

STRUCTURE DE PAROI ETANCHE

L'invention se rapporte au domaine de la fabrication des réservoirs à membrane métallique ondulée, en particulier des réservoirs destinés à contenir un produit liquide froid.

Dans certaines technologies de réservoirs à membrane métallique, notamment dans les domaines du transport et du stockage du gaz naturel liquéfié (GNL), une membrane d'étanchéité est constituée de plaques étanches ondulées avec, sur leur face interne, une première série d'ondulations et une seconde série d'ondulations dont les directions respectives sont perpendiculaires. De telles ondulations confèrent à la membrane métallique une capacité de déformation élastique destinée à absorber des contraintes pouvant résulter notamment de la contraction thermique, de la pression hydrostatique de la cargaison, de la pression dynamique causée par des mouvements de la cargaison et, dans le cas d'ouvrages flottants, de la déformation de la coque à la houle. Toutefois, de telles ondulations peuvent être vulnérables à des efforts de pression trop élevés.

Afin d'améliorer la résistance d'une telle membrane à la pression, FR-A-2936784 propose d'insérer des éléments de renfort sous les ondulations entre la membrane et son support. Un des éléments de renfort proposés peut être clipsé à une contre-dépouille de la membrane.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit un ensemble prêt-à-monter convenant pour réaliser une structure de paroi étanche, l'ensemble comportant :

- une plaque métallique étanche présentant une série de premières ondulations parallèles et une série de deuxièmes ondulations parallèles, les premières ondulations étant sécantes aux deuxièmes ondulations au niveau de croisements, les ondulations étant saillantes du côté d'une face interne de la plaque,
- une pièce de renfort allongée apte à être disposée dans une desdites ondulations sur la face externe de la plaque opposée à la face interne pour accroître une résistance de la plaque à la pression,

et une pièce d'ancrage comportant un organe d'attachement apte à être attaché à la face externe de la plaque au niveau d'un croisement de l'ondulation dans laquelle la pièce de renfort doit être retenue et un organe de retenue apte à coopérer avec une extrémité longitudinale de la pièce de renfort pour retenir la pièce de renfort dans

5 l'ondulation.

Selon des modes de réalisation, un tel ensemble peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

Selon un mode de réalisation, la pièce d'ancrage comporte une pluralité d'organes de retenue, par exemple au nombre de deux, trois ou quatre, aptes à

10 coopérer avec des extrémités respectives d'une pluralité de pièces de renfort, par exemple au nombre de deux, trois ou quatre, pour retenir les pièces de renfort dans une pluralité de segments d'ondulation se rencontrant au niveau du croisement où la pièce d'ancrage est attachée.

Selon un mode de réalisation, le ou chaque organe de retenue est apte à

15 coopérer avec l'extrémité de la pièce de renfort dans un état de soutien dans lequel l'organe de retenue arrête l'extrémité de la pièce de renfort dans une direction perpendiculaire à la plaque.

Selon un mode de réalisation, le ou chaque organe de retenue est apte à coopérer avec l'extrémité de la pièce de renfort dans un état de fixation dans lequel

20 l'organe de retenue fixe la pièce de renfort à la pièce d'ancrage, de sorte que la pièce de renfort soit retenue à la plaque par le seul effet de la pièce d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, le ou chaque organe de retenue et la ou chaque pièce de renfort sont conçus de manière à pouvoir coopérer dans les deux états de coopération précités. Ainsi, l'état de coopération le mieux adapté peut être

25 choisi selon les caractéristiques de l'application visée en utilisant toujours un même lot de pièces d'ancrage et de renfort.

Selon un mode de réalisation, le ou chaque organe de retenue de la pièce d'ancrage est agencé à l'extrémité d'un bras lié à l'organe d'attachement, le bras étant agencé de manière à s'étendre dans l'ondulation dans laquelle la pièce de

renfort doit être retenue par l'organe de retenue dans l'état attaché de la pièce d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, le ou chaque bras de la pièce d'ancrage comporte un organe de positionnement présentant un contour adapté à un profil transversal d'une ondulation de la plaque, l'organe de positionnement étant apte à
5 coopérer avec la plaque au niveau des parois latérales de l'ondulation pour positionner le bras dans l'ondulation dans l'état attaché de la pièce d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, le ou chaque organe de retenue comporte une patte apte à s'étendre longitudinalement dans une ondulation de la plaque dans
10 l'état attaché de la pièce d'ancrage, la pièce de renfort comportant un logement ouvert au niveau d'une face d'extrémité longitudinale de la pièce de renfort et apte à recevoir la patte de l'organe de retenue.

Selon un mode de réalisation, la patte du ou de chaque organe de retenue comporte une portion épaissie apte à coopérer avec la face d'extrémité
15 longitudinale de la pièce de renfort pour arrêter longitudinalement la pièce de renfort par rapport à la patte.

Selon un mode de réalisation, la portion épaissie de la patte est apte à être engagée à force dans le logement de la pièce de renfort pour fixer fermement la pièce de renfort à la pièce d'ancrage par déformation élastique de la portion
20 épaissie et/ou du logement de la pièce de renfort. Selon un mode de réalisation, un tel engagemment à force peut servir à obtenir l'état de fixation précité.

Selon un mode de réalisation, la pièce d'ancrage comporte un organe de butée apte à coopérer avec la face d'extrémité longitudinale de la pièce de renfort pour limiter l'engagemment de la patte dans le logement au-delà de la portion
25 épaissie.

Selon un mode de réalisation, un même élément structurel fournit à la fois l'organe de butée précité et l'organe de positionnement précité.

Le logement de la pièce de renfort peut être réalisé de diverses manières. Selon un mode de réalisation, le logement de la pièce de renfort comporte une

rainure longitudinale creusée dans une face extérieure de la pièce de renfort destinée à être tournée à l'opposé de la plaque.

Selon un mode de réalisation, l'organe d'attachement comporte une tête apte à être attachée à la face externe de la plaque par franchissement élastique
5 d'une contre-dépouille de la plaque au niveau du croisement des ondulations.

Selon un mode de réalisation, la pièce d'ancrage comporte un corps auquel est lié le ou chaque organe de retenue et au moins une tige liant la tête au corps en ménageant un espace vide entre eux. Un tel espace vide favorise la déformation élastique de la tige pour absorber d'éventuelles différences de forme des différents
10 croisements de la plaque métallique.

Selon un mode de réalisation, la tige présente une forme biseautée s'amincissant depuis le corps vers la tête de la pièce d'ancrage. Une telle forme peut faciliter l'insertion de la tête dans la contre-dépouille de la plaque.

Selon un mode de réalisation, l'ensemble comporte en outre une deuxième
15 pièce d'ancrage comprenant un organe d'attachement apte à être attaché à la face externe de la plaque au niveau d'un deuxième croisement de l'ondulation dans laquelle la pièce de renfort doit être retenue et un organe de retenue apte à coopérer avec une deuxième extrémité longitudinale de la pièce de renfort pour retenir la pièce de renfort dans l'ondulation, la pièce de renfort présentant une
20 longueur adaptée à la distance entre les organes de retenue des deux pièces d'ancrage dans l'état attaché à la plaque, de sorte que la pièce de renfort soit retenue à la plaque entre les deux pièces d'ancrage par coopération avec les deux organes de retenue.

Selon un mode de réalisation, les deux pièces d'ancrage sont réalisées de
25 manière identique, ce qui simplifie leur fabrication et la gestion de l'inventaire des pièces de l'ensemble.

Selon un mode de réalisation, la pièce de renfort est constituée d'un corps profilé à section constante. Un tel mode de réalisation permet une fabrication aisée des pièces de renfort, notamment par un procédé d'extrusion d'une matière
30 adaptée. Selon des modes de réalisation, les pièces de renfort sont fabriquées dans

des matériaux tels que des métaux, notamment l'aluminium, des alliages de métaux, des matières plastiques, notamment polyéthylène, polycarbonate, polyéther imide, polystyrène expansé, ou des matériaux composites comportant des fibres, notamment fibres de verre, liées par une résine plastique.

5 Selon un mode de réalisation, la pièce d'ancrage, la pièce de renfort et la plaque métallique de l'ensemble précité sont fabriquées séparément les unes des autres pour pouvoir être assemblées les unes aux autres à une certaine étape de la construction de la paroi étanche dans laquelle elles sont destinées à servir. La position de cette étape dans l'ensemble du procédé de construction de la paroi
10 étanche peut être choisie notamment en fonction de l'organisation du chantier ou de contraintes logistiques.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé pour réaliser une structure de paroi étanche comportant :

fournir une plaque métallique étanche présentant une série de premières
15 ondulations parallèles et une série de deuxièmes ondulations parallèles, les premières ondulations étant sécantes aux deuxièmes ondulations au niveau de croisements, les ondulations étant saillantes du côté d'une face interne de la plaque,

disposer une pièce d'ancrage comportant un organe d'attachement et un organe de
20 retenue de manière à attacher l'organe d'attachement à la face externe de la plaque opposée à la face interne au niveau d'un des croisements,

disposer une pièce de renfort allongée dans un segment d'ondulation adjacent au croisement sur la face externe de la plaque, de manière à faire coopérer une extrémité longitudinale de la pièce de renfort avec l'organe de retenue.

25 Un tel procédé peut notamment être utilisé pour préfabriquer une structure de paroi étanche convenant pour réaliser une membrane d'étanchéité résistante à la pression. Selon des modes de réalisation, un tel procédé peut présenter en outre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte :

30 disposer une deuxième pièce d'ancrage comportant un organe d'attachement et un

organe de retenue de manière à attacher l'organe d'attachement à la face externe de la plaque au niveau d'un deuxième croisement voisin du premier croisement où la première pièce d'ancrage est attachée,

disposer la pièce de renfort dans le segment d'ondulation s'étendant entre les deux
5 croisements, de sorte que la pièce de renfort soit retenue à la plaque entre les deux pièces d'ancrage par coopération des deux extrémités longitudinales de la pièce de renfort avec les deux organes de retenue.

Selon un mode de réalisation alternatif, le procédé comporte :

fixer l'extrémité de la pièce de renfort à l'organe de retenue de sorte que la pièce de
10 renfort soit retenue à la plaque par le seul effet de la pièce d'ancrage.

Dans ce cas, la pièce de renfort peut être disposée dans un segment d'ondulation s'étendant entre le croisement où la pièce d'ancrage est attachée et un bord de la plaque et dépasser du bord de la plaque pour pouvoir être engagée dans une ondulation d'une plaque adjacente.

15 Un tel procédé peut être utilisé pour fixer des pièces de renfort dans une ou plusieurs ou toutes les ondulations de la plaque métallique, notamment en fonction des besoins de renforcement de la plaque.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte :

attacher des pièces d'ancrage comportant à chaque fois un organe d'attachement et
20 quatre organes de retenue à la face externe de la plaque au niveau de tous les croisements de la plaque, et

disposer des pièces de renfort dans tous les segments d'ondulation s'étendant à chaque fois entre deux croisements en faisant coopérer à chaque fois deux extrémités longitudinales de la pièce de renfort avec deux organes de retenue des
25 deux pièces d'ancrage attachées au niveau des deux croisements, de manière à retenir les pièces de renfort à la plaque.

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

disposer des pièces de renfort dans tous les segment d'ondulation s'étendant entre un bord de la plaque et des croisements adjacents audit bord de la plaque, et
30 fixer à chaque fois l'extrémité de la pièce de renfort à un organe de retenue de la

pièce d'ancrage attachée au niveau du croisement correspondant de sorte que la pièce de renfort soit retenue à la plaque par le seul effet de la pièce d'ancrage en dépassant du bord de la plaque. De telles mesures peuvent être prises le long d'un ou plusieurs ou de tous les bords de la plaque, en fonction des exigences de

5 l'application visée.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi une cuve étanche et isolante disposée dans une structure porteuse, la cuve comportant une barrière d'isolation thermique et une barrière d'étanchéité destinée à être en contact avec un produit contenu dans la cuve, la barrière d'étanchéité comportant un ensemble prêt

10 à monter précité dans un état monté. 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.

15 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.

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

20 liquide froid à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

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

25 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.

Une idée à la base de l'invention est de fournir un dispositif de renforcement pour renforcer une membrane d'étanchéité métallique ondulée contre

30 les efforts de pression. Certains aspects de l'invention partent de l'idée de fournir un

dispositif de renforcement qui soit facile à fabriquer, qui soit facile à assembler à une membrane d'étanchéité, qui soit facile à adapter à des membranes d'étanchéité ayant des ondulations de différentes dimensions, et/ou qui présente un inventaire de pièces limité.

5 Certains aspects de l'invention partent de l'idée de préfabriquer une structure de paroi étanche convenant pour réaliser une membrane d'étanchéité métallique ondulée résistante à la pression. Certains aspects de l'invention partent de l'idée de réaliser de telles structures de paroi étanche qui soient modulaires et faciles à combiner les unes aux autres.

10 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.

Sur ces dessins :

- 15 • La figure 1 est une vue en perspective d'une plaque métallique ondulée pouvant être utilisée pour réaliser une paroi étanche.
- La figure 2 est une vue en perspective d'une pièce d'ancrage cruciforme pouvant être attachée à la face externe de la plaque de la figure 1 au niveau d'un croisement de ses ondulations pour retenir des pièces de renfort.
- 20 • La figure 3 est une vue en perspective d'une pièce de renfort convenant pour renforcer une ondulation haute de la plaque de la figure 1.
- La figure 4 est une vue en perspective d'une pièce de renfort convenant pour renforcer une ondulation basse de la plaque de la figure 1.
- La figure 5 est une vue partielle en coupe de la plaque de la figure 1
- 25 selon la ligne V-V montrant la pièce d'ancrage de la figure 2 attachée à celle-ci par coincement élastique dans une contre-dépouille de la plaque au niveau d'un croisement.
- La figure 6 est une vue partielle en perspective de la face externe de la plaque de la figure 1 avec une pièce de renfort retenue dans une ondulation par
- 30 deux pièces d'ancrage coopérant avec ses deux extrémités.

- La figure 7 est une vue agrandie du détail VII de la figure 6.
- La figure 8 est une vue partielle en plan d'une zone marginale de la face externe de la plaque de la figure 1 avec une pièce de renfort retenue dans une ondulation par une pièce d'ancrage coopérant avec une de ses extrémités.
- 5 • La figure 9 est une représentation schématique d'une zone de jonction entre deux plaques de la figure 1 vue en coupe dans le plan médian d'une ondulation haute des plaques, avec une pièce de renfort retenue dans l'ondulation par une pièce d'ancrage coopérant avec une de ses extrémités.
- La figure 10 est une représentation schématique écorchée d'une cuve de
10 navire méthanier comportant une membrane d'étanchéité réalisée à partir de la plaque de la figure 1 et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.
- La figure 11 est une vue en perspective quart de coupe d'une tête de fixation de la pièce d'ancrage de la figure 2 attachée dans une contre-dépouille de la plaque de la figure 1.
- 15 • La figure 12 est une vue analogue à la figure 11 selon un angle de vue tourné d'environ 90°.
- La figure 13 est vue plane d'une pièce de renfort retenue dans une ondulation par deux pièces d'ancrage coopérant avec ses deux extrémités.
- La figure 14 est une vue de la face externe de la plaque de la figure 1
20 avec des pièces de renfort retenues dans toutes ses ondulations à chaque fois par deux pièces d'ancrage coopérant avec les deux extrémités d'une pièce de renfort.

En référence à la figure 1, une plaque métallique ondulée 1 comporte, sur sa face interne 2, une première série d'ondulations parallèles dites basses 5 et une seconde série d'ondulations parallèles dites hautes 6 dont les directions respectives
25 sont perpendiculaires. Les termes « haute » et « basse » ont ici un sens relatif et signifient que la première série d'ondulations 5 présente une hauteur inférieure à la seconde série d'ondulations 6. Au niveau d'un croisement 3 entre une ondulation basse 5 et une ondulation haute 6, l'ondulation basse 5 est discontinue, c'est-à-dire qu'elle est interrompue par un pli 4 qui prolonge l'arête de sommet 7 de

l'ondulation haute 6 en faisant saillie au-dessus de l'arête de sommet 8 de l'ondulation basse 5. Cette forme est mieux visible sur la figure 5.

Au niveau d'un croisement 3, l'arête de sommet 7 de l'ondulation haute 6 comporte une paire d'ondulations concaves 9 dont la concavité est tournée vers la face interne et qui sont disposées de part et d'autre de l'arête de sommet 8 de l'ondulation basse 5. Une ondulation haute 6 comporte, en outre, au niveau de chaque croisement 3, un renforcement concave 10 de part et d'autre du pli 4. Un renforcement concave 10 présente sa concavité tournée vers la face interne 2 de la plaque 1 et présente une double courbure. Une première courbure visible sur la figure 1 est autour d'un axe perpendiculaire au plan moyen de la plaque 1. Une deuxième courbure visible sur la figure 5 est autour d'un axe perpendiculaire au plan de la figure 5. Comme visible sur la figure 5, les renforcements concaves 10 causent un évasement du pli 4 en direction de la partie de fond 12 du pli 4, c'est-à-dire une forme de contre dépouille. Cette forme peut être exploitée dans des modes de réalisation pour coincer élastiquement une pièce d'ancrage dans le fond du pli 4.

A titre d'exemple, les ondulations basses 5 possèdent une hauteur définie entre l'arête de sommet 8 et la surface de la plaque 1 égale environ à 36 mm et une largeur à la base de l'ondulation 5 de l'ordre de 53 mm. A titre d'exemple, les ondulations hautes 6 possèdent une hauteur définie entre l'arête de sommet 7 et la surface de la plaque 1 de l'ordre de 54,5 mm et une largeur à la base de l'ondulation 6 d'environ 77 mm.

A titre d'exemple, la plaque 1 est réalisée en tôle d'acier inoxydable ou d'aluminium et présente une épaisseur d'environ 1,2 mm et peut être mise en forme par emboutissage. D'autres métaux ou alliages et d'autres épaisseurs sont possibles, sachant qu'un épaissement de la plaque 1 entraîne une augmentation de son coût et accroît généralement la rigidité des ondulations. Dans le cas d'application des membranes étanches pour liquide froid, une certaine souplesse de la plaque 1 est requise pour permettre sa contraction thermique sans risque de rupture de l'étanchéité.

La plaque métallique ondulée 1 est bien adaptée pour former une membrane étanche d'une cuve de grande capacité, par exemple pour un produit liquide froid. Cependant, la pression hydrostatique exercée par le produit contenu dans la cuve, par exemple du gaz liquide, peut engendrer des déformations plastiques importantes des ondulations et notamment un écrasement des faces latérales des ondulations hautes 6 à distance des croisements 3. Dans une telle cuve intégrée à la structure porteuse d'un navire, les mouvements de houle du gaz liquide contre les parois latérales de la cuve au cours du transport peuvent en outre engendrer des à-coups de pression dynamique tels que les ondulations subissent également des déformations plastiques importantes. Or, de telles déformations peuvent conduire à dégrader la résistance mécanique des plaques, qui sont soumises à des contractions thermiques importantes, par exemple lorsqu'elles reçoivent du méthane liquide, et nuire ainsi à l'étanchéité des plaques, notamment dans les zones de soudure à la jonction entre les différentes plaques de la paroi étanche. On décrit ci-dessous des pièces de renfort destinées à éviter ou limiter de telles déformations plastiques.

En référence à la figure 3, une pièce de renfort 15 adaptée à être insérée dans une ondulation haute 6 du côté de la face externe de la plaque 1 est représentée. La pièce de renfort 15 présente une géométrie profilée à section constante, ce qui permet d'obtenir facilement une pièce de la longueur souhaitée en découpant un corps profilé de grande longueur. Un tel corps profilé peut notamment être fabriqué par extrusion.

La pièce 15 présente une paroi supérieure mince 16 en forme de dôme semi-elliptique sensiblement adaptée à la forme de l'ondulation haute 6 et destinée à être tournée vers la plaque 1. Si la pièce de renfort 15 est faite d'un matériau ayant un comportement thermique différent de la plaque 1, son dimensionnement doit tenir compte de cette différence pour supporter efficacement la paroi de l'ondulation à la température d'utilisation, par exemple -162°C pour le GNL.

La paroi inférieure 17 de la pièce 15 destinée à être tournée à l'opposé de la plaque 1 présente une forme générale plane pour pouvoir prendre appui sur une

surface de support, formée par exemple par la surface intérieure d'une barrière d'isolation thermique dans le cas d'une cuve pour GNL. Une rainure 18 à section rectangulaire est creusée longitudinalement dans la paroi inférieure 17 en son milieu.

5 Entre les parois 16 et 17, la pièce 15 est creuse et comporte seulement de fines nervures de soutien, à savoir deux nervures obliques 19 se croisant au niveau d'un noyau 22 et s'étendant à chaque fois entre un angle de raccordement 20 des parois 16 et 17 et un point situé sensiblement à la moitié de la hauteur de la partie opposée de la paroi 16, et une courte nervure 21 reliant le noyau 22 au fond de la
10 rainure 18.

Du fait que la surface des ondulations basses 5 est plus réduite que celle des l'ondulation haute 6, les ondulations basses 5 sont plus résistantes à la pression. Toutefois, il peut aussi être utile de les renforcer à l'aide de pièces de renfort. En référence à la figure 4, une pièce de renfort 115 adaptée à être insérée dans une
15 ondulation basse 5 du côté de la face externe de la plaque 1 est représentée. Les éléments similaires ou identiques à ceux de la pièce de renfort 15 portent le même chiffre de référence augmenté de 100. Outre ses dimensions plus petites, la pièce de renfort 115 diffère de la pièce 15 essentiellement par l'absence de paroi inférieure plane. La pièce 115 est donc ouverte entre les deux angles 120 et la rainure 118 est
20 formée sous le noyau 122 par deux nervures longitudinales parallèles 121 qui s'étendent de part et d'autre du plan de symétrie médian de la pièce parallèlement à celui-ci.

En référence à la figure 2, une pièce d'ancrage cruciforme 30 peut être utilisée pour fixer des pièces de renfort 15 et 115 dans les ondulations 6 et 5 de la
25 plaque 1. La pièce d'ancrage 30 comporte un corps central 31 en forme de tronçon cylindrique creux à section globalement rectangulaire dont les quatre faces extérieures portent respectivement quatre bras s'étendant sensiblement perpendiculairement à l'axe du corps 31 et capables de coopérer chacun avec un pièce de renfort pour retenir ou contribuer à retenir la pièce de renfort dans une
30 ondulation correspondante de la plaque 1, comme il sera expliqué plus bas.

Deux tiges 32 sont liées aux deux côtés courts 37 du corps 31 et s'étendent à partir de la face supérieure du corps 31 en formant un léger angle incliné vers l'axe du corps de manière à se rapprocher l'une de l'autre sans se rejoindre. Les tiges 32 présentent une forme biseautée en direction de leur extrémité distante du corps 31.

- 5 Les extrémités des tiges 32 sont liées par une tige 33 s'étendant perpendiculairement à l'axe du corps 31 et présentant une section plus large que l'extrémité des tiges 32, par exemple sensiblement égale à la largeur des tiges 32 à leur base.

- La tige 33 forme une tête de fixation apte à être coincée élastiquement
10 dans la contre dépouille du pli 4 au niveau d'un croisement 3 de la plaque 1, décrite plus haut. Pour cela, la tige 33 est dimensionnée avec une section légèrement plus large que la partie la plus étroite du pli 4.

La pièce d'ancrage 30 peut être fabriquée par moulage d'un résine plastique.

- 15 La figure 5 montre la pièce d'ancrage 30 ainsi attachée à la plaque 1. Pour réaliser cet attachement, la pièce d'ancrage 30 est d'abord disposée de manière que la tige 33 soit appliquée contre la partie d'entrée 11 du pli 4, les tiges 32 perpendiculaires à la plaque 1 et les bras de la pièce d'ancrage 30 disposés respectivement au droit des quatre segments d'ondulation qui se rejoignent au
20 niveau du croisement 3. Puis une force est appliquée sur la pièce d'ancrage 30 perpendiculairement en direction de la plaque 1, par exemple manuellement, de sorte que la tige 33 franchit élastiquement la partie d'entrée 11 et la partie étroite du pli 4 pour se loger dans la partie de fond 12 où elle est retenue fermement par retour élastique des deux pans inclinés 34. Dans l'état attaché, l'axe du corps 31 est
25 sensiblement perpendiculaire au plan moyen, de la plaque 1.

- Comme mieux visible sur les figures 11 et 12, la tige 33 présente une section évidée en son milieu par une fente 38 s'étendant longitudinalement entre les deux extrémités de la tige 33 où les tiges 32 sont raccordées. En vue de dessus, la forme de la fente 38 peut être un losange ou une autre forme allongée. La fente 38
30 facilite l'écrasement élastique de la tige 33 lors de son insertion dans la partie étroite

du pli 4. Les deux pans inclinés 34 situés sur les côtés de la tige 33 qui glissent contre la surface intérieure du pli 4 pendant ce mouvement d'insertion facilitent aussi sont écrasement élastique. Ainsi, la tige 33 est susceptible de se déformer élastiquement pour s'adapter à la forme précise de l'intérieur du pli 4, qui peut
5 légèrement varier d'un croisement 3 à l'autre d'une même plaque 1 du fait des tolérances de fabrication des plaques 1. De ce fait, une même pièce d'ancrage 30 est adaptée à être utilisée dans tous les croisements 3 d'une plaque ondulée du type de la plaque 1 et même dans différentes plaques de ce type présentant une légère dispersion dans leurs côtes de fabrication.

10 Comme mieux visible sur les figures 6 et 8, dans l'état attaché à la plaque 1, les quatre bras de la pièce d'ancrage 30 s'étendent dans les quatre segments d'ondulation qui se rejoignent au niveau du croisement 3. Ces bras et leurs fonctions vont maintenant être décrits plus précisément.

De retour à la figure 2, deux bras plus longs 40 sont liés aux côtés courts 37
15 du corps 31 et deux bras plus courts 140 sont liés aux côtés longs 36 du corps 31. Les bras 40 s'engagent dans les deux segments de l'ondulation haute 6 adjacents au croisement 3 où la pièce d'ancrage 30 est attachée. Les bras 140 s'engagent dans les deux segments de l'ondulation basse 5 correspondante.

Un bras 40 présente une section globalement rectangulaire et une direction
20 générale légèrement inclinée par rapport au plan perpendiculaire à l'axe du corps 31, c'est-à-dire inclinée par rapport au plan moyen de la plaque 1 dans l'état attaché, cette inclinaison étant dans une direction opposée aux tiges 32. Le bras 40 se termine par un plateau de positionnement 41 sensiblement parallèle à l'axe du corps 31, ce plateau 41 prenant une position perpendiculaire à l'axe de l'ondulation
25 haute 6 dans l'état attaché de la pièce 30, comme visible sur la figure 8.

La largeur et la forme des côtés latéraux 42 du plateau 41 sont sensiblement adaptées à la section intérieure de l'ondulation haute 6, avec un léger jeu, de sorte que les côtés latéraux 42 peuvent coopérer avec la surface intérieure de l'ondulation haute 6 pour stabiliser le plateau 41 dans sa position perpendiculaire à
30 l'axe de l'ondulation haute 6 dans l'état attaché de la pièce 30. De plus, la forme du

plateau 41 s'élargissant progressivement vers le bas permet de faire glisser un ou chaque côté latéral 42 contre les congés 13 à la base de l'ondulation haute 6 lors de la mise en place de la pièce d'ancrage 30, afin de guider facilement le bras 40 vers une position sensiblement centrée à l'intérieur de l'ondulation haute 6.

5 Une patte de retenue 44 est liée à la surface frontale 43 du plateau 41, à une position centrée latéralement par rapport au plateau 41 et adjacente au bord inférieur 45 du plateau 41, c'est-à-dire au droit du point de raccordement du bras 40 avec le plateau 41. La patte 44 s'étend perpendiculairement à l'axe du corps 31, c'est-à-dire parallèlement à l'axe de l'ondulation haute 6 dans l'état attaché de la
10 pièce d'ancrage 30. La patte 44 présente une section globalement rectangulaire de largeur légèrement inférieure à la rainure 18 pour pouvoir glisser dedans, hormis au niveau d'un épaissement formant un ergot cylindrique 46.

Comme visible sur la figure 6 et le détail de la figure 7, dans l'état attaché de la pièce d'ancrage 30, la portion 48 de la patte 44 située au-delà de l'ergot 46
15 peut s'engager de manière glissante dans l'entrée de la rainure 18 d'une pièce de renfort 15 pour arrêter la pièce 15 dans la direction perpendiculaire à la plaque 1. La portion de patte 48 peut être légèrement biseautée pour faciliter cet engagement. Dans ce mode de coopération entre la pièce d'ancrage 30 et la pièce de renfort 15, appelé mode de soutien, la pièce de renfort 15 est susceptible de basculer par
20 rapport à la patte 44 si la deuxième extrémité de la pièce de renfort 15 n'est pas retenue. Ce mode de coopération suppose donc l'utilisation d'une pièce d'ancrage 30 ou d'un moyen similaire à chaque bout de la pièce 15, comme visible sur la figure 6 où une deuxième pièce d'ancrage 130 est esquissée.

Pour retenir une pièce de renfort 15 dans un segment 14 d'une ondulation
25 haute 6 entre deux croisements 3, on procède donc de la manière suivante : on installe une première pièce d'ancrage 30 à un premier croisement. Puis on installe une pièce de renfort 15 entre ce croisement et le deuxième croisement, en engageant la portion de patte 48 de la première pièce d'ancrage dans une extrémité de la rainure 18. Puis on installe une deuxième pièce d'ancrage 130 au deuxième
30 croisement en engageant la portion de patte 48 de la deuxième pièce d'ancrage

dans l'autre extrémité de la rainure 18. Au final, deux pièces d'ancrage identiques 30 et 130 sont attachées respectivement dans les deux croisements 3, de sorte que chacune présente un bras 40 qui s'étend dans une portion d'extrémité respective du segment 14, dans des sens opposés. La pièce de renfort 15 de longueur inférieure
5 ou égale à la distance séparant les deux ergots 46 des deux bras 40 se faisant face est donc retenue dans le segment 14 dans la position montrée sur la figure 6. Dans cette position, les deux extrémités de la pièce de renfort 15 sont supportées respectivement par les portions de pattes 48 des deux pièces d'ancrage 30 et 130, de sorte que la pièce de renfort 15 est retenue à la plaque 1 dans la direction
10 perpendiculaire à la plaque 1 et ne peut pas basculer. De plus, les ergots 46 fournissent dans chaque sens une butée apte à coopérer avec la surface d'extrémité 49 de la pièce de renfort 15 à l'entrée de la rainure 18 pour arrêter la pièce de renfort 15 dans la direction longitudinale de l'ondulation haute 6. Ainsi, une fois mise en place, la pièce de renfort 15 est solidement retenue à la plaque 1 et la
15 plaque 1 ainsi équipée peut être librement manipulée, déplacée ou basculée dans toute position sans que la pièce de renfort 15 ne se décroche.

En référence à la figure 8, un bras 40 offre un autre mode de coopération possible avec une pièce de renfort 15. Dans ce mode de coopération, appelé mode de fixation, la pièce de renfort 15 est engagée à force sur la patte 44 jusqu'à coincer
20 élastiquement l'ergot 46 dans la rainure 18, qui est plus étroite que celui-ci. Pour faciliter la compression élastique de l'ergot 46, celui-ci peut être réalisé avec un évidement intérieur 50, par exemple de forme cylindrique, comme visible sur la figure 7. De préférence, la pièce de renfort 15 est poussée jusqu'à mettre la surface d'extrémité longitudinale 49 en appui contre la surface frontale 43 du plateau 41, ce
25 qui permet de positionner précisément la pièce de renfort 15 par rapport à la pièce d'ancrage 30, et donc par rapport à la plaque 1.

Dans le mode de fixation, la pièce de renfort 15 est fermement retenue à la plaque 1 par le seul effet de la pièce d'ancrage 30. Comme visible sur la figure 8, le mode de fixation peut être employé pour retenir une pièce de renfort 15 dans un
30 segment d'extrémité 51 de l'ondulation haute 6 s'étendant entre un bord 52 de la

plaque 1 et le croisement 3 adjacent à ce bord. De préférence, la pièce de renfort 15 ainsi fixée présente une longueur supérieure au segment 51 pour dépasser du bord de la plaque 1 et pouvoir s'engager sous une deuxième plaque adjacente, comme il sera expliqué plus bas. La mise en place de la pièce de renfort 15 à cette position
5 peut être effectuée par exemple par un coup sec de la main sur l'extrémité de la pièce de renfort 15 dépassant de la plaque 1. Cette mise en place est simplifiée par le fait que la pièce de renfort 15 est guidée axialement dans l'ondulation 6 par l'appui de sa paroi supérieure 16 contre la plaque 1 à l'intérieur de l'ondulation 6, et que l'appui des côtés latéraux 42 du plateau 41 contre la plaque 1 à l'intérieur de
10 l'ondulation 6 maintient la patte de retenue 44 à une position centrée latéralement dans l'ondulation 6 à une hauteur correspondant à celle de la rainure 18. La forme biseauté de la portion de patte 48 facilite aussi le guidage de la patte de retenue 44 dans l'entrée de la rainure 18.

La description donnée ci-dessus en référence à un bras 40 de la pièce
15 d'ancrage 30 vaut identiquement pour l'autre bras 40 qui s'étend dans le sens opposé. Elle vaut aussi pour les bras 140 qui remplissent les mêmes fonctions que les bras 40, à la différence près que les bras 140 concernent les ondulations basses 5 et les pièces de renfort 115. Sur les figures, les éléments des bras 140 portent donc les mêmes chiffres de référence que les éléments des bras 40 augmentés de 100 et
20 ils ne seront pas décrits à nouveau.

On voit donc qu'une pièce d'ancrage 30 peut coopérer avec deux pièces de renfort 15 et deux pièces de renfort 115 pour retenir, seule ou à l'aide d'autres pièces d'ancrage voisine, les quatre pièces de renfort dans les quatre segments d'ondulation se rencontrant au niveau du croisement 3 où la pièce d'ancrage 30 est
25 attachée. Pour une plaque 1 présentant des ondulations hautes 6 identiques les unes aux autres et régulièrement espacées et des ondulations basses 5 identiques les unes aux autres et régulièrement espacées, il est donc possible d'équiper tous les segments d'ondulations de la plaque 1 avec des pièces de renfort contre la pression à l'aide de seulement trois lots de pièces, à savoir des pièces d'ancrage 30
30 mutuellement identiques, des pièces de renfort 15 mutuellement identiques,

présentant une longueur adaptée à la distance entre deux ondulation basses 5, et des pièces de renfort 15 mutuellement identiques, présentant une longueur adaptée à la distance entre deux ondulation hautes 6.

En référence à la figure 14, on décrit maintenant une méthode possible
5 pour équiper de pièces de renfort toutes les ondulations à la surface extérieure de la plaque 1. Pour mettre en œuvre cette méthode, la plaque 1 est retournée et appuyée contre un support, par exemple un mur, de manière que sa face extérieure soit visible et que les ondulations hautes 6 soient sensiblement horizontales, les ondulations basses 5 étant quasiment verticales. L'ordre alphabétique des lettres de
10 référence représentées sur la figure 14 indique l'ordre de montage des pièces. A la lettre A, une première pièce d'ancrage est placée dans un croisement situé au niveau d'un coin inférieur gauche de la plaque 1. Puis on dispose alternativement une pièce de renfort 15 et une pièce d'ancrage 30 séquentiellement en suivant l'ondulation haute à l'horizontal (lettres B à Q), de sorte que les pièces de renfort se trouvent à
15 chaque fois dans le mode de soutien avec les deux pièces d'ancrage voisines. On place ensuite des pièces de renfort 115 dans les segments d'ondulations basses jouxtant l'ondulation haute qui vient d'être équipée, en faisant coopérer à chaque fois l'extrémité inférieure de la pièce de renfort 115 avec le bras 140 la pièce d'ancrage sous-jacente dans le mode de soutien (lettres R). On procède ensuite le
20 long de l'ondulation haute suivante de la même manière que pour la première ondulation haute, en veillant à ce que chaque pièce d'ancrage 30 ajoutée vienne retenir une pièce de renfort 115 ajoutée à l'étape R dans le mode de soutien (lettres S, T, U, V, etc.).

Bien sûr, il est aussi possible d'équiper seulement une partie des
25 ondulations ou une partie des segments d'ondulation de la plaque 1.

Dans l'état représenté à la figure 14, les segments d'extrémité 51 des ondulations hautes 6 et les segments d'extrémité 83 des ondulations basses 5 ne sont pas équipés de pièces de renfort. A partir de cet état, la méthode décrite en référence à la figure 8 peut être utilisée pour équiper de pièces de renfort les
30 segments d'extrémités situés le long d'un bord ou de plusieurs bords de la plaque 1.

Les trois lots de pièces utilisés dans cette méthode peuvent être fournis sous la forme d'un dispositif de renforcement en kit pour des plaques métalliques du type de la plaque 1. Le montage d'un tel dispositif de renforcement sur la plaque 1 peut être réalisé à la main de manière rapide et aisée en exerçant des efforts
5 manuels relativement modérés. Un tel kit de renforcement est donc également adapté à une plaque métallique ondulée présentant des dimensions et des nombres d'ondulations différents de ceux représentés sur la figure 1.

Par ailleurs, si des ondulations de la plaque métallique ondulée à équiper sont distribuées de manière irrégulière, la réalisation de plusieurs lots de pièces de
10 renfort 15 ou 115 présentant des longueurs différentes est aisée, étant donné que celles-ci peuvent être découpées dans un profilé de grande longueur.

La plaque 1 ainsi équipée de pièces de renfort 15 et/ou 115 retenues par des pièces d'ancrage 30 peut être utilisée comme une structure de paroi modulaire pour fabriquer une membrane d'étanchéité résistante à la pression en assemblant
15 plusieurs de ces structures. L'interface entre deux de ces structures peut être réalisée conformément à la figure 9.

La figure 9 montre schématiquement l'interface entre deux plaques métalliques ondulées 54 et 55 similaires à la plaque 1 de la figure 1, qui sont juxtaposées de manière que leurs ondulations respectives soient alignées. La figure 9
20 est une vue en coupe dans le plan médian d'une ondulation haute 6 qui s'étend à travers les deux plaques 54 et 55. Chacune des deux plaques 54 et 55 est équipée du dispositif de renforcement décrit plus haut, pour renforcer toutes les ondulations des plaques ou un sous-ensemble d'entre elles. Sur la figure 9, ces dispositifs de renforcement sont très partiellement représentés, à savoir par une pièce d'ancrage
25 30 respective attachée à chacune des plaques 54 et 55 au niveau du croisement 3 de l'ondulation haute 6 qui est le plus voisin du bord 52 de la plaque respective, et par une pièce de renfort 15 qui est disposée dans l'ondulation haute 6 partiellement sous la plaque 54 et partiellement sous la plaque 55. La pièce de renfort 15 renforce ainsi l'ondulation haute 6 au niveau de l'interface entre les deux plaques 54 et 55.

Pour mettre en place les plaques 54 et 55, on peut procéder de la manière suivante. La plaque 54 déjà équipée du dispositif de renforcement est d'abord posée sur la surface de support 60 sur laquelle la membrane d'étanchéité doit être montée. Par exemple, la surface de support 60 peut être constituée du plateau supérieur
5 d'une barrière d'isolation thermique connue par ailleurs. La plaque 54 porte la pièce de renfort 15 fixée à la pièce d'ancrage 30 de manière à dépasser du bord 52 de la plaque 54 d'une certaine distance.

La deuxième plaque 55 déjà équipée du dispositif de renforcement est ensuite amenée au-dessus de la surface de support 60 à côté de la plaque 54 dans
10 un état parallèle à la plaque 54, de sorte que le bord 52 de la plaque 55 devant finalement chevaucher la plaque 54 se trouve en hauteur. Dans le segment d'ondulation 57 situé près du bord 52 de la plaque 55, l'ondulation haute 6 de la plaque 55 ne comporte pas de pièce de renfort. Lorsqu'on dépose la plaque 55 dans le sens de la flèche 59, une portion marginale de la plaque 55 vient chevaucher une
15 portion marginale 56 de la plaque 54 le long du bord 52, tandis que le segment d'ondulation 57 de la plaque 55 s'engage sur la pièce de renfort 15 et que l'extrémité de la patte 44 de la pièce d'ancrage 30 attachée à la plaque 55 se positionne en face de la surface d'extrémité longitudinale 49 de la pièce de renfort 15 sans interférer avec celle-ci du fait de l'existence d'un jeu d'insertion 58.

20 Ce jeu d'insertion 58 peut exister sans qu'il ne soit nécessaire de réaliser la pièce de renfort 15 à une dimension différente des autres pièces de renfort utilisées à l'intérieur des plaques 54 et 55. Si les plaques 54 et 55 sont dimensionnées de manière que toutes les ondulations basses 5 soient finalement équidistantes, tant au sein de chacune des plaques 54 et 55 qu'à l'interface entre les deux plaques 54 et
25 55, étant tenu compte de leur chevauchement, la pièce de renfort 15 d'une longueur adaptée à cet espacement uniforme est à la fois capable d'être en appui sur deux pattes de retenue 44 dans le mode de soutien illustré sur la figure 6, et à la fois capable d'être fixée à une seule patte de retenue 44 dans le mode de fixation illustré sur les figures 8 et 9 en ménageant le jeu 58 par rapport à l'autre patte de retenue
30 44.

. Cette propriété est due à un dimensionnement particulier des pièces, que l'on va décrire plus précisément en référence à la figure 13. La figure 13 représente une pièce de renfort 15 retenue dans une ondulation haute 6 entre deux pièces d'ancrage 30. La représentation de la plaque 1 a été complètement omise par
5 mesure de clarté. Les cotes représentées désignent :

- p : distance entre les centres de deux croisements successifs le long de l'ondulation haute,
- d : longueur entre le centre de la pièce d'ancrage 30 et l'extrémité d'un bras 40 au niveau de la surface 43
- 10 • b : longueur de la patte 44 depuis la surface 43
- a : distance entre la surface 43 et l'ergot 46.
- ℓ : longueur de la pièce de renfort 15

Si on note $Y = p - (\ell + 2d)$, ces cotes vérifient de préférence les relations suivantes :

$$15 \quad Y/2 < b < Y \quad (\text{Eq. 1}) \quad \text{et}$$

$$Y - b < a < Y/2 \quad (\text{Eq. 2}).$$

Ainsi, un jeu 58 d'amplitude $(Y - b)$ est préservé dans la position de la figure 9. Dans la position de la figure 13, la pièce de renfort 15 est représentée dans le mode de soutien centrée entre les deux pièces d'ancrage 30. La cote c représentant
20 la longueur de la portion de patte 48 insérée dans la rainure 18 vaut alors :

$$c = b - Y/2 \quad (\text{Eq.4}).$$

Finalement, les deux plaques 54 et 55 peuvent être soudées de manière étanche au niveau de la portion marginale 56. La combinaison de plusieurs structures de paroi qui vient d'être décrite en référence à la figure 9 peut être
25 réalisée similairement au niveau de toutes les ondulations hautes 6 des plaques 54 et 55. De plus, des mesures similaires peuvent être employées dans la direction des ondulations basses 5.

On peut donc réaliser une membrane d'étanchéité de grande superficie en combinant de cette manière une multitude de structures de paroi rectangulaires sur
30 une surface de support plane. Des plaques métalliques ondulées peuvent aussi être

découpées selon d'autres formes et être équipées de la même manière. La membrane d'étanchéité ainsi réalisée peut être fixée à la surface de support 60 par tout moyen adapté.

Dans ce qui précède, la patte de retenue 44 fournit deux modes de coopération entre les pièces 30 et 15 : un mode de coopération de type soutien représenté à la figure 6 et un mode de coopération de type fixation représenté à la figure 8. En variante, ces deux modes de coopération pourraient être obtenus à l'aide de deux parties distinctes de la pièce d'ancrage. De même, le plateau 41 fournit à la fois un organe de positionnement du bras 40 dans l'ondulation haute 6 et un organe de butée pour la pièce de renfort 15 dans l'état fixé. En variante, ces deux fonctions pourraient être remplies par des éléments séparés.

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.

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 barrière étanche primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières isolante agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque 72.

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

La figure 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
5 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
10 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
15 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
20 comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

L'usage du verbe « comporter », « comprendre » ou « inclure » et de ses formes conjuguées n'exclut pas la présence d'autres éléments ou d'autres étapes que ceux énoncés dans une revendication. L'usage de l'article indéfini « un » ou
25 « 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.

REVENDEICATIONS

1. Une pièce d'ancrage (30) pour une structure de paroi étanche, la pièce d'ancrage comportant :
un organe d'attachement (32, 33) apte à être attaché à la face externe d'une plaque
5 métallique étanche (1) qui comporte des ondulations saillantes du côté de la face interne (2) de la plaque opposée à la face externe, l'organe d'attachement (32, 33) étant apte à être attaché à la plaque au niveau d'un croisement (3) entre une première ondulation appartenant à une série de premières ondulations parallèles (5) et une deuxième ondulation appartenant à une série de deuxièmes ondulations
10 parallèles (6), et
un organe de retenue (44) apte à coopérer avec une extrémité longitudinale d'une pièce de renfort allongée (15, 115) pour retenir la pièce de renfort dans l'une des ondulations (6, 5) qui sont sécantes au niveau dudit croisement, la pièce de renfort étant destinée à être disposée dans l'ondulation pour accroître une résistance de la
15 plaque à la pression.
2. Un ensemble prêt-à-monter convenant pour réaliser une structure de paroi étanche, l'ensemble comportant :
une pièce d'ancrage (30) selon la revendication 1,
la plaque métallique étanche (1) présentant la série de premières ondulations
20 parallèles (5) et la série de deuxièmes ondulations parallèles (6), les premières ondulations étant sécantes aux deuxièmes ondulations au niveau de croisements (3), les ondulations étant saillantes du côté de la face interne (2) de la plaque, et
la pièce de renfort allongée (15, 115) apte à être disposée dans une desdites ondulations (6, 5) sur la face externe de la plaque opposée à la face interne pour
25 accroître une résistance de la plaque à la pression.
3. Ensemble selon la revendication 2, dans lequel la pièce d'ancrage comporte une pluralité d'organes de retenue (44) aptes à coopérer avec des extrémités respectives d'une pluralité de pièces de renfort pour retenir les pièces de renfort dans une pluralité de segments d'ondulation se rencontrant au niveau du
30 croisement (3) où la pièce d'ancrage est attachée.

4. Ensemble selon la revendication 2 ou 3, dans lequel l'organe de retenue (44) est apte à coopérer avec l'extrémité de la pièce de renfort (15, 115) dans un état de soutien dans lequel l'organe de retenue arrête l'extrémité de la pièce de renfort dans une direction perpendiculaire à la plaque.
- 5 5. Ensemble selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel l'organe de retenue est apte à coopérer avec l'extrémité de la pièce de renfort dans un état de fixation dans lequel l'organe de retenue fixe la pièce de renfort (15, 115) à la pièce d'ancrage (30), de sorte que la pièce de renfort soit retenue à la plaque par le seul effet de la pièce d'ancrage.
- 10 6. Ensemble selon l'une des revendications 2 à 5, dans lequel l'organe de retenue (44) de la pièce d'ancrage est agencé à l'extrémité d'un bras (40) lié à l'organe d'attachement, le bras étant agencé de manière à s'étendre dans l'ondulation (6) dans laquelle la pièce de renfort (15) doit être retenue par l'organe de retenue dans l'état attaché de la pièce d'ancrage (30).
- 15 7. Ensemble selon la revendication 6, dans lequel le bras comporte un organe de positionnement (41) présentant un contour adapté à un profil transversal d'une ondulation de la plaque, l'organe de positionnement étant apte à coopérer avec la plaque au niveau des parois latérales de l'ondulation (6) pour positionner le bras dans l'ondulation dans l'état attaché de la pièce d'ancrage (30).
- 20 8. Ensemble selon l'une des revendications 2 à 7, dans lequel l'organe de retenue comporte une patte (44, 48) apte à s'étendre longitudinalement dans une ondulation de la plaque dans l'état attaché de la pièce d'ancrage, la pièce de renfort comportant un logement (18) ouvert au niveau d'une face d'extrémité longitudinale de la pièce de renfort et apte à recevoir la patte de l'organe de
25 retenue.
9. Ensemble selon la revendication 8, dans lequel la patte de l'organe de retenue comporte une portion épaissie (46) apte à coopérer avec la face d'extrémité (49) longitudinale de la pièce de renfort pour arrêter longitudinalement la pièce de renfort (15) par rapport à la patte (44).

10. Ensemble selon la revendication 9, dans lequel la portion épaissie (46) de la patte est apte à être engagée à force dans le logement (18) de la pièce de renfort pour fixer fermement la pièce de renfort (15) à la pièce d'ancrage (30) par déformation élastique de la portion épaissie et/ou du logement de la pièce de renfort.

11. Ensemble selon la revendication 10, dans lequel la pièce d'ancrage comporte un organe de butée (43) apte à coopérer avec la face d'extrémité longitudinale (49) de la pièce de renfort pour limiter l'engagement de la patte (44) dans le logement au-delà de la portion épaissie (46).

12. Ensemble selon l'une des revendications 8 à 11, dans lequel le logement de la pièce de renfort comporte une rainure (18) longitudinale creusée dans une face extérieure (17) de la pièce de renfort destinée à être tournée à l'opposé de la plaque.

13. Ensemble selon l'une des revendications 2 à 12, dans lequel l'organe d'attachement comporte une tête (33) apte à être attachée à la face externe de la plaque (1) par franchissement élastique d'une contre-dépouille (4) de la plaque au niveau du croisement (3) des ondulations.

14. Ensemble selon la revendication 13, dans lequel la pièce d'ancrage comporte un corps (31) auquel est lié le ou chaque organe de retenue (44) et une tige (32) liant la tête au corps en ménageant un espace vide (39) entre eux.

15. Ensemble selon la revendication 14, dans lequel la tige (32) présente une forme biseautée s'amincissant depuis le corps (31) vers la tête (33) de la pièce d'ancrage.

16. Ensemble selon l'une des revendications 2 à 15, dans lequel l'ensemble comporte en outre une deuxième pièce d'ancrage (130) comprenant un organe d'attachement (32, 33) apte à être attaché à la face externe de la plaque au niveau d'un deuxième croisement (3) de l'ondulation dans laquelle la pièce de renfort (15) doit être retenue et un organe de retenue (44) apte à coopérer avec une deuxième extrémité longitudinale de la pièce de renfort pour retenir la pièce de renfort dans l'ondulation, la pièce de renfort présentant une longueur adaptée à la

distance entre les organes de retenue (44) des deux pièces d'ancrage (30, 130) dans l'état attaché à la plaque, de sorte que la pièce de renfort soit retenue à la plaque entre les deux pièces d'ancrage par coopération avec les deux organes de retenue.

17. Ensemble selon l'une des revendications 2 à 16, dans lequel la
5 pièce de renfort (15, 115) est constituée d'un corps profilé à section constante.

18. Procédé pour réaliser une structure de paroi étanche comportant :

fournir une plaque métallique étanche (1) présentant une série de premières ondulations parallèles (5) et une série de deuxièmes ondulations parallèles (6), les
10 premières ondulations étant sécantes aux deuxièmes ondulations au niveau de croisements (3), les ondulations étant saillantes du côté d'une face interne de la plaque,

disposer une pièce d'ancrage (30) comportant un organe d'attachement (32, 33) et un organe de retenue (44) de manière à attacher l'organe d'attachement à la face
15 externe de la plaque opposée à la face interne au niveau d'un des croisements,

disposer une pièce de renfort allongée (15) dans un segment d'ondulation adjacent au croisement sur la face externe de la plaque, de manière à faire coopérer une extrémité longitudinale de la pièce de renfort avec l'organe de retenue (44).

19. Procédé selon la revendication 18, comportant en outre :
20 disposer une deuxième pièce d'ancrage (130) comportant un organe d'attachement et un organe de retenue de manière à attacher l'organe d'attachement à la face externe de la plaque au niveau d'un deuxième croisement (3) voisin du premier croisement où la première pièce d'ancrage (30) est attachée,

dans lequel la pièce de renfort est disposée dans le segment d'ondulation (14)
25 s'étendant entre les deux croisements et retenue à la plaque (1) entre les deux pièces d'ancrage par coopération des deux extrémités longitudinales de la pièce de renfort (15) avec les deux organes de retenue (44).

20. Procédé selon la revendication 18, comportant en outre :

fixer l'extrémité de la pièce de renfort (15) à l'organe de retenue (44) de sorte que la
30 pièce de renfort soit retenue à la plaque par le seul effet de la pièce d'ancrage (30).

21. Procédé selon la revendication 20, dans lequel la pièce de renfort (15) est disposée dans un segment d'ondulation (51) s'étendant entre le croisement (3) où la pièce d'ancrage est attachée et un bord de la plaque (52) et dépasse du bord de la plaque pour pouvoir être engagée dans une ondulation d'une plaque
5 adjacente (55).

22. Procédé selon la revendication 18, comportant en outre :
attacher des pièces d'ancrage (30) comportant à chaque fois un organe d'attachement et quatre organes de retenue à la face externe de la plaque au niveau de tous les croisements (3) de la plaque (1), et
10 disposer des pièces de renfort (15, 115) dans tous les segments d'ondulation s'étendant à chaque fois entre deux croisements en faisant coopérer à chaque fois deux extrémités longitudinales de la pièce de renfort avec deux organes de retenue (44) des deux pièces d'ancrage attachées au niveau des deux croisements (3), de manière à retenir les pièces de renfort à la plaque.

23. Procédé selon la revendication 22, comportant en outre :
disposer des pièces de renfort (15, 115) dans tous les segment d'ondulation s'étendant entre un bord de la plaque (52) et des croisements (3) adjacents audit
bord de la plaque, et
fixer à chaque fois l'extrémité de la pièce de renfort à un organe de retenue (44) de
20 la pièce d'ancrage attachée au niveau du croisement correspondant de sorte que la pièce de renfort soit retenue à la plaque par le seul effet de la pièce d'ancrage en dépassant du bord de la plaque (52).

24. Cuve étanche et isolante (71) disposée dans une structure porteuse, la cuve comportant une barrière d'isolation thermique et une barrière
25 d'étanchéité destinée à être en contact avec un produit contenu dans la cuve, la barrière d'étanchéité comportant un ensemble prêt à monter selon l'une des revendications 2 à 17 dans un état monté.

25. Navire (70) pour le transport d'un produit liquide froid, le navire comportant une double coque (72) et une cuve (71) selon la revendication 24
30 disposée dans la double coque.

26. Utilisation d'un navire (70) selon la revendication 25 pour le chargement ou déchargement d'un produit liquide froid, dans laquelle 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).

27. Système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant un navire (70) selon la revendication 25, 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.