

Description

Titre de l'invention : DISPOSITIF D'ANCRAGE DESTINE A RETENIR DES BLOCS ISOLANTS

Domaine technique

- [0001] L'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes intégrées dans une structure porteuse pour contenir un fluide froid, notamment aux cuves à membrane pour contenir des gaz liquéfiés, et en particulier aux dispositifs d'ancrage mécaniques utilisables dans une telle cuve.
- [0002] Des cuves étanches et thermiquement isolantes peuvent être utilisées dans différentes industries pour stocker des produits froids. Par exemple, dans le domaine de l'énergie, le gaz naturel liquéfié (GNL) est un liquide à forte teneur en méthane qui peut être stocké à pression atmosphérique à environ -163°C dans des cuves de stockage terrestres ou dans des cuves embarquées dans des structures flottantes. Le Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL) peut être stocké à une température comprise entre -50°C et 0°C.
- [0003] Dans le cas d'un ouvrage flottant, la cuve peut être destinée au transport du gaz liquéfié ou à recevoir du gaz liquéfié servant de carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant.

Technique antérieure

- [0004] On connaît, par exemple par les documents WO-A-2014096600 et WO-A-2019110894, une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage de gaz naturel liquéfié agencée dans une structure porteuse et dont les parois présentent une structure multicouche, à savoir de l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire ancrée contre la structure porteuse, une membrane d'étanchéité secondaire qui est supportée par la barrière thermiquement isolante secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire qui est supportée par la membrane d'étanchéité secondaire et une membrane d'étanchéité primaire qui est supportée par la barrière thermiquement isolante primaire et qui est destinée à être en contact avec le gaz naturel liquéfié stocké dans la cuve.
- [0005] Chaque barrière d'isolation thermique, primaire et secondaire, comporte un ensemble de blocs isolants modulaires, respectivement primaire et secondaire, de forme générale parallélépipédique qui sont juxtaposés et qui forment ainsi une surface de support pour une membrane d'étanchéité respective. Les blocs isolants sont ancrés sur la structure porteuse au moyen de dispositifs d'ancrage qui sont fixés à la structure porteuse et qui sont positionnées au niveau des coins des blocs isolants primaires et secondaires. Chaque dispositif d'ancrage coopère ainsi avec les coins de quatre blocs isolants se-

condaires adjacents et avec les coins de quatre blocs isolants primaires adjacents afin de les retenir contre la structure porteuse.

Résumé de l'invention

- [0006] Certains aspects de l'invention partent du constat que les parois de cuve peuvent subir des contraintes de compression importantes et localisées en raison des phénomènes de ballotement des liquides contenus dans les cuves. Or les dispositifs d'ancrage sont réalisés avec des composants généralement plus raides que les blocs isolants pour pouvoir ancrer de manière fiable les barrières thermiquement isolantes tout en présentant un encombrement limité. Ces différences de raideur entraînent un risque de créer des défauts de planéité d'une barrière thermiquement isolante en réponse à des contraintes de compression, notamment lorsque la barrière thermiquement isolante est réalisée essentiellement en mousse polymère. Ces défauts de planéité peuvent causer des concentrations des contraintes au droit des dispositifs d'ancrage qui seraient préjudiciables à l'intégrité de la membrane étanche supportée par la barrière thermiquement isolante.
- [0007] Une idée à la base de l'invention consiste à introduire une souplesse des dispositifs d'ancrage dans la direction d'un effort de compression venant de l'intérieur de la cuve, en vue d'homogénéiser la réponse d'une barrière thermiquement isolante aux contraintes de compression. Une autre idée à la base de l'invention consiste à permettre à la surface supérieure d'un dispositif d'ancrage de suivre approximativement les déplacements de la surface supérieure des blocs isolants au cours de l'exploitation d'une cuve étanche et thermiquement isolante à membrane.
- [0008] Pour cela l'invention propose un dispositif d'ancrage destiné à retenir des blocs isolants contre une paroi porteuse, comportant :
- un ensemble de serrage comportant une platine inférieure, une platine supérieure parallèle à la platine inférieure, un organe de liaison liant la platine inférieure à la platine supérieure et un organe d'espacement agencé entre la platine inférieure et la platine supérieure, l'organe d'espacement comportant une pièce de butée définissant un espacement minimal entre la platine inférieure et la platine supérieure dans une position de butée des platines inférieure et supérieure contre la pièce de butée, la pièce de butée comprenant une pièce rigide, et
 - une tige d'ancrage faisant saillie de l'ensemble de serrage perpendiculairement à la platine inférieure, la tige d'ancrage comportant une extrémité inférieure destinée à être attachée à une paroi porteuse et une extrémité supérieure opposée à l'extrémité inférieure et couplée à la platine inférieure pour pouvoir exercer une traction sur la platine inférieure en direction de l'extrémité inférieure,
- dans lequel l'organe d'espacement comporte en outre un organe élastiquement com-

pressible tendant à maintenir la platine inférieure et la platine supérieure dans une position écartée, l'organe de liaison définissant un espacement maximal entre la platine inférieure et la platine supérieure dans la position écartée, ledit espacement maximal étant supérieur audit espacement minimal, l'organe élastiquement compressible étant configuré pour se comprimer élastiquement jusqu'à ladite position de butée des platines inférieure et supérieure contre la pièce de butée en réponse à un effort tendant à rapprocher la platine supérieure de la platine inférieure.

- [0009] Grâce à ces caractéristiques, le dispositif d'ancrage peut présenter une raideur moins élevée que dans l'art antérieur précité en réponse à un effort de compression et présenter ainsi une capacité de déformation élastique par écrasement entre la position écartée et la position de butée.
- [0010] Selon d'autres modes de réalisation avantageux, un tel dispositif d'ancrage peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.
- [0011] L'organe de liaison qui définit l'espacement maximal entre la platine inférieure et la platine supérieure peut être réalisé de différentes manières.
- [0012] Selon un mode de réalisation, l'organe de liaison comporte au moins une tige de liaison perpendiculaire à la platine inférieure et à la platine supérieure et s'étendant à travers un alésage ménagé dans la pièce de butée, au moins l'une parmi la platine inférieure et la platine supérieure étant montée de manière coulissante par rapport à ladite tige de liaison pour pouvoir coulisser jusqu'à la position de butée.
- [0013] Selon un mode de réalisation, l'organe de liaison comporte en outre un premier élément d'arrêt couplé à une première extrémité de la tige de liaison pour arrêter longitudinalement la platine supérieure par rapport à la tige de liaison dans la position écartée.
- [0014] Selon un mode de réalisation, l'organe de liaison comporte en outre un élément de blocage en rotation couplé au premier élément d'arrêt, une portion de l'élément de blocage en rotation étant reçue dans une encoche que présente la platine supérieure de façon à bloquer la tige de liaison en rotation.
- [0015] Selon un mode de réalisation, l'élément de blocage en rotation est logé dans un logement que présente la platine supérieure et recevant le premier élément d'arrêt, l'encoche débouchant dans le logement.
- [0016] Selon un mode de réalisation, l'organe de liaison comporte en outre un deuxième élément d'arrêt couplé à une deuxième extrémité de la tige pour arrêter longitudinalement la platine inférieure par rapport à la tige de liaison dans la position écartée.
- [0017] Selon un mode de réalisation, le premier élément d'arrêt comporte un écrou vissé sur et soudé à la première extrémité de la tige de liaison, et le deuxième élément d'arrêt est solidaire de la platine inférieure.
- [0018] Selon un mode de réalisation, le deuxième élément d'arrêt est reçu dans une rainure

que présente la platine inférieure, la rainure comportant deux faces en regard avec lesquelles coopèrent deux faces distinctes du deuxième élément d'arrêt de façon à bloquer la tige de liaison en rotation, et le premier élément d'arrêt est solidaire de la platine supérieure.

- [0019] Selon un mode de réalisation, le dispositif d'ancrage comporte en outre une pièce entretoise disposée sous la platine inférieure et présentant un logement central traversé par la tige d'ancrage, la pièce entretoise comportant une surface supérieure configurée pour s'appuyer contre la platine inférieure de l'ensemble de serrage et une surface inférieure destinée à s'appuyer sur un bloc isolant, et le deuxième élément d'arrêt est reçu dans une rainure que présente la pièce entretoise, la rainure comportant deux faces en regard avec lesquelles coopèrent deux faces opposées du deuxième élément d'arrêt de façon à bloquer la tige de liaison en rotation, et le premier élément d'arrêt est solidaire de la platine supérieure.
- [0020] L'organe élastiquement compressible peut être agencé de différentes manières entre la platine inférieure et la platine supérieure. L'organe élastiquement compressible peut être monté en série ou en parallèle avec la pièce de butée définissant l'espacement minimal.
- [0021] Selon un mode de réalisation, l'organe élastiquement compressible est engagé sur la tige de liaison.
- [0022] Selon des modes de réalisation, l'organe élastiquement compressible prend appui contre la pièce de butée et/ou contre au moins l'une des platines inférieure et supérieure.
- [0023] Selon un mode de réalisation, l'alésage ménagé dans la pièce de butée présente un étage dans lequel l'organe élastiquement compressible est agencé. Grâce à ces caractéristiques, l'organe élastiquement compressible peut présenter un faible encombrement.
- [0024] L'organe élastiquement compressible peut être réalisé de différentes manières, notamment sous la forme d'un ou plusieurs ressorts. Selon un mode de réalisation, l'organe élastiquement compressible comporte une pile de rondelles élastiques. Par exemple entre 2 et 10 rondelles Belleville peuvent être utilisées pour générer un débattement élastique compris entre 1 et 8 mm. Selon un autre mode de réalisation, l'organe élastiquement compressible comporte un ressort hélicoïdal.
- [0025] Le débattement élastique entre la position écartée et la position de butée des platines supérieure et inférieure correspond de préférence assez précisément au déplacement d'une plaque de couvercle du bloc isolant entre un état de repos correspondant à une cuve vide et à température ambiante et un état de service correspondant à des conditions d'exploitation de la cuve. Ce déplacement est causé par la contraction thermique et la contraction du bloc isolant sous chargement de la pression exercée par la cargaison. On doit de préférence considérer un déplacement différentiel entre

surface supérieure du bloc isolant et surface supérieure du dispositif d'ancrage en soustrayant la contraction des autres parties du dispositif d'ancrage dans les mêmes conditions. Selon un mode de réalisation, le débattement élastique est compris entre 1 et 8 mm, de préférence compris entre 4 et 7 mm, de préférence égal à 5 mm. Selon un autre mode de réalisation, le débattement élastique est compris entre 1 et 6 mm, de préférence 3 mm.

- [0026] Selon un mode de réalisation, l'organe de liaison est configuré pour exercer une charge statique sur l'organe élastiquement compressible dans la position d'écartement. Une telle charge statique (ou précharge) permet notamment d'assurer un supportage fiable de la membrane étanche sus-jacente lors des opérations de construction de la cuve qui sont susceptibles de générer des pressions localisées sur la paroi de cuve (par exemple opération de perçage localisée de la membrane étanche, ou déplacement d'un ouvrier ou d'un outil sur la paroi de cuve en construction). La charge statique est par exemple de l'ordre de 1kN.
- [0027] Selon un mode de réalisation, la platine inférieure présente un perçage central traversé par l'extrémité supérieure de la tige d'ancrage, et le dispositif d'ancrage comporte un écrou qui coopère avec une portion fileté de l'extrémité supérieure de la tige d'ancrage et une ou plusieurs rondelles élastiques enfilées sur l'extrémité supérieure de la tige d'ancrage entre l'écrou et la platine inférieure de manière à pouvoir exercer un effort élastique sur la platine inférieure en direction de l'extrémité inférieure de la tige d'ancrage.
- [0028] De préférence dans ce cas, l'ensemble de serrage comporte au moins deux tiges de liaison disposées symétriquement par rapport audit perçage central. Grâce à ces caractéristiques, les efforts peuvent être répartis de manière équilibrée dans l'ensemble de serrage.
- [0029] Selon un mode de réalisation, la ou chaque tige de liaison est bloquée en rotation par un point de soudure sur l'une ou les deux platines, ou par un contre-écrou fendu. Le contre-écrou fendu est placé par exemple au-dessus, au-dessous ou partiellement dans la platine inférieure.
- [0030] Selon un mode de réalisation, la pièce de butée est fixée à l'une parmi la platine inférieure et la platine supérieure, par exemple par vissage et/ou par rivetage et/ou par collage. De préférence, la pièce de butée est fixée à la platine inférieure.
- [0031] Selon un mode de réalisation, la pièce de butée est constituée de la pièce rigide.
- [0032] Selon un mode de réalisation, la pièce de butée comporte en outre une couche de mousse polymère disposée sur une surface de la pièce rigide en regard de l'autre parmi la platine inférieure et la platine supérieure, la couche de mousse polymère étant comprimée dans ladite position de butée des platines inférieure et supérieure contre la pièce de butée. La couche de mousse polymère peut être collée à la pièce rigide.

- [0033] Avantageusement, la couche de mousse polymère a une épaisseur comprise entre 2 et 8 mm afin de conserver en position de butée une épaisseur entre 1 et 6 mm.
- [0034] Selon un mode de réalisation, l'autre parmi la platine inférieure et la platine supérieure comporte une couche de mousse polymère disposée sur une surface de ladite platine en regard de la pièce rigide, la couche de mousse polymère étant comprimée dans ladite position de butée des platines inférieure et supérieure contre la pièce de butée. La couche de mousse polymère peut être collée à ladite platine.
- [0035] Selon un mode de réalisation, le dispositif d'ancrage comporte en outre une pièce entretoise disposée sous la platine inférieure et présentant un logement central traversé par la tige d'ancrage, la pièce entretoise comportant une surface supérieure configurée pour s'appuyer contre la platine inférieure de l'ensemble de serrage et une surface inférieure destinée à s'appuyer sur un bloc isolant. La pièce entretoise est par exemple réalisée en bois contreplaqué pour limiter le pont thermique. La pièce entretoise présente de préférence une section identique à la platine inférieure, de forme rectangulaire dans les modes de réalisation représentés. Elle peut être formée d'un petit nombre de pièces allongées présentant des formes simples, assemblées rigidement entre elles, par exemple par agrafage, vissage et/ou collage. Le logement central est de préférence rempli par un isolant thermique autour de la tige d'ancrage, par exemple de la laine de verre, de la ouate, du polystyrène expansé ou de la mousse polyuréthane.
- [0036] Selon un mode de réalisation, la pièce entretoise est formée de quatre pièces allongées profilées identiques dont un pan incliné forme une paroi respective du logement central.
- [0037] Selon un mode de réalisation, la pièce entretoise est formée de deux plaques en regard et de deux tasseaux disposés entre lesdites deux plaques en regard, chacun des deux tasseaux et des deux plaques formant une paroi respective du logement central.
- [0038] Selon un mode de réalisation, l'isolant thermique comporte un bloc de laine de verre entourant la tige d'ancrage.
- [0039] Selon un mode de réalisation, le bloc de laine de verre présente, dans son épaisseur, une encoche destinée à recevoir la tige d'ancrage.
- [0040] Selon un mode de réalisation, le bloc de laine de verre comporte au moins une feuille de tissu de verre, de papier kraft ou de polymère, ladite feuille étant disposée entre le bloc de laine de verre et une paroi en regard du logement central.
- [0041] Selon un mode de réalisation, l'isolant thermique comporte un bloc de mousse polymère présentant un trou traversant destiné à recevoir la tige d'ancrage.
- [0042] Selon un mode de réalisation, le trou traversant présente une section qui s'élargit en allant depuis l'une des extrémités supérieure et inférieure de la tige d'ancrage vers l'autre des extrémités supérieure et inférieure de la tige d'ancrage. Notamment, selon un mode de réalisation, le trou traversant présente une section qui s'élargit en allant

depuis l'extrémité supérieure de la tige d'ancrage vers l'extrémité inférieure de la tige d'ancrage.

- [0043] Selon un mode de réalisation, la pièce entretoise présente un trou borgne s'étendant dans le prolongement de la tige de liaison et apte à recevoir une partie de la tige de liaison.
- [0044] Selon un mode de réalisation, l'ensemble de serrage forme un organe de serrage secondaire destiné à coopérer avec une barrière isolante secondaire, la platine supérieure présentant un alésage central dans lequel est vissé un goujon faisant saillie de l'ensemble de serrage à l'opposé de la tige d'ancrage, ledit goujon portant un organe de serrage primaire destiné à coopérer avec une barrière isolante primaire.
- [0045] Selon un mode de réalisation, le dispositif d'ancrage comporte en outre une douille engagée sur l'extrémité inférieure de la tige d'ancrage et destinée à être fixée sur la paroi porteuse, la douille présentant un logement recevant l'extrémité inférieure de la tige d'ancrage de manière à former une liaison rotule.
- [0046] Selon un mode de réalisation, l'ensemble de serrage présente une forme globale parallélépipédique, la platine inférieure et la platine supérieure présentant un contour rectangulaire.
- [0047] Selon un mode de réalisation, la tige d'ancrage, la platine inférieure et la platine supérieure sont réalisées en métal, la pièce de butée étant réalisée en bois contreplaqué ou autre matière rigide réalisant une meilleure isolation thermique que le métal, par exemple de la mousse polyuréthane avec une densité supérieure à 200 kg/m³.
- [0048] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit également un dispositif d'ancrage destiné à retenir des blocs isolants contre une paroi porteuse, comportant :
- un ensemble de serrage comportant une platine inférieure, une platine supérieure parallèle à la platine inférieure, un organe de liaison liant la platine inférieure à la platine supérieure et un organe d'espacement agencé entre la platine inférieure et la platine supérieure, l'organe d'espacement comportant une pièce de butée rigide définissant un espacement minimal entre la platine inférieure et la platine supérieure dans une position de butée des platines inférieure et supérieure contre la pièce de butée,
 - une tige d'ancrage faisant saillie de l'ensemble de serrage perpendiculairement à la platine inférieure, la tige d'ancrage comportant une extrémité inférieure destinée à être attachée à une paroi porteuse et une extrémité supérieure opposée à l'extrémité inférieure et couplée à la platine inférieure pour pouvoir exercer une traction sur la platine inférieure en direction de l'extrémité inférieure, et
 - une pièce entretoise disposée sous la platine inférieure et présentant un logement central traversé par la tige d'ancrage, la pièce entretoise comportant une surface supérieure configurée pour s'appuyer contre la platine inférieure de l'ensemble de serrage et une surface inférieure destinée à s'appuyer sur un bloc isolant.

- [0049] La pièce entretoise peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques déjà exposées ci-dessus.
- [0050] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit également une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide, comportant une paroi porteuse, des dispositifs d'ancrage fixés à la paroi porteuse et une paroi de cuve ancrée à la paroi porteuse à l'aide des dispositifs d'ancrage, la paroi de cuve présentant successivement dans une direction d'épaisseur, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante et une membrane d'étanchéité qui repose contre la barrière thermiquement isolante,
- dans laquelle la barrière thermiquement isolante comprend des blocs isolants de forme parallélépipédique qui sont juxtaposés sur la paroi porteuse, un dit bloc isolant comportant une plaque de couvercle définissant une surface de support pour la membrane d'étanchéité ;
- dans laquelle au moins un dit dispositif d'ancrage précité est utilisé, l'extrémité inférieure de la tige d'ancrage étant fixé à la paroi porteuse entre une pluralité des blocs isolants, la platine inférieure du dispositif d'ancrage coopérant avec la pluralité de blocs isolants afin de serrer la pluralité de blocs isolants en direction de la paroi porteuse.
- [0051] Selon d'autres modes de réalisation avantageux, une telle cuve peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.
- [0052] Selon un mode de réalisation, l'organe élastiquement compressible est configuré pour maintenir la platine inférieure et la platine supérieure dans la position écartée dans un état vide de la cuve, la platine supérieure du dispositif d'ancrage dans la position écartée étant alignée avec les plaques de couvercle de la pluralité de blocs isolants pour supporter la membrane d'étanchéité.
- [0053] Le bloc isolant peut présenter différentes structures. Selon un mode de réalisation, un dit bloc isolant comporte une plaque de fond parallèle à et espacée de la plaque de couvercle, un bloc de mousse polymère renforcée de fibres agencé entre la plaque de couvercle et une plaque de fond et la platine inférieure du dispositif d'ancrage coopère directement ou indirectement avec ladite plaque de fond sans exercer de serrage sur le bloc de mousse polymère. Par exemple la platine inférieure du dispositif d'ancrage peut coopérer avec la plaque de fond par l'intermédiaire d'un élément rigide tel qu'une pièce entretoise, un pilier et/ou un tasseau, par exemple en bois contreplaqué.
- [0054] Selon un mode de réalisation, un dit bloc isolant comporte une plaque de fond, et successivement une plaque intermédiaire et une plaque de couvercle parallèles à la plaque de fond et mutuellement espacées, et deux blocs de mousse polymère renforcée de fibres agencés respectivement entre la plaque de couvercle et la plaque intermédiaire et entre la plaque intermédiaire et la plaque de fond. La platine inférieure du

dispositif d'ancrage coopère directement avec ladite plaque intermédiaire au niveau d'une zone de coin.

- [0055] De préférence, la raideur de l'organe élastiquement compressible est plus petite qu'une raideur dans la direction d'épaisseur de la barrière isolante adjacente au dispositif d'ancrage. Selon un mode de réalisation, un rapport entre la raideur de l'organe élastiquement compressible et une raideur dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve équivalente à un ressort constitué de la mousse polymère renforcée de fibres présentant une section égale à celle de la platine supérieure est comprise entre 0,3 et 1.
- [0056] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante secondaire, les blocs isolants sont des blocs isolants secondaires et la membrane d'étanchéité est une membrane d'étanchéité secondaire, la paroi de cuve comportant en outre une barrière thermiquement isolante primaire reposant contre la membrane d'étanchéité secondaire et une membrane d'étanchéité primaire qui repose contre la barrière thermiquement isolante primaire et est destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve ; la barrière thermiquement isolante primaire comportant des blocs isolants primaires qui sont chacun superposés sur l'un des blocs isolants secondaires,
- dans laquelle ledit goujon traverse de manière étanche la membrane d'étanchéité secondaire et l'organe de serrage primaire est maintenu en appui en direction de la paroi porteuse contre une pluralité de blocs isolants primaires superposés à ladite pluralité de blocs isolants secondaire de manière à retenir la pluralité de blocs isolants primaires vers la paroi porteuse.
- [0057] Selon un mode de réalisation, le fluide est un gaz liquéfié, tel que du gaz naturel liquéfié, du gaz de pétrole liquéfié, de l'éthylène liquéfié.
- [0058] Une telle cuve peut faire partie d'une installation de stockage terrestre, une installation de stockage posée sur un fond marin, 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.
- [0059] Selon un mode de réalisation, un navire pour le transport d'un fluide comporte une double coque et une cuve précitée disposée dans la double coque. Selon un mode de réalisation, la double coque comporte une coque interne formant la paroi porteuse de la cuve.
- [0060] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un fluide, le système comportant le navire précité, des canalisations isolées agencées de manière à relier la cuve installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre et une pompe pour entraîner un fluide à travers les cana-

lisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

- [0061] 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.

Brève description des figures

- [0062] 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.
- [0063] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue en perspective écorchée d'une paroi de cuve.
- [0064] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue de côté de la paroi de cuve selon la flèche II de la [Fig.1], montrant le dispositif d'ancrage dans un état de repos sur la vue de gauche et dans un état comprimé sur la vue de droite.
- [0065] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue de côté d'un dispositif d'ancrage utilisé dans la paroi de cuve de la [Fig.2], dans l'état de repos.
- [0066] [Fig.4] La [Fig.4] est une demie vue analogue à la [Fig.2], montrant un autre mode de réalisation du dispositif d'ancrage.
- [0067] [Fig.5A] La [Fig.5A] est une vue en coupe analogue à la [Fig.3], montrant encore un autre mode de réalisation du dispositif d'ancrage.
- [0068] [Fig.5B] La [Fig.5B] est une vue en coupe analogue à la [Fig.3], montrant encore un autre mode de réalisation du dispositif d'ancrage.
- [0069] [Fig.6A] La [Fig.6A] est une vue en perspective et de dessus montrant encore un autre mode de réalisation du dispositif d'ancrage.
- [0070] [Fig.6B] La [Fig.6B] est une vue en coupe en perspective du dispositif d'ancrage représenté sur la [Fig.6A].
- [0071] [Fig.7A] La [Fig.7A] est une vue en perspective et de dessus analogue à la [Fig.6A], montrant encore un autre mode de réalisation du dispositif d'ancrage.
- [0072] [Fig.7B] La [Fig.7B] est une vue en perspective et de dessus montrant une variante d'élément de blocage en rotation qui est utilisable dans le mode de réalisation représenté sur la [Fig.7A].
- [0073] [Fig.8] La [Fig.8] est une vue en coupe analogue à la [Fig.3], montrant encore un autre mode de réalisation du dispositif d'ancrage.
- [0074] [Fig.9] La [Fig.9] est une vue en coupe analogue à la [Fig.3], montrant encore un autre mode de réalisation du dispositif d'ancrage.
- [0075] [Fig.10A] La [Fig.10A] est une vue en coupe analogue à la [Fig.3], montrant encore

un autre mode de réalisation du dispositif d'ancrage.

- [0076] [Fig.10B] La [Fig.10B] est une vue en coupe analogue à la [Fig.3], montrant une variante du mode de réalisation de la [Fig.10A].
- [0077] [Fig.11] La [Fig.11] est une vue en coupe analogue à la [Fig.3], montrant encore un autre mode de réalisation du dispositif d'ancrage.
- [0078] [Fig.12] La [Fig.12] est une vue en perspective et de dessous du dispositif d'ancrage représenté sur la [Fig.11].
- [0079] [Fig.13] La [Fig.13] est une vue en perspective de pièces entretoises selon trois modes de réalisation.
- [0080] [Fig.14] La [Fig.14] est une vue en perspective d'une pièce entretoise selon encore un autre mode de réalisation.
- [0081] [Fig.15] La [Fig.15] est une vue en perspective d'un bloc isolant thermique pouvant être reçu dans le logement traversant central des pièces entretoises représentées sur les figures 13 et 14.
- [0082] [Fig.16] La [Fig.16] est une vue de dessus du bloc isolant thermique représenté sur la [Fig.15].
- [0083] [Fig.17] La [Fig.17] est une vue en coupe, selon le plan A-A de la [Fig.16], du bloc isolant thermique représenté sur les figures 15 et 16.
- [0084] [Fig.18] La [Fig.18] est une vue en perspective d'un autre isolant thermique pouvant être reçu dans le logement traversant central des pièces entretoises représentées sur les figures 13 et 14.
- [0085] [Fig.19] La [Fig.19] est une vue en coupe analogue à la [Fig.3], montrant encore un autre mode de réalisation du dispositif d'ancrage.
- [0086] [Fig.20] La [Fig.20] est une vue en perspective partielle depuis le dessus de la pièce entretoise du dispositif d'ancrage représenté sur la [Fig.19].
- [0087] [Fig.21] La [Fig.21] est une vue schématique de dessus de la paroi de cuve de la [Fig.2], montrant la position du dispositif d'ancrage.
- [0088] [Fig.22] La [Fig.22] est une vue en perspective d'un autre bloc isolant pouvant être utilisé dans la paroi de cuve de la [Fig.1].
- [0089] [Fig.23] La [Fig.23] est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

Description des modes de réalisation

- [0090] Par convention, les termes « inférieur » et « supérieur » sont utilisés pour définir la position relative d'un élément par rapport à un autre, respectivement en direction de l'extérieur ou de l'intérieur de la cuve comme dans la paroi horizontale qui est représentée sur la [Fig.1]. Néanmoins la description suivante est applicable à toute paroi indépendamment de son orientation dans le champ de gravité.

- [0091] Sur la [Fig.1], on a représenté la structure multicouche d'une paroi de cuve 1, étanche et thermiquement isolante pour le stockage d'un fluide liquéfié, tel que du gaz naturel liquéfié (GNL). La paroi de cuve 1 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 une paroi porteuse 2, une membrane étanche secondaire 4 reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire 3, une barrière thermiquement isolante primaire 5 reposant contre la membrane étanche secondaire 4 et une membrane étanche primaire 6 destinée à être en contact avec le gaz naturel liquéfié contenu dans la cuve.
- [0092] La paroi porteuse 2 peut notamment être formée par la coque ou la double coque d'un navire. La paroi porteuse 2 fait typiquement partie d'une structure porteuse comportant une pluralité de parois définissant la forme générale de la cuve, habituellement une forme polyédrique.
- [0093] La barrière thermiquement isolante secondaire 3 comporte une pluralité de blocs isolants secondaires 7 qui sont ancrés sur la paroi porteuse 2 au moyen de dispositifs d'ancrage 20 qui seront décrits de manière détaillée par la suite. Les blocs isolants secondaires 7 présentent une forme générale parallélépipédique et sont disposés selon des rangés parallèles.
- [0094] La membrane d'étanchéité secondaire 4 comporte une nappe continue de virures métalliques 8 à bord relevés. Les virures métalliques 8 sont soudées par leurs bords relevés sur des supports de soudure parallèles qui sont fixés dans les rainures 9 ménagées dans des plaques de couvercle des blocs isolants secondaires 7. Les virures métalliques 8 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 $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.
- [0095] La barrière thermiquement isolante primaire 5 comporte une pluralité de blocs isolants primaires 11 présentant une forme générale parallélépipédique et des dimensions de longueur et de largeur identiques à celles des blocs isolants secondaires 7. Chacun des blocs isolants primaires 11 est positionné au droit de l'un des blocs isolants secondaires 7, dans l'alignement de celui-ci selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve 1.
- [0096] La membrane d'étanchéité primaire 6 peut être réalisée de différentes manières. Elle comporte ici une nappe continue de virures métalliques 8 à bord relevés. Comme dans la membrane d'étanchéité secondaire 4, les virures métalliques 8 sont soudées par leurs bords relevés sur des supports de soudure parallèles qui sont fixés dans des rainures ménagées sur des plaques de couvercle des blocs isolants primaires 11.
- [0097] Sur la [Fig.1], un bloc isolant secondaire 7 a été omis pour laisser voir des cales d'épaisseur 12 et des cordons de mastic 13 destinés à compenser des défauts de

planéité de la paroi porteuse 2. Des cales de positionnement non représentées peuvent aussi être prévues comme décrit dans la publication WO-A-2018069585.

- [0098] Les dispositifs d'ancrage 20 sont positionnés de préférence au niveau des quatre coins des blocs isolants secondaires 7 et blocs isolants primaires 11. Chaque empilement d'un bloc isolant secondaire 7 et d'un bloc isolant primaire 11 est ancré à la paroi porteuse 2 au moyen de quatre dispositifs d'ancrage 20. En outre, chaque dispositif d'ancrage 20 coopère avec les coins de quatre blocs isolants secondaires 7 adjacents et avec les coins de quatre blocs isolants primaires 11 adjacents.
- [0099] En relation avec la [Fig.2], on observe plus précisément la structure d'un bloc isolant secondaire 7 selon un mode de réalisation. Le bloc isolant secondaire 7 comporte ici une couche de mousse polymère isolante 16 prise en sandwich entre une plaque de fond 14 et une plaque de couvercle 15. La plaque de fond 14 et la plaque de couvercle 15 sont par exemple réalisées en bois contreplaqué. La couche de mousse polymère isolante 16 est collée sur la plaque de fond 14 et la plaque de couvercle 15. La mousse polymère isolante peut notamment être une mousse à base de polyuréthane, optionnellement renforcée par des fibres.
- [0100] La [Fig.21] montre plus précisément le positionnement d'un dispositif d'ancrage 20 entre les coins de quatre blocs isolants secondaires 7 adjacents selon un mode de réalisation, en vue de dessus. Le dispositif d'ancrage 20 est représenté par le contour de l'ensemble de serrage 30. On voit que la plaque de fond 14 de chaque bloc isolant secondaire 7 comporte une découpe 52 au niveau de sa zone de coin pour libérer un dégagement 55 en forme de cheminée rectangulaire qui reçoit le dispositif d'ancrage 20.
- [0101] La plaque de couvercle 15 et la couche de mousse polymère isolante 16 du bloc isolant secondaire 7 comportent un évidement 53 en forme de cheminée rectangulaire qui découvre une portion de coin 54 de la plaque de fond 14. La portion de coin 54 est destinée à recevoir directement ou indirectement l'appui du dispositif d'ancrage 20, par exemple par l'intermédiaire d'une pièce entretoise 50 qui sera décrite plus bas ou d'un élément rigide solidaire de la plaque de fond 14, tel qu'un pilier d'angle.
- [0102] En référence aux figures 2 et 3, on décrit maintenant la structure d'un dispositif d'ancrage 20 selon un mode de réalisation.
- [0103] Le dispositif d'ancrage 20 comporte essentiellement un ensemble de serrage 30 et une tige d'ancrage 22. L'extrémité inférieure de la tige d'ancrage 22 est reçue dans une douille 23 dont la base est soudée à la paroi porteuse 2 en une position centrale du dégagement 55 entre les zones de coin de quatre blocs isolants secondaires 7 adjacents. La douille 23 forme une rotule pour la tige d'ancrage 22. Par exemple, elle loge un écrou 18 dans lequel vient se visser l'extrémité inférieure de la tige d'ancrage 22. La tige d'ancrage 22 s'étend dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve 1 et passe entre les blocs isolants primaires 22 adjacents.

- [0104] L'ensemble de serrage 30 comporte successivement dans la direction d'épaisseur une platine inférieure 31, un bloc d'espacement 33 et une platine supérieure 32. La platine inférieure 31 et la platine supérieure 32 présentent une forme générale de parallépipède rectangle comprenant deux grandes faces opposées qui sont parallèles à la paroi porteuse 2. Le contour du bloc d'espacement 33 est également rectangulaire et de même dimension. En variante, la forme de contour de l'ensemble de serrage 30 pourrait être différente, par exemple hexagonale ou circulaire.
- [0105] La platine inférieure 31 est maintenue par la tige d'ancrage 22 en appui en direction de la paroi porteuse 2 contre la portion de coin 54 de chacun des quatre blocs isolants secondaires 7 adjacents. Dans le mode de réalisation représenté, la pièce entretoise 50 est disposée entre la platine inférieure 31 et la portion de coin 54 de chacun des blocs isolants secondaires 7 et transmet ainsi un effort de serrage à la plaque de fond 14.
- [0106] L'extrémité supérieure 44 de la tige d'ancrage 22 est engagée à travers un alésage central 41 de la platine inférieure 31 et dans un logement 45 ménagé dans le bloc d'espacement 33. Un écrou 42 coopère avec un filetage ménagé au niveau de l'extrémité supérieure 44 de la tige d'ancrage 22 de manière à retenir la platine inférieure 31 en direction de la paroi porteuse 2.
- [0107] Dans le mode de réalisation représenté, le dispositif d'ancrage 20 comporte en outre une ou plusieurs rondelles élastiques 43, de type Belleville. Les rondelles élastiques 43 sont enfilées sur la tige d'ancrage 22 entre l'écrou 42 et la platine inférieure 31, ce qui permet d'assurer un ancrage élastique des blocs isolants secondaires 7 sur la paroi porteuse 2. En outre, de manière avantageuse, un organe de verrouillage est soudé localement sur l'extrémité supérieure de la tige d'ancrage 22, de manière à empêcher le dévissage de l'écrou 42.
- [0108] Le bloc d'espacement 33 comporte en outre deux alésages qui le traversent dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve et dans lesquels sont engagées deux vis de fixation 34 qui lient la platine inférieure 31 et la platine supérieure 32 à deux faces opposées du bloc d'espacement 33. Plus précisément, l'extrémité inférieure 35 de chaque vis de fixation 34 est filetée et vissée dans un trou taraudé 38 de la platine inférieure 31. Un contre-écrou fendu 37 est également vissé sur l'extrémité inférieure 35 contre la surface supérieure de la platine inférieure 31, pour verrouiller en position les vis de fixation 34 dans la platine inférieure 31. De façon non représentée, le contre-écrou fendu 37 peut aussi être placé contre la surface inférieure de la platine inférieure 31.
- [0109] A l'extrémité opposée, chaque vis de fixation comporte une tête 36, par exemple conique, logée de manière coulissante dans un alésage 46 de la platine supérieure 32. Une position de butée de la tête 36 contre un fond de l'alésage 46, représentée sur la [Fig.3] et sur la gauche de la [Fig.2], définit une position d'espacement maximal des

platines 32 et 31. La dimension de cet espacement maximal est définie par la longueur utile des vis de fixation 34 entre la platine inférieure 31 et la platine supérieure 32. Cette longueur peut être réglée finement lors de la fabrication, en réglant la longueur engagée par vissage dans les trous taraudés 38.

[0110] Le bloc d'espacement 33 comporte une face inférieure et une face supérieure 48 parallèles aux platines 32 et 31. L'épaisseur du bloc d'espacement 33 entre la face inférieure et la face supérieure 48 définit un espacement minimal entre la platine inférieure 31 et la platine supérieure 32. Cet espacement minimal est atteint dans une position de butée, représentée sur la droite de la [Fig.2], dans laquelle la platine inférieure 31 et la platine supérieure 32 sont en butée contre la face inférieure et la face supérieure 48 du bloc d'espacement 33.

[0111] L'écart dimensionnel entre l'espacement minimal et l'espacement maximal est représenté par la flèche 40 et correspond à un jeu de coulissement de la tête 36 dans l'alésage 46. Sa dimension est déterminée en fonction de la structure de la paroi de cuve et des conditions d'exploitation de la cuve pour que la platine supérieure 32 puisse globalement suivre l'enfoncement de la plaque de couvercle 15 des blocs isolants secondaires 7 au cours de l'exploitation de la cuve, notamment sous l'effet de la contraction thermique et des pressions statiques et dynamiques reçues par la paroi de cuve 1 en fonctionnement. Ces pressions peuvent notamment entraîner un fluage de la couche de mousse polymère isolante 16. Cette dimension est typiquement de quelques millimètres.

[0112] Des éléments élastiques 39, par exemple rondelles Belleville ou tous autres ressorts de compression, sont engagées sur les deux vis de fixation 34 entre le bloc d'espacement 33 et la platine supérieure 32 et maintiennent les platines 32 et 31 dans la position écartée représentée sur la [Fig.3], dans un état de repos. Plus précisément les éléments élastiques 39 créent un jeu égal à l'écart dimensionnel 40 entre bloc d'espacement 33 et la platine supérieure 32. En réponse à un effort de pression exercé sur la platine supérieure 32, les éléments élastiques 39 se compriment en effaçant progressivement ce jeu, jusqu'à la position de butée de la face inférieure 49 de la platine supérieure 32 contre la face supérieure 48 du bloc d'espacement 33.

[0113] Plus précisément, les éléments élastiques 39 sont ici logés dans un étage 19 de grand diamètre des alésages recevant les vis de fixation 34 et prennent appui contre un épaulement au fond de l'étage 19. Dans la position de butée, les éléments élastiques 39 sont entièrement contenus dans l'étage 19.

[0114] Selon un mode de réalisation, chaque vis de fixation 34 porte un empilement de rondelles Belleville disposées successivement dans des positions mutuellement inversées, de préférence en nombre impair, par exemple 5, pour que les deux extrémités de l'empilement soient constituées par les plus grands diamètres des rondelles

Belleville.

- [0115] De préférence, les vis de fixation 34 sont configurées pour générer une précharge de compression sur les éléments élastiques 39 dans la position de repos, de manière que la platine supérieure 32 soit apte à recevoir des charges modérées sans s'enfoncer. Par exemple une précharge d'environ 1000N est appliquée, ce qui permet de supporter la charge d'un homme adulte qui pourrait marcher au droit du dispositif d'ancrage 20 lors de la construction de la cuve.
- [0116] La raideur des éléments élastiques 39 est déterminée en fonction de la structure de la paroi de cuve et des conditions d'exploitation de la cuve pour que la platine supérieure 32 puisse globalement suivre l'enfoncement de la plaque de couvercle 15 des blocs isolants secondaires 7 au cours de l'exploitation de la cuve, notamment sous l'effet de la contraction thermique et des pressions statiques et dynamiques reçues par la paroi de cuve 1 en fonctionnement. Ces pressions peuvent notamment entraîner un fluage de la couche de mousse polymère isolante 16.
- [0117] On notera que les éléments élastiques 39 peuvent être positionnés différemment pour remplir les mêmes fonctions. Par exemple les vis de fixation 34 peuvent être renversées, avec la tête de vis 36 du côté de la platine inférieure 31 et en positionnant alors les éléments élastiques 39 entre la platine inférieure 31 et le bloc d'espacement 33. Dans une autre variante non représentée, le bloc d'espacement 33 est divisé en deux parties dans la direction d'épaisseur et les éléments élastiques 39 sont disposés entre les deux parties.
- [0118] Dans une autre variante illustrée sur la [Fig.4] en demie vue, la tête de vis 36 est positionnée dans la platine supérieure 32 et les éléments élastiques 39 sont positionnés entre la platine inférieure 31 et le bloc d'espacement 33. Dans ce cas, la platine supérieure 32 et bloc d'espacement 33 coulissent ensemble par rapport aux vis de fixation 34. Par ailleurs, l'arrêt en rotation des vis de fixation 34 par rapport à la platine inférieure 31 peut être réalisé par un point de soudure ou un contre-écrou non représenté. Sur la [Fig.4] les platines 32 et 31 sont représentées dans la position de butée.
- [0119] Dans encore une autre variante illustrée sur la [Fig.5A] en vue en coupe, les vis de fixation 34 sont renversées, avec une tête de vis 36A du côté de la platine inférieure 31, les éléments élastiques 39 étant quant à eux toujours positionnés entre la platine supérieure 32 et le bloc d'espacement 33. L'arrêt en rotation des vis de fixation 34 par rapport à la platine inférieure 31 est ici réalisé en rendant les têtes de vis 36A solidaires de la platine inférieure 31, par exemple par soudage, en particulier par soudage par points. L'extrémité filetée 35 des vis de fixation 34 est reçue dans un trou 38A, éventuellement taraudé, que présente la platine supérieure 32. Un contre-écrou 37A, de préférence non fendu, est vissé sur cette extrémité filetée 35. Le contre-écrou 37A est en outre soudé à l'extrémité filetée 35, en particulier par soudage par points. Ceci

empêche le contre-écrou 37A de se dévisser de l'extrémité fileté 35.

[0120] Dans encore une autre variante illustrée sur la [Fig.5B] vue en coupe, la tête de vis 36 est remplacée par un écrou 36B qui est fileté sur une extrémité fileté 35A. Autrement dit, les vis de fixation sont remplacées par des tiges de fixation 34 qui sont filetées à leurs deux extrémités 35 et 35A. L'extrémité fileté 35A est vissée dans un trou taraudé 38A que présente la platine supérieure 32. L'extrémité fileté 35 est quant à elle vissée dans le trou 38, éventuellement taraudé, que présente la platine inférieure 31. Un arrêt en rotation des tiges de fixation 34 par rapport à la platine supérieure 32 est en outre réalisé en rendant les écrous 36B solidaires de la platine supérieure 32, par exemple par soudage, en particulier par soudage par points. Un arrêt en rotation des tiges de fixation 34 par rapport à la platine inférieure 31 peut être réalisé en plus en rendant l'extrémité fileté 35 solidaire de la platine inférieure 31, par exemple par soudage, en particulier par soudage par points.

[0121] La [Fig.6A] représente en vue de perspective et de dessus encore une autre variante, qui apparaît en coupe en perspective sur la [Fig.6B]. Dans cette variante, l'arrêt en rotation des vis de fixation 34 est réalisé par une barrette allongée 90 couplée à la tête de vis 36. La barrette 90 est reçue dans deux encoches opposées 91A et 91B débouchant dans l'alésage 46. La coopération entre la barrette 90 et ces encoches 91A et 91B bloque la vis de fixation 34 correspondante en rotation par rapport à la platine supérieure 32. La barrette 90 peut par exemple être métallique. La fixation de la barrette 90 à la tête de vis 36 peut être réalisée par clipsage, par des points de soudure, ou encore en enfonçant en force la barrette 90 dans un logement (non représenté) que porte la tête de vis 36. L'extrémité inférieure fileté 35 de la vis de fixation 34 peut être simplement vissée dans le trou taraudé 38 de la platine inférieure 31, sans contre-écrou ni point de soudure.

[0122] La [Fig.7A] représente en vue de perspective et de dessus encore une variante qui est semblable à celle des figures 6A et 6B, à ceci près que la barrette 90 coopère avec une seule encoche 91 débouchant dans l'alésage 46. L'encoche 91 peut déboucher sur une face latérale de la platine supérieure 32 comme représenté sur la [Fig.7A], mais en variante, l'encoche 91 peut ne pas déboucher sur cette face latérale.

[0123] On a représenté sur la [Fig.7B] un élément de blocage en rotation 90C pouvant être utilisé en remplacement de la barrette 90. Cet élément 90C est de type clef, c'est-à-dire qu'il comprend une rondelle centrale 90C2 à partir de laquelle s'étend une languette 90C1. La languette 90C1 est reçue dans l'encoche 91 et bloque ainsi la vis de fixation 34 correspondante en rotation par rapport à la platine supérieure 32. La rondelle centrale 90C2 est logée dans l'alésage 46. La fixation de la rondelle centrale 90C2 à la tête de vis 36 peut être réalisée par clipsage, par des points de soudure, ou encore en enfonçant en force l'élément 90C dans un logement (non représenté) que porte la tête

de vis 36. En variante non représentée, l'élément 90C peut présenter deux languettes opposées, reçues respectivement dans les encoches 91A et 91B.

- [0124] On a représenté sur la [Fig.7C] un autre élément de blocage en rotation 90D pouvant être utilisé en remplacement de la barrette 90. Comme l'élément 90C, l'élément 90D est de type clef, c'est-à-dire qu'il comprend une coupelle centrale 90D2 à partir de laquelle s'étend une languette 90D1. La languette 90D1 est reçue dans l'encoche 91 et bloque ainsi la vis de fixation 34 correspondante en rotation par rapport à la platine supérieure 32. La coupelle centrale 90D2 est logée dans l'alésage 46. Comme représenté sur la [Fig.7C], la coupelle centrale 90D2 présente une forme évasée et complémentaire de la forme de la tête de vis 36. La tête de vis 36 est reçue dans la coupelle centrale 90D2, la coupelle centrale 90D2 étant alors disposée entre la tête de vis 36 et le fond de l'alésage 46. La fixation de la tête de vis 36 à la coupelle centrale 90D2 peut être réalisée par clipsage, par des points de soudure, ou encore en enfonçant en force la tête de vis 36 dans la forme évasée de la coupelle centrale 90D2.
- [0125] On voit aussi sur la [Fig.7C] que la coupelle centrale 90D2 peut optionnellement présenter une entaille 90D3, de sorte que la coupelle centrale 90D2 présente une forme globale en forme de « C » en vue de dessus. L'entaille 90D3 peut par exemple être diamétralement opposée à la languette 90D1 par rapport au centre de la coupelle centrale 90D2. De façon non représentée sur les dessins, la rondelle centrale 90C2 peut également présenter une entaille analogue à l'entaille 90D3, par exemple diamétralement opposée à la languette 90C1.
- [0126] On a représenté en coupe sur la [Fig.8] encore une autre variante. Dans cette variante, des ressorts de compression 69, par exemple ressorts hélicoïdaux, sont engagés sur les deux vis de fixation 34 entre le bloc d'espacement 33 et la platine supérieure 32 et maintiennent les platines 32 et 31 dans la position écartée représentée sur la [Fig.8], dans un état de repos. Plus précisément, en tant qu'éléments élastiques, les ressorts de compression 69 créent un jeu égal à l'écart dimensionnel 40 entre le bloc d'espacement 33 et la platine supérieure 32. En réponse à un effort de pression exercé sur la platine supérieure 32, les ressorts 69 se compriment en effaçant progressivement ce jeu, jusqu'à la position de butée de la face inférieure 49 de la platine supérieure 32 contre la face supérieure 48 du bloc d'espacement 33.
- [0127] Les ressorts de compression 69 sont ici logés dans un étage 19 de grand diamètre des alésages recevant les vis de fixation 34 et prennent appui contre un épaulement au fond de l'étage 19. Cet épaulement peut être pourvu d'un siège de ressort 69A pour recevoir l'appui du ressort de compression 69. Dans la position de butée, les ressorts de compression 69 sont entièrement contenus dans l'étage 19.
- [0128] Dans cette variante également, l'arrêt en rotation des vis de fixation 34 est réalisé par une barrette allongée 90 qui coopère avec une seule encoche 91 débouchant dans

l'alésage 46, cette encoche débouchant sur une face latérale de la platine supérieure 32 comme représenté sur la [Fig.8]. En variante, l'encoche 91 peut ne pas déboucher sur cette face latérale.

[0129] Dans cette variante également, l'extrémité inférieure filetée 35 de la vis de fixation 34 peut être simplement vissée dans le trou taraudé 38 de la platine inférieure 31, sans contre-écrou ni point de soudure.

[0130] Les vis de fixation 34 sont configurées pour générer une précharge de compression sur les ressorts de compression 69 dans la position de repos, de manière que la platine supérieure 32 soit apte à recevoir des charges modérées sans s'enfoncer. Par exemple une précharge d'environ 1000N est appliquée, ce qui permet de supporter la charge d'un homme adulte qui pourrait marcher au droit du dispositif d'ancrage 20 lors de la construction de la cuve.

[0131] La raideur des ressorts de compression 69 est déterminée en fonction de la structure de la paroi de cuve et des conditions d'exploitation de la cuve pour que la platine supérieure 32 puisse globalement suivre l'enfoncement de la plaque de couvercle 15 des blocs isolants secondaires 7 au cours de l'exploitation de la cuve, notamment sous l'effet de la contraction thermique et des pressions statiques et dynamiques reçues par la paroi de cuve 1 en fonctionnement. Ces pressions peuvent notamment entraîner un fluage de la couche de mousse polymère isolante 16.

[0132] On notera que les ressorts de compression 69 peuvent être positionnés différemment pour remplir les mêmes fonctions. Par exemple les vis de fixation 34 peuvent être renversées, avec la tête de vis 36 du côté de la platine inférieure 31 et en positionnant alors les ressorts de compression 69 entre la platine inférieure 31 et le bloc d'espacement 33. Dans une autre variante non représentée avec les vis de fixation 34 renversées, les ressorts de compression 69 sont positionnés entre la platine supérieure 32 et le bloc d'espacement 33.

[0133] On a représenté en coupe sur la [Fig.9] encore une autre variante. Cette variante diffère de celle de la [Fig.8] en cela que le bloc d'espacement 33 ne présente pas d'étage, de sorte que les ressorts de compression 69 prennent directement appui sur la platine inférieure 31. La platine inférieure 31 peut éventuellement être munie de sièges de ressorts (non représentés sur la [Fig.9]) pour recevoir l'appui des ressorts hélicoïdaux 69. Les alésages recevant les vis de fixation 34 et les ressorts de compression 69 présentent ici un diamètre uniforme sur l'épaisseur du bloc d'espacement 33. La variante de la [Fig.9] est sinon identique à celle de la [Fig.8] et n'est pas décrite en détail à nouveau.

[0134] On a représenté en coupe sur la [Fig.11] et en vue de perspective depuis le dessous sur la [Fig.12] encore une autre variante. Dans cette variante, un contre-écrou 37B, de préférence non fendu, est vissé sur l'extrémité inférieure filetée 35 de la vis de fixation

34. Le contre-écrou 37B est reçu dans une rainure 92 que présente la platine inférieure 31 et dans laquelle le trou 38, éventuellement taraudé, débouche. La rainure 92 débouche sur la face inférieure de la platine inférieure 31. La rainure 92 comporte deux faces en regard avec lesquelles coopèrent deux faces distinctes du contre-écrou 37B. Cette coopération bloque la vis de fixation 34 en rotation par rapport à la platine inférieure 31. Dans l'exemple représenté sur les figures, le contre-écrou 37B est un écrou carré. Toutefois, le contre-écrou 37B peut aussi être d'une autre forme du moment qu'il présente deux faces distinctes pouvant coopérer avec deux faces en regard de la rainure 92. Notamment, le contre-écrou 37B peut être de forme hexagonale, deux faces adjacentes de l'hexagone coopérant alors avec deux faces en regard de la rainure 92. Un arrêt en rotation des vis de fixation 34 par rapport à la platine supérieure 32 est en outre réalisé en rendant les têtes de vis 36 solidaires de la platine supérieure 32, par exemple par soudage, en particulier par soudage par points. La rainure 92 peut déboucher sur une face latérale de la platine inférieure 31 comme représenté sur les figures 11 et 12, mais en variante, la rainure 92 peut ne pas déboucher sur cette face latérale.

- [0135] On voit également sur la [Fig.11] que la pièce entretoise 350 présente un trou borgne 60 s'étendant dans le prolongement de chaque vis de fixation 34 comme cela sera détaillé plus loin.
- [0136] Il est à noter que dans toutes les variantes qui ont été décrites ci-dessus, le bloc d'espacement 33 peut être fixé à la platine inférieure 31, afin d'éviter tout déplacement relatif entre le bloc d'espacement 33 et la platine inférieure 31, notamment dans la direction dans laquelle s'étendent les vis de fixation 34. Cette fixation du bloc d'espacement 33 à la platine inférieure 31 peut être effectuée par vissage et/ou par rivetage et/ou par collage. En alternative, le bloc d'espacement 33 peut être fixé à la platine supérieure 32, par exemple par vissage et/ou par rivetage et/ou par collage, notamment lorsque les éléments élastiques 39 ou 69 sont positionnés entre la platine inférieure 31 et le bloc d'espacement 33.
- [0137] Il est en outre à noter que dans toutes les variantes qui ont été décrites ci-dessus, une couche de mousse polymère peut être disposée sur le bloc d'espacement 33 en regard de la platine supérieure 32 ou sur la platine supérieure 32 en regard du bloc d'espacement 33.
- [0138] Purement à titre d'exemple, la [Fig.10A] représente le dispositif d'ancrage selon la variante de la [Fig.8] et présentant une telle couche de mousse polymère. Sur cette [Fig.10A], la couche de mousse polymère 68 est fixée à la face supérieure 48 du bloc d'espacement 33, de part et d'autre de l'extrémité supérieure 44 de la tige d'ancrage 22.
- [0139] L'épaisseur de la couche de mousse polymère 68 non comprimée est prise égale à

l'écart dimensionnel 40 souhaité. Ainsi, lorsque la couche de mousse polymère 68 n'est pas comprimée, celle-ci s'étend entre la face 48 du bloc d'espacement 33 et la face inférieure 49 de la platine 32 et définit ainsi l'écart dimensionnel 40 entre les platines 32 et 31 dans leur position d'espacement maximal. La couche de mousse polymère 68 matérialise donc l'écart dimensionnel 40 souhaité, ce qui facilite l'assemblage de l'ensemble de serrage 30.

- [0140] Lorsqu'un effort de pression est exercé sur la platine supérieure 32, non seulement les ressorts de compression 69 se compriment en effaçant progressivement l'écart 40, jusqu'à la position de butée décrite ci-dessus, mais la face inférieure 49 de la platine 32 comprime également la couche de mousse polymère 68.
- [0141] De préférence, la raideur de la couche de mousse polymère 68 non comprimée est très petite par rapport à la raideur des ressorts de compression 69, de sorte que la compression de la couche de mousse polymère 68 n'interfère pas significativement avec la compression des ressorts de compression 69.
- [0142] À titre d'exemple, l'épaisseur de la couche de mousse polymère 68 non comprimée est comprise entre 2 et 8 mm, de sorte que la couche de mousse polymère 68 présente une épaisseur comprise entre 1 et 6 mm dans la position de butée.
- [0143] La couche de mousse polymère 68 peut être réalisée en une mousse de polyuréthane, polyéthyle, polypropylène ou bien une mousse de mélamine, notamment une mousse mélamine de la famille de mousses commercialisées par la société BASF SE sous le nom Basotect ®. La couche de mousse polymère 68 peut être fixée à la face supérieure 48 du bloc d'espacement 33 par collage ou comporter une bande adhésive, par exemple.
- [0144] La géométrie de la couche de mousse polymère 68 représentée sur la [Fig.10A] est seulement un exemple. Dans un autre exemple représenté sur la [Fig.10B], la couche de mousse polymère 68 s'étend également jusqu'aux bords latéraux du bloc d'espacement 33, autour des alésages du bloc d'espacement 33 recevant les ressorts de compression 69, de façon à ne pas risquer d'entre en contact avec les spires des ressorts de compression 69. La couche de mousse polymère 68 peut également n'être disposée qu'autour desdits alésages.
- [0145] La paroi de cuve 1 pourrait se limiter à la barrière isolante secondaire 3 et la membrane étanche secondaire 4 pour réaliser une cuve à membrane simple. Dans le cas où la barrière isolante primaire 5 et la membrane étanche primaire 6 sont présentes, le dispositif d'ancrage 20 comporte aussi un étage primaire. Pour cela, la platine supérieure 32 présente un alésage fileté 47 en son centre, dans lequel est montée une embase fileté d'un goujon 27 destiné à l'ancrage des blocs isolants primaires 11. Le goujon 27 traverse un perçage ménagé au travers d'une virure métallique 8 de la membrane étanche secondaire 4. Le goujon 27 présente une collerette qui est soudée à

sa périphérie, autour du perçage, pour assurer l'étanchéité de la membrane étanche secondaire 4.

- [0146] L'étage primaire du dispositif d'ancrage 20 comporte également une platine d'appui primaire 28 qui est en appui en direction de la paroi porteuse 2 sur une zone d'appui ménagée dans chacun des quatre blocs isolants primaires 11 adjacents de manière à les retenir contre la membrane étanche secondaire 4. Dans le mode de réalisation représenté, chaque zone d'appui 29 est formée par une partie débordante d'une plaque de fond du bloc isolant primaire 11.
- [0147] Un écrou 29 coopère avec un filetage ménagé au niveau de l'extrémité supérieure du goujon 27 de manière à assurer la fixation de la platine d'appui primaire 28 sur le goujon 27. Dans le mode de réalisation représenté, le dispositif d'ancrage 20 comporte en outre une rondelle élastique de type Belleville enfilée sur le goujon 27 entre l'écrou 28 et la platine d'appui primaire 28, ce qui permet d'assurer un ancrage élastique des blocs isolants primaires 11 sur la membrane étanche secondaire 4.
- [0148] La [Fig.13] illustre plusieurs modes de réalisation d'une pièce entretoise 50, 150 ou 250 du dispositif d'ancrage 20, qui présente à chaque fois un logement traversant central 51 pour laisser passer la tige d'ancrage 22, une surface d'extrémité supérieure 56 pour recevoir l'appui de la platine inférieure 31 et une surface d'extrémité inférieure 57 pour exercer un appui sur le bloc isolant secondaire. La pièce entretoise 50, 150 ou 250 est par exemple réalisée en bois contreplaqué pour limiter le pont thermique. La pièce entretoise 50, 150 ou 250 présente de préférence une section identique à la platine inférieure 3, de forme rectangulaire dans les modes de réalisation représentés. Elle peut être formée d'un petit nombre de pièces allongées présentant des formes simples, assemblées rigidement entre elles, par exemple par agrafage, vissage et/ou collage.
- [0149] De façon non représenté, le logement traversant central 51 est rempli par un isolant thermique autour de la tige d'ancrage 22, par exemple de la laine de verre, de la ouate, du polystyrène expansé ou de la mousse polyuréthane.
- [0150] La pièce entretoise 50 ou 250 est formée de deux plaques rectangulaire planes 58 formant les faces principales de la pièce entretoise et deux tasseaux 59 disposés entre les deux plaques rectangulaire planes le long des bords de celles-ci. Chacune des quatre pièces forme ainsi une paroi du logement traversant central 51, qui présente une section carré ou rectangulaire.
- [0151] La pièce entretoise 150 est formée de quatre pièces allongées profilées identiques présentant une section en forme de trapèze rectangle, dont un pan incliné forme une paroi respective du logement traversant central 51, lequel présente une section en forme de losange. Pour limiter le pont thermique, des alvéoles longitudinales sont ménagées de part et d'autre du logement traversant central 51 et remplies également

d'une matière isolante.

- [0152] La [Fig.14] illustre encore un autre mode de réalisation d'une pièce entretoise 350. Cette pièce entretoise 350 est identique à la pièce entretoise 250 à ceci près que chaque tasseau 59 présente un trou borgne 60, chaque trou borgne 60 étant destiné à venir dans le prolongement d'une vis de fixation 34 de façon à pouvoir recevoir une partie de cette vis de fixation 34. Dans une autre variante non représentée, la pièce entretoise 50 peut également présenter de tels trous borgnes 60. Dans la pièce entretoise 150, les alvéoles longitudinales ménagées de part et d'autre du logement traversant central 51 peuvent être que partiellement remplies de la matière isolante, de sorte que la matière isolante et les alvéoles longitudinales ménagent ensemble des trous borgnes analogues aux trous borgnes 60.
- [0153] Les figures 15 à 17 illustrent ensemble un exemple de réalisation d'un bloc d'isolant thermique 451 pouvant être reçu dans le logement traversant central 51. Le bloc d'isolant thermique 451 présente une forme extérieure complémentaire du logement traversant central 51, ici une forme extérieure parallélépipédique. Le bloc d'isolant thermique 451 est ici réalisé en une mousse polymère thermiquement isolante. La mousse polymère peut être de basse densité, c'est-à-dire une densité comprise entre 10 kg/m³ et 60 kg/m³, plus particulièrement comprise entre 10 kg/m³ et 30 kg/m³. La mousse polymère peut être une mousse de polyuréthane ou bien une mousse de mélamine, notamment une mousse mélamine de la famille de mousses commercialisées par la société BASF SE sous le nom Basotect ®. La mousse polymère peut optionnellement être renforcée de fibres, par exemple de fibres de verre.
- [0154] On voit en outre sur les figures 15 à 17 que le bloc d'isolant thermique 451 présente un trou traversant 452. Le trou traversant 452 est destiné à recevoir la tige d'ancrage 22 lorsque la pièce entretoise est disposée sous l'ensemble de serrage 30 comme on l'a décrit précédemment. Comme cela est visible sur la [Fig.14], le trou traversant 452 présente une section qui s'élargit en allant depuis l'extrémité supérieure de la tige d'ancrage 22 vers l'extrémité inférieure de la tige d'ancrage 22. En particulier, ceci peut être obtenu en donnant au trou traversant 452 une section tronconique comme représenté sur la [Fig.14]. Cet élargissement de la section en allant vers l'extrémité inférieure de la tige d'ancrage 22 permet de faciliter l'installation de la pièce entretoise autour de la tige d'ancrage 22, étant indiqué que cette installation est réalisée lorsque la tige d'ancrage 22 est déjà fixée à la paroi porteuse 2 par la douille 23 et l'écrou 18. En outre, cet élargissement permet d'offrir un certain dégagement dans lequel la tige d'ancrage 22 est libre de se déplacer du fait de la liaison rotule formée par la douille 23. Selon une variante non représentée, le trou traversant 452 peut aussi présenter une section qui s'élargit en allant depuis l'extrémité inférieure de la tige d'ancrage 22 vers l'extrémité supérieure de la tige d'ancrage 22. En particulier, ceci peut être obtenu en

donnant au trou traversant une section tronconique.

- [0155] La [Fig.18] illustre un autre exemple de réalisation d'un bloc d'isolant thermique 551 pouvant être reçu dans le logement traversant central 51. Le bloc d'isolant thermique 551 présente une forme extérieure complémentaire du logement traversant central 51, ici une forme extérieure parallélépipédique. Le bloc d'isolant thermique 551 est ici réalisé en laine de verre. Il peut éventuellement être constitué de deux sous-blocs 552 de laine de verre accolés. Le bloc d'isolant thermique 551 entoure la tige d'ancrage 22 (non représentée sur la [Fig.15]) lorsque la pièce entretoise est disposée sous l'ensemble de serrage 30 comme on l'a décrit précédemment. Pour ce faire, le bloc d'isolant thermique 551 peut présenter dans son épaisseur une encoche 554 qui s'étend parallèlement à la tige d'ancrage 22. L'encoche 554 permet de laisser passer la tige d'ancrage 22 à travers le bloc d'isolant thermique 551 tout en permettant au retour élastique de la laine de verre d'enserrer la tige d'ancrage 22 une fois que celle-ci est passée à travers le bloc d'isolant thermique 551. Le bloc d'isolant thermique 551 peut aussi être réalisé de la même façon avec de la ouate de cellulose ou de polyester.
- [0156] On voit en outre sur la [Fig.18] que des feuilles 555 peuvent être disposées sur deux faces opposées du bloc d'isolant thermique 551, plus particulièrement les deux plus grandes faces du bloc d'isolant thermique 551 qui font face aux deux plus grandes faces du logement traversant central 51. Les feuilles 555 peuvent être réalisées en tissu de verre, en papier kraft ou encore en un polymère tel que le PVC. Les feuilles 555 permettent de faciliter le glissement du bloc d'isolant thermique 551 sur les faces du logement traversant central 51 lorsque le bloc d'isolant thermique 551 est inséré dans le logement traversant central 51. En variante, une seule des feuilles 555 peut être présente, et/ou des feuilles supplémentaires non représentées peuvent être ajoutées sur les faces du bloc d'isolant thermique 551 qui ne sont pas recouvertes par les feuilles 555.
- [0157] On a représenté sur les figures 19 et 20 encore une autre variante d'une pièce entretoise ensemble avec l'ensemble de serrage 30, la [Fig.19] étant une vue en coupe et la [Fig.20] étant une vue en perspective partielle depuis le dessus de la pièce entretoise. Dans cette variante, comme dans la variante des figures 11 et 12, un contre-écrou 37B, de préférence non fendu, est vissé sur l'extrémité inférieure filetée 35 de la vis de fixation 34. Le contre-écrou 37B est reçu dans une rainure 660 que présente la pièce entretoise 650. La pièce entretoise 650 est ici formée, comme la pièce entretoise 250, de deux plaques rectangulaires planes 58 formant les faces principales de la pièce entretoise 650 et deux tasseaux 59 disposés entre les deux plaques rectangulaires planes 58 le long des bords de celles-ci. Une rainure 660 est formée dans chacun des deux tasseaux 59. La rainure 660 comporte deux faces en regard avec lesquelles coopèrent deux faces distinctes du contre-écrou 37B. Cette coopération bloque la vis de fixation

34 en rotation par rapport à la platine inférieure 31. Dans l'exemple représenté sur les figures, le contre-écrou 37B est un écrou carré. Toutefois, le contre-écrou 37B peut aussi être d'une autre forme du moment qu'il présente deux faces distinctes pouvant coopérer avec deux faces en regard de la rainure 660. Notamment, le contre-écrou 37B peut être de forme hexagonale, deux faces opposées de l'hexagone coopérant alors avec deux faces en regard de la rainure 660. Un arrêt en rotation des vis de fixation 34 par rapport à la platine supérieure 32 est en outre réalisé en rendant les têtes de vis 36 solidaires de la platine supérieure 32, par exemple par soudage, en particulier par soudage par points.

[0158] Exemple de dimensionnement

[0159] Du fait de la raideur des éléments élastiques 39 ou 69, l'ensemble de serrage 30 est dans la position écartée correspondant à l'espacement maximal lorsque la cuve est vide et à température ambiante, c'est-à-dire dans les conditions de sa construction initiale. Dans cet état, la position de la platine supérieure 32 est réglée pour être alignée à la plaque de couvercle 15, de manière à offrir une surface de support uniforme pour la membrane étanche secondaire 4.

[0160] Lors de l'exploitation de la cuve, suite au remplissage de la cuve par le gaz liquéfié, des phénomènes de contraction thermique et de contraction et de fluage sous la charge hydrostatique vont se produire dans la barrière isolante secondaire 3.

[0161] Les contractions thermiques ne sont pas identiques dans tous les matériaux et les couches de mousse polymère isolante 16 ont tendance à se contracter d'avantage que le bois contreplaqué constituant la pièce entretoise 50 et le bloc d'espacement 33. De plus les charges de pression sont différentes selon la position de la paroi de cuve au fond, au plafond ou sur les côtés. Toutes les parois reçoivent au moins la pression de service de la phase vapeur, qui est par exemple 2kPa ou 5kPa (20 ou 50 mbar).

[0162] La raideur des éléments élastiques 39 ou 69 peut être dimensionnée de manière que, après mise en froid et sous la pression de service de la phase vapeur, la compression élastique des éléments élastiques 39 ou 69 permette un abaissement supplémentaire de la platine supérieure 32 qui soit supérieur ou égal au surcroît de contraction et de fluage des blocs isolants secondaires 7 par rapport à la contraction thermique du dispositif d'ancrage 20. Ce surcroît de contraction et de fluage des blocs isolants secondaires 7 est par exemple d'environ 1mm sous la pression de service de la phase vapeur. Ainsi la platine supérieure 32 suit le niveau des plaques de couvercle 15 et ne risque pas de générer une zone saillante susceptible de cisailer la membrane étanche secondaire 6.

[0163] La raideur des éléments élastiques 39 ou 69 et la dimension de l'écart 40 peuvent aussi être dimensionnés de manière que l'ensemble de serrage 30 atteigne la position de butée, correspondant à l'espacement minimal dans les conditions suivantes :

- soit sous chargement hydrostatique, lorsque le bloc isolant primaire sus-jacent reçoit une pression de cargaison maximale ;
- soit sous chargement dynamique, lorsque le bloc isolant primaire sus-jacent reçoit une pression d'impact due au ballonnement de la cargaison dépassant un seuil nominal prédéterminé.

- [0164] Dans tous les cas, les éléments élastiques 39 ou 69 accroissent la souplesse du dispositif d'ancrage 20 et limitent ainsi le risque de former localement un point dur ou une zone saillante qui pourrait accélérer le vieillissement de la membrane étanche secondaire 6.
- [0165] De préférence, la raideur totale de l'organe élastique agissant entre les deux platines, à savoir ici les éléments élastiques 39 ou 69, est inférieure à la raideur équivalente de la barrière thermiquement isolante à la température de service dans la proximité immédiate du dispositif d'ancrage. Dans le mode de réalisation illustré, c'est la couche de mousse polymère isolante 16 qui contrôle la raideur de la barrière thermiquement isolante. Dans un mode de réalisation, la raideur totale des éléments élastiques 39 ou 69 est environ 1880N/mm tandis que la raideur dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve équivalente à un ressort constitué de la mousse polymère isolante 16 présentant une section égale à celle de la platine supérieure est environ 1920N/mm, soit un rapport de raideur égal à 0,98. Plus généralement ce rapport pourrait être choisi entre 0,3 et 1.
- [0166] La structure du bloc isolant secondaire 7 est décrite ci-dessus à titre d'exemple. Aussi, dans un autre mode de réalisation, les blocs isolants secondaires 7 sont susceptibles de présenter une autre structure générale, par exemple celle décrite dans le document WO-A-2012127141. Les blocs isolants secondaires 7 sont alors réalisés sous forme de caisson comportant une plaque de fond, une plaque de couvercle et des voiles porteurs s'étendant, dans la direction d'épaisseur de la paroi 1 de cuve, entre la plaque de fond et la plaque de couvercle et délimitant une pluralité de compartiments remplis d'une garniture isolante, telle que de la perlite, de la laine de verre ou de roche.
- [0167] Un autre mode de réalisation des blocs isolants secondaires est illustré sur la [Fig.22] au chiffre 107. Sur la [Fig.22], des éléments analogues ou identiques à ceux des figures précédentes portent le même chiffre de référence augmenté de 100 et ne sont pas décrits à nouveau. La couche de mousse polymère isolante est ici divisée en deux couches inférieure et supérieure 16b et 16a séparées par une plaque intermédiaire 10, par exemple en bois contreplaqué, collée à celles-ci. La longueur de la couche supérieure 16a est plus petite que la longueur de la couche inférieure 16b et découvre un rebord 10a à deux extrémités longitudinales de la plaque intermédiaire 10.
- [0168] Un pilier rigide 17 s'étend dans la direction d'épaisseur de la couche inférieure 16b entre la plaque intermédiaire 10 et la plaque de fond 114, dans des évidements

ménagés aux quatre coins de la couche inférieure 16b. Le pilier rigide 17 est partiellement à l'aplomb du rebords 10a pour reprendre l'effort de serrage du dispositif d'ancrage 20, dont la plainte inférieure 31 peut ici être appliqué directement sur le rebord 10a. D'autres détails du bloc isolant secondaire 107 peuvent être trouvés dans la publication WO-A-2014096600.

- [0169] Le bloc isolant primaire 11 peut être réalisé de différentes manière, par exemple sous la forme d'une couche de mousse polymère isolante en sandwich entre une plaque de fond et une plaque de couvercle comme le bloc isolant secondaire 7.
- [0170] La plaque de fond comporte alors des rainures destinées à recevoir les bords relevés des virures 8 de la membrane d'étanchéité secondaire 4. La plaque de couvercle comporte également des rainures pour recevoir des supports de soudure.
- [0171] La structure du panneau isolant primaire 11 est décrite ci-dessus à titre d'exemple. Aussi, dans un autre mode de réalisation, les panneaux isolants primaires 22 sont susceptibles de présenter une autre structure générale, par exemple celle décrite dans le document WO-A-2012127141.
- [0172] La technique décrite ci-dessus pour réaliser une paroi de cuve présentant une seule ou deux membranes étanches peut aussi être utilisée dans différents types de réservoirs, par exemple pour constituer une cuve à double membrane pour gaz naturel liquéfié (GNL) dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre.
- [0173] En référence à la [Fig.23], 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.
- [0174] De manière connue en soi, des canalisations de chargement/déchargement 73 disposées sur le pont supérieur du navire peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriées, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 71.
- [0175] La [Fig.23] 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.

- [0176] 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.
- [0177] 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.
- [0178] 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.
- [0179] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.