

**CUVE ETANCHE ET THERMIQUEMENT ISOLANTE COMPORTANT DES
DISPOSITIFS D'ANCRAGE DES PANNEAUX ISOLANTS PRIMAIRES SUR DES
PANNEAUX ISOLANTS SECONDAIRES**

Domaine technique

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

Des cuves étanches et thermiquement isolantes à membranes sont notamment employées pour le stockage du gaz naturel liquéfié (GNL).

10 **Arrière-plan technologique**

La demande WO2014/170588 divulgue une cuve étanche et thermiquement isolante pour le stockage de gaz naturel liquéfié, qui est intégrée dans la double coque d'un navire. Chaque paroi de cuve comporte une structure multicouche et présente successivement, dans le sens de l'épaisseur, depuis
15 l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire retenue à une structure porteuse, une membrane d'étanchéité secondaire reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire reposant contre la membrane d'étanchéité secondaire et une membrane d'étanchéité primaire destinée à être en contact avec
20 le gaz naturel liquéfié contenu dans la cuve et reposant contre la barrière thermiquement isolante primaire.

Dans le document précité, la barrière thermiquement isolante comporte une pluralité de panneaux isolants primaires qui sont ancrés sur des panneaux isolants secondaires de la barrière thermiquement isolante secondaire, au moyen de
25 dispositifs d'ancrage. Tous les dispositifs d'ancrage sont équipés d'un empilement de rondelles élastiques qui permet d'assurer un ancrage élastique des panneaux isolants primaires sur les panneaux isolants secondaires. Un tel ancrage élastique permet de maintenir les panneaux isolants primaires contre les panneaux isolants secondaires tout en autorisant de légers déplacements relatifs des panneaux
30 isolants primaires par rapport aux panneaux isolants secondaires. Ceci permet de limiter les contraintes susceptibles d'être exercées sur les panneaux isolants primaires et sur les panneaux isolants secondaires dans les zones d'ancrage.

Toutefois, une telle cuve étanche n'est pas totalement satisfaisante. En particulier, de tels dispositifs d'ancrage nécessitent un grand nombre d'empilement de rondelles Belleville, ce qui augmente le coût de la cuve équipée de tels dispositifs d'ancrage ainsi que la complexité de sa fabrication.

5 **Résumé**

Une idée à la base de l'invention consiste à proposer une cuve étanche et thermiquement isolante dans laquelle l'ancrage des panneaux isolants est réalisé de manière plus simple et plus économique.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et
10 thermiquement isolante embarquée dans un navire, le navire comportant une double coque comprenant une coque interne qui forme une structure porteuse pour la cuve étanche et thermiquement isolante et une coque externe ; la double coque présentant, dans des zones de ballast, des compartiments de ballast qui sont destinés à recevoir un liquide, tel que de l'eau de mer, et qui sont délimités entre la
15 coque interne et la coque externe ; la cuve comportant des parois de cuve qui sont retenues à la coque interne ; chacune des parois de cuve comportant successivement selon une direction d'épaisseur de la paroi de cuve au moins une barrière thermiquement isolante qui comporte des panneaux isolants retenus à la coque interne et une membrane d'étanchéité qui repose contre les panneaux
20 isolants ;
lesdites parois de cuve incluant des parois de zone de ballast qui sont retenues à la coque interne au droit d'au moins un des compartiments de ballast selon une direction d'épaisseur de ladite paroi de zone de ballast et des parois hors zone de ballast qui sont retenues à la coque interne au droit d'aucun des compartiments de
25 ballast selon la direction d'épaisseur de ladite paroi hors zone de ballast ;
au moins l'un des panneaux isolants des parois de zone de ballast étant ancré directement ou indirectement à la coque interne au moyen de premiers dispositifs d'ancrage ;
au moins l'un des panneaux isolants des parois hors-zone de ballast étant ancré
30 directement ou indirectement à la coque interne au moyen de deuxièmes dispositifs d'ancrage ;
dans laquelle les premiers dispositifs d'ancrage sont chacun équipés de n1 organes élastiques agencés pour exercer un effort élastique plaquant ledit panneau isolant de paroi de zones de ballast en direction de la coque interne tout en autorisant un

déplacement relatif, selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve, dudit panneau isolant par rapport à la structure porteuse lors de la déformation de la coque interne; n_1 étant un nombre entier supérieur ou égal à 1 ; lesdits premiers dispositif d'ancrage présentant une raideur K_1 s'opposant au déplacement relatif

5 dudit panneau isolant par rapport à la structure porteuse selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve ; et

dans laquelle les deuxièmes dispositifs d'ancrage sont chacun équipés de n_2 organes élastiques qui sont agencés pour exercer un effort élastique plaquant ledit

10 panneau isolant de paroi hors-zone de ballast en direction de la coque interne tout en autorisant un déplacement relatif dudit panneau isolant par rapport à la structure porteuse lors de la déformation de la coque interne ; n_2 est un nombre entier supérieur ou égal à 0 ; lesdits deuxièmes dispositifs d'ancrage présentant une raideur K_2 s'opposant au déplacement relatif dudit panneau isolant par rapport à la structure porteuse selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve ; la raideur K_2

15 étant supérieure à K_1 .

Il a en effet été constaté que les principaux efforts susceptibles de générer des contraintes sur les zones d'ancrage des panneaux isolants proviennent de la déformation de la coque interne dans les zones de ballast, lorsque de l'eau de mer est chargée dans les compartiments de ballast. En effet, en raison des mouvements

20 de l'eau de mer à l'intérieur des compartiments de ballast, la coque interne se déforme. Ceci entraîne des déformations des panneaux isolants, qui ont pour conséquence d'engendrer des efforts importants sur les zones d'ancrage desdits panneaux isolants. Au contraire, dans les parois hors zone de ballast, les deuxièmes dispositifs d'ancrage sont principalement soumis aux seuls efforts dus

25 aux phénomènes de contraction thermique. Toutefois, ces efforts sont bien inférieurs à ceux susceptibles d'être exercés par la déformation de la coque interne dans les parois de zone de ballast de sorte que la raideur K_2 des deuxièmes dispositifs d'ancrage peut être plus importante.

Selon d'autres modes de réalisation avantageux, une telle cuve peut

30 présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

Selon un mode de réalisation, n_2 est inférieur à n_1 . Dans ce cas, les organes élastiques des premiers dispositifs d'ancrage et ceux des deuxièmes dispositifs d'ancrage peuvent être identiques.

Selon un autre mode de réalisation, n_2 est égal à n_1 . Dans cas, les organes élastiques des premiers dispositifs d'ancrage et ceux des deuxièmes dispositifs d'ancrage sont nécessairement différents, la raideur des organes élastiques des premiers dispositifs d'ancrage étant plus faible que celle des
5 deuxièmes dispositifs d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, au moins l'un des panneaux isolants de chaque paroi de zone de ballast est ancré au moyen de premiers dispositifs d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, chacune des parois de cuve comporte
10 successivement, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire qui comporte des panneaux isolants secondaires retenus à la coque interne, une membrane d'étanchéité secondaire qui repose contre les panneaux isolants secondaires, une barrière thermiquement isolante primaire qui comporte une pluralité de panneaux isolants primaires
15 reposant contre la membrane d'étanchéité secondaire et une membrane d'étanchéité primaire qui repose contre les panneaux isolants primaires et qui est destinée à être en contact avec le gaz naturel liquéfié contenu dans la cuve.

Selon un mode de réalisation, les premiers dispositifs d'ancrage ancrent au moins l'un des panneaux isolants primaires des parois de zone de ballast sur au
20 moins l'un des panneaux isolants secondaires de ladite paroi de zone de ballast ; et les deuxièmes dispositifs d'ancrage ancrent au moins l'un des panneaux isolants primaires des parois hors-zone de ballast sur au moins l'un des panneaux isolants secondaires de ladite paroi hors-zone de ballast.

Dans un tel cas, les efforts susceptibles de générer des contraintes sur les
25 zones d'ancrage des panneaux isolants primaires sont d'autant plus importants que les panneaux isolants primaires sont disposés à cheval sur plusieurs panneaux isolants secondaires. Aussi, un ancrage plus élastique d'au moins un des panneaux isolants primaires sur au moins l'un des panneaux isolants secondaires s'avère avantageux dans les zones de ballast puisqu'un ancrage plus rigide des panneaux
30 isolants primaires dans ces zones impliquerait un renfort mécanique de ces derniers, difficile et coûteux à réaliser.

Selon un mode de réalisation, une majorité, voire la totalité des panneaux isolants primaires de chaque paroi de zone de ballast est ancrée sur les panneaux

isolants secondaires de ladite paroi de zone de ballast au moyen de premiers dispositifs d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, au moins l'un des panneaux isolants primaires de chaque paroi hors-zone de ballast est ancré sur au moins l'un des
5 panneaux isolants secondaires de ladite paroi hors-zone de ballast au moyen de deuxièmes dispositifs d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, une majorité, voire la totalité des panneaux isolants primaires de chaque paroi hors-zone de ballast est ancrée sur les panneaux isolants secondaires de ladite paroi hors-zone de ballast au moyen de deuxièmes
10 dispositifs d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, les premiers dispositifs d'ancrage ancrent au moins l'un des panneaux isolants secondaires des parois de zone de ballast sur la coque interne ; et les deuxièmes dispositifs d'ancrage ancrent au moins l'un des panneaux isolants secondaires des parois hors-zone de ballast sur la coque interne.

15 Selon un mode de réalisation, une majorité, voire la totalité des panneaux isolants secondaire de chaque paroi de zone de ballast est ancrée au moyen de premiers dispositifs d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, une majorité, voire la totalité des panneaux isolants primaires de chaque paroi hors-zone de ballast est ancrée au moyen de
20 deuxièmes dispositifs d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, les premiers dispositifs d'ancrage ancrent au moins l'un des panneaux isolants primaires des parois de zone de ballast sur la coque interne et les deuxièmes dispositifs d'ancrage ancrent au moins l'un des panneaux isolants primaires des parois hors-zone de ballast sur la coque interne.

25 Selon un mode de réalisation, les premiers et deuxièmes dispositifs d'ancrage comportent chacun un goujon qui est ancré directement ou indirectement à la coque interne et un organe de retenue qui est monté sur le goujon ; ledit organe de retenue étant retenu sur le goujon et coopérant avec une surface d'appui dudit panneau isolant ancré par ledit premier ou deuxième dispositif d'ancrage de
30 manière à le retenir vers la coque interne.

Selon un mode de réalisation, chaque goujon est ancré sur l'un des panneaux isolants secondaires.

Selon un mode de réalisation, le goujon est ancré sur une face interne dudit panneau isolant secondaire, c'est-à-dire sur une face du panneau isolante secondaire en regard de la membrane d'étanchéité secondaire.

Selon un mode de réalisation, le goujon présente un filetage coopérant
5 avec un écrou qui retient l'organe de retenue vers la coque interne.

Selon un mode de réalisation, chaque organe élastique est une rondelle élastique, telle qu'une rondelle Belleville, qui est engagées sur le goujon, entre l'écrou et l'organe de retenue, de manière à assurer un effort élastique plaquant l'organe de retenue contre la surface d'appui.

10 Selon un mode de réalisation, les premiers dispositifs d'ancrage comportent un manchon entretoise qui est enfilé sur le goujon respectif et retenu vers la coque interne par l'écrou, ledit manchon entretoise comportant une portion cylindrique qui est emmanchée à l'intérieur des rondelles élastiques de manière à les centrer et une collerette annulaire qui plaque lesdites rondelles élastiques contre
15 l'organe de retenue.

Selon un mode de réalisation, chaque deuxième dispositif d'ancrage comporte un manchon entretoise qui est enfilé sur le goujon respectif et retenu vers la structure porteuse par l'écrou et le manchon entretoise comporte une collerette en appui contre l'organe de retenue.

20 Selon un mode de réalisation, les deuxièmes dispositifs d'ancrage sont dépourvus d'organes élastiques et sont ainsi agencés pour assurer un ancrage rigide.

Selon un mode de réalisation, le manchon entretoise de l'un des premiers dispositifs d'ancrage et le manchon entretoise de l'un des deuxièmes dispositifs
25 d'ancrage sont identiques, la collerette desdits manchons entretoises étant décentrée par rapport au milieu du manchon entretoise de sorte à définir une portion cylindrique de centrage présentant une longueur supérieure à une demi-longueur du manchon entretoise, le manchon entretoise dudit premier dispositif d'ancrage et la manchon entretoise dudit deuxième dispositif d'ancrage présentant une orientation
30 inversée de telle sorte que la portion cylindrique de centrage du premier dispositif d'ancrage passe au travers des n1 rondelles élastiques dudit premier dispositif d'ancrage et que la portion cylindrique de centrage du deuxième dispositif d'ancrage soit disposée entre la collerette et l'écrou.

Selon un mode de réalisation, la collerette est agencée à une extrémité du manchon entretoise.

Selon un mode de réalisation, le manchon entretoise de l'un des premiers dispositifs d'ancrage et le manchon entretoise de l'un des deuxièmes dispositifs d'ancrage sont identiques, la collerette desdits manchons entretoises étant décentrée par rapport au milieu du manchon entretoise et délimitant deux portions cylindriques de longueurs différentes, la portion cylindrique ayant la longueur la plus grande du manchon entretoise du premier dispositif d'ancrage passant au travers des rondelles élastiques dudit premier dispositif d'ancrage tandis que la portion cylindrique ayant la longueur la plus petite du manchon entretoise du deuxième dispositif d'ancrage passe au travers d'un alésage de l'organe de retenue.

Selon un mode de réalisation, chaque panneau isolant primaire comprend une plaque rigide externe et une couche de mousse polymère isolante qui est fixée sur la plaque rigide externe, la couche de mousse polymère isolante présentant un évidement qui s'étend dans l'épaisseur de la couche de mousse polymère isolante et qui ménage la surface d'appui sur la plaque rigide externe.

Selon un mode de réalisation, la plaque rigide externe débord de la couche de mousse polymère isolante en bordure de chaque panneau isolant primaire de manière à ménager en bordure de chaque panneau isolant primaire des surfaces d'appui qui coopèrent chacune avec un organe de retenu de l'un des premiers et deuxièmes dispositifs d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, chaque panneau isolant primaire est disposé à cheval sur au moins quatre panneaux isolants secondaires.

Selon un mode de réalisation, la raideur équivalente des organes élastiques de chaque premier dispositif d'ancrage est inférieure à la raideur équivalente des organes élastiques de chaque deuxième dispositif d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, lesdites parois de cuve incluent en outre des parois mixtes qui présentent une partie au droit d'aucun des compartiments de ballast et une partie au droit d'au moins un des compartiments de ballast ; et au moins l'un des panneaux isolants des parois mixtes est ancré directement ou indirectement à la coque interne au moyen de deuxièmes dispositifs d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, la cuve présente une forme générale polyédrique et comporte une paroi supérieure, une paroi inférieure, des parois transversales avant et arrière s'étendant transversalement à la direction longitudinale du navire et des parois latérales, la paroi supérieure, la paroi inférieure
5 et les parois latérales s'étendant, selon la direction longitudinale du navire et reliant les parois transversales avant et arrière ; la paroi transversale avant, la paroi transversale arrière et la paroi supérieure étant chacune l'une des parois hors zone de ballast.

Selon un mode de réalisation, la cuve comporte au moins quatre parois
10 latérales, deux desdites parois latérales étant des parois latérales verticales et deux desdites parois latérales étant des parois latérales obliques supérieures qui relient chacune la paroi supérieure à l'une desdites parois latérales verticales.

Selon un mode de réalisation, lesdites deux parois latérales obliques supérieures étant chacune l'une des parois mixtes. La coque interne au niveau des
15 parois latérales obliques supérieures est moins sollicitée par le ballast que dans les parois de ballast. En effet, d'une part, les parois latérales obliques supérieures ne sont que partiellement en contact avec des compartiments de ballast. D'autre part, la pression hydrostatique dans les compartiments de ballast au droit desdites parois latérales obliques supérieures est plus limitée. Dès lors, les parois latérales obliques
20 supérieures peuvent être munies de deuxièmes dispositifs d'ancrage comme les parois hors zone de ballast.

Selon un mode de réalisation, les autres parois de cuve, c'est-à-dire la paroi inférieure, les parois latérales verticales et les parois obliques inférieures, sont des parois de zones de ballast.

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

30 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, la double coque comportant une coque interne formant la structure porteuse de la cuve.

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

- 5 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 canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage
10 flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

Brève description des figures

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

- **La figure 1** est une vue écorchée en perspective de la double coque d'un navire et d'une cuve étanche et thermiquement isolantes fixée à l'intérieur de ladite double coque.

- **La figure 2** est une vue en perspective, en coupe, de la double coque
20 d'un navire et illustrant des compartiments de ballast à l'intérieur desquels est reçu de l'eau de mer afin de stabiliser le navire.

- **La figure 3** est une vue en perspective, écorchée, d'une paroi de cuve.

- **La figure 4** est une vue schématique partielle d'une cuve étanche et
25 thermiquement isolante de stockage qui illustre les zones de ballast et les zones hors-ballast.

- **La figure 5** est une vue schématique d'un dispositif d'ancrage pour ancrer les panneaux isolants primaires des parois de zone de ballast selon un premier mode de réalisation.

- 30 - **La figure 6** est une vue détaillée du manchon entretoise du dispositif d'ancrage de la figure 5.

- **La figure 7** est une vue schématique d'un dispositif d'ancrage pour ancrer les panneaux isolants primaires des parois de zone de ballast selon un deuxième mode de réalisation.

5 - **La figure 8** est une vue schématique d'un dispositif d'ancrage pour ancrer les panneaux isolants primaires des parois hors zone de ballast selon un premier mode de réalisation.

- **La figure 9** est une vue schématique d'un dispositif d'ancrage pour ancrer les panneaux isolants primaires des parois hors zone de ballast selon un deuxième mode de réalisation.

10 - **La figure 10** est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier comportant des parois telles que représentées sur la figure 3 et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

- **La figure 11** est une vue en perspective, écorchée, d'une paroi d'une cuve selon un autre mode de réalisation.

15 - **La figure 12** est une vue schématique d'un dispositif d'ancrage pour ancrer les panneaux isolants primaires et secondaires des parois de zone de ballast selon un troisième mode de réalisation.

20 - **La figure 13** est une vue schématique d'un dispositif d'ancrage pour ancrer les panneaux isolants primaires et secondaires des parois hors zone de ballast selon un troisième mode de réalisation.

Description détaillée de modes de réalisation

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

25 En relation avec les figures 1 et 2, l'on observe la double coque 1 d'un navire. La double coque 1 comporte une coque externe 2 et une coque interne 3 qui forme la structure porteuse pour une cuve 4 étanche et thermiquement isolante à membranes. La coque interne 3 comporte une pluralité de parois définissant la forme générale de la cuve 4, habituellement une forme polyédrique. La coque
30 interne 3 et la coque externe 2 sont reliées l'une à l'autre par une pluralité de tôles métalliques 5.

Comme illustré sur la figure 2, la double coque 1 présente, dans sa partie inférieure, des zones de ballast 6 dans lesquelles des compartiments de ballast 7 sont ménagés. Les compartiments de ballast 7 sont ménagés entre la coque interne 3 et la coque externe 2 de la double coque 1. Les compartiments de ballast 7 sont destinés à recevoir un liquide, tel que de l'eau de mer. Ces compartiments de ballast 7 sont notamment chargés en eau de mer, lorsque la ou les cuves du navire sont peu remplies, afin d'assurer la stabilité du navire.

Sur la figure 4, l'on observe la forme générale polyédrique d'une cuve 4 selon un mode de réalisation. La cuve 4 comporte une pluralité des parois 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 qui sont chacune disposées contre une paroi respective de la coque interne 3. La cuve 4 comporte une paroi supérieure 8 et une paroi inférieure 9 horizontales ainsi que deux parois transversales, avant et arrière 10, horizontales. Sur la figure 4, la paroi transversale avant n'est pas représentée. Les deux parois transversales 10 s'étendent chacun dans un plan qui est perpendiculaire à la direction longitudinale du navire. La cuve 4 comporte également des parois latérales 11, 12, 13, 14, 15, 16. Les parois supérieure 8, inférieure 9, et latérales 11, 12, 13, 14, 15, 16 s'étendent selon la direction longitudinale du navire et relient les parois transversales avant et arrière 10, l'une à l'autre. Dans le mode de réalisation représenté, les parois transversales 10 sont de forme octogonale. Aussi, les parois latérales incluent deux parois latérales verticales 13, 14, deux parois latérales obliques supérieures 15, 16 qui relient chacune l'une des parois latérales verticales 13, 14 à la paroi supérieure 8 et deux parois latérales obliques inférieures 11, 12 qui relient chacune l'une des parois latérales verticales 13, 14 à la paroi inférieure 9.

Les parois de cuve 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, incluent des parois de zone de ballast qui sont retenues à la coque interne 3 dans les zones de ballast 6 de la double coque 1, c'est-à-dire au droit des compartiments de ballast 7, des parois hors zone de ballast qui sont retenues à la coque interne 3 en dehors des zones de ballast 6 de la double coque 1, c'est-à-dire au droit d'aucun des compartiments de ballast 7 et des parois mixtes 15, 16 dont seule une partie est retenue à la coque interne au droit des compartiments de ballast 7. Sur la figure 4, les parois de zone de ballast sont hachurées tandis que les parois hors zone de ballast sont vierges et les parois mixtes présentent des +. En d'autres termes, la paroi inférieure 9, les parois latérales verticales 13, 14 ainsi que les parois latérales obliques inférieures 11, 12 sont des parois de zone de ballast tandis que la paroi supérieure 8, les parois

transversales avant et arrière 10 sont des parois hors zone de ballast. Les parois latérales obliques supérieures 15, 16 sont quant à elles des parois mixtes. Les parois de zones de ballast sont susceptibles de subir des contraintes plus importantes que les parois hors zone de ballast, en raison des déformations de la coque interne 3 dans les zones de ballast 6, lorsque de l'eau de mer est chargée dans les compartiments de ballast 7.

Sur la figure 3, on a représenté la structure multicouche de chacune des parois d'une cuve selon un mode de réalisation. Chaque paroi comporte successivement, dans le sens de l'épaisseur, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire 17 retenue à la coque interne 3, une membrane d'étanchéité secondaire 18 reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire 17, une barrière thermiquement isolante primaire 19 reposant contre la membrane d'étanchéité secondaire 18 et une membrane d'étanchéité primaire 20 destinée à être en contact avec le gaz naturel liquéfié contenu dans la cuve.

La barrière thermiquement isolante secondaire 17 comporte une pluralité de panneaux isolants secondaires 21 ancrés à la coque interne 3 au moyen de cordons de résine, non illustrés, et/ou de goujons, non illustrés, soudés sur la coque interne 3. Les panneaux isolants secondaires 21 présentent sensiblement une forme de parallélogramme rectangle et sont juxtaposés selon des rangées parallèles et séparées les uns des autres par des interstices 22 garantissant un jeu fonctionnel de montage. Les interstices 22 sont comblés avec une garniture calorifuge telle que de la laine de verre, de la laine de roche ou de la mousse synthétique souple à cellules ouvertes par exemple. Les panneaux isolants secondaires 21 comportent chacun une couche de mousse polymère isolante 24 prise en sandwich entre une plaque rigide interne 25 et une plaque rigide externe 26. Les plaques rigides, interne 25 et externe 26, sont, par exemple, des plaques de bois contreplaqué collées sur ladite couche de mousse polymère isolante 24. La mousse polymère isolante peut notamment être une mousse à base de polyuréthane.

La membrane d'étanchéité secondaire 18 comporte une pluralité de tôles métalliques ondulées ayant chacune une forme sensiblement rectangulaire. Les tôles métalliques ondulées sont disposées de manière décalée par rapport aux panneaux isolants secondaires 21 de la barrière thermiquement isolante secondaire 17 de telle sorte que chacune desdites tôles métalliques ondulées s'étende

conjointement sur quatre panneaux isolants secondaires 21 adjacents. Les ondulations font saillie vers l'extérieur de la cuve 4, c'est-à-dire en direction de la coque interne 3. Les ondulations des tôles métalliques ondulées sont logées dans des rainures ménagées dans la plaque rigide interne 25 des panneaux isolants secondaires 21.

Les tôles métalliques ondulées adjacentes sont soudées entre elles à recouvrement. En outre, les tôles métalliques ondulées sont soudées sur des platines métalliques 23 qui sont fixées sur la plaque rigide interne 25 des panneaux isolants secondaires 21. Les tôles métalliques ondulées comportent le long de leurs bords longitudinaux et au niveau de leurs quatre coins des découpes permettant le passage de goujons 27 qui sont fixés sur les plaques rigides internes 25 des panneaux isolants secondaires 21 et qui sont destinés à assurer la fixation de la barrière thermiquement isolante primaire 19 sur la barrière thermiquement isolante secondaire 17.

Par ailleurs, la barrière thermiquement isolante primaire 19 comporte une pluralité de panneaux isolants primaires 28 de forme sensiblement parallélépipédique rectangle. Dans le mode de réalisation représenté, les panneaux isolants primaires 28 sont décalés par rapport aux panneaux isolants secondaires 21 de la barrière thermiquement isolante secondaire 17 de telle sorte que chaque panneau isolant primaire 28 s'étende sur quatre panneaux isolants secondaires 21.

Chaque panneau isolant primaire 28 présente une couche de mousse polymère isolante 29, par exemple à base de polyuréthane, qui est prise en sandwich entre deux plaques rigides, à savoir une plaque rigide externe 30 et une plaque rigide interne 31. Les plaques rigides, externe 30 et interne 31, sont par exemple en bois contreplaqué.

La plaque rigide interne 31 de chaque panneau isolant primaire 28 est équipée de platines métalliques 32 pour l'ancrage des tôles métalliques ondulées de la membrane d'étanchéité primaire 20. La membrane d'étanchéité primaire 20 est obtenue par l'assemblage d'une pluralité de tôles métalliques ondulées. Les tôles métalliques ondulées présentent chacune une forme sensiblement rectangulaire. Les ondulations font saillie vers l'intérieur de la cuve.

Dans le mode de réalisation représenté, chaque panneau isolant primaire 28 comporte un ou plusieurs évidements 33 le long de chacun de ses deux bords

longitudinaux et un évidement 34 au niveau de chacun de ses coins. Chaque évidement 33, 34 traverse la plaque rigide interne 31 et s'étend sur toute l'épaisseur de la couche de mousse polymère isolante 29. Au niveau de chacun des évidements 33, 34, la plaque rigide externe 30 débordé par rapport à la couche de

5 mousse polymère isolante 29 et à la plaque rigide interne 31 de manière à former une zone d'appui coopérant avec un dispositif d'ancrage. Chaque évidement 33 formé le long d'un bord de l'un des panneaux isolants primaires 28 est disposé en regard d'un évidement 33 formé dans le bord en vis-à-vis d'un panneau isolant primaire 28 adjacent. Ainsi, un unique dispositif d'ancrage peut coopérer avec deux

10 surfaces d'appui appartenant respectivement à l'un et à l'autre des deux panneaux isolants primaires 28 adjacents. En outre, chaque évidement 34 ménagé au niveau de l'un des coins des panneaux isolants primaires 28 débouche en regard des évidements 34 ménagés au niveau des coins adjacents des trois panneaux isolants primaires 28 adjacents. Les quatre évidements 34 forment ainsi ensemble un

15 logement en forme de croix. Dès lors, un unique dispositif d'ancrage peut coopérer avec les quatre surfaces d'appui des quatre panneaux isolants primaires 28 adjacents.

Dans un autre mode de réalisation non représenté, les évidements ne sont pas formés au niveau des bords des panneaux isolants primaires 28. Dans ce cas,

20 les évidements sont chacun formés par une cheminée, par exemple cylindrique, qui traverse la plaque rigide interne 30 et la couche de mousse polymère isolante 29. La plaque rigide externe 30 qui constitue le fond de l'évidement est alors équipée d'un orifice destiné au passage d'un goujon 27 et est destinée à former une surface d'appui coopérant avec un dispositif d'ancrage.

25 La figure 5 illustre de manière détaillée un premier dispositif d'ancrage 35 qui assure l'ancrage des panneaux isolants primaires 28 sur les panneaux isolants secondaires 21, dans les parois de zone de ballast.

Chaque premier dispositif d'ancrage 35 comporte un goujon 27 qui est fixé sur la plaque rigide interne 25 de l'un des panneaux isolants secondaires 21.

30 Dans le mode de réalisation représenté, une platine d'ancrage 36 est reçue dans un logement ménagé dans la plaque rigide interne 25. En outre, la plaque rigide interne 36 comporte un rebord 37 qui recouvre une portion de la platine d'ancrage 36 de manière à retenir la platine d'ancrage 6 contre la couche de

mousse polymère isolante 24. Toutefois, la platine d'ancrage 36 peut être fixée sur la surface interne des panneaux isolants secondaires 21 par tout autre moyen, par exemple par collage.

Par ailleurs, le goujon 27 traverse un orifice ménagé dans la membrane d'étanchéité secondaire 18, par exemple au niveau de découpes ménagées dans les bords de deux tôles métalliques adjacentes de la membrane d'étanchéité secondaire 18.

Le goujon 27 présente une extrémité fileté qui coopère avec un alésage fileté ménagé dans la platine d'ancrage 36, de manière à solidariser ledit goujon 27 au panneau isolant primaire 28. Le goujon 27 comporte un épaulement 38 qui vient en appui en direction de la coque interne 3 contre la membrane d'étanchéité secondaire 18 en bordure dudit orifice. La membrane d'étanchéité secondaire 18 est en outre soudée de manière étanche à la platine d'ancrage autour dudit goujon 17 de manière à assurer la continuité de l'étanchéité.

Chaque premier dispositif d'ancrage 35 comporte en outre un organe de retenue 39 fixé sur le goujon 27. Pour ce faire, l'organe de retenue 39 comporte un alésage enfilé sur le goujon 27. L'organe de retenue 39 comporte des pattes 40 qui sont chacune logées à l'intérieur de l'un des évidements 34. Ainsi, au niveau des coins des panneaux isolants primaires 28, l'organe de retenue 39 présente une forme de x comprenant quatre pattes 40 qui sont chacune logées à l'intérieur d'un évidement 34 de l'un des quatre panneaux isolants primaires 28 adjacents. Dans le mode de réalisation représenté, l'organe de retenue 39 est cintré de sorte que la zone centrale de l'organe de retenue 39 présentant l'alésage au travers duquel passe le goujon 27 n'est pas dans le même plan que les pattes 40.

Chaque patte 40 de l'organe de retenue 39 vient en appui contre l'une des surfaces d'appui 41, c'est-à-dire une portion de la plaque rigide externe 30 débordant par rapport à la plaque rigide interne 31 et à la couche de mousse polymère isolante 29, de telle sorte que chaque surface d'appui 41 soit prise en sandwich entre l'une des pattes 40 de l'organe de retenue 39 et la membrane d'étanchéité secondaire 18.

Un écrou 42 coopère avec un filetage du goujon 27 de manière à assurer la fixation de l'organe de retenue 39 sur le goujon 27. L'écrou 42 est associé à une rondelle de serrage 43, également montée sur le goujon 27. En outre, le dispositif

premier d'ancrage 35 comporte n1 rondelles élastiques 44, telle que des rondelles Belleville, qui sont enfilées sur le goujon 27, entre l'écrou 42 et l'organe de retenue 39, ce qui permet d'assurer un ancrage élastique des panneaux isolants primaires 28 sur les panneaux isolants secondaires 21. n1 est un nombre entier supérieur ou égal à 1.

Par ailleurs, le premier dispositif d'ancrage 35 comporte également un manchon entretoise 45, optionnel, illustrée de manière détaillée sur la figure 6, qui permet notamment d'assurer un centrage relatif des rondelles élastiques 44. Pour ce faire, le manchon entretoise 45 est enfilé sur le goujon 27 entre les rondelles élastiques 44 et la rondelle de serrage 43. Le manchon entretoise 45 comporte deux portions cylindriques 46, 47 disposées de part et d'autre d'une collerette 48. La collerette 48 n'est pas centrée au milieu du manchon entretoise 45 de sorte que ladite collerette 48 délimite deux portions cylindriques 46, 47 de longueur différente. Les deux portions cylindriques 46, 47 présentent chacune un diamètre externe qui est, d'une part, inférieur au diamètre interne des rondelles élastiques 44 et, d'autre part, inférieur au diamètre de l'alésage de l'organe de retenue 39 au travers duquel passe le goujon 27. Le diamètre externe des portions cylindriques 46, 47 est toutefois supérieur au diamètre interne de la rondelle de serrage 43. Par ailleurs, la collerette 48 présente un diamètre externe qui est supérieur au diamètre interne des rondelles élastiques 44. Ainsi, comme représenté sur la figure 5, la portion cylindrique 47 du manchon entretoise 45 est insérée à l'intérieur des rondelles élastiques 44 de sorte à assurer leur centrage. En outre, l'écrou 42 est en appui contre la portion cylindrique 46 du manchon entretoise 45 via la rondelle de serrage 43 et les rondelles élastiques 44 sont ainsi comprimées entre la collerette 48 et l'organe de retenue 39.

La figure 7 illustre de manière détaillée un premier dispositif d'ancrage 49 qui assure l'ancrage des panneaux isolants primaires 28 sur les panneaux isolants secondaires 21, dans les parois de zone de ballast, selon un deuxième mode de réalisation. Dans ce mode de réalisation, l'évidement 51 n'est pas ménagé au niveau du bord d'un panneau isolant primaire 28 et est constitué d'une cheminée traversant la plaque rigide interne 31 et la couche de mousse polymère isolante 29 du panneau isolant primaire 28. Dans ce mode de réalisation, le goujon 27 du dispositif d'ancrage 49 passe au travers d'un orifice ménagé dans la plaque rigide externe 30. Le premier dispositif d'ancrage 49, illustré sur la figure 7, ne diffère du

dispositif d'ancrage 35 décrit en relation avec les figures 5 et 6 que par la forme de l'organe de retenue 50. En effet, dans ce mode de réalisation, l'organe de retenue 50 est une rondelle qui est enfilée sur le goujon 27 et qui est prise en sandwich entre les rondelles élastiques 44 et une zone d'appui 41 de la plaque rigide interne 30 du panneau isolant primaire 28.

La figure 8 illustre de manière détaillée un deuxième dispositif d'ancrage 52 qui assure l'ancrage des panneaux isolants primaires 28 sur les panneaux isolants secondaires 21, dans les parois hors zone de ballast, selon un premier mode de réalisation. Le deuxième dispositif d'ancrage 52 ne diffère du premier dispositif d'ancrage 35 décrit en relation avec les figures 5 et 6 qu'en ce qu'il est dépourvu de rondelles élastiques 44 agissant entre l'écrou 42 et l'organe de retenue 39. Dès lors, la collerette 48 du manchon entretoise 45 est directement en appui contre l'organe de retenue 39.

Ainsi, le deuxième dispositif d'ancrage 52 assure un ancrage rigide des panneaux isolants primaires 28 sur les panneaux isolants secondaires 21. Dans les parois hors zone de ballast, les deuxième dispositifs d'ancrage 52 sont principalement soumis aux efforts dus aux phénomènes de contraction thermique. Lors de la mise en froid de la cuve 4, c'est-à-dire lorsque du gaz naturel liquéfié est chargé dans la cuve 4, les panneaux isolants primaires 28 et secondaires 21 ainsi que les goujons 27 sont soumis au phénomène de contraction thermique. Il convient de noter que l'amplitude du déplacement relatif des pattes de l'organe de retenue 39 par rapport à la surface d'appui 41 des panneaux isolants primaires 28 qui serait susceptible de se produire en raison du phénomène de contraction thermique si les deuxième dispositifs d'ancrage assuraient un ancrage élastique est extrêmement faible. En effet, cette amplitude ne dépend que de la différence de contraction selon la direction d'épaisseur de la cuve, entre, d'une part, la portion du goujon 27 s'étendant entre la platine d'ancrage 37 et l'organe de retenue 39 et, d'autre part, la plaque rigide externe 40. La longueur de la portion de goujon 27 concerné ainsi que l'épaisseur de la plaque rigide externe 40 étant relativement faibles, l'amplitude du déplacement relatif dû au phénomène de contraction thermique est de l'ordre du centième de mm et peut par conséquent être négligé. Ainsi, la présence de rondelles élastiques ne s'avère donc pas nécessaire pour compenser ce différentiel de contraction. Une légère déformation de la plaque rigide externe 30 par l'organe de retenue 39 lors de la mise en place du dispositif d'ancrage 52 s'avérant

suffisante pour continuer à assurer un maintien du panneau isolant primaire 28 même après la mise en froid.

La figure 9 illustre de manière détaillée un deuxième dispositif d'ancrage 53 qui assure l'ancrage des panneaux isolants primaires 28 sur les panneaux isolants secondaires 21, dans les parois hors zone de ballast, selon un second mode de réalisation. Le deuxième dispositif d'ancrage 53 vise ici à être disposé au niveau d'un évidement 53, tel que décrit en relation avec la figure 7. Le deuxième dispositif d'ancrage 53 diffère du premier dispositif d'ancrage 49, illustré sur la figure 7, en ce qu'il est dépourvu de rondelles élastiques. Dès lors, la collerette 48 du manchon entretoise 45 est directement en appui contre l'organe de retenue 50.

On observe en outre qu'un manchon entretoise 45 identique à celui divulgué sur la figure 6 est utilisé dans ce mode de réalisation. Toutefois, l'orientation dudit manchon entretoise 45 est inversée par rapport à son orientation des figures 5 et 7. En effet, en prévoyant un manchon entretoise 45 dont la collerette 48 n'est pas centrée longitudinalement, le manchon entretoise 45 est réversible et peut au choix être utilisé en orientant la portion cylindrique 47 présentant la longueur la plus grande vers la barrière thermiquement isolante secondaire 17 lorsque le dispositif d'ancrage est équipé de rondelles élastiques 44 (comme illustré sur les figures 5 et 6) ou, au contraire en orientant la portion cylindrique 46 présentant la longueur la plus petite vers la barrière thermiquement isolante secondaire 17 lorsque le dispositif d'ancrage est dépourvu de rondelles élastiques et que la collerette 48 du manchon entretoise 45 est directement en contact contre l'organe de retenue 39 (comme illustré sur la figure 9). Ainsi, ce manchon entretoise 45 standard peut être utilisé que le dispositif d'ancrage soit pourvu ou pas de rondelles élastiques.

Par ailleurs, de manière avantageuse, des bouchons isolants, non illustrés ; sont positionnées dans les évidements 33, 34, 51 après le montage des dispositifs d'ancrage 35, 49, 52, 53 de manière à assurer la continuité de la barrière thermiquement isolante primaire 19 au niveau desdits évidements 33, 34, 51.

Dans un autre mode de réalisation, le deuxième dispositif d'ancrage 53 est également susceptible de comporter des rondelles élastiques. Toutefois, dans tous les cas, la raideur K1 des premiers dispositifs d'ancrage s'opposant au déplacement relatif du panneau isolant respectif selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve

est strictement inférieure à la raideur K2 correspondante des deuxièmes dispositifs d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, le deuxième dispositif d'ancrage comporte n2 rondelles élastiques avec n2 un nombre entier inférieur à n1. Ainsi, les deux
5 dispositifs d'ancrage sont susceptibles d'utiliser des rondelles élastiques identiques, ce qui facilite la fabrication de la cuve.

Selon d'autres modes de réalisation, les rondelles élastiques du deuxième dispositif d'ancrage et celles du premier dispositif d'ancrage sont différentes. Dans ce cas, les nombres n2 et n1 peuvent également être égaux.

10

Les panneaux isolants primaires 28 des parois mixtes, c'est-à-dire des parois latérales obliques supérieures 15, 16 sont également susceptibles d'être ancrés au moyen de deuxièmes dispositifs d'ancrages, selon l'une des variantes décrites ci-dessus.

15 Sur la figure 12, on a représenté la structure multicouche d'une paroi d'une cuve selon un autre mode de réalisation.

La barrière thermiquement isolante secondaire comporte 17 une pluralité de panneaux isolants secondaires 21 juxtaposés. Chaque panneau isolant secondaire 21 est constitué d'une boîte parallélépipédique, par exemple en bois
20 contreplaqué, qui comporte une plaque de fond 54, une plaque de couvercle 55 et des cloisons 56 qui s'étendent selon la direction d'épaisseur de la paroi entre la plaque de fond 54 et la plaque de couvercle 55 et qui définissant des compartiments remplis d'une garniture isolante, tel que de la perlite par exemple. Les plaques de fond 54 débordent latéralement sur deux côtés opposés du caisson de façon que
25 dans chaque angle du caisson sur cette partie débordante soient fixés des tasseaux 57.

La barrière thermiquement isolante primaire 19 comporte également une pluralité de panneaux isolants primaires 28 juxtaposés. Les panneaux isolants primaires 28 présentent une structure sensiblement similaire à celle des panneaux
30 isolants secondaires 21. Les panneaux isolants primaires 28 présentent des dimensions identiques à celles des panneaux isolants secondaires 21 à l'exception de leur épaisseur selon la direction d'épaisseur de la cuve qui est susceptible d'être

plus faible que celle des panneaux isolants secondaires 21. Les plaques de fond 58 des panneaux isolants primaires 28 débordent latéralement sur deux côtés opposés du caisson de façon que dans chaque angle du caisson sur cette partie débordante soient fixés des tasseaux 59.

5 La membrane d'étanchéité secondaire 18 comporte une nappe continue de virures métalliques à bord relevés. Les virures sont soudées par leurs bords relevés sur des supports de soudure parallèles qui sont fixés dans des rainures ménagées sur les plaques de couvercle 55 des panneaux isolants secondaires 21. La membrane d'étanchéité primaire 20 présente une structure similaire et comporte
10 une nappe continue de virures métalliques à bords relevés. Les virures sont soudées par leurs bords relevés sur des supports de soudures parallèles qui sont fixés dans des rainures ménagées sur les plaques de couvercle des panneaux isolants primaires 28.

Les virures métalliques sont, par exemple, réalisées en Invar ® : c'est-à-dire un alliage de fer et de nickel dont le coefficient de dilatation est typiquement
15 compris entre $1,2 \cdot 10^{-6}$ et $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

La figure 12 illustre un premier dispositif d'ancrage 60 pour ancrer les panneaux isolants primaires 28 et secondaires 21 des parois de zones de ballast. Le premier dispositif d'ancrage 60 comporte une douille 61 qui est fixée à la coque
20 interne 3 au niveau de quatre coins de quatre panneaux isolants primaires 21 adjacents. Chaque douille 61 loge un écrou 62 dans lequel vient se visser l'extrémité inférieure d'un goujon 63. Le premier dispositif d'ancrage 60 comporte en outre un organe de retenu 64 fixé sur le goujon 63. Pour ce faire, l'organe de retenue 64 présente un alésage qui est enfilé sur le goujon 63. L'organe de retenue
25 64 est par exemple une platine métallique. L'organe de retenue 64 vient en appui contre les tasseaux 57 de manière à retenir les panneaux isolants secondaires 21 contre la coque interne 3. Un écrou 65 coopère avec un filetage du goujon 63 de manière à assurer la fixation de l'organe de retenue 64 sur le goujon 63. Par ailleurs, le premier dispositif d'ancrage 60 comporte un ensemble de n1 rondelles
30 élastiques 66 avec n1 un nombre entier supérieur ou égal à 1. Les rondelles élastiques 66 sont par exemple des rondelles Belleville. Les rondelles élastiques 66 sont enfilées sur le goujon 63 entre l'écrou 65 et l'organe de retenue 64 ce qui permet d'assurer un ancrage élastique des panneaux isolants secondaires 21 sur la coque interne 3.

Dans le mode de réalisation représenté, l'écrou 65 comporte une portion cylindrique de centrage 67 qui est insérée à l'intérieur des rondelles élastiques 66 de sorte à assurer leur centrage. En outre, dans le mode de réalisation représenté, une rondelle de verrouillage 68 est soudée localement sur le goujon 63, au-dessus
5 de l'écrou 65, de sorte à fixer en position l'écrou 65 sur le goujon 63.

Par ailleurs, le premier dispositif d'ancrage 60 comporte une platine 69 qui est fixée à l'organe de retenue 64. Un élément d'entretoise 82, par exemple, en bois est disposé entre l'organe de retenue 64 et la platine 69. L'élément d'entretoise 82 présente une épaisseur telle que la platine 69 affleure le panneau de couvercle 55
10 des panneaux isolants secondaires 21. L'élément d'entretoise 82 comporte un logement central destiné à recevoir l'extrémité supérieure du goujon 63, l'écrou 65, la rondelle de verrouillage 68 et les rondelles élastiques 66. L'élément d'entretoise 82 comporte également des alésages destinés à être traversés par des vis 83 qui permettent de solidariser la platine 69 à l'organe de retenue 64.

Par ailleurs, la platine 69 comporte un alésage fileté central qui reçoit l'embase fileté d'un goujon 84. Le goujon 84 traverse un perçage ménagé au travers une virure de la membrane d'étanchéité secondaire 18. Le goujon 84 présente une collerette 85 qui est soudée à sa périphérie, autour du perçage, pour assurer l'étanchéité de la membrane d'étanchéité secondaire 18. Le goujon 84 présente une
15 extrémité supérieure filetée sur laquelle est visé un écrou 87 pour assurer le serrage d'un organe de retenue 86 contre les tasseaux 59 des panneaux isolants primaires 28. Le premier dispositif d'ancrage 60 comporte également au moins une ou plusieurs rondelles élastiques 88, telles que des rondelles Belleville, qui sont enfilées sur le goujon 84 entre l'écrou 87 et l'organe de retenue 86 et qui assurent
20 ainsi un encrage élastique des panneaux isolants primaires 28 par rapport à la platine 69.

La figure 13 illustre un deuxième dispositif d'ancrage 89 pour ancrer les panneaux isolants primaires 28 et secondaires 21 des parois hors zone de ballast. Le deuxième dispositif d'ancrage 89 diffère du premier dispositif d'ancrage 60,
30 illustré sur la figure 13, en ce qu'il comporte un nombre n_2 de rondelles élastiques 66 entre l'écrou 65 et l'organe de retenu 64.

Dans ce mode de réalisation, les rondelles élastiques 66, 88 du deuxième dispositif d'ancrage 89 sont identiques à celles du premier dispositif d'ancrage 60.

Aussi, le nombre n_2 de rondelles élastiques 66 est un nombre entier qui est d'une part supérieur ou égal à 0, et d'autre part inférieur à n_1 de sorte que la raideur K_1 du premier dispositif d'ancrage 60 soit inférieure à la raideur K_2 du deuxième dispositif d'ancrage 60. Ainsi, le nombre de rondelles élastiques 66, 88 nécessaires à la construction de la cuve peut être limité.

Dans d'autres modes de réalisation, comme expliqué précédemment, les rondelles élastiques du deuxième dispositif d'ancrage et celles du premier dispositif d'ancrage sont différentes. Dans ce cas, les nombres n_2 et n_1 peuvent également être égaux tant que la raideur K_1 du premier dispositif d'ancrage 60 est inférieure à la raideur K_2 du deuxième dispositif d'ancrage 60.

Par ailleurs, les parois latérales obliques supérieures 15, 16 d'une cuve présentant une telle structure multicouche sont également susceptibles d'être ancrés au moyen de deuxième dispositifs d'ancrages 89, selon l'une des variantes décrites ci-dessus.

En référence à la figure 10, une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve étanche et isolée 71 de forme générale prismatique montée dans la double coque 72 du navire. La paroi de la cuve 71 comporte une membrane d'étanchéité primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une membrane d'étanchéité secondaire agencée entre la membrane d'étanchéité primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières thermiquement isolantes agencées respectivement entre la membrane d'étanchéité primaire et la membrane d'étanchéité secondaire et entre la membrane d'étanchéité secondaire et la double coque 72.

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

La figure 10 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.

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