

DÉCOUPLAGE DES ONDULATIONS D'UNE BARRIÈRE ÉTANCHE

Domaine technique

La présente invention se rapporte à une cuve étanche et thermiquement isolée. En particulier, la présente invention se rapporte à une cuve destinée au stockage et aux transports de gaz naturel liquéfié (GNL). Plus précisément, l'invention porte sur le découplage des ondes de la membrane étanche de façon à permettre une discontinuité des ondes d'une membrane étanche ondulée primaire ou secondaire. Ce découplage peut être réalisé à la fois dans une zone d'angle ou dans une zone plane.

Arrière-plan technologique

Dans une cuve à membrane pliée, la fermeture de la membrane nécessite d'avoir une certaine souplesse pour accepter les contractions thermiques et les elongations de la poutre du navire. La première sollicitation, la contraction thermique, impose de ne pas avoir un raccordement plat. En effet, vu la position des zones de raccordement, un raccordement plat imposerait dans une direction une faible distance en zone plane mais dans le sens radial une grande longueur sans ondes. Les contractions thermiques seraient donc trop défavorables pour valider une telle solution.

Les techniques à membranes ondulées reposent sur le fait que les ondes peuvent absorber les déformations de membrane sous chargement thermique et d'elongation de poutre navire. Pour avoir une tenue mécanique satisfaisante de la membrane, il est préférable que la raideur de la membrane dans les deux directions de sollicitations soit sensiblement continue.

Le document WO2011/157915 décrit une membrane formée par des plaques étanches ondulées. Les plaques étanches de cette membrane sont disposées de manière à aligner les ondulations de deux plaques étanches jointes. Une fenêtre carrée est réalisée au niveau d'une zone de jonction entre deux plaques étanches. Un pied de support est disposé localement au niveau de cette fenêtre. Deux plaques de fermeture forment une surface carrée autour du pied de support sur laquelle sont ancrées les deux plaques ondulées jointives qui ont été ajourées pour former la fenêtre. Les ondulations des plaques étanches

interrompues par la fenêtre carrée sont fermées au niveau de ladite fenêtre carrée par des capuchons.

5 **Résumé**

Une idée à la base de l'invention est de réaliser le raccordement étanche de deux membranes ondulées entre elles sans créer une zone à forte concentration de contraintes.

- 10 Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et thermiquement isolée comportant une paroi de cuve sur une structure porteuse, la paroi de cuve, comprenant depuis l'extérieur vers l'intérieur une barrière isolante retenue sur la structure porteuse, la barrière isolante couvrant une surface intérieure de la structure porteuse et une barrière étanche reposant sur la barrière isolante,
- 15 un organe d'ancrage métallique étanche, allongé, étant fixé sur une surface supérieure de la barrière isolante,
- la barrière étanche comportant :
- une première membrane métallique ondulée disposée sur une première portion de la barrière isolante située d'un côté de l'organe d'ancrage,
- 20 une deuxième membrane métallique ondulée disposée sur une deuxième portion de la barrière isolante située de l'autre côté de l'organe d'ancrage, et une première et une deuxième pluralités de capuchons,
- la première membrane présentant un bord d'assemblage orienté parallèlement à une direction longitudinale de l'organe d'ancrage et disposé sur l'organe d'ancrage,
- 25 le bord d'assemblage de la première membrane étant soudé de manière étanche sur l'organe d'ancrage,
- la première membrane étant ondulée avec une première série d'ondulations parallèles et une seconde série d'ondulations parallèles, les directions respectives
- 30 des deux séries d'ondulations étant sécantes, ladite première série d'ondulations s'étendant selon une direction sécante au bord d'assemblage de la première membrane, chaque ondulation de la première série d'ondulations de la première membrane étant fermée de manière étanche par un capuchon de la première

pluralité de capuchons disposé le long du bord d'assemblage,
la deuxième membrane étant ondulée avec une première série d'ondulations
parallèles et une seconde série d'ondulations parallèles, les directions respectives
des deux séries d'ondulations étant sécantes, ladite première série d'ondulations
5 s'étendant selon une direction sécante au bord d'assemblage de la deuxième
membrane, chaque ondulation de la première série d'ondulations de la deuxième
membrane étant fermée de manière étanche par un capuchon de la deuxième
pluralité de capuchons disposé le long du bord d'assemblage,
le bord d'assemblage de la deuxième membrane étant profilé de manière à
10 comporter le long de l'organe d'ancrage, des portions avancées recouvrant la
première membrane et des portions en retrait, situées dans le prolongement de la
première série d'ondulations de la première membrane de manière à découvrir des
zones étanches de l'organe d'ancrage, le capuchon de la première pluralité étant à
chaque fois disposé de manière à chevaucher la première membrane et la zone
15 étanche découverte de l'organe d'ancrage, les portions avancées étant situées dans
l'alignement de la première série d'ondulations de la deuxième membrane, le
capuchon de la deuxième pluralité étant disposé à chaque fois de manière à
chevaucher la portion avancée de la deuxième membrane et la première
membrane,
20 chacun des capuchons comportant une pièce métallique présentant une portion
terminale d'ondulation en forme de dôme, destinée à se raccorder à l'ondulation
respective que le capuchon ferme et s'abaissant jusqu'à une plaque de base
entourant la portion terminale d'ondulation, les portions terminales d'ondulation
associées à la première série d'ondulations de la première membrane s'étendant
25 dans une direction transversale au bord d'assemblage en direction de la deuxième
membrane, au-delà des portions terminales d'ondulations associées à la première
série d'ondulations de la deuxième membrane.

Grâce à ces caractéristiques, il est possible de réaliser indépendamment la
30 première membrane ondulée et la deuxième membrane ondulée et de les raccorder
de manière étanche sans avoir besoin d'aligner précisément les ondulations des
deux membranes, ce qui facilite grandement leur mise en place. De plus, la
membrane étanche conserve de la souplesse dans la zone de raccord tout en
conservant la fermeture des ondulations pour l'étanchéité.

Selon des modes de réalisation, une telle cuve étanche et thermiquement isolée peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

5 Selon un mode de réalisation, les ondulations de la première série d'ondulations de la deuxième membrane ne sont pas alignées avec les ondulations de la première série d'ondulations de la première membrane pour former un décalage selon une direction parallèle au bord d'assemblage, dans laquelle le décalage est égal à la moitié de l'intervalle des ondulations de la première série d'ondulations de la première membrane.

10 Selon un mode de réalisation, la largeur d'une portion avancée de la deuxième membrane est inférieure à la distance entre deux ondulations de la première série d'ondulation de la première membrane.

Grâce à ces caractéristiques, l'assemblage des deux membranes étanches est facilité.

15 Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi une cuve étanche et thermiquement isolée comportant une paroi de cuve sur une structure porteuse, la paroi de cuve, comprenant depuis l'extérieur vers l'intérieur une barrière isolante retenue sur la structure porteuse, la barrière isolante couvrant une surface intérieure de la structure porteuse et une barrière étanche reposant sur la barrière isolante, 20 un organe d'ancrage métallique étanche, allongé, étant fixé sur une surface supérieure de la barrière isolante, la barrière étanche comportant :

une première membrane métallique ondulée disposée sur une première portion de la barrière isolante située d'un côté de l'organe d'ancrage, 25 une deuxième membrane métallique ondulée disposée sur une deuxième portion de la barrière isolante située de l'autre côté de l'organe d'ancrage et une première et une deuxième pluralités de capuchons, la première membrane présentant un bord d'assemblage orienté parallèlement à une direction longitudinale de l'organe d'ancrage et disposé sur l'organe d'ancrage, 30 le bord d'assemblage de la première membrane étant soudé de manière étanche sur l'organe d'ancrage,

la première membrane étant ondulée avec une première série d'ondulations parallèles et une seconde série d'ondulations parallèles, les directions respectives

- des deux séries d'ondulations étant sécantes, ladite première série d'ondulations s'étendant selon une direction sécante au bord d'assemblage de la première membrane, chaque ondulation de la première série d'ondulations de la première membrane étant fermée de manière étanche par un capuchon de la première
- 5 pluralité de capuchons disposé le long du bord d'assemblage,
- la deuxième membrane présentant un bord d'assemblage orienté parallèlement à la direction longitudinale de l'organe d'ancrage et disposé sur l'organe d'ancrage, le bord d'assemblage de la deuxième membrane étant soudé de manière étanche sur l'organe d'ancrage,
- 10 la deuxième membrane étant ondulée avec une première série d'ondulations parallèles et une seconde série d'ondulations parallèles, les directions respectives des deux séries d'ondulations étant sécantes, ladite première série d'ondulations s'étendant selon une direction sécante au bord d'assemblage de la deuxième membrane, chaque ondulation de la première série d'ondulations de la deuxième
- 15 membrane étant fermée de manière étanche par un capuchon de la deuxième pluralité de capuchons disposé le long du bord d'assemblage,
- l'organe d'ancrage comprenant une série de plaques d'ancrages rectangulaires alignées dans la direction longitudinale de l'organe d'ancrage,
- la barrière étanche comportant en outre une série de pièces de jonction ondulées
- 20 rapportées, chaque pièce de jonction ondulée rapportée de la série comprenant une coque allongée en forme de dôme fermée à ses deux extrémités et s'abaissant jusqu'à une plaque de base entourant complètement la coque allongée,
- chaque plaque d'ancrages de la série comprenant deux bords transversaux,
- le bord d'assemblage de la première membrane étant profilé de manière à
- 25 comporter une série d'encoches le long de l'organe d'ancrage,
- le bord d'assemblage de la deuxième membrane étant profilé de manière à comporter une série d'encoches le long de l'organe d'ancrage,
- une encoche de la première membrane et une encoche de la deuxième membrane étant positionnées dans l'alignement d'une interface transversale entre deux
- 30 plaques d'ancrage voisines, de manière à découvrir ladite interface transversale,
- chaque pièce de jonction ondulée rapportée de la série étant disposée au droit d'une dite interface transversale de deux plaques d'ancrages, de manière que la coque allongée chevauche l'interface transversale, l'encoche correspondante de la

première membrane et l'encoche correspondante de la deuxième membrane, chacun des capuchons comportant une pièce métallique présentant une portion terminale d'ondulation en forme de dôme, destinée à se raccorder à l'ondulation respective que le capuchon ferme et s'abaissant jusqu'à une plaque de base

5 entourant la portion terminale d'ondulation,

les portions d'extrémité de la coque s'étendant dans la direction transversale de l'organe d'ancrage en direction de la première membrane au-delà des portions terminales d'ondulation de la première série d'ondulations de la première membrane et en direction de la deuxième membrane au-delà des portions terminales

10 d'ondulation de la première série d'ondulations de la deuxième membrane.

Grâce à ces caractéristiques, la membrane étanche conserve de la souplesse dans la zone de raccord tout en conservant la fermeture des ondulations pour l'étanchéité.

Selon un mode de réalisation, une coque allongée comprend une

15 ondulation centrale fermée par deux capuchons, les capuchons comportant une pièce métallique présentant une portion terminale d'ondulation en forme de dôme, raccordée à une extrémité de l'ondulation centrale.

Grâce à ces caractéristiques, la pièce de jonction possède les caractéristiques d'une ondulation, notamment la souplesse et elle est simple à

20 fabriquer.

Selon un mode de réalisation, l'ondulation centrale de la coque allongée est rectiligne.

Selon un mode de réalisation, la première membrane et la deuxième membrane définissent deux plans sécants selon un angle α ,

25 et dans laquelle l'ondulation centrale de l'onde rapportée comprend des portions d'ondulation rectilignes séparées par un soufflet, le soufflet renvoyant la direction d'une première portion de l'ondulation centrale selon la direction d'une seconde portion de ladite ondulation centrale, selon l'angle α .

Grâce à ces caractéristiques, il est possible de conserver de la souplesse à

30 la jonction de deux pans de membranes formant un dièdre.

Selon un mode de réalisation, les bords transversaux de la plaque d'ancrage sont parallèles à la première série d'ondulations d'une dite membrane.

Grâce à ces caractéristiques les efforts perpendiculaires à la direction de l'ondulation sont intégralement repris par l'ondulation de la membrane et la pièce de jonction ondulée rapportée.

5 Selon un mode de réalisation, une encoche du bord d'assemblage d'une dite membrane est orientée perpendiculairement audit bord d'assemblage.

Grâce à ces caractéristiques les contraintes orientées selon la direction du bord d'assemblage sont repris dans la zone où les ondulations de la membrane et celle de la pièce de jonction ondulée rapportée sont alternées.

10 Selon un mode de réalisation, une largeur d'une encoche de la série d'encoches du bord d'assemblage d'une dite membrane est supérieure à une largeur de l'interface entre deux plaques d'ancrage voisines, ladite largeur d'une encoche étant inférieure à une largeur d'une pièce de jonction ondulée rapportée.

15 Grâce à ces caractéristiques, la contraction acceptée par la membrane au niveau d'une encoche est supérieure à celle de l'organe d'ancrage, limité par la largeur de l'interface entre deux plaques.

Selon un mode de réalisation, une encoche du bord d'assemblage d'une dite membrane est parallèle à l'interface entre deux plaques d'ancrage voisines.

Grâce à ces caractéristiques, la membrane accepte le même seuil de compression sur toute la profondeur de l'encoche.

20 Selon un mode de réalisation, la coque de la pièce de jonction ondulée rapportée, comprend, deux murailles de bordées, présentant un espacement entre les murailles uniformes sur la longueur.

Grâce à ces caractéristiques, la réaction aux efforts de la pièce de jonction ondulée rapporté, dans les zones rectilignes des murailles est uniforme.

25 Selon un mode de réalisation, la première série d'ondulations desdites membranes est perpendiculaire au bord d'assemblage desdites membranes.

Grâce à ces caractéristiques, la membrane étanche a un comportement optimal lorsqu'elle est sollicitée par des contraintes dans le sens longitudinal de l'organe d'ancrage.

30 Selon un mode de réalisation, chaque ondulation de la première série d'ondulations de la première membrane comprend une première portion rectiligne,

un coude et une seconde portion rectiligne, et dans laquelle le coude a un angle apte à orienter la seconde portion rectiligne perpendiculairement au bord d'assemblage de la première membrane avec l'organe d'ancrage.

5 Grâce à ces caractéristiques, lors de la jonction de deux parois formant un dièdre non orthogonale, les ondulations arrivent perpendiculairement à la droite d'intersection au deux plans et à l'orientation longitudinale de l'organe d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, la direction de la seconde série d'ondulations de la seconde membrane est parallèle à la direction de seconde série d'ondulations de la première membrane.

10 Selon un mode de réalisation, la première série d'ondulations d'une dite membrane est perpendiculaire au bord d'assemblage de ladite membrane, et la seconde série d'ondulations de ladite membrane est parallèle au bord d'assemblage de ladite membrane.

15 Grâce à ces caractéristiques, les ondulations de la seconde série ne sont pas sécantes avec le bord d'assemblage et ne nécessitent pas de capuchons terminaux sur ce bord d'assemblage. De plus, les deux séries d'ondulations définissent un quadrillage régulier et uniforme de la membrane permettant de supporter des efforts selon toutes les directions du plan défini par la membrane.

20 Selon un mode de réalisation, la direction de la première série d'ondulations de la seconde membrane est parallèle à la direction de première série d'ondulations de la première membrane.

Grâce à ces caractéristiques, la réaction aux efforts orthogonaux par la première et la seconde série d'ondulations est identique.

25 Selon un mode de réalisation, les ondulations de la première série d'ondulations desdites membranes sont espacées avec un intervalle régulier.

Grâce à ces caractéristiques, le comportement de la membrane, notamment aux efforts de contraction thermique est homogène sur l'ensemble de la membrane.

30 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.

5 Selon un mode de réalisation, un navire pour le transport d'un produit liquide froid comporte une double coque et une cuve précitée disposée dans la double coque.

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

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

Certains aspects de l'invention partent de l'idée de pouvoir utiliser des éléments standards pour réaliser le raccordement de la membrane.

20 Certains aspects de l'invention partent de l'idée de réaliser en série des blocs équipés en usine ou sur le chantier à bord, comprenant une structure porteuse, une barrière isolante et une membrane étanche, avec une zone périphérique de la structure porteuse laissée libre pour l'assemblage par soudage avec un bloc adjacent. Certains aspects de l'invention partent de l'idée après
25 l'assemblage de deux blocs de combler l'espace d'assemblage par de l'isolant, puis réaliser la fermeture de la membrane étanche. Certains aspects de l'invention partent de l'idée de réaliser un décalage volontaire dans le plan des membranes, entre les membranes de deux blocs adjacents de façon à permettre, même en cas de jeu complémentaire, de positionner les ondes de la pièce de fermeture entre
30 deux ondes.

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.

- 5
 - La figure 1 est une vue de dessus, schématique, représentant une membrane d'étanchéité dans une zone de raccordement plane.
 - La figure 2 est une vue en coupe présentant d'une paroi de cuve selon la figure 1.
 - La figure 3 est un détail en vue de dessus de la figure 1.
- 10
 - La figure 4 est un détail du profil d'un capuchon selon la coupe A-A de la figure 3.
 - La figure 5 est une vue schématique, en perspective écorchée de la jonction d'angle de deux parois dont l'une est horizontale.
 - La figure 6 est une vue schématique, en perspective écorchée de
- 15
 - l'étape de mise en place de la barrière isolante de la figure 5.
 - La figure 7 est une vue schématique, en perspective écorchée de l'étape de raccordement d'une première membrane étanche de la figure 5.
 - La figure 8 est un agrandissement d'une portion de la figure 5.
- 20
 - La figure 9 est une vue schématique en perspective du raccord d'une paroi verticale avec une paroi inclinée.
 - La figure 10 est une vue de face de la paroi verticale de la figure 9.
 - La figure 11 est une vue de face d'un détail de la figure 9.
 - La figure 12 est une représentation schématique écorchée d'une
- 25
 - cuve de navire méthanier équipé d'une cuve étanche et thermiquement isolée et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

Description détaillée de modes de réalisation

- 30
 - Dans cette description, on appelle au-dessus, supérieure ou sur, ce qui est vers l'intérieur de la cuve, et au-dessous, inférieur ou sous, ce qui est vers l'extérieur de la cuve, indépendamment du champ de gravité.

Dans les différentes variantes représentées sur les dessins, les composants qui jouent le même rôle ont été désignés par les mêmes numéros de référence même si leur réalisation a été quelque peu modifiée.

En se référant aux **figures 1 à 3**, on va décrire une paroi de cuve
5 comportant successivement de l'extérieur vers l'intérieur une paroi porteuse, une
barrière d'isolation, une barrière d'étanchéité. En se référant aux dessins, on voit
que l'on a désigné par 1 dans son ensemble, un bloc isolant de la barrière
d'isolation thermique de la paroi de cuve. Cette barrière isolante 1 repose sur la
paroi porteuse 2. La barrière isolante 1 supporte une barrière étanche
10 indifféremment appelé membrane étanche, désigné par 4 dans son ensemble. La
barrière étanche 4 est liée à la barrière isolante 1 par l'intermédiaire de plats
d'ancrages 3.

En partant de la structure porteuse 2 vers l'intérieur de la cuve, la barrière
isolante 1 est un sandwich composé de deux plaques de bois contreplaqué séparé
15 par un isolant du type mousse de polyuréthane. Sur la plaque de contre plaqué
supérieur sont fixés les plats d'ancrages 3. Ces plats d'ancrages 3 sont disposés
aux droits des bords des tôles 5 et 6 métalliques, composant la barrière étanche 4,
pour permettre le soudage du bord d'une tôle 5, recouvrant partiellement un plat
d'ancrage 3.

20 Une tôle 5 comporte des ondulations 7 apportant une certaine souplesse à
la barrière d'étanchéité soumise aux contraintes. En effet, il est avantageux d'avoir
une membrane relativement souple, que ce soit pour limiter les efforts d'ancrage de
cette membrane ou pour absorber des sollicitations exceptionnelles, par exemple,
une déformation de coque, comme l'élongation de la poutre du navire, ou encore de
25 contraction due à la température du liquide froid stocké. Lors de la contraction
thermique et de l'élongation de poutre navire, les ondes se déplient et sollicitent plus
faiblement les zones d'accroches. Cela permet entre autres de ne pas avoir besoin
d'un ancrage fort de la membrane sur la coque.

Ces ondulations 7 s'étendent d'un bord au bord opposé de la tôle 5. Dans
30 la zone du plat d'ancrage les ondulations 7 sont interrompues par un élément
terminal que nous nommerons capuchons 9. À l'aide de ces capuchons 9, les
ondulations 7 sont fermées hermétiquement pour garantir l'étanchéité de la
membrane étanche 4 dans la zone de bord d'une tôle 5 et des ondulations 7.

Comme la tôle 5, la tôle 6 recouvre partiellement les plats d'ancrages 3. De plus, le bord 17 de la tôle 6 chevauche le bord des tôles 5 dans la zone d'assemblage. Ainsi, le bord d'une tôle 6 épouse le plat d'ancrage 3 et la tôle 5 et comprend un décrochement 15 permettant de compenser l'épaisseur de la tôle 5 dans la zone de chevauchement 14. Les deux tôles 5 et 6 sont, ensembles, soudées de manière étanche dans les parties en contact. Pour la réalisation, la tôle 6 présente une bande emboutie, qui est décalée, vers l'intérieur dans la direction d'épaisseur par rapport au plan de la tôle 6 afin de venir recouvrir la bordure d'une tôle métallique 5 adjacente.

Une tôle 6 comprend également des ondulations 8 rectilignes sur toute la longueur de la tôle 6. Les ondulations 8 sont similaires aux ondulations 7 de la tôle 5. En effet, elles assurent les mêmes fonctions que celles des ondulations 7. Pour cela, ces ondulations 8 sont orientées parallèlement aux ondulations 7 pour pouvoir assurer une continuité et une homogénéité de comportement de la membrane sur toute la surface de la paroi de la cuve. De plus, chaque ondulation 8 est disposée entre deux ondulations 7 pour permettre de s'affranchir d'aligner les ondulations 8 avec les ondulations 7. En considérant un pas comme la distance entre deux ondulations 7, les ondulations 8 sont de préférence décalées d'un demi pas par rapport à une ondulation 7. Enfin, tout comme les ondulations 7, les ondulations 8 sont fermées à l'aide de capuchons 10, assurant l'étanchéité de la membrane étanche 4.

Pour assurer la continuité de reprise d'efforts, dans la zone de jonction des tôles 5 et 6, chaque capuchon 9, prolonge une ondulation 7 au-delà du bord 16 de la tôle 5, entre deux ondulations 8. Pour cela, un capuchon 9 comprend une semelle périphérique 18 qui épouse et est en contact avec le plat d'ancrage 3 dans un espace formant une lumière 13 du plat d'ancrage 3 non recouvert par les tôles 5 et 6. La semelle périphérique 18 chevauche en plus la partie plane 20 de la tôle 5. Par ailleurs, le capuchon 9 comprend une portion d'ondulation 11 qui d'un côté épouse l'ondulation 7 de la tôle 5 et s'abaissant progressivement jusqu'à la semelle périphérique selon une direction orientée de la tôle 5 vers la tôle 6. Cette terminaison du capuchon 9 forme une sorte de dôme. En variante, d'autres formes de terminaison peuvent être adoptées, comme celle d'un pan coupé plat.

Comme le capuchon 9, chaque capuchon 10 prolonge une ondulation 8 au-delà du bord 17 de la tôle 6, entre deux ondulations 8. Ainsi, selon l'orientation du

bord d'assemblage, il y a chevauchement des ondulations 7 et 8 augmentant la densité d'ondulations apte à encaisser les efforts sur la membrane étanche dans la zone d'assemblage de deux tôles adjacente 5 et 6.

On va maintenant décrire un capuchon 10 en référence à la **figure 4**. Tout
5 comme le capuchon 9, le capuchon 10 comprend une semelle périphérique 21 qui repose sur les tôles 5 et 6 de part et d'autre de la zone de chevauchement 14. Le capuchon 10 comprend une portion d'ondulation 11 adaptée à l'ondulation 8 de la tôle 6 et qui décroît jusqu'à la semelle périphérique 21 pour former une calotte terminale 19 encore appelée dôme, voûte ou coupole.

10 La mise en forme des capuchons 9 et 10 est obtenue par pliage ou par emboutissage.

En revenant aux figures 1 à 3, on constate par ailleurs, la présence d'ondulations 7b, respectivement 8b, perpendiculaires aux ondulations 7, respectivement 8 sur les tôles 5 et 6. Les ondulations 7b et 8b, ont des
15 caractéristiques similaires ou identiques aux ondulations 7 et 8. Ces ondulations 7b et 8b conjuguées aux ondulations 7, respectivement 8, ont pour fonction de supporter des efforts dans toutes les directions, notamment dans le plan constitué par la membrane d'étanchéité.

La tôle 6 présente en outre sur le profil du bord 17, en plus du
20 décrochement dans le sens de l'épaisseur de la tôle, des échancrures 12, encadrant les capuchons 9 disposés au droit des ondulations 7 des tôles 5. Ces échancrures 12 sont disposées en alternance avec les ondulations 8.

Ces échancrures 12 sont destinées à faciliter le montage d'une tôle 6 placée sur la barrière d'isolation 1 après le montage des tôles 5 et capuchons 9. Les
25 échancrures 12 ont également pour objet d'autoriser des écarts d'alignement entre les tôles 5 et 6. La dimension de la découpe des échancrures 12 est réalisée de façon à disposer un jeu suffisant entre les capuchons 9 et le bord de la découpe. Ce jeu permet de réaliser une même découpe pour l'ensemble des tôles et de ne pas avoir de problèmes d'alignement lors de la mise en œuvre de la membrane, à cause
30 d'une tolérance trop stricte.

En effet, la construction d'une cuve peut être réalisée selon plusieurs procédures. Par exemple, des blocs préfabriqués comprenant depuis la structure porteuse vers l'intérieur de la cuve, une structure porteuse 2 couverte en partie par

une barrière d'isolation 1 et une barrière étanche 4 sont positionnés sur le chantier. Une zone périphérique d'un bloc préfabriqué est laissé accessible pour les opérations d'assemblage des deux blocs de structure porteuse, le soudage et la vérification de l'étanchéité. Ensuite la zone périphérique est comblé par un isolant et
5 couverte par une membrane étanche 6. En variante, la structure porteuse est intégralement assemblée sur le chantier. Ensuite, la membrane d'isolation 1 puis la membrane étanche 4 sont disposés sur la face interne de la structure porteuse. L'opération peut être optimisée en intervenant avec deux équipes partant chacune à une extrémité de la paroi de la cuve. Comme le montrent ces deux exemples, il est
10 délicat d'assurer l'alignement précis nécessaire pour raccorder les ondulations de deux tôles de membranes isolantes. Il est courant de rencontrer des écarts transversaux d'alignement allant jusqu'à 2 centimètres dans un sens ou dans l'autre. Ainsi, les échancrures 12 sont dimensionnées pour permettre une tolérance d'écart de positionnement de +/- 2 cm selon la direction longitudinale du plat
15 d'ancrage 3.

Les tôles métalliques 5 et 6, les capuchons 9 et 10 sont réalisées en tôle d'acier inoxydable ou d'aluminium, mise en forme par pliage ou par emboutissage. D'autres métaux ou alliages sont également possibles. A titre d'exemple, Les tôles métalliques 5 et 6 présentent une épaisseur d'environ 1,2 mm. D'autres épaisseurs
20 sont également envisageables, sachant qu'un épaissement des tôles métalliques 5 et 6 entraînent une augmentation de son coût et accroît généralement la rigidité des ondulations.

Dans un mode de construction préfabriqué, les ondulations 7 sont de préférence finalisées lors du montage en usine. Pour régler la longueur de barrière
25 étanche 4 dans la longueur de la cuve, il est possible de découper la longueur opposé aux fermetures d'ondulations à la longueur adaptée.

En variante, le plat d'ancrage 3 comprend un retour de fermeture soudé de manière étanche sur la structure porteuse. Cette fermeture permet de tester en usine l'étanchéité de la partie pré monté du bloc, avant l'assemblage sur le chantier.

30 En référence aux **figures 5 à 8**, on va maintenant décrire par différence un mode de réalisation dans lequel la structure porteuse 2 est composée de deux pans

formant un angle α . Les deux pans sont recouverts par une barrière isolante 1 et une barrière d'étanchéité 4.

Le principe est de supprimer la continuité des ondes entre faces mais de conserver la souplesse nécessaire au bon fonctionnement de la membrane.

5 La barrière isolante 1, est par exemple un sandwich composé de mousse de polyuréthane pris entre deux plaques de bois contreplaqué, dont le bois est par exemple du bouleau. Sur la plaque de contreplaqué orienté vers l'intérieur de la cuve est fixé l'organe d'ancrage 3.

10 La barrière d'étanchéité 4 est composée de tôles métalliques 5 non coplanaire formant un dièdre et de pièces de jonctions 25 ondulées rapportées. Les tôles 5 suivent les deux pans de la structure porteuse 2. Les tôles 5 sont soudées sur un organe d'ancrage 3.

15 L'organe d'ancrage 3 disposé au droit du joint de jonction des deux pans de la structure porteuse 2 est composé d'une série de plaques 30 métalliques. Ces plaques 30 forment un dièdre dont l'angle entre les deux plans est le même angle α présent entre les deux pans du dièdre de la structure porteuse 2. Les plaques 30 sont alignées dans la direction longitudinale de l'organe d'ancrage. Deux plaques 30 adjacentes présentent chacune un bord transversal constituant une interface entre les deux plaques 30. À cette interface, un interstice 33 est ménagé
20 pour obtenir de l'élasticité de la part de l'organe d'ancrage dans le sens longitudinale. En variante, les bords à l'interface sont en contact, voire soudés.

25 Les deux bords transversaux de chaque plaque d'ancrage sont disposés perpendiculairement à la direction longitudinale de l'organe d'ancrage, c'est-à-dire approximativement parallèle aux ondulations 7 des tôles 5. Les interfaces des plaques sont en outre disposées entre deux ondulations 7 adjacentes d'une tôle 5.

30 La jonction d'une tôle 5 avec l'organe d'ancrage 3 est réalisée avec une tôle de rive 35 dont les ondulations sont fermées par des capuchons 24. Les capuchons 24 sont soudés sur la tôle 35. En variante, les capuchons 24 sont à cheval sur la tôle 35 et une plaque 30, selon le principe du mode de réalisation de la figure 1 avec les capuchons 9. En outre, le profil du bord de la tôle de rive 35

comprend des entailles 34, alternées avec les ondes 7. Ces entailles 34 et les interfaces des plaques 30 sont globalement alignées. Ces entailles 34 permettent de conserver l'élasticité obtenue à l'aide des interstices 33 au niveau du raccordement de la barrière d'étanchéité 4 avec l'organe d'ancrage 3.

- 5 Enfin, pour finaliser l'étanchéité, une pièce de jonctions 25 ondulées rapportées est disposée au droit de l'interface de deux plaques et des entailles 34 de deux plaques en vis-à-vis.

Les pièces de jonctions 25 ondulées rapportées ont une forme permettant d'assurer une certaine élasticité de la barrière étanche 4. Pour assurer la continuité
10 de souplesse, conserver l'élasticité de la barrière étanche 4, dans la partie de liaison avec l'organe d'ancrage 3, une portion d'extrémité des ondulations 7 est alternée avec une portion des pièces de jonctions 25 dans une zone 37. Cette zone sur la figure 8 est tracée à titre indicatif. En effet, il convient de comprendre qu'elle couvre toute la bordure des liaisons réalisées entre les tôles 5 et l'organe d'ancrage 3, de
15 part et d'autre de cet organe d'ancrage 3. Ainsi, la barrière étanche 4 est apte à subir des efforts dans la région de l'organe d'ancrage 3.

La forme d'une pièce de jonctions 25 ondulées est celle de deux coques retournées 29, raboutées à l'aide d'un soufflet 27 d'angle α , destiné à permettre d'encaisser les efforts dans l'angle de la cuve. Pour la fabrication d'une telle pièce
20 de jonction, tous les moyens de pliage et emboutissage sont applicables. Les deux coques peuvent être réalisées chacune dans une seule pièce ou avec un capuchon 28 soudé à une partie rectiligne d'onde 26. Ensuite, elles sont assemblées au soufflet 27 adapté pour la valeur d'angle α .

Cet arrangement permet des tolérances de positionnements plus
25 importants entre faces puisqu'il n'y a plus d'ondes à raccorder.

On va maintenant décrire l'assemblage de parois formant un dièdre d'une telle cuve en débutant par la figure 6, dans laquelle deux pans de structure porteuse 2 sont indifféremment pré-équipés en usine ou équipés sur le chantier d'une membrane isolante 1 et d'une membrane d'étanchéité 4 dont les tôles 5 recouvrent
30 en partie les blocs isolant. Une zone périphérique à chaque bloc constitué notamment d'un pan de structure porteuse 2 est laissée libre pour permettre les opérations de soudure des deux pans adjacents.

Ensuite, un premier bloc d'angle isolant 31 est placé sur la structure porteuse 2. Ce bloc est équipé de l'organe d'ancrage 3. En passant à la figure 7, on voit que de part et d'autre du bloc d'angle isolant 31, des blocs de rattrapage 32 du jeu nécessaire au montage du bloc d'angle isolant 31 sont installés. La membrane d'étanchéité peut alors être complétée, par l'ajout d'une tôle 5 assurant la continuité de la membrane 4, jusqu'à chevaucher les plaques 30 de l'organe d'ancrage 3. L'assemblage soudé entre la tôle 5 et chaque plaque 30 est réalisé de manière étanche.

Enfin, des pièces de jonctions 25 sont soudées de la même manière, pour couvrir et assurer l'étanchéité de l'interface entre deux plaques 30. Une pièce de jonction 25 chevauche les deux plaques 30 et l'interface des deux plaques 30 et les tôles 5 au niveau des entailles 34.

En variante, le bord de la tôle 5 recouvrant l'organe d'encrage 3 ne comporte pas les entailles 34.

En variante, les deux pans de la structure porteuse 2 sont coplanaires. Les plaques 30 constituant l'organe d'ancrage 3 sont alors planes et les pièces de jonctions 25 sont rectilignes et ne comportent pas de soufflets. Une pièce de jonction 25 peut alors être réalisée en un seul morceau embouti.

En référence aux **figures 9 à 11**, on va maintenant décrire la liaison d'une paroi inclinée avec une paroi verticale. Tout comme précédemment, les parois sont constituées de tôles 5 tapissant la barrière isolante 1. Ces tôles 5 comprennent des ondulations 7 et 7b. Comme dans les autres modes de réalisation, l'alignement des ondulations 7 des tôles 5 disposées sur la paroi 90 avec les ondulations des tôles 5 disposées sur la paroi inclinée 91 est problématique. En effet, il faudrait tout d'abord que le pas entre les ondulations des tôles de la paroi 90 et celui des ondulations des tôles de la paroi 91 soit adapté en fonction de l'inclinaison de la paroi 91 encore appelé talus, par rapport à l'horizontale. Ensuite, il faudrait assurer l'alignement précis pour le raccord des ondulations. Enfin dans la zone de raccord, l'effort encaissé par la membrane est orienté dans le sens longitudinal de l'organe d'ancrage. Par conséquent, sur la zone de jonction, il convient d'avoir des ondulations de direction perpendiculaire au sens longitudinal de l'organe d'ancrage pour une efficacité optimale. En adaptant le pas de quadrillage des ondulations entre les tôles des deux parois, le critère d'orientation perpendiculaire des

ondulations par rapport aux sens longitudinal de l'organe d'ancrage n'est pas respecté.

Dans la représentation de la figure 9, la paroi 91 forme un angle de 135° avec le fond 92 de la cuve. Le pas des ondulations sur le talus est de 480,8mm. Sur
5 la paroi verticale 90, les ondulations 7, horizontales sont détournées selon le même angle de 135° . Pour cela, une pièce de renvoi d'angle 94 est soudée par le bord 96, dans le prolongement de tôles 5. Elle est soudée par le bord 98 à l'organe d'ancrage 3.

Le bord 98 est globalement parallèle à la direction longitudinale de l'organe
10 d'ancrage 3.

La pièce de renvoi d'angle 94 permet d'étendre les ondulations 7 selon un angle 93 à l'aide des ondulations 99. Les ondulations 99 détournent la direction des ondulations 7, dans le plan de la paroi 90 selon l'angle 93, qui est de 135° .

Pour assurer l'étanchéité de la liaison avec la tôle 5, des capuchons 100
15 ferment les ondulations 7b. Le renvoi à l'aide de l'onde 99 et les capuchons 100 permettent d'assurer l'indépendance entre deux faces. La souplesse est assurée par le chevauchement des ondulations.

Sur le profil du bord d'assemblage 98 avec l'organe d'ancrage 3 des entailles 34 sont ménagées. Ces entailles 34 ont les mêmes caractéristiques et
20 fonctions que dans le mode de réalisation précédent. Ces entailles 34 disposées au droit de l'interface entre deux plaques de l'organe d'ancrage 3 sont recouvertes pour assurer l'étanchéité par des pièces de jonctions 25 ondulées rapportées. L'angle du soufflet 27 est de 135° , correspondant à l'angle entre les deux parois 90 et 91.

Le renvoi d'angle 94, la tôle 5, l'organe d'encrage 3 sont soudées de
25 manière étanche.

Ce mode de réalisation assure donc également un montage avec des tolérances larges entre des faces dissociées.

En variante, l'angle 93 est adapté en fonction de l'inclinaison du talus, avec le plancher. Par exemple, il permet d'effectuer un renvoi d'angle de valeur 135° ,
30 161.6° , 170.6° ou 173.7° .

En variante, tout autre pas de quadrillage pour la réalisation des ondulations est applicable, par exemple un pas de 340mm combiné avec d'autres pas ou identique sur toutes les faces de la cuve.

5 Ce mode de raccordement est également applicable à une paroi inclinée depuis le plafond de la cuve vers le fond de la cuve. Il permet une grande liberté dans le choix de la géométrie de la cuve.

L'ensemble des modes de réalisations permet la fabrication de sous-ensembles préfabriqués en usines aptes à la réalisation d'assemblage sur le chantier limitant les soudures manuelles in situ. Elle permet de s'affranchir de problèmes d'ajustement précis à réaliser.

10

En variante, la fermeture des ondulations peut être obtenue par tout autre moyen remplaçant les capuchons.

Pour la mise en œuvre de la membrane et plus particulièrement le soudage de la membrane, l'utilisation d'un robot de soudage automatisé est possible. En effet, les formes adaptées permettent d'avoir un soudage continu sur une surface plane. La soudure de raccord peut donc être faite de façon rapide par un robot de soudage avec un chemin de roulement de la torche de soudage adapté. Les autres soudures peuvent être réalisées en préfabrication. Il ne reste alors que les soudures de raccord entre deux membranes de raccord, qui peuvent être réalisées avec un robot de soudage classique.

15

20

La technique décrite ci-dessus pour réaliser une membrane d'étanchéité peut être utilisée dans différents types de réservoirs, par exemple pour constituer la membrane d'étanchéité primaire, d'un réservoir de GNL dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre.

25 En référence à la **figure 12**, 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.

30

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.

5 La figure 12 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
10 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
15 gaz liquéfié 80 et des conduites de liaisons 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
20 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.

25 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.

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

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

REVENDICATIONS

1. Cuve étanche et thermiquement isolée comportant une paroi de cuve sur une structure porteuse (2), la paroi de cuve, comprenant depuis l'extérieur vers l'intérieur une barrière isolante (1) retenue sur la structure porteuse, la barrière isolante couvrant une surface intérieure de la structure porteuse, une barrière étanche (4) reposant sur la barrière isolante, et un organe d'ancrage (3) métallique étanche étant fixé sur une surface supérieure de la barrière isolante, la barrière étanche comportant :
- 5
- 10 une première membrane (5) métallique ondulée disposée sur une première portion de la barrière isolante située d'un côté de l'organe d'ancrage, une deuxième membrane (6) métallique ondulée disposée sur une deuxième portion de la barrière isolante située de l'autre côté de l'organe d'ancrage, et une première (9) et une deuxième (10) pluralités de capuchons,
- 15 la première membrane présentant un bord d'assemblage (16) disposé sur l'organe d'ancrage, le bord d'assemblage de la première membrane étant soudé de manière étanche sur l'organe d'ancrage, la première membrane (5) étant ondulée avec une première série d'ondulations (7) parallèles et une seconde série d'ondulations (7b) parallèles, les directions
- 20 respectives des deux séries d'ondulations étant sécantes, ladite première série d'ondulations s'étendant selon une direction sécante au bord d'assemblage (16) de la première membrane, la deuxième membrane (6) étant ondulée avec une première série d'ondulations (8) parallèles et une seconde série d'ondulations (8b) parallèles, les directions
- 25 respectives des deux séries d'ondulations étant sécantes, ladite première série d'ondulations s'étendant selon une direction sécante à un bord d'assemblage (17) de la deuxième membrane, chacun des capuchons comportant une pièce métallique présentant une portion terminale d'ondulation (19) en forme de dôme, destinée à se raccorder à l'ondulation
- 30 respectue que le capuchon ferme et s'abaissant jusqu'à une plaque de base (21) entourant la portion terminale d'ondulation, caractérisé en ce que l'organe d'ancrage est allongé selon une direction longitudinale, le bord d'assemblage de la première membrane étant orienté parallèlement à la

direction longitudinale de l'organe d'ancrage, chaque ondulation de la première série d'ondulations de la première membrane étant fermée de manière étanche par un capuchon (9) de la première pluralité de capuchons disposé le long du bord d'assemblage,

- 5 le bord d'assemblage (17) de la deuxième membrane comportant le long de la direction longitudinale de l'organe d'ancrage, des portions avancées recouvrant la première membrane et des portions en retrait (12) alternées avec les portions avancées et situées dans le prolongement de la première série d'ondulations de la première membrane, les portions en retrait découvrant des zones étanches de
- 10 l'organe d'ancrage, le capuchon (9) de la première pluralité chevauchant à chaque fois la première membrane (5) et la zone étanche découverte (13) de l'organe d'ancrage, les portions avancées étant situées dans l'alignement de la première série d'ondulations (8) de la deuxième membrane, chaque ondulation de la première série d'ondulations de la deuxième membrane étant fermée de manière étanche par
- 15 un capuchon (10) de la deuxième pluralité de capuchons disposé le long du bord d'assemblage, le capuchon (10) de la deuxième pluralité chevauchant à chaque fois la portion avancée de la deuxième membrane et la première membrane,
- ~~les portions terminales d'ondulation des capuchons de la première pluralité de capuchons associées à la première série d'ondulations de la première membrane~~
- 20 s'étendant dans une direction transversale au bord d'assemblage en direction de la deuxième membrane, au-delà des portions terminales d'ondulations des capuchons de la second pluralité de capuchons associées à la première série d'ondulations de la deuxième membrane.

2. Cuve selon la revendication 1, dans laquelle les ondulations (8) de
- 25 la première série d'ondulations de la deuxième membrane (6) ne sont pas alignées avec les ondulations (7) de la première série d'ondulations de la première membrane (5) pour former un décalage selon une direction parallèle au bord d'assemblage.

3. Cuve selon la revendication 2, dans laquelle le décalage est égal à
- 30 la moitié de l'intervalle des ondulations de la première série d'ondulations de la première membrane.

4. Cuve étanche et thermiquement isolée comportant une paroi de cuve sur une structure porteuse (2), la paroi de cuve, comprenant depuis l'extérieur vers l'intérieur une barrière isolante (1) retenue sur la structure porteuse, la barrière isolante couvrant une surface intérieure de la structure porteuse et une barrière
- 5 étanche (4) reposant sur la barrière isolante,
- un organe d'ancrage (3) métallique étanche, allongé, étant fixé sur une surface supérieure de la barrière isolante,
- la barrière étanche comportant :
- une première membrane (5) métallique ondulée disposée sur une première
- 10 portion de la barrière isolante située d'un côté de l'organe d'ancrage,
- une deuxième membrane (6) métallique ondulée disposée sur une deuxième portion de la barrière isolante située de l'autre côté de l'organe d'ancrage et une première (9) et une deuxième (10) pluralités de capuchons,
- la première membrane présentant un bord d'assemblage (16) orienté parallèlement
- 15 à une direction longitudinale de l'organe d'ancrage (3) et disposé sur l'organe d'ancrage, le bord d'assemblage de la première membrane étant soudé de manière étanche sur l'organe d'ancrage,
- la première membrane (5) étant ondulée avec une première série d'ondulations (7) parallèles et une seconde série d'ondulations (7b) parallèles, les directions
- 20 respectives des deux séries d'ondulations étant sécantes, ladite première série d'ondulations s'étendant selon une direction sécante au bord d'assemblage (16) de la première membrane, chaque ondulation de la première série d'ondulations de la première membrane étant fermée de manière étanche par un capuchon (9) de la première pluralité de capuchons disposé le long du bord d'assemblage,
- 25 la deuxième membrane (5) présentant un bord d'assemblage orienté parallèlement à la direction longitudinale de l'organe d'ancrage et disposé sur l'organe d'ancrage, le bord d'assemblage de la deuxième membrane étant soudé de manière étanche sur l'organe d'ancrage,
- la deuxième membrane (5) étant ondulée avec une première série d'ondulations (7)
- 30 parallèles et une seconde série d'ondulations (7b) parallèles, les directions respectives des deux séries d'ondulations étant sécantes, ladite première série d'ondulations s'étendant selon une direction sécante au bord d'assemblage de la deuxième membrane, chaque ondulation de la première série d'ondulations de la deuxième membrane étant fermée de manière étanche par un capuchon de la

deuxième pluralité de capuchons disposé le long du bord d'assemblage,
l'organe d'ancrage comprenant une série de plaques d'ancrages rectangulaires alignées dans la direction longitudinale de l'organe d'ancrage,
la barrière étanche comportant en outre une série de pièces de jonction ondulées
5 (25) rapportées, chaque pièce de jonction ondulée rapportée de la série comprenant une coque allongée en forme de dôme fermée (28) à ses deux extrémités et s'abaissant jusqu'à une plaque de base entourant complètement la coque allongée,

chaque plaque d'ancrages (30) de la série comprenant deux bords transversaux,
10 le bord d'assemblage de la première membrane étant profilé de manière à comporter une série d'encoches (34) le long de l'organe d'ancrage (3),
le bord d'assemblage de la deuxième membrane étant profilé de manière à comporter une série d'encoches (34) le long de l'organe d'ancrage,
une encoche de la première membrane et une encoche de la deuxième membrane
15 étant positionnées dans l'alignement d'une interface transversale entre deux plaques d'ancrage (30) voisines, de manière à découvrir ladite interface transversale,
chaque pièce de jonction ondulée (25) rapportée de la série étant disposée au droit d'une dite interface transversale de deux plaques d'ancrages, de manière que la
20 coque allongée chevauche l'interface transversale, l'encoche (34) correspondante de la première membrane (5) et l'encoche (34) correspondante de la deuxième membrane (5),
chacun des capuchons comportant une pièce métallique présentant une portion terminale d'ondulation en forme de dôme, destinée à se raccorder à l'ondulation
25 respective que le capuchon ferme et s'abaissant jusqu'à une plaque de base entourant la portion terminale d'ondulation,
les portions d'extrémité de la coque s'étendant dans la direction transversale de l'organe d'ancrage en direction de la première membrane au-delà des portions terminales d'ondulation de la première série d'ondulations de la première membrane
30 et en direction de la deuxième membrane au-delà des portions terminales d'ondulation de la première série d'ondulations de la deuxième membrane.

5. Cuve selon la revendication 4, dans laquelle une coque allongée comprend une ondulation (26) centrale fermée par deux capuchons (28), les

capuchons comportant une pièce métallique présentant une portion terminale d'ondulation en forme de dôme, raccordée à une extrémité de l'ondulation centrale.

6. Cuve selon la revendication 4, dans laquelle l'ondulation (26) centrale de la coque allongée est rectiligne.

5 7. Cuve selon la revendication 5, dans laquelle la première membrane (5) et la deuxième membrane (5) définissent deux plans sécants selon un angle α ,
et dans laquelle l'ondulation centrale de l'onde rapportée comprend des portions d'ondulation (26) rectilignes séparées par un soufflet (27), le soufflet renvoyant la
10 direction d'une première portion de l'ondulation centrale selon la direction d'une seconde portion de ladite ondulation centrale, selon l'angle α .

8. Cuve selon l'une des revendications 4 à 7, dans laquelle les bords transversaux de la plaque d'ancrage (30) sont parallèles à la première série
15 d'ondulations d'une dite membrane.

9. Cuve selon l'une des revendications 4 à 8, dans laquelle une encoche (34) du bord d'assemblage d'une dite membrane est orientée perpendiculairement audit bord d'assemblage.

10 10. Cuve selon l'une des revendications 4 à 9, dans laquelle une largeur d'une encoche (34) de la série d'encoches du bord d'assemblage d'une dite membrane est supérieure à une largeur de l'interface entre deux plaques d'ancrage (30) voisines, ladite largeur d'une encoche étant inférieure à une largeur d'une pièce de jonction ondulée rapportée.

25 11. Cuve selon l'une des revendications 4 à 10, dans laquelle une encoche (34) du bord d'assemblage d'une dite membrane est parallèle à l'interface entre deux plaques d'ancrage (30) voisines.

12. Cuve selon l'une des revendications 4 à 11, dans laquelle la coque de la pièce de jonction ondulée rapportée, comprend, deux murailles de bordées, présentant un espacement entre les murailles uniformes sur la longueur.

30 13. Cuve selon l'une des revendications 1 à 12, dans laquelle la première série d'ondulations (7) desdites membranes (5) est perpendiculaire au bord d'assemblage desdites membranes.

14. Cuve selon l'une des revendications 1 à 13, dans laquelle chaque ondulation de la première série d'ondulations de la première membrane comprend une première portion rectiligne, un coude (97) et une seconde portion rectiligne, et dans laquelle le coude a un angle (93) apte à orienter la seconde portion rectiligne perpendiculairement au bord d'assemblage de la première membrane avec l'organe d'ancrage.

15. Cuve selon l'une des revendications 1 à 14, dans laquelle la direction de la seconde série d'ondulations de la seconde membrane est parallèle à la direction de seconde série d'ondulations de la première membrane.

16. Cuve selon l'une des revendications 1 à 15, dans laquelle la première série d'ondulations d'une dite membrane est perpendiculaire au bord d'assemblage de ladite membrane, et la seconde série d'ondulations de ladite membrane est parallèle au bord d'assemblage de ladite membrane.

17. Cuve selon l'une des revendications 1 à 16, dans laquelle la direction de la première série d'ondulations de la seconde membrane est parallèle à la direction de première série d'ondulations de la première membrane.

18. Cuve selon l'une des revendications 1 à 17, dans laquelle les ondulations de la première série d'ondulations desdites membranes sont espacées avec un intervalle régulier.

19. Navire (70) pour le transport d'un produit liquide froid, le navire comportant une double coque (72) et une cuve (71) selon l'une des revendications 1 à 18, disposée dans la double coque.

20. Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon la revendication 19, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre (77) vers ou depuis la cuve du navire (71).

21. Système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant un navire (70) selon la revendication 19, des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) agencées de manière à relier la cuve (71) installée dans la coque du

navire à une installation de stockage flottante ou terrestre (77) et une pompe pour entraîner un flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.