panneaux isolants (11) directement ou indirectement à la structure porteuse (2) au moyen d'au moins un dispositif d'ancrage (12), ladite pluralité de panneaux isolants (11) définissant une surface interne destinée à supporter une membrane d'étanchéité (6) et comportant un logement (18) débouchant au niveau de la surface interne et dans lequel est logé le dispositif d'ancrage (12) ;
 - fournir un bouchon isolant (25) destiné à assurer une continuité de l'isolation thermique au niveau dudit logement (18), ledit bouchon isolant (25) comportant une extrémité interne et une extrémité externe et présentant une dimension d1 entre l'extrémité interne et l'extrémité externe, le bouchon isolant (25) comportant une couche de mousse polymère isolante (23) et une plaque rigide interne (24) fixée à la couche de mousse polymère isolante (23) et formant l'extrémité interne du bouchon isolant (25) ;
 - insérer le bouchon isolant (25) à l'intérieur du logement (18) et le pousser en direction de la structure porteuse (2) jusqu'à ce que l'extrémité externe du bouchon isolant (25) vienne en appui en direction de la structure porteuse (2) contre une surface d'appui qui est distante de la surface interne de la pluralité de panneaux isolants (11) d'une distance d2 inférieure à d1 ;
 - araser la plaque rigide interne (24) du bouchon isolant (25) de sorte que l'extrémité interne du bouchon isolant (25) affleure la surface interne de la pluralité de panneaux isolants (11).
- [Revendication 2] Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel la plaque rigide interne (24) est réalisée en bois contreplaqué.
- [Revendication 3] Procédé de fabrication selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la plaque rigide interne (24) est collée ou agrafée à la couche de mousse polymère isolante (23).
- [Revendication 4] Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le dispositif d'ancrage (12) logé à l'intérieur dudit logement (18) comporte un goujon (20) fixé directement ou indirectement à la structure porteuse (2), dans lequel lors de l'ancrage de la pluralité de panneaux isolants (11) l'on monte sur le goujon (20) un organe de

retenue (21) de manière à ce qu'il coopère avec une zone de retenue d'au moins l'un des panneaux isolants (11) de sorte à retenir ledit panneau isolant vers la structure porteuse (2) et dans lequel l'on visse un écrou (22) sur le goujon (20) de sorte à assurer la fixation de l'organe de retenue (21) sur le goujon (20).

- [Revendication 5] Procédé de fabrication selon la revendication 4, dans lequel l'organe de retenue (21) forme la surface d'appui contre laquelle l'extrémité externe du bouchon isolant (25) est poussée.
- [Revendication 6] Procédé de fabrication selon la revendication 4 ou 5, dans lequel le bouchon isolant (25) comporte une plaque rigide externe (28) présentant une face externe formant l'extrémité externe dudit bouchon isolant (25) et une face interne en contact contre la couche de mousse polymère isolante (23) du bouchon isolant (25), la plaque rigide externe (28) présentant un renforcement (29) ménagé dans la face externe de la plaque rigide externe (28) et dans lequel est logé l'écrou (22) du dispositif d'ancrage (12).
- [Revendication 7] Procédé de fabrication selon la revendication 6, dans lequel la face interne de la plaque rigide externe (28) recouvre au moins partiellement le renforcement (29).
- [Revendication 8] Procédé de fabrication selon la revendication 6 ou 7, dans lequel la plaque rigide externe (28) présente un trou (30) qui débouche dans le renforcement (29) et dans lequel est logée une extrémité du goujon (20), le trou (30) présentant un diamètre inférieur à celui du renforcement (29).
- [Revendication 9] Procédé de fabrication selon la revendication 8, dans lequel le trou (30) est borgne.
- [Revendication 10] Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, dans lequel la plaque rigide externe (28) est fixée à la couche de mousse polymère isolante (23).
- [Revendication 11] Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, dans lequel la plaque rigide externe (28) est libre par rapport à la couche de mousse polymère isolante (23), l'insertion du bouchon isolant (25) à l'intérieur du logement (18) comportant une phase d'insertion de la plaque rigide externe (28) dans ledit logement (18) puis une phase d'insertion de la couche de mousse polymère isolante (23) dans ledit logement (18).
- [Revendication 12] Procédé de fabrication selon la revendication 11, dans lequel la plaque rigide externe (28) est choisie parmi plusieurs plaques rigides externes

présentant des épaisseurs différentes de manière à limiter l'épaisseur $\Delta = d1-d2$ de la plaque rigide interne (24) à araser.

[Revendication 13] Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel la couche de mousse polymère isolante (23) présente une densité comprise entre 100 et 260 kg/m³.

[Revendication 14] Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel l'on agrafe la plaque rigide interne (24) à l'un des panneaux isolants (11).