# PROCEDE D'ASSEMBLAGE D'UN DOME LIQUIDE

## Domaine technique

L'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes, à membranes. En particulier, l'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes pour le stockage et/ou le transport de gaz liquéfié à basse température, 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. 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.

Dans un mode de réalisation, le gaz liquéfié est du GNL, à savoir un mélange à forte teneur en méthane stocké à une température d'environ -162°C à la pression atmosphérique. D'autres gaz liquéfiés peuvent aussi être envisagés, notamment l'éthane, le propane, le butane ou l'éthylène. Des gaz liquéfiés peuvent aussi être stockés sous pression, par exemple à une pression relative comprise entre 2 et 20 bar, et en particulier à une pression relative voisine de 2 bar. La cuve peut être réalisée selon différentes techniques, notamment sous la forme d'une cuve intégrée à membrane ou d'une cuve autoporteuse.

## Arrière-plan technologique

Le document FR2785034 divulgue une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage de gaz naturel liquéfié qui est installée dans la double coque d'un navire.

La cuve étanche et thermiquement isolante comporte des parois qui présentent une structure multicouche constituée successivement d'une barrière thermiquement isolante secondaire reposant contre la coque interne du navire, d'une membrane d'étanchéité secondaire reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire ; d'une barrière thermiquement isolante primaire reposant contre

la membrane d'étanchéité secondaire et d'une membrane d'étanchéité primaire destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve.

La cuve est équipée d'une tour de chargement/déchargement pour charger la cargaison dans la cuve, avant son transport, et pour décharger la cargaison, après son transport.

Lors de l'assemblage d'une telle cuve, les barrières thermiquement isolantes secondaires et primaires ainsi que les membranes d'étanchéités secondaire et primaire sont montées dans la double coque du navire et ancrées à celle-ci. Puis, dans un second temps, la tour de chargement/déchargement est montée dans la cuve et fixée à la double coque du navire.

Cependant, les conduites de la tour de chargement/déchargement doivent traverser la paroi de cuve et la double coque pour permettre de transvaser le liquide contenu dans l'espace de stockage de la cuve vers l'extérieur de la cuve. Pour cela, une paroi supérieure de la double coque présente une ouverture laissée libre pour le montage de la tour de chargement/déchargement dans la cuve. De même, la paroi de cuve supérieure ancrée sur la paroi supérieure de la double coque présente un passage au droit de ladite ouverture. Ce passage de la paroi de cuve supérieure est également laissé libre pour le montage de la tour de chargement/déchargement. Ainsi, lors de l'installation de la tour de chargement déchargement dans la cuve, les conduites de la tour de chargement/déchargement sont agencées de manière à présenter une extrémité traversant successivement le passage de la paroi de cuve supérieure et l'ouverture de la double coque.

Afin de finaliser l'assemblage de la cuve après l'installation de la tour de chargement/déchargement, un insert de coque est installé sur la double coque au niveau de l'ouverture afin d'obstruer ladite ouverture de la double coque. Des orifices sont ménagés dans cet insert de coque pour le passage des conduites de la tour de chargement/déchargement. Une pluralité de portions de paroi de cuve sont ensuite montées sur l'insert de coque afin d'entourer les conduites et d'assurer la continuité de l'isolation et de l'étanchéité de la paroi de cuve supérieure.

Le procédé d'assemblage d'une telle cuve n'est pas pleinement satisfaisant, notamment en ce qu'il est particulièrement long et complexe.

**Résumé**

Une idée à la base de l'invention est de proposer un procédé d'assemblage d'une cuve étanche et thermiquement isolante qui permette de réduire le temps d'assemblage.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit un procédé d'assemblage d'une cuve étanche et thermiquement isolante à l'intérieur d'une structure porteuse, ladite structure porteuse comportant une pluralité de parois qui délimitent un espace interne et incluent une paroi supérieure de la structure porteuse présentant une ouverture, le procédé d'assemblage comportant les étapes suivantes :

- installer une tour de chargement/déchargement dans l'espace interne au travers de l'ouverture, ladite tour de chargement/déchargement comportant une pluralité de conduites qui présentent chacune une extrémité supérieure faisant saillie hors de l'espace interne, ladite tour de chargement /déchargement comportant au moins un organe de retenue ;
- fournir un bloc de fermeture comportant une portion de paroi de cuve, ledit bloc de fermeture présentant des orifices ;
- insérer les extrémités supérieures des conduites dans les orifices correspondant du bloc de fermeture ;
- coulisser le bloc de fermeture le long des conduites jusqu'à ce que le bloc de fermeture repose contre l'organe de retenue dans l'espace interne ;
- fournir un insert de structure porteuse comportant des orifices traversants ;
- monter sur la structure porteuse l'insert de structure porteuse de sorte que ledit insert de structure porteuse obstrue l'ouverture de la paroi supérieure de la structure porteuse et que les extrémités des conduites de la tour de chargement/déchargement traversent les orifices traversant dudit insert de structure porteuse ;
- faire coulisser le bloc de fermeture le long des conduites en direction de l'insert de structure porteuse ; et

- fixer le bloc de fermeture sur l'insert de structure porteuse.

Ainsi, un tel procédé d'assemblage permet de réduire considérablement la durée d'assemblage car le bloc de fermeture peut être préassemblé puis inséré d'un seul tenant directement dans l'espace de stockage de la cuve.

En outre, la présence des orifices de passage du bloc de fermeture et de l'organe saillant permet de maintenir ledit bloc de fermeture en position dans l'espace de stockage pendant le montage de l'insert de structure porteuse sur la structure porteuse. Ainsi, le bloc de fermeture peut être simplement remonté d'un seul tenant par coulissement le long des conduites en direction de l'insert de structure porteuse pour sa fixation lorsque l'insert de structure porteuse est monté sur la structure porteuse. Un tel procédé de montage est donc simple et rapide à mettre en œuvre.

Selon des modes de réalisation, un tel procédé d'assemblage peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en outre l'étape d'ancrer une pluralité de parois de cuve sur des parois correspondantes de la structure porteuse de manière à délimiter un espace de stockage de fluide de la cuve, l'une desdites parois de cuve étant une paroi de cuve supérieure ancrée sur la paroi supérieure de la structure porteuse, ladite paroi de cuve supérieure comportant un passage au droit de l'ouverture de la paroi supérieure de la structure porteuse, ledit passage mettant en communication l'espace de stockage et un espace externe de la structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, les conduites se développent dans l'espace de stockage de la cuve.

Selon un mode de réalisation, l'extrémité supérieure des conduites fait saillie hors de l'espace interne de la structure porteuse au travers successivement du passage de la paroi de cuve supérieure et de l'ouverture de la paroi supérieure de la structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, au moins une desdites conduites comporte l'organe de retenue, ledit organe de retenue faisant saillie de ladite conduite dans l'espace de stockage de la cuve.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en outre une étape d'étanchéifier la cuve entre la paroi de cuve supérieure et la portion de paroi de cuve formée par le bloc de fermeture.

Selon un mode de réalisation, chaque paroi de cuve comporte une barrière thermiquement isolante et une membrane d'étanchéité, la membrane d'étanchéité étant destinée à être en contact avec le fluide stocké dans l'espace de stockage de la cuve et reposant contre ladite barrière thermiquement isolante.

Selon un mode de réalisation, la portion de paroi de cuve du bloc de fermeture comporte une portion de barrière thermiquement isolante et une portion de membrane d'étanchéité.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en outre l'étape de souder les conduites de la tour de chargement/déchargement à l'insert de structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en outre l'étape de souder les conduites de la tour de chargement/déchargement au bloc de fermeture.

Selon un mode de réalisation, plusieurs ou chaque conduite de la tour de chargement/déchargement comporte une portion saillante faisant saillie dans l'espace de stockage de la cuve. Ainsi, le bloc de fermeture repose sur plusieurs portions saillantes.

Selon un mode de réalisation, le ou les organes saillants relient deux conduites de la tour de chargement/déchargement entre elles. Typiquement, un tel organe saillant peut être une tige de renfort de la tour de chargement/déchargement.

Selon un mode de réalisation, l'insert de structure porteuse comporte une surface interne tournée vers une face externe du bloc de fermeture, le procédé comportant en outre l'étape d'intercaler entre la face externe du bloc de fermeture et la surface interne de l'insert de structure porteuse des cales de rattrapage, lesdites cales de rattrapage formant une surface de support plane dans l'espace interne de la structure porteuse, la face externe du bloc de fermeture étant fixée sur ladite surface de support plane.

Selon un mode de réalisation, le bloc de fermeture et l'organe saillant sont configurés pour qu'une surface externe du bloc de fermeture soit distante de la surface interne de l'insert de structure porteuse d'une distance supérieure ou égale à 1,5m de lorsque ledit bloc de fermeture repose dans l'espace de stockage sur l'organe saillant.

De telles cales de rattrapages permettent de rattraper les défauts de planéité de l'insert de structure porteuse et offrent ainsi une surface de support plane permettant une fixation stable et sécurisée du bloc de fermeture sur l'insert de structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, la portion de paroi du bloc de fermeture comporte une plaque de fond formant la face externe du bloc de fermeture, les cales de rattrapage étant agrafées sur ladite plaque de fond.

Selon un mode de réalisation, la plaque de fond est une plaque de contreplaqué.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en outre marquer sur la face interne de l'insert de structure porteuse la localisation des cales de rattrapage.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en outre les étapes de :

- mesurer la planéité de la surface interne de l'insert de structure porteuse,
- dimensionner une épaisseur des cales de rattrapage en fonction de la mesure de la planéité de la surface interne de l'insert de structure porteuse de manière à ce que des faces internes desdites cales de rattrapage opposée à l'insert de structure porteuse soient agencées dans un même plan pour former conjointement la surface de support plane.

Selon un mode de réalisation, les cales de rattrapage comportent un cordon de résine et l'on fixe les cordons de résine sur la surface interne de l'insert de structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, les cordons de résine sont en mastic.

Selon un mode de réalisation, l'étape de fixation du bloc de fermeture sur l'insert de structure porteuse comporte une étape d'écrasement des cordons de résine,

Selon un mode de réalisation, les cordons de résine sont déformés par compression lors de la fixation du bloc de fermeture sur l'insert de structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, les cordons de résine forment conjointement, dans un état écrasé résultant de l'étape d'écrasement, la surface de support plane.

Selon un mode de réalisation, les cordons de résine présentent une épaisseur dimensionnée en fonction de la mesure de planéité de la surface interne de l'insert de structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, les cordons de résine sont dimensionnés de manière à former la surface de support plane.

Selon un mode de réalisation, les cordons de résine sont fixés sur le bloc de fermeture, typiquement sur la face externe du bloc de fermeture, préalablement à l'étape de coulissement dudit bloc de fermeture en direction de l'insert de structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, les cales de rattrapage comportent une latte et l'on fixe un cordon de résine respectif sur chaque latte.

Selon un mode de réalisation, les lattes sont des lattes de contreplaqué.

Selon un mode de réalisation, les lattes présentent une épaisseur qui est dimensionnée en fonction de la mesure de la planéité de la surface interne de l'insert de structure porteuse de manière à former la surface de support plane, et l'on fixe lesdites lattes sur la face externe du bloc de fermeture.

Grâce à ces caractéristiques, les défauts de planéité de l'insert de structure porteuse sont rattrapés par les lattes de sorte qu'il n'est pas nécessaire de prévoir des cordons de résine de taille différente pour combler les défauts de planéité de l'insert de structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, les cordons de résine présentent une épaisseur uniforme.

De tels cordons de résine présentant une épaisseur uniforme sont simples et rapides à réaliser. Ainsi, les cordons de résine peuvent être réalisés les uns à la suite des autres et directement positionnés sur les lattes, la fabrication desdits cordons de résine étant ainsi simple et rapide. En outre, de tels cordons de résine d'épaisseur uniforme évitent les erreurs liées au positionnement d'un cordon de résine d'une épaisseur donnée sur une mauvaise latte.

La réalisation successive desdits cordons de résine limite ainsi le temps d'installation de l'ensemble des cordons de résine et donc le temps nécessaire entre l'installation du premier cordon de résine et l'installation du dernier cordon de résine, limitant ainsi le laps de temps durant lequel le premier cordon de résine est installé sans être écrasé entre le bloc de fermeture et l'insert de structure porteuse. Ainsi, le temps durant lequel le premier cordon de résine installé sur une latte est sujet au séchage sans être dans sa position finale est réduit.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en outre fixer les cales de rattrapage sur la face externe du bloc de fermeture.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en outre, préalablement au coulissement du bloc de fermeture en direction de l'insert de structure porteuse, fixer les cales de rattrapage sur la face externe du bloc de fermeture, puis fixer les cales de rattrapage contre sur la surface interne de l'insert de structure porteuse pour fixer le bloc de fermeture à l'insert de structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en outre l'étape d'appliquer les cordons de résine sur une face externe des lattes, lesdites faces externes des lattes étant en vis-à-vis de l'insert de structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, les lattes sont agrafées sur la face externe du bloc de fermeture.

Selon un mode de réalisation, les agrafes de fixation des lattes sur la face externe du bloc de fermeture présentent un espacement de 200mm.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en outre l'étape d'appliquer les cordons de résine sur la face interne de l'insert de structure porteuse

préalablement au coulissement du bloc de fermeture en direction de l'insert de structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, les cales de rattrapage sont fixées sur la face interne de l'insert de structure porteuse en pré-assemblage de sorte que le procédé d'assemblage comporte l'étape de fixer les cales de rattrapage sur l'insert de structure porteuse préalablement à l'étape de fournir l'insert de structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, l'étape de fixer le bloc de fermeture sur l'insert de structure porteuse comporte une étape de fixation des cales de rattrapage sur la face externe dudit bloc de fermeture postérieurement à l'étape de coulissement du bloc de fermeture en direction de l'insert de structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en outre l'étape d'installer des cales de référence sur la face interne de l'insert de structure porteuse, lesdites cales de référence présentant une surface interne opposée à l'insert de structure porteuse située dans un même plan, les cales de rattrapage étant dimensionnées pour former la surface de support dans ledit plan.

Autrement dit, les cales de référence sont dimensionnées pour définir un plan de référence et les cales de rattrapage sont dimensionnées pour former la surface de support dans ledit plan de référence de sorte que le bloc de fermeture soit appuyé contre les cales de rattrapage dans ledit plan de référence.

Selon un mode de réalisation les cales de référence sont positionnées sur l'insert de structure porteuse selon un schéma de référence.

Selon un mode de réalisation, les cales de rattrapage sont positionnées sur l'insert de structure porteuse selon un schéma de fixation.

Selon un mode de réalisation, le schéma de fixation et le schéma de référence sont configurés pour que les cales de référence et les cales de rattrapage soient positionnées sur des portions distinctes de l'insert de structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en outre l'étape d'installer des tirants entre l'insert de structure porteuse et le bloc de fermeture, lesdits tirants étant actionnés pour coulisser le bloc de fermeture en direction de l'insert de structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, le bloc de fermeture et l'insert de structure porteuse comportent des passages traversants traversés par les tirants.

Selon un mode de réalisation, un contre-écrou est monté sur une première extrémité des tirants, ladite première extrémité des tirants traversant l'insert de structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, un écrou est vissé sur une deuxième extrémité des tirants, ladite deuxième extrémité traversant le bloc de fermeture.

Selon un mode de réalisation, les tirants maintiennent le bloc de fermeture en position pendant une durée de séchage des cordons de résine.

Une telle cuve peut être assemblée dans une installation de stockage terrestre, par exemple pour stocker du GNL ou 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. Une telle cuve peut aussi servir de réservoir de carburant dans tout type de navire.

**Brève description des figures**

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante de plusieurs modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés.

- **La figure 1** est une vue schématique partielle d'une structure porteuse destinée à recevoir les parois d'une cuve étanche et thermiquement isolante ;

- **La figure 2** est une vue schématique de la structure multicouche des parois de la cuve ;

- **La figure 3** est une vue schématique illustrant une tour de chargement/déchargement et illustrant partiellement la structure porteuse à l'intérieur de laquelle elle est montée ;

- **La figure 4** est une vue schématique partielle en coupe longitudinale de la cuve étanche et thermiquement isolante en cours d'assemblage au niveau du

dôme liquide et de la tour de chargement/déchargement dans laquelle l'insert de coque n'est pas encore installé sur le dôme liquide ;

- **La figure 5** est une vue schématique partielle en coupe longitudinale de la cuve étanche et thermiquement isolante en cours d'assemblage au niveau du dôme liquide et de la tour de chargement/déchargement dans laquelle le bloc de fermeture n'est pas encore ancré sur l'insert de coque ;

- **La figure 6** est une vue schématique partielle en coupe longitudinale de la cuve étanche et thermiquement isolante assemblée au niveau du dôme liquide et de la tour de chargement/déchargement ;

- **La figure 7** est une vue schématique partielle de détail de la figure 5 illustrant la différence de planéité entre l'insert de coque et le bloc de fermeture ;

- **La figure 8** est une vue schématique de détail analogue à la figure 7 illustrant un premier mode de réalisation de l'invention ;

- **La figure 9** est une vue schématique partielle du bloc de fermeture ancré sur l'insert de coque selon le premier mode de réalisation de l'invention ;

- **La figure 10** est une vue schématique partielle analogue à la figure 8 selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;

- **La figure 11** est une vue schématique partielle analogue à la figure 8 selon un troisième mode de réalisation de l'invention ;

- **La figure 12** est une vue schématique partielle en coupe longitudinale de la cuve étanche et thermiquement isolante illustrant des moyens de levage du bloc de fermeture ;

- **La figure 13** est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

**Description détaillée de modes de réalisation**

En relation avec la figure 1, l'on observe la partie arrière d'une structure porteuse 1 destinée à recevoir les parois d'une cuve étanche et thermiquement isolante. La structure porteuse 1 est formée par la double coque d'un navire. La

structure porteuse 1 présente une forme générale polyédrique. La structure porteuse 1 présente une paroi avant 2 et une paroi arrière 3, ici de formes octogonale. Sur la figure 1, la paroi avant 2 n'est représentée que partiellement afin de permettre la visualisation de l'espace interne de la structure porteuse 1. Les parois avant 2 et arrière 3 sont des parois de cofferdam du navire et s'étendent transversalement à la direction longitudinale du navire. La structure porteuse 1 comporte également une paroi supérieure 4, une paroi inférieure 5 et des parois latérales 6. La paroi supérieure 4, la paroi inférieure 5 et les parois latérales 6 s'étendent selon la direction longitudinale du navire et relient les parois avant 2 et arrière 3.

La paroi supérieure 4 comporte, à proximité de la paroi arrière 3 de la structure porteuse 1, un espace, de forme parallélépipédique rectangle, en saillie vers le haut, appelé dôme liquide 7. Le dôme liquide 7 est défini par deux parois transversales, avant 8 et arrière 9, et par deux parois latérales 10 qui s'étendent verticalement et font saillie vers le haut. Le dôme liquide 7 délimite une ouverture 11 de la paroi supérieure 4 permettant le passage de conduites de transfert de liquide depuis ou vers la cuve montée dans la structure porteuse comme expliqué ci-après.

La cuve est une cuve à membrane présentant une structure multicouche. Aussi, comme représenté schématiquement sur la figure 2, chaque paroi de la cuve présente successivement, de l'extérieur vers l'intérieur, selon la direction d'épaisseur de la paroi, une barrière thermiquement isolante secondaire 12 comportant des éléments isolants reposant contre la structure porteuse 1, une membrane d'étanchéité secondaire 13 ancrée aux éléments isolants de la barrière thermiquement isolante secondaire 12, une barrière thermiquement isolante primaire 14 comportant des éléments isolants reposant contre la membrane d'étanchéité secondaire 13 et une membrane d'étanchéité primaire 15 ancrée aux éléments isolants de la barrière thermiquement isolante primaire 14 et destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve. Cette structure multicouche de la cuve est disposée sur chacune des parois 2, 3, 4, 5, 6 de la structure porteuse 1. Cette structure multicouche est également présente sur les parois 8, 9, 10 du dôme liquide 7 et délimite ainsi un passage 16 de la paroi de cuve au droit de l'ouverture 11 du dôme liquide 7.

A titre d'exemple, chaque paroi de la cuve peut notamment être de type Mark III, tel que décrit par exemple dans FR2691520, de type NO96 tel que décrit par exemple dans FR2877638, ou de type Mark V tel que décrit par exemple dans WO14057221.

Lors de l'assemblage de la cuve dans la structure porteuse 1, chaque paroi de la cuve est ancrée sur la paroi respective de la structure porteuse 1, en procédant de l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, c'est-à-dire :

- en ancrant les éléments isolants de la barrière thermiquement isolante secondaire 12 sur la paroi respective de la structure porteuse 1 ;
- en ancrant la membrane d'étanchéité secondaire 13 sur les éléments isolants de la barrière thermiquement isolante secondaire 12 ;
- en ancrant les éléments isolants de la barrière thermiquement isolante primaire 14 sur les éléments isolants de la barrière thermiquement isolante secondaire 12 ou sur la structure porteuse 1 au travers de la membrane d'étanchéité secondaire 13 ; puis
- en ancrant la membrane d'étanchéité primaire 15 sur les éléments isolants de la barrière thermiquement isolante primaire 14.

L'ancrage des parois de cuve sur la structure porteuse 1 est réalisé de manière à former le passage 16 au droit de l'ouverture 11 du dôme liquide 7. Le passage 16 et l'ouverture 11 sont ainsi laissés libres afin de permettre l'installation d'une tour de chargement/déchargement 17 dans la cuve. Une telle tour de chargement/déchargement 17, illustrée sur la figure 3, permet notamment de charger la cargaison dans la cuve et/ou de décharger la cargaison depuis la cuve.

La tour de chargement/déchargement 17 comporte une structure tripode constituée de trois mâts verticaux 18. Ces mâts verticaux 18 s'étendent sur sensiblement toute la hauteur de l'espace de stockage de la cuve. Des traverses 23 réparties sur toute la hauteur de la tour de chargement/déchargement 17 relient les mâts 18 entre eux afin d'assurer la rigidité et l'intégrité de la tour de chargement/déchargement 17.

Une base de la tour de chargement/déchargement 17 coopère avec un pied de support qui est fixé à la paroi inférieure 5 de la structure porteuse 1 et qui vise à

assurer un maintien en position verticale de la tour de chargement/déchargement 17. Un tel pied de support est par exemple décrit dans les demandes FR3035475 et WO2011157915.

Une extrémité supérieure 19 des mâts verticaux 18 fait saillie hors de la structure porteuse 1 au travers du passage 16 et de l'ouverture 11 du dôme liquide 7. Une ou plusieurs desdites extrémités supérieures 19 sont destinées à être connectées avec un système de transfert du GNL.

Chacun des mâts verticaux 18 est creux et forme ainsi soit une conduite permettant de charger ou de décharger du fluide vers ou depuis la cuve ; soit un puits de secours permettant la descente d'une pompe de secours et d'une ligne de déchargement en cas de défaillance des autres pompes de déchargement. Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 3, deux des mâts 18 forment une ligne de déchargement de la cuve et sont, pour ce faire, chacun associés à une pompe de déchargement fixée à l'extrémité inférieure de la tour de chargement/déchargement 17 alors que le troisième mât 18 forme un puits de secours.

Les figures 4 à 6 illustrent différents états d'assemblage de la cuve au cours du procédé de fermeture du dôme liquide 7. En effet, afin de préserver les caractéristiques d'isolation et d'étanchéité de la cuve, le passage 16 de la paroi de cuve doit être obstrué tout en permettant le passage de l'extrémité supérieure 19 des mâts 18. Pour cela, comme illustré sur la figure 3, un bloc de fermeture 20 du passage 16 est fourni.

Le bloc de fermeture 20 comporte une portion de barrière thermiquement isolante et une portion de membrane étanche. La portion de barrière thermiquement isolante du bloc de fermeture 20 peut présenter une garniture isolante par exemple en mousse de polyuréthane intercalée entre deux plaques rigides par exemple réalisées en bois contreplaqué. Par exemple, la portion de barrière thermiquement isolante du bloc de fermeture présente une structure analogue à la structure d'un élément isolant constitutif d'une ou des barrières thermiquement isolantes 12, 14 des parois de la cuve. De même, la portion de membrane étanche du bloc de fermeture peut présenter une structure analogue à la structure des membranes étanches 13, 15 des parois de cuve.

Le bloc de fermeture 20 présente des dimensions complémentaires aux dimensions du passage 16. Par ailleurs, le bloc de fermeture 20 comporte des orifices traversant 21. Ces orifices traversant 21 sont de forme complémentaire à la forme externe des mâts 18 de la tour de chargement/déchargement 17. Ces orifices traversant 21 sont agencés dans le bloc de fermeture 20 à un emplacement correspondant à l'emplacement des mâts 18 dans le passage 16.

Comme illustré sur la figure 3, le bloc de fermeture 20 est inséré dans l'espace de stockage de la cuve en insérant les mâts 18 de la tour de chargement/déchargement 17 dans les orifices traversant 21 correspondant du bloc de fermeture 20 puis en faisant coulisser le bloc de fermeture 20 le long de la tour de chargement/déchargement 17.

Les mâts 18 comportent un organe de retenue 22. Un tel organe de retenue 22 fait saillie d'une face externe du mât 18 dans l'espace de stockage de la cuve. Le bloc de fermeture 20 est coulissé le long des mâts 18 jusqu'à venir en appui sur les organes de retenue 22. Ces organes de retenue 22 permettent de maintenir en position le bloc de fermeture 20 pendant les autres opérations de fermeture du dôme liquide 7.

Dans un mode de réalisation non illustré, les organes de retenue 22 sont formés par les traverses 23 reliant les mâts 18 entre eux. Plus particulièrement, le bloc de fermeture 20 repose dans l'espace de stockage de la cuve en appui sur la ou les traverses 23 situées le plus proche de la paroi supérieure 4 de la structure porteuse 1. Ainsi, des tours de chargement/déchargement 17 telles qu'utilisées dans les cuves actuelles ne nécessitent pas de modification pour mettre en œuvre le procédé d'assemblage décrit ici.

Dès lors que le bloc de fermeture 20 est dans l'espace de stockage en appui sur les organes de retenue 22, l'ouverture 11 de la paroi supérieure 4 de la structure porteuse 1 peut être obstruée. Pour cela, un insert de coque 24 est ramené sur les parois 8, 9, 10 du dôme liquide 7, cet insert de coque 24 formant un couvercle du dôme liquide 7. Ainsi, l'insert de coque 24 présente des dimensions supérieures aux dimensions de l'ouverture 11 de manière à pouvoir reposer sur le bord supérieur des parois 8, 9, 10 du dôme liquide 7. L'insert de coque 24 peut être réalisé de

nombreuses manières, par exemple avec une structure et des matériaux analogues à la paroi supérieure 4 de la structure porteuse 1. L'insert de coque 24 est de préférence fixé sur lesdites parois 8, 9, 10 du dôme liquide 7, par exemple par soudure.

De façon analogue au bloc de fermeture 20, l'insert de coque 24 présente des orifices 25 permettant le passage de l'extrémité supérieure 19 des mâts 18. Ainsi, l'insert de coque 24 est rapporté sur les parois 8, 9, 10 du dôme liquide en insérant les extrémités 19 des mâts 18 dans les orifices 25 correspondant de l'insert de coque 24. Ces extrémités 19 des mâts 18 sont fixées, par exemple par soudure, à l'insert de coque 24. Autrement dit, les mâts 18 peuvent être suspendus à l'insert de coque 24.

L'insert de coque 24 constitue une structure de fixation du bloc de fermeture 20 afin de finaliser l'assemblage de la cuve en complétant l'isolation et l'étanchéité de la paroi de cuve supérieure. Lorsque l'insert de coque 24 est installé et obstrue l'ouverture 11 du dôme liquide 7, le bloc de fermeture 20 peut être remonté contre l'insert de coque 24. Le bloc de fermeture 20 est coulissé d'un seul tenant le long des mâts 18 en direction de l'insert de coque 24. Une face externe 27 du bloc de fermeture 20 tournée vers l'insert de coque 24 est ensuite fixée sur une face interne 26 dudit insert de coque 24. Afin de compléter l'étanchéité de la cuve, les mâts 18 sont fixés de manière étanche, par exemple par soudure, aux portions de membranes d'étanchéité du bloc de fermeture 20. De même, les portions de membrane d'étanchéité du bloc de fermeture 20 sont soudées de manière étanche aux membranes d'étanchéité des parois de cuve ancrées sur les parois 8, 9, 10 du dôme liquide 7.

Le procédé d'assemblage de la cuve au niveau du dôme liquide décrit ci-dessus en regard des figures 4 à 6 est simple et rapide à mettre en œuvre. Le bloc de fermeture 20 peut en effet être préfabriqué et inséré dans l'espace de stockage de la cuve d'un seul tenant. De même, ce bloc de fermeture 20 d'un seul tenant peut être facilement remonté contre et fixé sur l'insert de coque 24, les mâts 18 permettant le maintien en position dans l'espace de stockage grâce aux organes de retenue 22 et le guidage par coulissement du bloc de fermeture 20.

Cependant, la face interne 26 de l'insert de coque 24 sur laquelle est fixé le bloc de fermeture 20 peut présenter des défauts de planéité. Sur les figures 6 à 11,

de tels défauts de planéité sont volontairement représentés de manière amplifiée afin de permettre une meilleure lecture des figures et de la description ci-dessous.

Comme illustré sur la figure 6, lorsque le bloc de fermeture 20 est remonté contre l'insert de coque 24, les défauts de planéité de la face interne 26 de l'insert de coque 24 ne permettent pas de fournir une surface de fixation plane pour la face externe 27 du bloc de fermeture 20. Une telle surface de fixation plane permet une bonne coopération avec la face externe 27 du bloc de fermeture 20 et donc le positionnement et la fixation sûre et fiable du bloc de fermeture 20 sur l'insert de coque 24.

Afin de rattraper les défauts de planéité de la face interne 26 de l'insert de coque 24, des cales de rattrapage 28 sont intercalée entre le bloc de fermeture 20 et l'insert de coque 24, c'est-à-dire entre la face externe 27 du bloc de fermeture 20 et la face interne 26 de l'insert de coque 24. Ces cales ont pour fonction de fournir une surface de fixation plane pour le bloc de fermeture. Ainsi, ces cales de rattrapage 28 doivent présenter une face interne située dans un même plan de référence 29 afin de former conjointement la surface de fixation plane du bloc de fermeture 20.

Les cales de rattrapage 28 comportent un cordon de résine 30. De tels cordons de résine 30 sont par exemple utilisés dans la fabrication des cales utilisées pour rattraper les défauts de planéité de la structure porteuse 1 lors de l'ancrage des parois de cuve sur les parois 2, 3, 4, 5, 6 de la structure porteuse 1. Ces cordons de résine 30 sont par exemple réalisé en mastic.

Cependant, du fait que les parois de cuves ont déjà été ancrées sur les parois 2, 3, 4, 5, 6 de la structure porteuse 1, la machine ayant servi pour fabriquer la résine nécessaire aux cales pour rattraper les défauts de planéité des parois 2, 3, 4, 5, 6 de la structure porteuse 1 n'est plus présente dans l'espace interne de la structure porteuse 1. La résine permettant de fabriquer les cordons de résine 30 pour les cales de rattrapage 28 est donc fabriquée hors de la cuve et rapportée dans la cuve pour réaliser les cordons de résine 30 et les installer entre l'insert de coque 24 et le bloc de fermeture 20.

La fabrication de la résine hors de la cuve et son acheminement pour la fabrication des cordons de résine 30 sur leur lieu d'installation augmente le temps

d'installation desdits cordons de résine 30. Cette augmentation du temps d'installation des cordons de résine 30 est dommageable puisque de tels cordons de résine 30 présentent un temps maximal d'exposition à l'air ambiant avant de voir leurs caractéristiques se dégrader.

Afin de fabriquer et installer les cordons de résine 30 les uns à la suite des autres et limiter leur temps d'exposition à l'air ambiant, des mesures de la planéité de la surface 26 sont réalisée pour établir un schéma d'espacement. Ce schéma d'espacement définit la distance 31 séparant la face interne 26 de l'insert de coque 24 et le plan de référence 29 au droit des positions prévues pour chaque cale de rattrapage 28. Ce schéma d'espacement permet ainsi de prévoir le dimensionnement de l'épaisseur de chaque cale de rattrapage 28 en fonction de sa position.

Afin de faciliter la réalisation du schéma d'espacement, des cales de référence 32 (voir figure 12) peuvent être positionnées sur la face interne 26 de l'insert de coque 24. De telles cales de référence 3 sont par exemple fixées sur la surface interne 26 par du scotch double, de la colle ou tout autre moyen de fixation. Ces cales de référence 32 présentent une face interne située dans le plan de référence 29 et sont par exemple réalisée en bois contreplaqué ou autre. Ces cales de référence 32 sont installées sur la face interne 26 de l'insert de coque 24 à des endroits distincts des positions prévues pour les cales de rattrapage 28 afin de ne pas interférer avec le positionnement desdites cales de rattrapage 28.

Les figures 8 à 11 illustrent différents modes de réalisation de cales de rattrapages 28 en regard de différents mode d'assemblage de la cuve au niveau du dôme liquide 7.

Selon une première variante illustrée sur les figures 8 et 9, les cales de rattrapage 28 sont réalisées à l'aide des cordons de résine 30 seuls. Les cordons de résine 30 sont dimensionnés en fonction des mesures de planéité de la surface 26 de l'insert de coque 24, c'est-à-dire du schéma d'espacement. Ainsi, les cordons de résine 30 présentent une épaisseur déterminée en fonction de leur position sur la face interne 26 de l'insert de coque 24 et de la distance 31 séparant ladite face interne 26 du plan de référence 29 à cette position. Chaque cordon de résine 30 est fabriqué directement sur la face externe 27 du bloc de fermeture 20 aux dimensions déterminées par le schéma d'espacement. Les cordons de résine 30 peuvent ainsi

être réalisés les uns à la suite des autres sur la face externe 27 du bloc de fermeture 20.

L'épaisseur des cordons de résines 30 étant dimensionnée en fonction du schéma d'espacement, une distance 33 séparant lesdits cordons de résine 30 et la face interne 26 de l'insert de coque 24 est uniforme, les différences d'épaisseur des cordons de résine 30 permettant de combler les défauts de planéité de l'insert de coque 24. Ainsi, lorsque le bloc de fermeture 20 est remonté contre la face interne 26 de l'insert de coque 24, les cordons de résine 30 sont appuyé contre ladite face interne 26 sensiblement en même temps malgré les défauts de planéité de la face interne 26. Ces cordons de résine 30 peuvent subir une compression et une déformation uniforme lors de cette remontée du bloc de fermeture 20 contre l'insert de coque 24, permettant une fixation adhésive du bloc de fermeture 20 contre l'insert de coque 24. Dans cet état compressé, la face interne des cordons de résine 30 est située dans le plan de référence 29.

Les figures 10 et 11 illustrent une variante de réalisation des cales de rattrapages 28. Dans cette variante, chaque cale de rattrapage 28 comporte un cordon de résine 30 associé à une latte 34. De telles lattes 34 sont par exemple réalisées en contreplaqué. Dans cette variante, les lattes 34 sont dimensionnées en fonction du schéma d'espacement pour rattraper les défauts de planéité de la surface interne 26 de l'insert de coque 24. Les cordons de résine 30 présentent quant à eux une épaisseur uniforme.

De tels cordons de résine 30 d'épaisseur uniforme sont rapides à fabriquer puisqu'il n'est pas nécessaire de modifier l'outillage permettant leur fabrication pour adapter l'épaisseur desdits cordons de résine 30. Ainsi, ledit appareil peut fabriquer un cordon de résine 30 continu et d'épaisseur uniforme qui est découpé au fur et à mesure en fonction de la longueur désirée des cordons de résine 30 à associer aux lattes 34 des cales de rattrapage 28. Un tel appareil est par exemple une poche à résine présentant un orifice d'application ou encore un pistolet pneumatique ou électrique à résine.

La figure 10 illustre un premier mode d'assemblage de telles cales de rattrapages 28. Dans ce premier mode d'assemblage, chaque cale de rattrapage 28 est préfabriquée par assemblage de la latte 34 correctement dimensionnée et d'un

cordon de résine 30 correspondant. Chaque cale de rattrapage 28 préfabriquée est ensuite fixée sur la face externe 27 du bloc de fermeture 20 dans l'espace de stockage de la cuve. Plus particulièrement, les lattes 34 sont fixées sur la face externe 27 du bloc de fermeture 20 de sorte que les cordons de résine 30 soient intercalés entre les lattes 34 et la face interne 26 de l'insert de coque 24. Les lattes 34 sont par exemple agrafées sur la face externe 27 du bloc de fermeture 20. Du fait du dimensionnement adapté des lattes 34, la distance 33 séparant les cordons de résine 30 de la face interne 26 de l'insert de coque 24 est uniforme, malgré les défauts de planéité de ladite face interne 26.

Une fois les cales de rattrapage 28 fixées sur la face externe 27 du bloc de fermeture 20, le bloc de fermeture 20 peut être remonté contre l'insert de coque 24 comme décrit ci-dessus. Les cordons de résine 30 peuvent être compressés et déformés de façon uniforme entre les lattes 34 et la face interne 26 de l'insert de coque 24 et remplir une fonction d'adhésif de fixation du bloc de fermeture 20 sur l'insert de coque 24.

Selon une variante de ce premier mode d'assemblage, les lattes 34 ne sont pas préfabriquées mais assemblées directement dans l'espace de stockage de la cuve. Dans un premier temps, les lattes 34 correctement dimensionnées sont fabriquées et fixées sur la face externe 27 du bloc de fermeture 20 reposant dans l'espace de stockage de la cuve. Les lattes 34 sont par exemple agrafées sur la face externe 27 du bloc de fermeture, par exemple avec un écartement d'agrafage inférieur ou égal à 20 cm. Lorsque les lattes 34 sont correctement fixées sur le bloc de fermeture 20, les cordons de résine 30 sont fabriqués sur les faces externes 35 des lattes 34 ou rapportés sur lesdites faces externes 35 des lattes 34, c'est-à-dire sur la face des lattes 34 en regard de la face interne 26 de l'insert de coque 24.

Cette variante du premier mode d'assemblage permet de réduire encore le laps de temps durant lequel les cordons de résine 30 sont fabriqués sans que le bloc de fermeture 20 ne soit remonté contre l'insert de coque 24. En effet, les cordons de résine 30 sont fabriqués les uns à la suite des autres et directement positionnés sur les lattes 34 préalablement fixées sur le bloc de fermeture 20 de sorte que les cordons de résine ne restent pas en contact avec l'air ambiant durant les étapes de fixation des lattes 34 sur la face externe 27 du bloc de fermeture 20.

La figure 11 illustre un deuxième mode d'assemblage qui se distingue des autres modes d'assemblage en ce que les cales de rattrapage 28 ne sont pas fixées sur le bloc de fermeture 20 mais directement sur la face interne 26 de l'insert de coque 24. Ainsi, les cales de rattrapage 28 sont préfabriquées les unes à la suite des autres puis fixées sur la face interne 26 de l'insert de coque 24. Les cales de rattrapages 28 peuvent en outre être compressées par exemple au moyen d'un gabarit pour déformer les cordons de résine 30 et s'assurer que la face interne des lattes 34 est dans le plan de référence 29.

Afin de faciliter l'assemblage de la cuve, la fixation des cales de rattrapage 28 sur l'insert de coque 24 peut avantageusement être réalisée hors de la cuve. Ainsi, l'insert de coque 24 rapporté sur les parois 8, 9, 10 du dôme liquide 7 comporte déjà les cales de rattrapage 28 fixées sur sa face interne 26 de sorte que le bloc de fermeture 20 peut directement être remonté en direction de l'insert de coque 24 dès lors que l'insert de coque 24 est fixé sur les parois 8, 9, 10 du dôme liquide 7. Le bloc de fermeture 20 est remonté en direction de l'insert de coque 24 jusqu'à venir en contact avec les lattes 34 des cales de rattrapage 28 fixées sur l'insert de coque 24.

La fixation préalable des cales de rattrapage 28 sur l'insert de coque 24 peut être réalisée avec des cales de rattrapage 28 comportant des lattes 34 associées à des cordons de résine 30 ou bien comportant uniquement des cordons de résine 30 dimensionnés en fonction du schéma d'espacement tels que décrits ci-dessus en regard des figures 8 et 9.

La figure 12 illustre un bloc de fermeture 20 ancré sur l'insert de coque 24. Sur cette figure des tirants 35 sont installés entre l'insert de coque 24 et le bloc de fermeture 20. Ces tirants 35 permettent de remonter le bloc de fermeture 20 contre l'insert de coque 24 lorsque ce dernier est installé sur les parois 8, 9, 10 du dôme liquide 7. De tels tirants 35 comportent une tige 36 traversant l'insert de coque 24 et le bloc de fermeture 20. Dans un mode de réalisation non illustré, les tirants 35 comportent une chaîne à la place de la tige 36.

Une extrémité supérieure de ladite tige 36 porte un premier organe de blocage 37 agencé hors de l'espace interne de la structure porteuse 1. Ce premier organe de blocage 37 est par exemple un écrou vissé sur l'extrémité supérieure filetée

de la tige 36. Ce premier organe de blocage 37 est en appui sur une face externe 38 de l'insert de coque 24, ladite face externe 38 étant opposée à la face interne 26 contre laquelle est fixé le bloc de fermeture 20.

De même, une extrémité inférieure de la tige 36 porte un deuxième organe de blocage 39 agencé contre une face interne 40 du bloc de fermeture 20. Ce deuxième organe de blocage 39 est par exemple un contre-écrou en appui sur ladite face interne 40 du bloc de fermeture 20. De tels tirants 35 permettent de remonter le bloc de fermeture 20 depuis sa position de repos en appui contre l'organe de retenue 21 dans l'espace de stockage de la cuve vers sa position de fixation sur l'insert de coque 24, c'est-à-dire avec la face externe 27 du bloc de fermeture 20 située dans le plan de référence 29. L'étanchéité des membranes d'étanchéité peut également être complétée lorsque le bloc de fermeture est en position contre l'insert de coque 24 en étanchéifiant les tirants 35 et lesdites membranes d'étanchéité. De même, le premier organe de blocage 36 peut être soudé à l'insert de coque 24.

Dans un autre mode de réalisation, les tirant sont utilisés pour conserver le bloc de fermeture 20 en position durant le temps de séchage des cordons de résine 30, par exemple environ 24 heures, puis sont remplacés par des organes d'ancrage du bloc de fermeture 20 sur l'insert de coque 24 adaptés.

Avantageusement, les cales de références 32 installées sur la face interne 26 de l'insert de coque 24 afin de définir le plan de référence 29 permettent également de bloquer la remontée du bloc de fermeture 20. En effet, la remontée du bloc de fermeture 20 contre l'insert de coque 24 plaque les cordons de résine 30 contre la face interne 26 de l'insert de coque 24. Cependant, la déformation desdits cordons de résine 30 ne permet pas de bloquer de façon fiable la remontée du bloc de fermeture 20 lorsque la face externe 27 dudit bloc de fermeture 20 arrive dans le plan de référence 29. Les cales de référence 32 remplissent la fonction de butée bloquant la remontée du bloc de fermeture 20 lorsque la face externe 27 dudit bloc de fermeture 20 atteint le plan de référence 29.

La technique décrite ci-dessus pour assembler une cuve étanche et thermiquement isolante peut être utilisée dans différents types de réservoirs, par exemple pour constituer la cuve étanche et thermiquement isolante d'un réservoir de

GNL dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre.

En référence à la figure 13, une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve étanche et isolée 71 de forme générale prismatique montée dans la double coque 72 du navire. La paroi de la cuve 71 comporte une barrière étanche primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières isolante agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque 72.

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

La figure 13 représente un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 75, une conduite sous-marine 76 et une installation à terre 77. Le poste de chargement et de déchargement 75 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 74 et une tour 78 qui supporte le bras mobile 74. Le bras mobile 74 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 79 pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 73. Le bras mobile 74 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 78. Le poste de chargement et de déchargement 75 permet le chargement et le déchargement du méthanier 70 depuis ou vers l'installation à terre 77. Celle-ci comporte des cuves de stockage de gaz liquéfié 80 et des conduites de liaison 81 reliées par la conduite sous-marine 76 au poste de chargement ou de déchargement 75. La conduite sous-marine 76 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 75 et l'installation à terre 77 sur une grande distance, par exemple 5 km, ce qui permet de garder le navire méthanier 70 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et de déchargement.

Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz liquéfié, on met en œuvre des pompes embarquées dans le navire 70 et/ou des pompes équipant

l'installation à terre 77 et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de déchargement 75.

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

L'usage du verbe « comporter », « comprendre » ou « inclure » et de ses formes conjuguées n'exclut pas la présence d'autres éléments ou d'autres étapes que ceux énoncés dans une revendication. L'usage de l'article indéfini « un » ou « une » pour un élément ou une étape n'exclut pas, sauf mention contraire, la présence d'une pluralité de tels éléments ou étapes.

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