

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :

3 084 347

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

18 57044

⑤1 Int Cl⁸ : **B 65 D 90/04** (2018.01), B 63 B 25/16, F 17 C 3/00

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 27.07.18.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 31.01.20 Bulletin 20/05.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ
Société par actions simplifiée — FR.

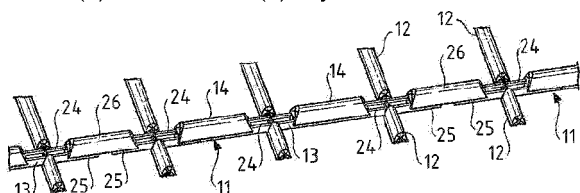
⑦2 Inventeur(s) : DELETRE BRUNO, BOYEAU MARC,
LAURAIN NICOLAS et LESEC SAMUEL.

⑦3 Titulaire(s) : GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ
Société par actions simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : LOYER & ABELLO.

⑤4 PAROI ETANCHE A MEMBRANE ONDULEE RENFORCEE.

⑤7 Paroi de cuve étanche comportant une membrane
étanche présentant une première série d'ondulations (3) pa-
rallèles et une deuxième série d'ondulations (2) parallèles
s'étendant selon des directions sécantes, lesdites ondu-
lations (2, 3) présentant une pluralité de nœuds (5) aux croi-
sements desdites séries d'ondulations (2, 3),
un renfort d'onde (11) agencé sous une ondulation (3)
de la première série d'ondulations (3) (11) comportant :
- un rail (13) logé sous ladite ondulation (3) et traversant
un nœud (5) de ladite ondulation (3), ledit rail (13) se déve-
loppant de part et d'autre dudit nœud (5),
- des portions de renfort (14, 26) rapportées sur le rail
(13) de part et d'autre dudit nœud (5) de manière à suppor-
ter des portions (6) de ladite ondulation (3) situées entre le-
dit nœud (5) et les nœuds (5) adjacents.



FR 3 084 347 - A1



Domaine technique

L'invention se rapporte au domaine des cuves étanches à membranes métalliques ondulées, pour le stockage et/ou le transport d'un fluide, et en particulier aux cuves étanches et thermiquement isolantes pour gaz liquéfié.

- 5 En particulier, l'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes pour le stockage et/ou le transport de liquide à basse température, telles que des cuves pour le transport de Gaz de Pétrole Liquéfié (aussi appelé GPL) présentant par exemple une température comprise entre -50°C et 0°C, ou pour le transport de Gaz Naturel Liquéfié (GNL) à environ -162°C à pression
- 10 atmosphérique. Ces cuves peuvent être installées à terre ou sur un ouvrage flottant. Dans le cas d'un ouvrage flottant, la cuve peut être destinée au transport de gaz liquéfié ou à recevoir du gaz liquéfié servant de carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant.

Arrière-plan technologique

- 15 On a décrit dans FR-A-2936784 une cuve à membrane d'étanchéité ondulée, renforcée à l'aide de pièces de renfort disposées sous les ondulations, entre la membrane d'étanchéité et le support de cette membrane d'étanchéité, pour diminuer les contraintes dans la membrane d'étanchéité causées par une multitude de facteurs, dont la rétraction thermique lors de la mise à froid de la cuve, l'effet de flexion
- 20 de la poutre du navire, et la pression dynamique due au mouvement de la cargaison, notamment en raison de la houle.

- Dans une telle cuve, la membrane d'étanchéité présente deux séries d'ondulations perpendiculaires. Ainsi, la membrane d'étanchéité présente une pluralité de nœuds correspondant aux intersections entre les ondulations des deux
- 25 séries d'ondulations.

- Dans un mode de réalisation, ces pièces de renfort, aussi appelées renforts d'onde, sont creuses et permettent à du gaz de circuler entre les ondulations et le support en traversant les pièces de renfort, notamment pour inérer la barrière isolante ou détecter des fuites. Ces pièces de renforts sont agencées sous les ondulations
- 30 entre deux nœuds successifs et sont donc interrompues au niveau desdits nœuds.

Résumé

Cependant, la demanderesse a constaté que les contraintes dans la membrane d'étanchéité ne sont pas nécessairement uniformes dans la cuve. Ainsi, une même ondulation peut subir des contraintes dissymétriques pouvant engendrer des déformations de la membrane pour lesquelles les pièces de renfort ne remplissent pas une fonction de renfort de la membrane de manière adéquate. En particulier, la demanderesse a constaté que les pièces de renfort sont sujettes à des déplacements conjoints avec la portion d'ondulation dans laquelle elles sont logées lorsque ladite ondulation est sujette à des contraintes dissymétriques. Ce déplacement conjoint de la pièce de renfort et de l'ondulation peut générer une torsion de la membrane au niveau du nœud.

Une idée à la base de l'invention est de fournir une paroi étanche à membrane d'étanchéité ondulée renforcée de façon continue le long de l'ondulation. Une idée à la base de l'invention est d'assurer une continuité des renforts d'onde agencés dans une ondulation. Une idée à la base de l'invention est d'assurer un alignement des renforts d'onde agencés sous une ondulation pour limiter les risques de torsion de la membrane au niveau du nœud.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une paroi de cuve étanche comportant une membrane étanche ondulée, la membrane étanche ondulée comportant une première série d'ondulations parallèles et une deuxième série d'ondulations parallèles et des portions planes situées entre les ondulations et reposant sur une surface de support, lesdites première et deuxième séries d'ondulations s'étendant selon des directions sécantes, lesdites ondulations présentant une pluralité de nœuds aux croisements desdites séries d'ondulations, un renfort d'onde étant agencé sous une ondulation de la première série d'ondulations, ledit renfort d'onde comportant :

- un rail reposant sur la surface de support et logé sous ladite ondulation, ledit rail s'étendant parallèlement à la première série d'ondulations et traversant un nœud de ladite ondulation, ledit rail se développant de part et d'autre dudit nœud,

- des portions de renfort rapportées sur le rail et reposant sur une surface supérieure du rail de part et d'autre dudit nœud de manière à supporter des portions de ladite ondulation situées entre ledit nœud et les nœuds adjacents de ladite ondulation, une portion intermédiaire du rail non recouverte par les portions de renforts et intercalée entre lesdites portions de renfort étant logée dans le nœud.

Grâce à ces caractéristiques, une continuité est assurée entre deux portions de renfort successives agencées dans une ondulation de part et d'autre d'un nœud et séparées par ledit nœud. Grâce à ces caractéristiques, le déplacement relatif entre deux portions de renforts d'onde successives agencées dans l'ondulation est limité y compris en présence de contraintes dissymétriques de part et d'autre du nœud.

Un tel renfort d'onde convient pour une membrane étanche dans laquelle les nœuds présentent une section réduite par rapport au reste de l'ondulation.

Selon un mode de réalisation, le nœud comporte un sommet, ladite ondulation comportant de part et d'autre du sommet une portion concave formant un rétrécissement de l'ondulation.

Selon un mode de réalisation, ledit rétrécissement définit par exemple une section minimale de l'ondulation dans le nœud.

Selon un mode de réalisation, la portion intermédiaire du rail s'étend dans le nœud sous les rétrécissements de l'ondulation formés par les portions concaves de l'ondulation situées de part et d'autre du sommet.

Selon des modes de réalisation, une telle paroi peut en outre comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

Selon un mode de réalisation, le rail traverse une pluralité de nœuds successifs de ladite ondulation, des portions de renforts étant rapportées sur le rail de part et d'autre des nœuds successifs traversés par le rail de manière à supporter des portions de ladite ondulation de part et d'autre des nœuds successifs traversés par le rail. Selon un mode de réalisation, le rail comporte une pluralité de portions intermédiaires non recouvertes par les portions de renforts, lesdites portions intermédiaires étant intercalées entre les portions de renfort rapportées sur le rail.

Selon un mode de réalisation, le rail présente une section transversale constante selon une direction longitudinale de l'ondulation.

Selon un mode de réalisation, la portion de renfort présente une section transversale variable selon une direction longitudinale de l'ondulation. Selon un mode
 5 de réalisation, la portion de renfort comporte une partie centrale et au moins une partie d'extrémité. Selon un mode de réalisation, la portion de renfort présente deux parties d'extrémité situées de part et d'autre de la partie centrale selon la direction longitudinale de ladite portion de renfort.

Selon un mode de réalisation, la partie centrale de la portion de renfort
 10 présente une forme externe qui épouse la forme interne de la portion longitudinale de l'ondulation.

Selon un mode de réalisation, la ou les parties d'extrémité se développent dans un nœud de l'ondulation. Selon un mode de réalisation, la ou les parties d'extrémité présentent un profil épousant une section du nœud correspondant, ladite
 15 section du nœud étant définie par les rétrécissements de l'ondulation formés par la portion concave correspondante de l'ondulation. Un tel profil de la partie d'extrémité de la portion de renfort permet avantageusement de renforcer l'ondulation au niveau du nœud, en particulier au niveau des portions concaves formées dans le nœud.

Autrement dit, selon un mode de réalisation, la portion de renfort présente
 20 des profils différents entre la ou les extrémités de ladite portion de renfort logées dans le ou les nœuds et la portion centrale logée dans la portion longitudinale de l'ondulation, la ou lesdites parties d'extrémité présentant un profil apte à soutenir une portion latérale du nœud correspondant.

Selon un mode de réalisation, la ou les parties d'extrémité de la portion de
 25 renfort sont formées par un ou des entretoises rapportées sur la portion intermédiaire du rail de part et d'autre de la partie centrale de la portion de renfort.

Selon un mode de réalisation, la ou les portions de renfort présentent une extrémité biseautée en direction du nœud.

Selon un mode de réalisation, la ou les portions de renfort présentent une paroi externe, par exemple de forme externe convexe semi-elliptique, délimitant un espace interne de la ou des portions de renfort.

5 Selon un mode de réalisation, l'espace interne de la ou des portions de renfort est creux et constitue un passage pour la circulation de gaz à travers la portion de renfort.

Selon un mode de réalisation, la ou les portions de renfort comportent en outre des voiles internes de renforcement.

10 Selon un mode de réalisation, le rail comporte un moyen d'ancrage des portions de renforts configuré pour retenir lesdites portions de renforts selon une direction d'épaisseur de la paroi de cuve.

Selon un mode de réalisation, les portions de renfort sont montées par coulissement sur le rail selon une direction longitudinale dudit rail.

15 Selon un mode de réalisation, le rail présente une rainure longitudinale ouverte sur sa face supérieure, les portions de renfort comportant un tenon en queue d'aronde logé dans ladite rainure.

Selon un mode de réalisation, le rail présente une paroi inférieure plane reposant sur la surface de support et une paroi supérieure plane parallèle à la paroi inférieure, la rainure longitudinale étant ménagée dans la paroi supérieure.

20 Selon un mode de réalisation, le rail comporte des parois latérales reliant la paroi inférieure et la paroi supérieure. Selon un mode de réalisation, les parois latérales sont inclinées par rapport à la paroi inférieure, la paroi inférieure formant une largeur maximale du rail. Selon un mode de réalisation, les parois latérales du rail présentent une inclinaison et/ou une concavité épousant l'inclinaison et/ou la
25 concavité de l'ondulation en vis-à-vis desdites parois latérales de manière à renforcer une portion inférieure correspondante de l'ondulation.

Selon un mode de réalisation, les portions de renfort sont fixées sur le rail.

Cette fixation peut être réalisée de nombreuses manières. Selon un mode de réalisation, les portions de renfort sont rivetées sur les rails. Selon un mode de
30 réalisation, les portions de renfort sont soudées sur les rails.

Selon un mode de réalisation, le renfort d'onde est un premier renfort d'onde et ladite ondulation de la première série d'ondulation est une première ondulation, la paroi de cuve comportant en outre deux deuxièmes renforts d'onde, lesdits deuxièmes renforts d'onde étant logés sous une deuxième ondulation, ladite
 5 deuxième ondulation étant une ondulation de la deuxième série d'ondulation formant avec la première ondulation le nœud traversé par le rail du premier renfort d'onde, les deuxièmes renforts d'onde étant logés sous la deuxième ondulation de part et d'autre dudit nœud entre ledit nœud et des nœuds adjacents de la deuxième ondulation de manière à supporter des portions de ladite deuxième ondulation situées entre ledit
 10 nœud et les nœuds adjacents de ladite deuxième ondulation.

Selon un mode de réalisation, les deuxièmes renforts présentent une extrémité logée dans le nœud au contact du rail. Grâce à ces caractéristiques, le rail exerce une fonction de butée limitant ainsi le déplacement des deuxièmes renforts d'onde selon la direction longitudinale des deuxièmes ondulations.

15 Selon un mode de réalisation, le rail du premier renfort d'onde comporte une rainure transversale, ladite rainure transversale étant logée dans le nœud, la paroi de cuve comportant en outre un manchon logé dans ladite rainure transversale et faisant saillie latéralement de part et d'autre du rail du premier renfort d'onde, les deuxièmes renforts d'onde étant creux, le manchon étant logé dans lesdits deuxièmes renforts
 20 d'onde de manière à maintenir lesdits deuxièmes renforts d'ondes alignés de part et d'autre du nœud.

Selon un mode de réalisation, les portions creuses des deuxièmes renforts d'ondes présentent un logement de section complémentaire à la section du manchon de sorte que ledit manchon soit logé coulissant dans lesdits deuxièmes renforts
 25 d'onde selon une direction longitudinale desdits deuxièmes renforts d'onde.

Selon un mode de réalisation, la rainure transversale du rail a une section en forme de « T » inversé de sorte que le manchon soit bloqué en déplacement par rapport au rail du premier renfort d'onde selon une direction d'épaisseur de la paroi de cuve.

30 Selon un mode de réalisation, la rainure transversale du rail a une section de forme trapézoïdale, en queue d'aronde ou triangulaire, agencée de sorte que le

manchon soit bloqué en déplacement par rapport au rail du premier renfort d'onde selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve. Par exemple, la rainure transversale du rail présente une section de forme trapézoïdale isocèle dont la grande base est située proche de la surface de support et la petite base constitue une ouverture de la rainure transversale du rail sur la face supérieure du rail.

Grâce à ces caractéristiques, les deuxièmes renforts d'onde sont bloqués en déplacement selon la direction d'épaisseur de la cuve. En particulier, la forme en « T » inversée ou trapézoïdale de la rainure transversale et la forme complémentaire du manchon logé dans les deuxièmes renforts d'ondes évite le soulèvement des deuxièmes renforts d'ondes par déplacement du rail, par exemple lors d'un impact de liquide sur la première ondulation selon une direction perpendiculaire à la direction longitudinale de ladite première ondulation.

Selon un mode de réalisation, la rainure transversale est une rainure transversale principale, le rail comportant en outre une ou plusieurs rainures transversales secondaires. De préférence, la rainure transversale principale et les rainures transversales secondaires sont logées dans le nœud. De telles rainures transversales permettent au rail de conserver une bonne rigidité dans un plan parallèle à la surface de support tout en présentant une meilleure flexibilité hors dudit plan.

Selon un mode de réalisation, au moins une rainure transversale secondaire se développent de part et d'autre de la rainure transversale principale. Selon un mode de réalisation, les rainures transversales secondaires adjacentes à la rainure transversale principale se développent depuis une face inférieure du rail. Selon un mode de réalisation, les rainures transversales secondaires se développent en alternance depuis la face supérieure du rail et depuis la face inférieure du rail. Une telle alternance permet une plus grande flexibilité du rail hors du plan parallèle à la surface de support.

Selon un mode de réalisation, une pluralité de renforts d'ondes sont logés sous l'ondulation de la première série d'ondulations, lesdits renforts d'ondes présentant un rail reposant sur la surface de support et logé sous l'ondulation, lesdits rails traversant au moins un nœud dans ladite ondulation et se développant de part et d'autre dudit au moins un nœud, et dans laquelle des extrémités en vis à vis de

deux rails successifs logés sous ladite ondulation sont agencées entre deux nœuds successifs de ladite ondulation, une portion de renfort de jonction étant rapportée sur lesdites extrémités de manière à supporter ladite ondulation entre lesdits deux nœuds successifs et maintenir alignées lesdites extrémités.

- 5 Selon un mode de réalisation, l'invention fournit également un renfort d'onde destiné à être logé sous une ondulation d'une membrane d'étanchéité ondulée, ledit renfort d'onde comportant un rail et une pluralité de portions de renforts, lesdites portions de renfort étant rapportées sur le rail et espacées selon une direction longitudinale du rail, une portion intermédiaire du rail non recouverte par les portions
- 10 de renfort et intercalée entre deux portions de renfort successives étant destinée à être logée sous un nœud de la membrane d'étanchéité, ledit nœud étant formé par l'intersection de deux ondulations sécantes de ladite membrane d'étanchéité.

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

- 15 Selon un mode de réalisation, les portions de renforts sont montées coulissantes sur le rail selon une direction longitudinale dudit rail.

Selon un mode de réalisation, la ou les portions de renfort présentent une paroi externe, par exemple de forme externe convexe semi-elliptique, délimitant un espace interne de la ou des portions de renfort.

- 20 Selon un mode de réalisation, l'espace interne de la ou des portions de renfort est creux.

Selon un mode de réalisation, la ou les portions de renfort comportent en outre des voiles internes de renforcement.

- 25 Selon un mode de réalisation, le rail présente une rainure longitudinale ouverte sur sa face supérieure, les portions de renfort comportant un tenon en queue d'aronde logé dans ladite rainure.

Selon un mode de réalisation, le rail présente une paroi inférieure plane et une paroi supérieure plane parallèle à la paroi inférieure, la rainure longitudinale étant ménagée dans la paroi supérieure.

Selon un mode de réalisation, le rail comporte des parois latérales reliant la paroi inférieure et la paroi supérieure. Selon un mode de réalisation, les parois latérales sont inclinées par rapport à la paroi inférieure, la paroi inférieure formant une largeur maximale du rail.

- 5 Selon un mode de réalisation, les portions de renfort sont fixées sur le rail. Selon un mode de réalisation, les portions de renfort sont rivetées sur les rails. Selon un mode de réalisation, les portions de renfort sont soudées sur les rails.

Selon un mode de réalisation, le rail comporte une rainure transversale, destinée à recevoir un manchon de fixation de deuxièmes renforts d'onde creux.

- 10 Selon un mode de réalisation, le rail comporte en outre des rainures transversales secondaires telles que ci-dessus.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit également une portion de membrane étanche ondulée destinée à reposer sur une surface de support de paroi de cuve étanche, ladite portion de membrane étanche comportant :

- 15 - une plaque métallique ondulée, ladite plaque métallique comportant une première série d'ondulations parallèles et une deuxième série d'ondulations parallèles et des portions planes situées entre les ondulations et destinées à reposer sur la surface de support, lesdites première et deuxième séries d'ondulations s'étendant selon des
- 20 directions sécantes, lesdites ondulations présentant une pluralité de nœuds aux croisements desdites séries d'ondulations,
- une rangée de renfort d'onde étant logée dans une ondulation de la première série d'ondulations entre des bords de la plaque métallique ondulée délimitant ladite ondulation, ladite rangée de renforts d'onde
- 25 comportant au moins un renfort d'onde tel que décrit ci-dessus,

dans laquelle la portion intermédiaire du rail est logée dans un nœud de ladite ondulation les portions de renfort dudit renfort d'onde étant logées dans des portions longitudinales de ladite ondulation située de part et d'autre du nœud entre ledit nœud et des nœuds adjacents de ladite ondulation.

Selon un mode de réalisation, la rangée de renfort d'onde est fixée à la plaque métallique ondulée, par exemple au moyen de scotch® double face ou par collage. Ainsi, il est possible de manutentionner la plaque métallique ondulée avec une ou plusieurs rangées de renforts d'onde préassemblées de cette manière à celle-ci, ce qui facilite le montage d'une paroi de cuve.

Selon un mode de réalisation, la rangée de renforts d'onde comporte une pluralité de renforts d'ondes tels que ci-dessus logés successivement dans l'ondulation.

Selon un mode de réalisation, deux desdits renforts d'ondes successifs présentent chacun un rail respectif dont une extrémité est logée dans une portion de l'ondulation commune, ladite portion de l'ondulation commune étant située entre deux nœuds adjacents de l'ondulation traversés chacun par ledit rail respectif desdits renforts d'ondes successifs, lesdites extrémités des deux rails étant jointes par une portion de renfort de jonction rapportée conjointement sur lesdites extrémités des deux rails de manière à solidariser lesdits deux renforts d'onde successifs de manière alignée.

Selon un mode de réalisation, une pluralité de rangées de renforts d'onde constituées de la même manière sont agencées dans des ondulations respectives de la première série d'ondulations sur toute la longueur de la pièce de tôle rectangulaire, par exemple dans chacune des ondulations ou seulement dans certaines d'entre elles, et peuvent être fixées à la pièce de tôle rectangulaire de la même manière.

Selon un mode de réalisation, des rangées de renforts d'onde sont agencées dans les ondulations de la deuxième série d'ondulations. Ces renforts d'onde peuvent être fixés de différentes manières, par exemple par coopération avec les renforts d'onde logés dans la ou les ondulations de la première série d'ondulations. Selon un mode de réalisation, les renforts d'onde agencés dans les ondulations de la deuxième série d'ondulations sont fixés à la pièce de tôle ondulée, par exemple au moyen de scotch® double face ou par collage.

Selon un mode de réalisation, une pluralité de rangées de renforts d'onde sont agencées dans les ondulations respectives de la première série d'ondulations sur sensiblement toute la longueur de la métallique ondulée et des rangées de

deuxièmes renforts d'onde sont agencées dans les ondulations de la deuxième série d'ondulations, les deuxièmes renforts d'onde étant assemblés aux premiers renforts d'ondes pour former une ossature de la métallique ondulée.

Selon un mode de réalisation, la plaque métallique ondulée est rectangulaire,
5 les ondulations étant parallèles à des bords respectifs de ladite plaque métallique ondulée.

Une telle paroi de 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 ou tout navire
10 utilisant un gaz liquéfié combustible comme carburant, une unité flottante de stockage et de regazéification (FSRU), une unité flottante de production et de stockage déporté (FPSO) et autres.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit un navire pour le transport d'un produit liquide froid comporte une double coque et une cuve comportant la paroi
15 étanche 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 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 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
20 vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.
25

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
30 titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés.

- 5

 - La figure 1 est une vue d'une plaque métallique ondulée destinée à la construction d'une membrane étanche d'une cuve de stockage de gaz naturel liquéfié ;
 - La figure 2 est une vue en perspective schématique d'une rangée de renforts grandes ondes associés à une pluralité de renforts petites ondes ;
 - La figure 3 est une vue en coupe d'un renfort grande onde de la rangée de renforts d'ondes de la figure 2 ;
- 10

 - La figure 4 est une vue en perspective schématique d'un renfort grande onde et des renforts petites ondes au niveau d'un nœud de la figure 2 ;
 - Les figures 5 à 6 sont des vues en coupe partielles de la figure 4 dans différents plans de coupe illustrant la coopération entre le renfort grande onde et le renfort petite onde au niveau d'un nœud ;
- 15

 - La figure 7 est une vue en coupe partielle d'une variante de la figure 4 ;
 - La figure 8 est une vue en perspective schématique de dessous d'une plaque métallique ondulée de membrane étanche dans laquelle sont logées des renforts grandes ondes et des renforts petites ondes ;
- 20

 - La figure 9 est une vue en perspective schématique d'une partie de cuve étanche et thermiquement isolante en cours de montage comportant une plaque métallique ondulée de la figure 8 illustrée en transparence ;
- 25

 - La figure 10 est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve ;

Description détaillée de modes de réalisation

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

5 Une cuve étanche et thermiquement isolante pour le stockage et le transport d'un fluide cryogénique, par exemple du Gaz Naturel Liquéfié (GNL) comporte une pluralité de parois de cuves présentant chacune une structure multicouche.

Une telle paroi de cuve comporte, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière d'isolation thermique ancrée à une structure porteuse par des organes de retenue et une membrane d'étanchéité portée par la barrière d'isolation
10 thermique et destinée à être en contact avec le fluide cryogénique contenu dans la cuve.

La structure porteuse peut notamment être une tôle métallique autoporteuse ou, plus généralement, tout type de cloison rigide présentant des propriétés mécaniques appropriées. La structure porteuse peut notamment être formée par la
15 coque ou la double coque d'un navire. La structure porteuse comporte une pluralité de parois définissant la forme générale de la cuve, habituellement une forme polyédrique.

La cuve peut aussi comporter une pluralité de barrières d'isolation thermique et de membranes d'étanchéité. Par exemple, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la
20 cuve, une cuve peut comporter une barrière d'isolation thermique secondaire ancrée sur la structure porteuse, une membrane d'étanchéité secondaire portée par la barrière d'isolation thermique secondaire, une barrière d'isolation thermique primaire reposant sur la membrane d'étanchéité secondaire et une membrane d'étanchéité primaire reposant sur la barrière d'isolation thermique primaire. La barrière d'isolation
25 thermique peut être réalisée de nombreuses manières, en de nombreux matériaux selon des techniques connues telles que, par exemples, décrites dans les documents WO2017017337 ou WO2017006044. Les membranes d'étanchéité peuvent être constituées de pièces métalliques rectangulaires ondulées comportant des séries d'ondulations de tailles différentes ou similaires.

La figure 1 illustre une plaque métallique 1 ondulée destinée à la formation d'une membrane étanche d'une cuve de stockage de gaz naturel liquéfié.

La plaque métallique 1 comporte une première série d'ondulations 2 parallèles, dites basses, s'étendant selon une direction y et une seconde série d'ondulations 3 parallèles, dites hautes, s'étendant selon une direction x. Les directions x et y des séries d'ondulations sont perpendiculaires. Les ondulations 2, 3 sont saillantes du côté de la face interne de la plaque métallique 1, destinée à être mise en contact avec le fluide contenu dans la cuve. Les bords de la plaque métallique 1 sont ici parallèles aux ondulations 2, 3. Notons que les termes «haute» et «basse» ont un sens relatif et signifient que les ondulations 2, dites basses, présentent une hauteur inférieure aux ondulations 3, dites hautes.

La plaque métallique 1 comporte entre les ondulations 2, 3, une pluralité de surfaces planes 4. Au niveau de chaque croisement entre une ondulation basse 2 et une ondulation haute 3, la plaque métallique 1 comporte un nœud 5. Autrement dit, chaque ondulation 2, 3 comporte une succession de portion longitudinale 6 et de nœud 5, lesdits nœuds 5 étant formés par l'intersection de ladite ondulation 2, 3 avec une ondulation 3, 2 perpendiculaire. De telles portions longitudinales 6 présentent une section sensiblement constante, le changement de section de l'ondulation 2, 3 au niveau de l'intersection entre deux ondulations 2, 3 marquant le début du nœud 5. Cependant, la portion longitudinale 6 peut comporter des déformations locales (non illustrées) telles que décrites dans le document FR2861060.

Le nœud 5 comporte un pli 7 qui prolonge l'arête de sommet 8 de l'ondulation haute 3. Ce pli 7 forme un sommet du nœud 5 en saillie vers l'intérieur de la cuve. L'arête de sommet 8 de l'ondulation haute 3 comporte en outre une paire d'ondulations concaves 9 dont la concavité est tournée vers l'intérieur de la cuve et qui sont disposées de part et d'autre du pli 7. Par ailleurs, le pli 7 est bordé par une paire de renforcements latéraux 10 formés dans l'ondulation haute 3 et dans lesquels pénètre l'ondulation basse 2.

La plaque métallique 1 peut notamment être réalisée en acier inoxydable, en aluminium, en Invar® : c'est-à-dire un alliage de fer et de nickel dont le coefficient de

dilatation est typiquement compris entre $1,2 \cdot 10^{-6}$ et $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, ou dans un alliage de fer à forte teneur en manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement de l'ordre de 7 à $9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Toutefois, d'autres métaux ou alliages sont également possibles.

- 5 A titre d'exemple, la plaque métallique 1 présente une épaisseur d'environ 1,2 mm. D'autres épaisseurs sont également envisageables, sachant qu'un épaississement de la tôle métallique 1 entraîne une augmentation de son coût et accroît généralement la rigidité des ondulations 2, 3.

- 10 Selon un mode de réalisation avantageux (voir figure 8) deux bords perpendiculaires de chaque plaque métallique 1 présentent un jogglinage, c'est-à-dire une partie dénivelée, de telle sorte que, lorsque les plaques métalliques 1 sont soudées les unes aux autres, les bords présentant un jogglinage viennent chacun surmonter le bord en vis-à-vis de la plaque métallique 1 adjacente.

- 15 D'autres détails et caractéristiques possibles de la membrane d'étanchéité, des plaques métalliques 1 formant ladite membrane d'étanchéité, et de la structure des nœuds 5 sont décrits dans les documents WO2017017337 ou WO 2017006044. A titre d'exemple, les plaques métalliques 1 assemblées pour former la membrane d'étanchéité peuvent être mises en forme par emboutissage ou pliage.

- 20 Les ondulations 2, 3 de la plaque métallique 1 permettent à la membrane d'étanchéité d'être flexible afin de pouvoir se déformer sous l'effet des sollicitations thermiques et mécaniques générées par le gaz naturel liquéfié emmagasiné dans la cuve. Afin de renforcer la membrane d'étanchéité au regard de ces différentes sollicitations, des renforts d'ondes sont agencés dans les ondulations 2, 3. Plus particulièrement, des rangées de premiers renforts d'onde 11 sont agencées sous les ondulations hautes 3. De même, des rangées de deuxièmes renforts d'onde 12 sont agencées sous les ondulations basses 2. Ces renforts d'onde 11, 12 permettent de soutenir et renforcer les ondulations 2, 3 de la membrane d'étanchéité en présence de contraintes liées par exemple aux mouvements de fluide dans la cuve.

- 30 De tels renforts d'onde 11, 12 sont illustrés en détails sur les figures 2 à 7. Sur ces figures 2 à 7, la membrane d'étanchéité n'est pas illustrée afin de permettre

une meilleure lisibilité des caractéristiques et de l'agencement desdits renforts d'onde 11, 12 étant entendu que ces renforts d'onde 11, 12 sont décrits dans le cadre d'un agencement desdits renforts d'onde 11, 12 sous les ondulations 2, 3 d'une membrane d'étanchéité formée par une pluralité de plaque métalliques ondulées 1 telles
 5 qu'illustrée sur la figure 1.

Comme illustré sur les figures 2 à 4, le premier renfort d'onde 11 comporte un rail 13 sur lequel sont rapportés des portions de renforts 14.

Le rail 13 présente une section constante le long de la direction longitudinale de l'ondulation haute 3 sous laquelle il est agencé. Ce rail 13 présente une hauteur,
 10 prise selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve, inférieure à la hauteur de l'ondulation haute 3, y compris au niveau des ondulations concaves 9 formées au niveau des nœuds 5.

La figure 3 illustre une vue en coupe d'un premier renfort d'onde 11 dans un plan de coupe perpendiculaire à la direction longitudinale dudit premier renfort d'onde
 15 11 au niveau d'une portion de renfort 14. Comme illustré sur cette figure 3, le rail 13 comporte une paroi inférieure 15 plane. Cette paroi plane 15 repose sur la surface de support formée par la barrière thermiquement isolante (non illustrée). Le rail 13 comporte également des parois latérales 16 se développant depuis les bords latéraux de la paroi inférieure 15. Ces parois latérales 16 se développent de façon inclinée par
 20 rapport à la paroi inférieure 15.

De préférence, les parois latérales 16 du rail 13 présente une face externe, c'est-à-dire en vis-à-vis de l'ondulation haute 3, dont la l'inclinaison et/ou la concavité est identique ou proche de celle de l'ondulation haute 3 en vis-à-vis. Ainsi, la face externe des parois latérales 16 épousent la face interne en vis-à-vis de l'ondulation
 25 haute 3 et peuvent exercer une fonction de renfort de la portion inférieure de l'ondulation haute 3.

Le rail 13 comporte en outre une paroi supérieure 17 se développant entre les parois latérales 16. Cette paroi supérieure 17 est plane et parallèle à la paroi inférieure 15. La face supérieure de la paroi supérieure 17 présente une rainure 18
 30 en forme de queue d'aronde dont l'ouverture est tournée vers l'intérieur de la cuve. Cette rainure 18 est sensiblement centrée entre les parois latérales 16. La rainure 18

comporte deux parois internes 19 reliant la paroi supérieure 17 à la paroi inférieure 15, la paroi inférieure 15 formant le fond de la rainure 18.

La portion de renfort 14 présente une paroi inférieure plane 20 surmontée par une enveloppe externe 21. Cette enveloppe externe 21 présente une forme convexe, typiquement une forme de dôme, par exemple semi-élliptique et présentant une forme analogue à la forme de l'ondulation haute 3. Ces parois 20, 21 délimitent un espace interne creux de la portion de renfort 14. Une telle portion de renfort 14 creuse permet la circulation de gaz dans ladite portion de renfort 14, par exemple pour l'inertage ou la détection de fuite dans la barrière d'isolation thermique. La portion de renfort 14 comporte en outre des voiles internes 22 permettant de renforcer ladite portion de renfort 14.

La portion de renfort 14 comporte un tenon 23 faisant saillie vers l'extérieur depuis la paroi inférieure 20. Ce tenon 23 présente également une forme en queue d'aronde complémentaire de la forme en queue d'aronde de la rainure 18. La portion de renfort 14 est montée coulissante sur le rail 13 par coopération entre le tenon 23 et la rainure 18, cette coopération assurant le maintien de la portion de renfort 14 sur le rail 13 selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve tout autorisant le déplacement de la portion de renfort 14 selon la direction longitudinale du rail 13.

Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 3, la portion de renfort 14 comporte en outre deux pattes latérales 44 se développant vers l'extérieur et prolongeant l'enveloppe extérieure 21 vers la surface de support au-delà de la paroi inférieure 20. Ces pattes latérales 44 recouvrent partiellement les parois latérales 16 du rail 13. Ces pattes latérales 44 présentent une face externe tournée vers l'ondulation haute 3 épousant la forme interne de ladite ondulation haute 3 de manière à supporter et renforcer ladite ondulation haute 3. En outre, la coopération entre les pattes latérales 44 de la portion de renfort 14 et les parois latérales 16 du rail 13 permet un meilleur maintien de la portion de renfort 14 sur le rail 13 et participe avec le tenon 23 au guidage en coulissement de la portion de renfort 14 sur le rail 13.

Les contraintes dans la cuve ne sont pas toujours uniformes. Ainsi, une ondulation haute 3 peut être sujette sur sa longueur à des contraintes dissymétriques. De telles contraintes dissymétriques se traduisent par l'application d'une contrainte latérale sur une portion longitudinale 6 de l'ondulation haute 3 sans que la portion

longitudinale 6 adjacente de ladite ondulation haute 3 ne soit sujette à une contrainte analogue. En présence de telles contraintes dissymétriques, l'ondulation haute 3 peut être sujette à une torsion importante au niveau du nœud 5 séparant les deux portions longitudinales 6 successives sujettes à ladite contrainte dissymétrique.

5 Le rail 13 présentant une hauteur inférieure à la hauteur de l'ondulation haute 13 y compris au niveau des nœuds 5, et en particulier au niveau des portions concaves 9, un même rail 13 peut présenter une longueur lui permettant de traverser un nœud 5 et même, de préférence, une pluralité de nœuds 5 successifs de l'ondulation haute 3. Ainsi, dans le mode de réalisation illustré sur la figure 2, le rail
10 13 présente une longueur permettant audit rail 13 de traverser trois nœuds 5 successifs de l'ondulation haute 3 sous laquelle ledit rail 13 est logé.

Les portions de renfort 14 sont rapportées sur le rail 13 de manière à se développer dans les portions longitudinales 6 de l'ondulation haute 3. Ainsi, dans le mode de réalisation illustré sur la figure 2, deux portions de renfort 14 sont rapportées
15 sur le rail 13 de manière à être logées dans les portions longitudinales 6 situées entre les nœuds 5 traversées par le rail 13.

La longueur de la portion de renfort 14 au sommet de l'enveloppe externe 21 est par exemple égale à la longueur de la portion longitudinale 6 de l'ondulation haute 3 qui présente une section uniforme entre deux nœuds 5 de manière à renforcer
20 lesdites portions longitudinales 6 sur toute la distance séparant deux nœuds 5 successifs de l'ondulation haute 3. Cette portion à section uniforme s'arrête lorsque l'ondulation haute 3 présente un léger étranglement latéral marquant le début du nœud 5, dont la géométrie est complexe comme expliqué plus haut. Par ailleurs, la forme en biseau des portions de renfort 14 correspond sensiblement à l'inclinaison
25 de cet étranglement latéral, de sorte que la portion de renfort 14 s'approche le plus près possible du nœud 5 pour optimiser le soutien de l'ondulation haute 3.

Le rail 13 présente entre deux portions de renforts 14 successives une portion intermédiaire 24 non recouverte par lesdites portions de renfort 14 successives. Cette portion intermédiaire 24 est logée dans un nœud 5 correspondant
30 traversé par le rail 13. Ainsi le premier renfort d'onde 11 présente une alternance de portions de rail 13 recouvertes par les portions de renfort 14 et logées dans les portions longitudinales 6 successives de l'ondulation haute 3 et de portions

intermédiaires 24 du rail 13 non recouvertes par les portions de renfort 14 logées dans les nœuds 5 traversés par ledit rail 13.

Ainsi, un premier renfort d'onde 11 tel qu'illustré sur la figure 2 permet de renforcer une pluralité de portions longitudinale 6 successives de l'ondulation haute 3 tout en conservant un alignement des portions de renfort 14 même en présence de contraintes dissymétriques.

La figure 2 illustre partiellement une rangée de premiers renforts d'ondes 11 destinés à être agencés sous une ondulation haute 3. Cette rangée de premiers renforts d'onde 11 comporte une pluralité de premiers renforts d'ondes 11 alignés sous ladite ondulation haute 3, étant entendu que l'alignement de premiers renforts d'ondes 11 illustré sur la figure 2 peut être reproduit sur toute la longueur d'une ondulation haute 3. De même, les deuxièmes renforts d'ondes 12 illustrés sur cette figure 2 peuvent être agencés sous des ondulations basses 2 sur toute la longueur desdites ondulations basses 2.

Des extrémités 25 des rails 13 se développent dans les portions longitudinales 6 de l'ondulation haute 3 correspondantes environ jusqu'à mi-longueur desdites portions longitudinales 6. Autrement dit, les extrémités 25 des rails 13 successifs de la rangée de premiers renforts d'onde 11 sont logées en vis-à-vis sensiblement au milieu d'une même portion longitudinale 6 de l'ondulation haute 3.

Comme illustré sur la figure 2, une portion de renfort de jonction 26 analogues aux portions de renfort 14 est rapportée sur les deux extrémités 25 en vis-à-vis de deux rails 13 successifs. Une telle portion de renfort de jonction 26 permet d'une part de renforcer la portion longitudinale 6 correspondante de l'ondulation haute 3 et, d'autre part, d'assurer l'alignement desdits rails 13 successifs de manière à assurer l'alignement des premiers renforts d'onde 11 joints par cette portion de renfort de jonction 26.

Le montage par coulisement des portions de renfort 14, 26 sur les rails 13 permet de positionner lesdites portions de renfort 14, 26 sur les rails 13 de façon simple et rapide tout en permettant de rattraper d'éventuels jeux de constructions de la membrane d'étanchéité. Ce coulisement est particulièrement avantageux pour la portion de renfort de jonction 26 pour rattraper d'éventuels jeux de constructions entre

deux rails 13 successifs. En outre, une telle coopération entre la portion de renfort de jonction 26 et des rails 13 permet à ladite portion de renfort de jonction 26 d'assurer un meilleur alignement desdits rails 13 dans l'ondulation haute 3 par coopération du tenon 23 avec chacune des rainures 18 desdits rails 13 successifs et des pattes 44
5 avec lesdits rails 13 successifs.

Une fois correctement positionnés sur les rails 13, les portions de renfort 14, 26 peuvent être fixées sur les rails 13 de manière définitive. Par exemple les portions de renforts 14, 26 peuvent être fixées par rivetage, par un point de soudure ou par tout autre moyen adapté. Un tel point de soudure ou un tel rivetage est par exemple
10 réalisé entre la paroi inférieure 15 du rail 13 et le tenon 23 de la portion de renfort 14, 26. Dans le cas d'une portion de renfort 14 rapportée sur un unique rail 13, cette fixation est par exemple centrée sur la portion de renfort 14 selon sa direction longitudinale. Dans le cadre d'une portion de renfort de jonction 26, deux points de fixation peuvent être prévus, un sur chaque rail 13 sur lequel est rapportée ladite
15 portion de renfort de jonction 26, par exemple à mi-longueur de la portion dudit rail 13 recouverte par ladite portion de jonction 26.

Les deuxièmes renforts d'ondes 12 illustrés sur les figures 2 et 4 à 7 et comportent une paroi inférieure 27 surmontée par une paroi externe 28. La paroi externe 28 présente une forme convexe, par exemple une forme de dôme analogue
20 à la forme des ondulations basses 2 et délimite un espace interne creux du deuxième renfort d'onde 12. De façon analogue aux portions de renfort 14, cet espace interne creux des deuxièmes renforts d'ondes 12 permet la circulation de gaz pour l'inertage et/ou la détection de fuite. La paroi inférieure 27 repose sur la surface de support formée par la barrière thermiquement isolante. Ces deuxièmes renforts d'ondes 12
25 comportent, de façon analogue aux portions de renforts 14, 26 des premiers renforts d'ondes 11, des voiles internes 29 permettant de renforcer lesdits deuxièmes renforts d'ondes 12.

De façon analogue aux premiers renforts d'ondes 11, il est préférable de conserver l'alignement des deuxièmes renforts d'ondes 12 logés sous les ondulations
30 basses 2. Les deuxièmes renforts d'onde 12 des rangées de deuxièmes renforts d'onde 12 sont agencés dans les portions longitudinales 6 des ondulations basses 2 entre deux nœuds 5 successifs desdites ondulations basses 2.

Cependant, les rails 13 des premiers renforts d'onde 11 traversant les nœuds 5, les deuxièmes renforts 12 d'ondes sont interrompus au niveau desdits nœuds 5. Afin d'assurer la continuité des deuxièmes renforts d'onde 12 malgré l'interruption causée par les rails 13, les deuxièmes renforts d'onde 12 sont liés par
 5 des manchons 30 traversant lesdits rails 13 au niveau des nœuds 5.

Pour cela, les rails 13 comportent au niveau du nœud 5 une rainure transversale 31. Cette rainure transversale 31 se développe de façon traversante et perpendiculairement à la rainure 18 des rails 13.

Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 7, cette rainure transversale
 10 31 présente une forme de « T » inversée. Cette rainure transversale se développe depuis la face supérieure de la paroi supérieure 17 du rail 13.

Le manchon 30 présente une forme complémentaire à la forme de la rainure transversale 31, typiquement une forme en « T » inversée présentant une base plane 32 parallèle à la paroi inférieure 15 du rail 13 et une paroi verticale supérieure 33
 15 perpendiculaire à la base plane 32. Ainsi, le manchon 30 peut être monté coulissant dans la rainure transversale 31. En outre, la forme de « T » inversée de la rainure transversale 31 et du manchon 30 permet le blocage dudit manchon 30 dans la rainure transversale 31 selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve.

Le manchon 30 est logé dans la rainure transversale 31 du rail 13 de manière
 20 à faire saillie latéralement de part et d'autre dudit rail 13 et être logé par coulissement dans deux deuxièmes renforts d'onde 12 successifs de la rangée de deuxièmes renforts d'onde 12. Ainsi, ce manchon permet de maintenir l'alignement desdits deux deuxièmes renforts d'ondes 12 situés de part et d'autre du rail 13 au niveau du nœud 5.

Afin d'assurer la coopération des deuxièmes renforts d'onde 12 avec le manchon 30, le deuxième renfort d'onde 12 comporte un logement interne 34 se développant selon la direction longitudinale dudit deuxième renfort d'onde 12. Ce logement interne 34 est formé par deux parois verticales 35 parallèles se développant depuis les voiles internes 29 en direction de la paroi inférieure 27 du deuxième renfort
 30 d'onde 12. Ces parois verticales 35 sont distantes l'une de l'autre d'une distance correspondant à l'épaisseur de la paroi verticale supérieure 33 du manchon 30.

En outre, la paroi inférieure 27 du deuxième renfort d'onde présente une surélévation 36. Les deux parois verticales 35 du logement 34 se développent en direction de ladite surélévation 36 et présentent une face inférieure en vis-à-vis de ladite surélévation 36. La distance entre cette surélévation 36 et les parois verticales 35 est supérieure à, et de préférence proche, l'épaisseur de la base 32 du manchon 30. Ainsi, le manchon 30 peut être inséré dans le logement 34 du deuxième renfort d'onde 12 par coulissement le long de la direction longitudinale du deuxième renfort d'onde 12. Une telle insertion par coulissement permet de bloquer le deuxième renfort d'onde 12 par rapport au manchon 30, et donc par rapport au rail 13, à la fois latéralement par butée de la paroi verticale supérieure 33 du manchon 30 sur les deux parois verticales 35 du logement 34 et en déplacement vertical par butée de la base 32 du manchon 30 sur les faces inférieures des parois verticales 35 et sur la surélévation 36.

Dans la variante illustrée sur la figure 7, le rail 13 comporte en outre des rainures transversales secondaires 45. Ces rainures transversales secondaires 45 se développent dans le rail 13 de façon traversante et perpendiculairement à la rainure 18 du rail 13. Ces rainures transversales secondaires 45 se développent depuis la face inférieure de la paroi inférieure 15 du rail 13.

Sur la figure 7, seules deux rainures transversales secondaires 45 sont illustrées, mais le rail 13 peut comporter une pluralité de rainures transversales secondaires 45 de part et d'autre de la rainure transversale 31. Dans ce cas, les rainures transversales secondaires 45 se développent en alternance depuis la face inférieure de la paroi inférieure 15 et depuis la face supérieure de la paroi supérieure 17 du rail, les rainures transversales secondaires 45 adjacentes à la rainure transversale 31 se développant depuis la face inférieure de la paroi inférieure 15 du rail 13.

De telles rainures transversales secondaires 45 offrent une flexibilité au rail 13 hors d'un plan parallèle à la surface de support tout en conservant une bonne rigidité dans ledit plan parallèle à la surface de support.

Dans un mode de réalisation non illustré, un deuxième renfort d'onde 12 se développe dans au moins deux portions longitudinales 6 adjacentes d'une ondulation

basse 2. Dans ce mode de réalisation, le deuxième renfort d'onde comporte une portion intermédiaire remplissant la même fonction que le manchon 30 décrit ci-dessus. Cependant, contrairement au manchon 30 logé dans la rainure transversale 31, la portion intermédiaire d'un tel deuxième renfort d'onde recouvre la portion intermédiaire 24 du rail 13 située au droit de l'ondulation basse 2.

Un tel deuxième renfort d'onde 12 est par exemple réalisé en usinant une portion dudit deuxième renfort d'onde 12 selon une forme d'usinage complémentaire à la forme extérieure de la portion intermédiaire 24 du rail 13. Cet usinage permet ainsi de former la portion intermédiaire du deuxième renfort d'onde 12 de recouvrir la portion intermédiaire 24 du rail 13 en épousant sa forme externe.

Dans un tel mode de réalisation, la portion intermédiaire 24 du rail 13 peut avantageusement comporter une pluralité de rainures transversales secondaire 45 telles que décrite ci-dessus, la rainure transversale 31 étant alors remplacée par une dite rainure transversale secondaire 45. De même, le deuxième renfort d'onde 12 peut également présenter des rainures transversales analogues aux rainures transversales secondaires 45, se développant depuis le sommet ou depuis la base du deuxième renfort d'onde 12, préférentiellement en alternance.

En outre, comme illustré sur la figure 5, le deuxième renfort d'onde 12 est bloqué en déplacement le long de la direction longitudinale de l'ondulation basse 2 dans laquelle il est logé par butée de sa paroi inférieure 27 sur le rail 13 du premier renfort d'onde 11.

Des renforts d'onde 11, 12 tels qu'illustrés sur les figures 2 à 7 permettent ainsi avantageusement de conserver un alignement stable et fiable desdits renforts d'ondes 11, 12 y compris en présence de contraintes dissymétriques dans la cuve. De tels renforts d'onde 11, 12 peuvent être réalisés en de nombreux matériaux comme par exemple dans des matériaux tels que des métaux, notamment l'aluminium, des alliages de métaux, des matières plastiques, notamment polyéthylène, polycarbonate, polyéther imide, ou des matériaux composites comportant des fibres, notamment fibres de verre, liées par une résine plastique.

Les renforts d'onde 11, 12 peuvent être fabriqués de nombreuses manières. De préférence, ces renforts d'ondes 11, 12 sont réalisés par extrusion. Par exemple,

le rail 13, la portion de renfort 14 et les deuxièmes renforts d'ondes 12 sont réalisés indépendamment les uns des autres par extrusion aux longueurs désirées. Dans un second temps, le rail 13 peut être usiné pour réaliser la rainure transversale 31.

La figure 8 illustre un élément de membrane étanche 41 comportant une plaque métallique 1 ondulée telle qu'illustrée sur la figure 1 dans laquelle sont logés une pluralité de premiers renforts d'ondes 11 et de deuxièmes renforts d'ondes 12. Sur cette figure 8, trois premiers renforts d'ondes 11 sont logés dans les ondulations hautes 3 de la plaque métallique ondulée 1 et des deuxièmes renforts d'ondes 12 sont logés dans les ondulations basses 2 entre lesdits premiers renforts d'onde.

Par ailleurs, comme illustré sur cette figure 8 et sur la figure 1, des bords 37 de la plaque métallique 1 interrompent les ondulations 2, 3 entre deux nœuds 5 successifs de la membrane d'étanchéité. Autrement dit, la plaque métallique 1 présente des demies portions longitudinales 38 reliant les bords 37 de la plaque aux nœuds 5 adjacents auxdits bords 37.

Les rails 13 de premiers renforts d'ondes 11 d'extrémité se développent dans ces demies portions longitudinales 38 et sont interrompus sensiblement au niveau des bords 37. Des demies portions de renfort 39 sont rapportées sur les rails 13 dans les demies portions longitudinales 38 des ondulations hautes 3 pour renforcer lesdites demies portions longitudinales 38. Ces demies portions de renfort 39 sont analogues aux portions de renforts 14 telles que décrites ci-dessus mais présentent une longueur adaptée à la longueur des demies portions longitudinales 38. De façon analogue, des demis deuxièmes renforts d'onde 40 sont agencés dans les demies portions longitudinales 38 des ondulations basses 2.

De nombreuses méthodes peuvent être mises en œuvre afin d'assurer le maintien des renforts d'onde 11, 12, 40 dans les ondulations 2, 3 de la plaque métallique 1. Selon un mode de réalisation, les renforts d'onde 11, 12, 40 sont fixés dans les ondulations par du scotch® double face ou par collage. Selon un mode de réalisation, des clips de maintien (non illustrés) sont agencés sur les bords de ladite plaque métallique 1. Ces clips de maintien 1 comportent une portion agencée sur la face interne de la plaque métallique 1 et une portion logée dans l'espace interne creux des renforts d'onde 11, 40. Dans ce mode de réalisation, le maintien des renforts d'ondes 11, 12, 40 dans les ondulations peut être assuré par la continuité des rangées

de renforts d'onde 11, 12, 40 au moyen des portions de renfort de jonction 26 et des manchons 30 qui maintiennent alignés et solidaires les différents renforts d'ondes 11, 12, 40.

Dans un mode de réalisation, les renforts d'ondes 11, 12 sont préassemblés
 5 de manière à former une ossature 46 pouvant être insérée dans une pluralité de portions longitudinales 6 et de nœuds 5 simultanément. Une telle ossature 46 comporte dans l'exemple illustré sur la figure 8 trois rails 13, les portions de renforts 14 montées sur lesdits rails 13 ainsi que les deuxièmes renforts d'ondes 12 intercalés entre lesdits rails 13. Dans une variante de réalisation, cette ossature 46 peut
 10 également comporter les demi-deuxièmes renforts d'ondes 40. Une telle ossature 46 peut être prévue pour être insérée dans $M \times N$ nœuds 5, M étant le nombre de rails 13 adjacents de l'ossature 46 et N étant le nombre de nœuds 5 traversés par un même rail 13, M et N étant de préférence impairs. Un tel mode de réalisation permet de considérer une portion intermédiaire 24 centrale de l'ossature comme origine afin de
 15 calculer des jeux de contraction depuis un nœud 5 dans lequel est inséré cette portion intermédiaire 24 centrale.

Comme illustré sur la figure 9, l'élément de membrane 41 peut être directement rapporté sur la barrière thermiquement isolante 42. Cet élément de membrane 41 peut être fixé sur la barrière thermiquement isolante 42 par soudure
 20 des bords 37 de la plaque métallique 1 sur des bandes d'ancrage 43 prévues à cet effet dans la surface de support formée par la barrière thermiquement isolante 42. De tels éléments de membrane 41 peuvent être rapportés et fixés successivement les uns aux autres de façon juxtaposée sur la barrière thermiquement isolante 42 afin de former une membrane étanche renforcée et ancrée sur la barrière thermiquement
 25 isolante 42.

Selon une variante de montage non illustrée, il est possible de fixer par exemple au moyen de colle ou de scotch® double face les renforts d'ondes 11, 12 sur la barrière thermiquement isolante et de rapporter ultérieurement les plaques métalliques ondulées sur la barrière isolante de manière à loger les renforts d'ondes
 30 11, 12 préalablement installés dans les ondulations correspondantes des plaques métalliques ondulées.

Sur la figure 9, la membrane d'étanchéité illustrée est en cours de montage. Ainsi, sur cette figure 9, seules certaines plaques métalliques 1 de la membrane d'étanchéité ont déjà été ancrées sur bandes d'ancrage 43 de la barrière d'isolation thermique 42.

5 La technique décrite ci-dessus pour réaliser une cuve étanche et thermiquement isolante 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.

10 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
15 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
20 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
25 installation fixe off-shore comportant un bras mobile 74 et une tour 78 qui supporte le bras mobile 74. Le bras mobile 74 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 79 pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 73. Le bras mobile 74 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 78. Le poste de chargement et
30 de déchargement 75 permet le chargement et le déchargement du méthanier 70 depuis ou vers l'installation à terre 77. Celle-ci comporte des cuves de stockage de

gaz liquéfié 80 et des conduites de liaison 81 reliées par la conduite sous-marine 76 au poste de chargement ou de déchargement 75. La conduite sous-marine 76 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 75 et l'installation à terre 77 sur une grande distance, par exemple 5 km, ce qui permet de
 5 garder le navire méthanier 70 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et de déchargement.

Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz liquéfié, on met en œuvre des pompes embarquées dans le navire 70 et/ou des pompes équipant l'installation à terre 77 et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de
 10 déchargement 75.

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

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

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

REVENDECATIONS

1. Paroi de cuve étanche comportant une membrane étanche ondulée, la membrane étanche ondulée comportant une première série d'ondulations (3) parallèles et une deuxième série d'ondulations (2) parallèles et des portions planes
5 (4) situées entre les ondulations (2, 3) et reposant sur une surface de support, lesdites première et deuxième séries d'ondulations (2, 3) s'étendant selon des directions sécantes, lesdites ondulations (2, 3) présentant une pluralité de nœuds (5) aux croisements desdites séries d'ondulations (2, 3),
un renfort d'onde (11) étant agencé sous une ondulation (3) de la première série
10 d'ondulations (3), ledit renfort d'onde (11) comportant :
 - un rail (13) reposant sur la surface de support et logé sous ladite ondulation (3), ledit rail (13) s'étendant parallèlement à la première série d'ondulations (3) et traversant un nœud (5) de ladite ondulation (3), ledit rail (13) se développant de part et d'autre dudit nœud (5),
 - 15 - des portions de renfort (14, 26) rapportées sur le rail (13) et reposant sur une surface supérieure du rail (13) de part et d'autre dudit nœud (5) de manière à supporter des portions (6) de ladite ondulation (3) situées entre ledit nœud (5) et les nœuds (5) adjacents de ladite ondulation (3), une portion intermédiaire (24) du rail non recouverte par les portions de
20 renforts (14, 26) et intercalée entre lesdites portions de renfort (14, 26) étant logée dans le nœud (5).
2. Paroi de cuve selon la revendication 1, dans laquelle le rail (13) comporte un moyen d'ancrage des portions de renforts (14, 26) configuré pour retenir lesdites portions de renforts (14, 26) selon une direction d'épaisseur de la paroi de
25 cuve.
3. Paroi de cuve selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle les portions de renfort (14, 26) sont montées par coulissement sur le rail (13) selon une direction longitudinale dudit rail (13).
4. Paroi de cuve selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle le
30 rail (13) présente une rainure longitudinale (18) ouverte sur sa face supérieure, les

portions de renfort (14, 26) comportant un tenon (23) en queue d'aronde logé dans ladite rainure (18).

5. Paroi de cuve selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle les portions de renfort (14, 26) sont fixées sur le rail (13).

5 6. Paroi de cuve selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle le renfort d'onde est un premier renfort d'onde (11) et ladite ondulation de la première série d'ondulation (3) est une première ondulation (3), la paroi de cuve comportant en outre deux deuxièmes renforts d'onde (12), lesdits deuxièmes renforts d'onde (12) étant logés sous une deuxième ondulation (2), ladite deuxième ondulation (2) étant
10 une ondulation de la deuxième série d'ondulation (2) formant avec la première ondulation (3) le nœud (5) traversé par le rail (13) du premier renfort d'onde (11), les deuxièmes renforts d'onde (12) étant logés sous la deuxième ondulation (2) de part et d'autre dudit nœud (5) entre ledit nœud (5) et des nœuds adjacents (5) de la deuxième ondulation (2) de manière à supporter des portions (6) de ladite deuxième
15 ondulation (2) situées entre ledit nœud (5) et les nœuds adjacents (5) de ladite deuxième ondulation (2).

7. Paroi de cuve selon la revendication 6, dans laquelle le rail (13) du premier renfort d'onde (11) comporte une rainure transversale (31), ladite rainure transversale (31) étant logée dans le nœud (5), la paroi de cuve comportant en outre
20 un manchon (30) logé dans ladite rainure transversale (31) et faisant saillie latéralement de part et d'autre du rail (13) du premier renfort d'onde (11), les deuxièmes renforts d'onde (12) étant creux, le manchon (30) étant logé dans lesdits deuxièmes renforts d'onde (12) de manière à maintenir lesdits deuxièmes renforts d'ondes (12) alignés de part et d'autre du nœud (5).

25 8. Paroi de cuve selon la revendication 7, dans laquelle les portions creuses des deuxièmes renforts d'ondes présentent un logement (34) de section complémentaire à la section du manchon (30) de sorte que ledit manchon (30) soit logé coulissant dans lesdits deuxièmes renforts d'onde (12) selon une direction longitudinale desdits deuxièmes renforts d'onde (12).

30 9. Paroi de cuve selon l'une des revendications 7 à 8, dans laquelle la rainure transversale (31) du rail (13) a une section en forme de « T » inversé de sorte

que le manchon (30) soit bloqué en déplacement par rapport au rail (13) du premier renfort d'onde (11) selon une direction d'épaisseur de la paroi de cuve.

10. Paroi de cuve selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle une pluralité de renforts d'ondes (11) sont logés sous l'ondulation (3) de la première série d'ondulations (3), lesdits renforts d'ondes (11) présentant un rail (13) reposant sur la surface de support et logé sous l'ondulation (3), lesdits rails (13) traversant au moins un nœud (5) dans ladite ondulation (3) et se développant de part et d'autre dudit au moins un nœud (5), et dans laquelle des extrémités (25) en vis à vis de deux rails (13) successifs logés sous ladite ondulation (3) sont agencées entre deux nœuds (5) successifs de ladite ondulation (3), une portion de renfort de jonction (26) étant rapportée sur lesdites extrémités (25) de manière à supporter ladite ondulation (3) entre lesdits deux nœuds (5) successifs et maintenir alignées lesdites extrémités (25).

11. Renfort d'onde (11) destiné à être logé sous une ondulation (3) d'une membrane d'étanchéité ondulée, ledit renfort d'onde (11) comportant un rail (13) et une pluralité de portions de renforts (14, 26), lesdites portions de renfort (14, 26) étant rapportées sur le rail (13) et espacées selon une direction longitudinale du rail (13), une portion intermédiaire (24) du rail (13) non recouverte par les portions de renfort (14, 26) et intercalée entre deux portions de renfort (14, 26) successives étant destinée à être logée sous un nœud (5) de la membrane d'étanchéité, ledit nœud (5) étant formé par l'intersection de deux ondulations (2, 3) sécantes de ladite membrane d'étanchéité.

12. Renfort d'onde selon la revendication 11, dans lequel les portions de renforts (14, 26) sont montées coulissantes sur le rail (13) selon une direction longitudinale dudit rail (13).

13. Portion de membrane étanche ondulée destinée à reposer sur une surface de support de paroi de cuve étanche, ladite portion de membrane étanche comportant :

- une plaque métallique (1) ondulée, ladite plaque métallique (1) comportant une première série d'ondulations (3) parallèles et une deuxième série d'ondulations (2) parallèles et des portions planes (4) situées entre les ondulations (2, 3) et destinées à reposer sur la surface

de support, lesdites première et deuxième séries d'ondulations (2, 3) s'étendant selon des directions sécantes, lesdites ondulations (2, 3) présentant une pluralité de nœuds (5) aux croisements desdites séries d'ondulations (2, 3),

- 5 - une rangée de renfort d'onde (11) étant logée dans une ondulation (3) de la première série d'ondulations (3) entre des bords (37) de la plaque métallique (1) ondulée délimitant ladite ondulation (3), ladite rangée de renforts d'onde (11) comportant au moins un renfort d'onde selon l'une des revendications 11 à 12,

- 10 dans laquelle la portion intermédiaire (24) du rail est logée dans un nœud (5) de ladite ondulation (3) les portions de renfort (14, 26) dudit renfort d'onde (11) étant logées dans des portions longitudinales (6) de ladite ondulation (3) située de part et d'autre du nœud (5) entre ledit nœud (5) et des nœuds (5) adjacents de ladite ondulation (3).

14. Navire (70) pour le transport d'un produit liquide froid, le navire
15 comportant une double coque (72) et une cuve disposée dans la double coque, la cuve comportant une paroi de cuve étanche selon l'une des revendications 1 à 10.

15. Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon la revendication 14, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) depuis ou vers une installation de stockage
20 flottante ou terrestre (77) vers ou depuis la cuve du navire (71).

16. Système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant un navire (70) selon la revendication 14, 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
25 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.

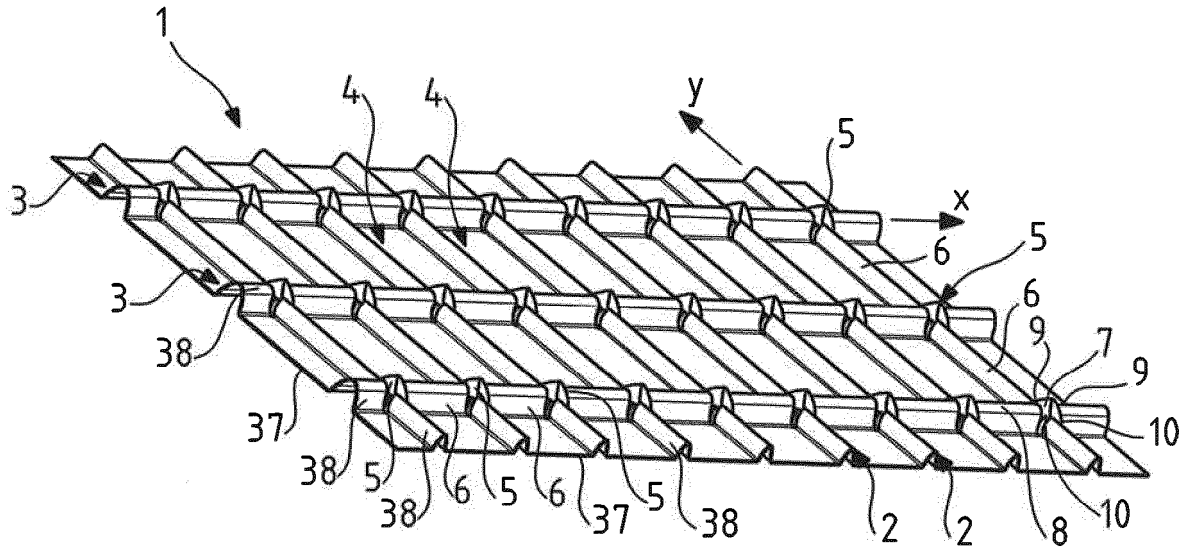


FIG.1

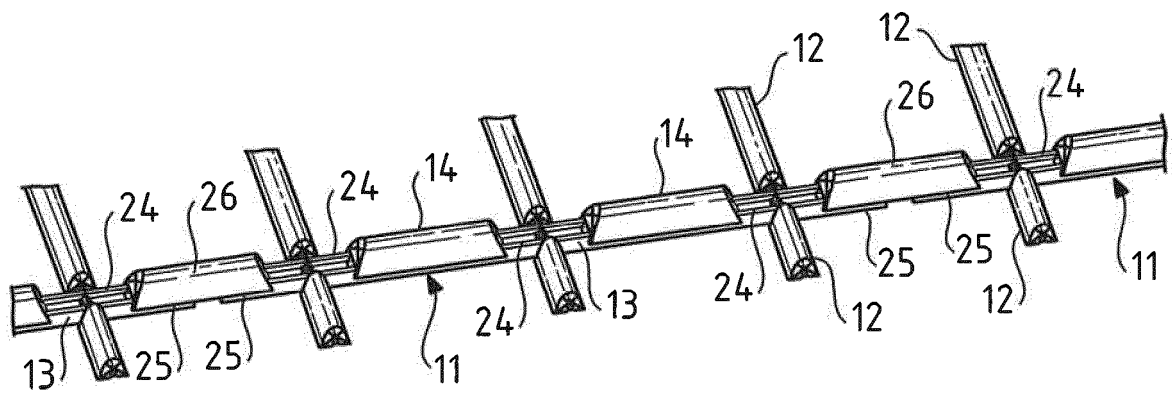


FIG.2

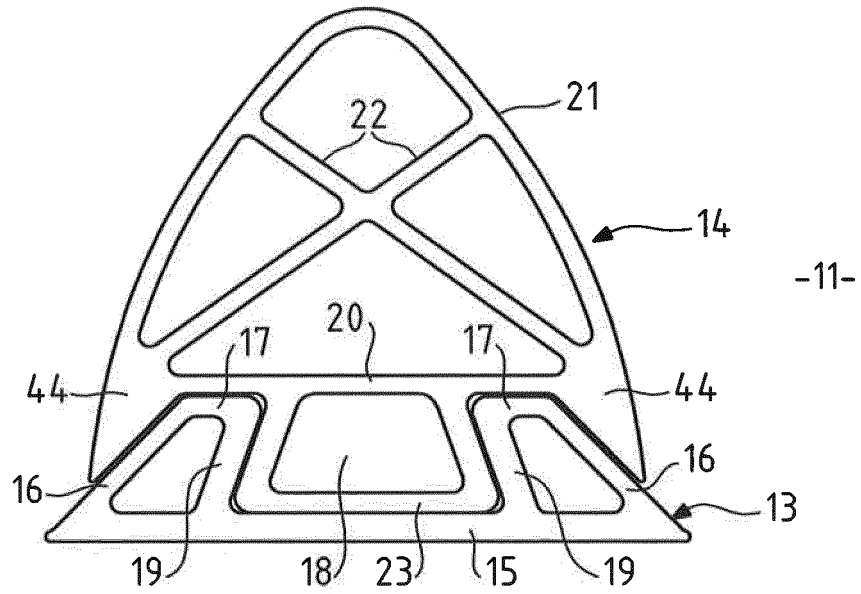


FIG. 3

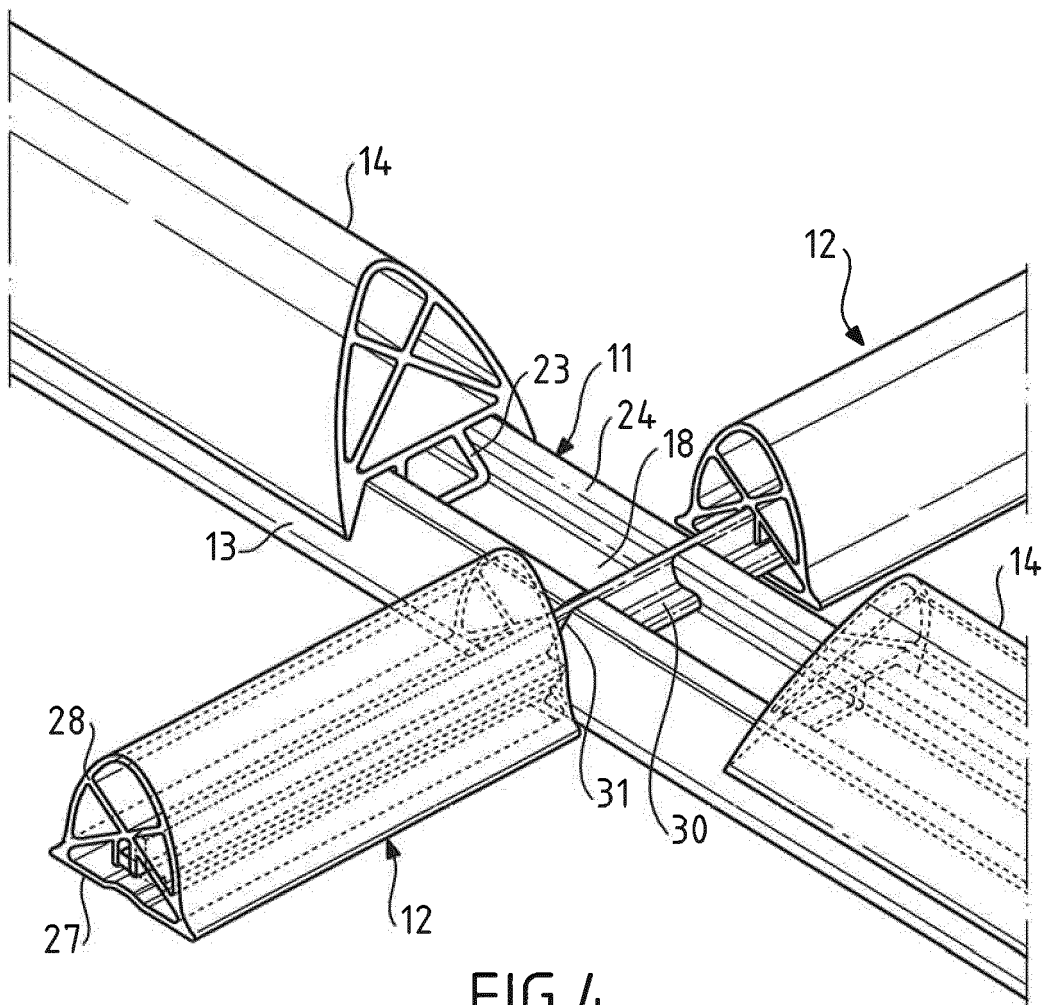


FIG. 4

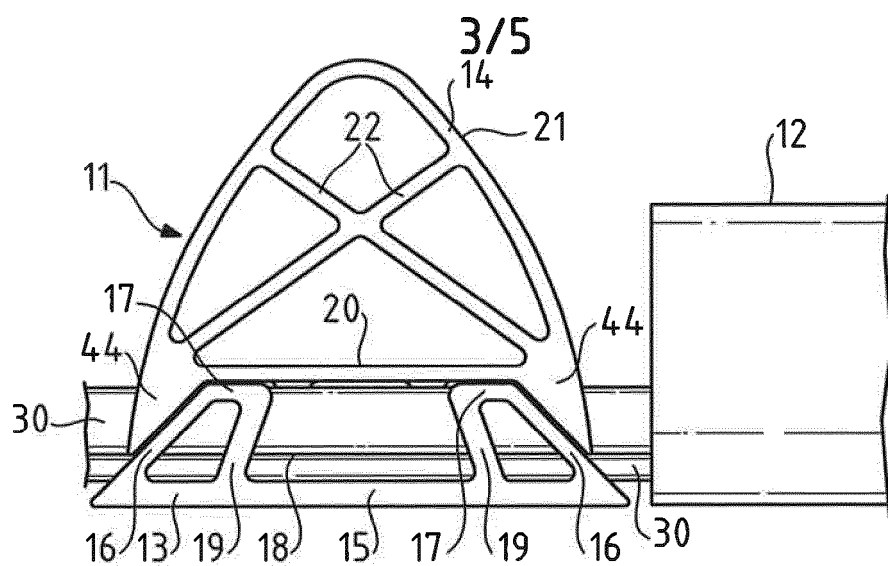


FIG. 5

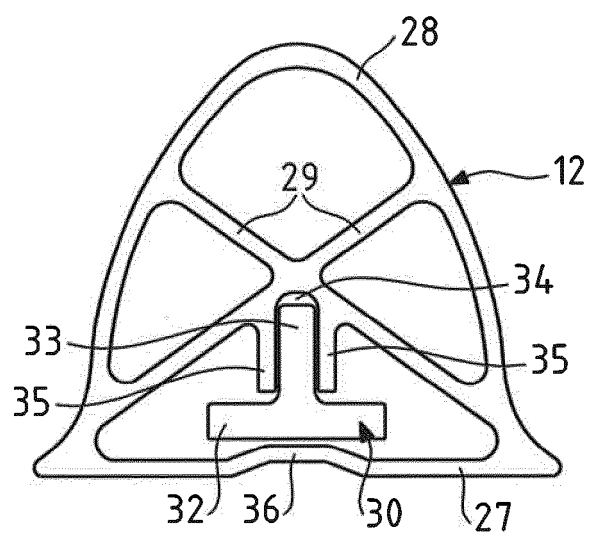


FIG. 6

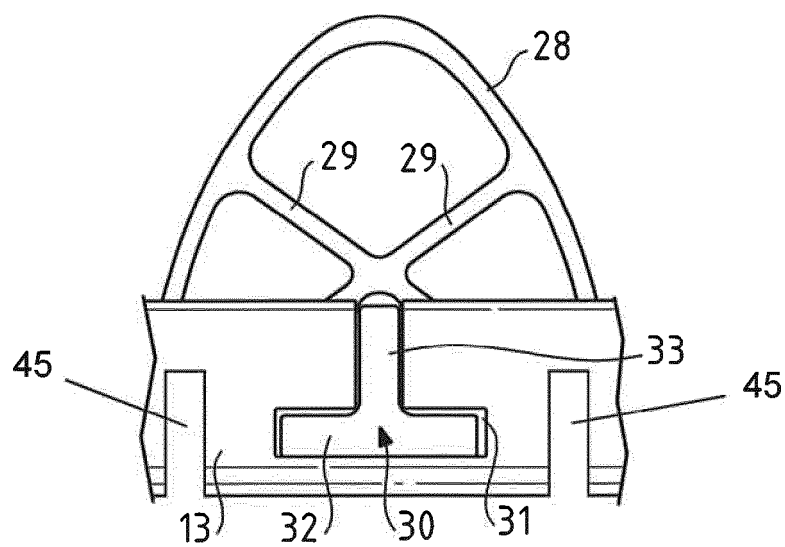
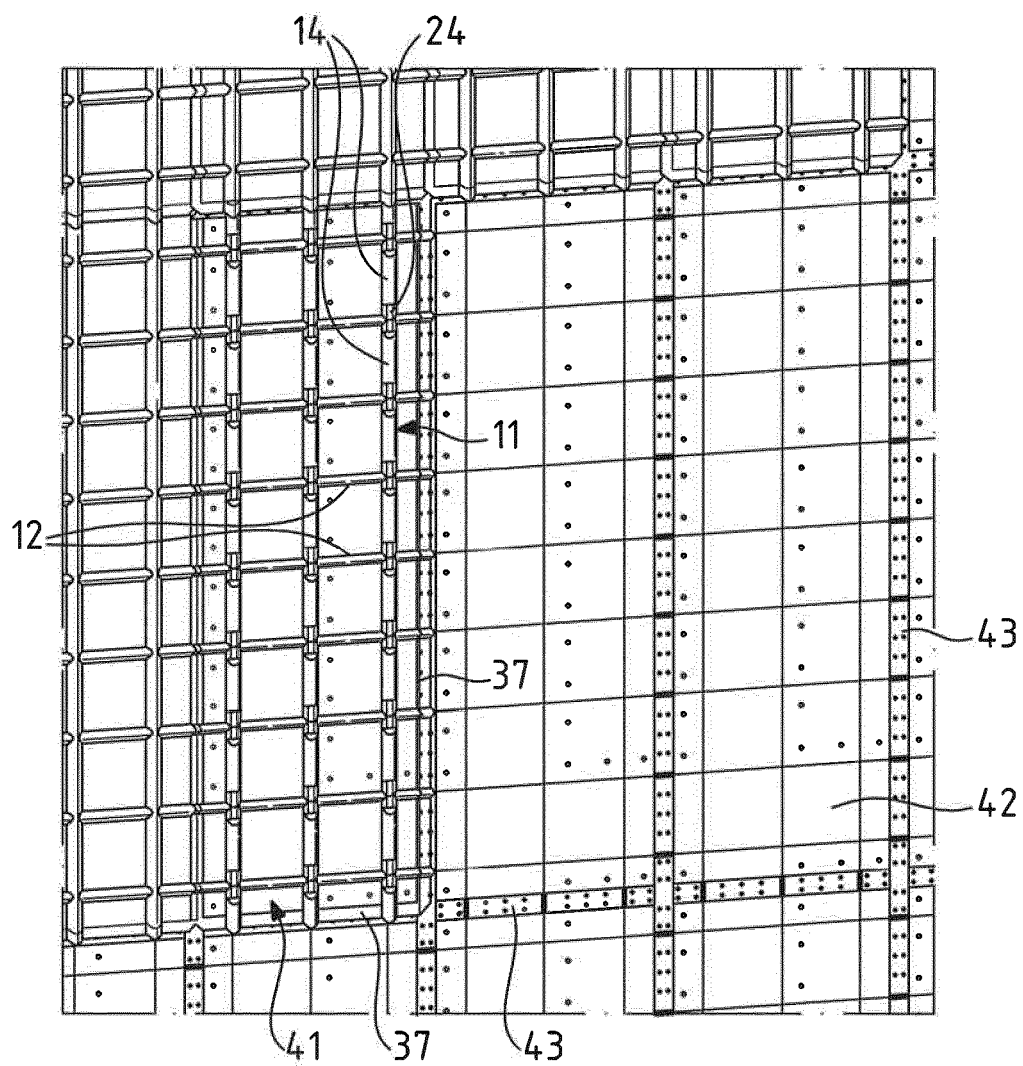
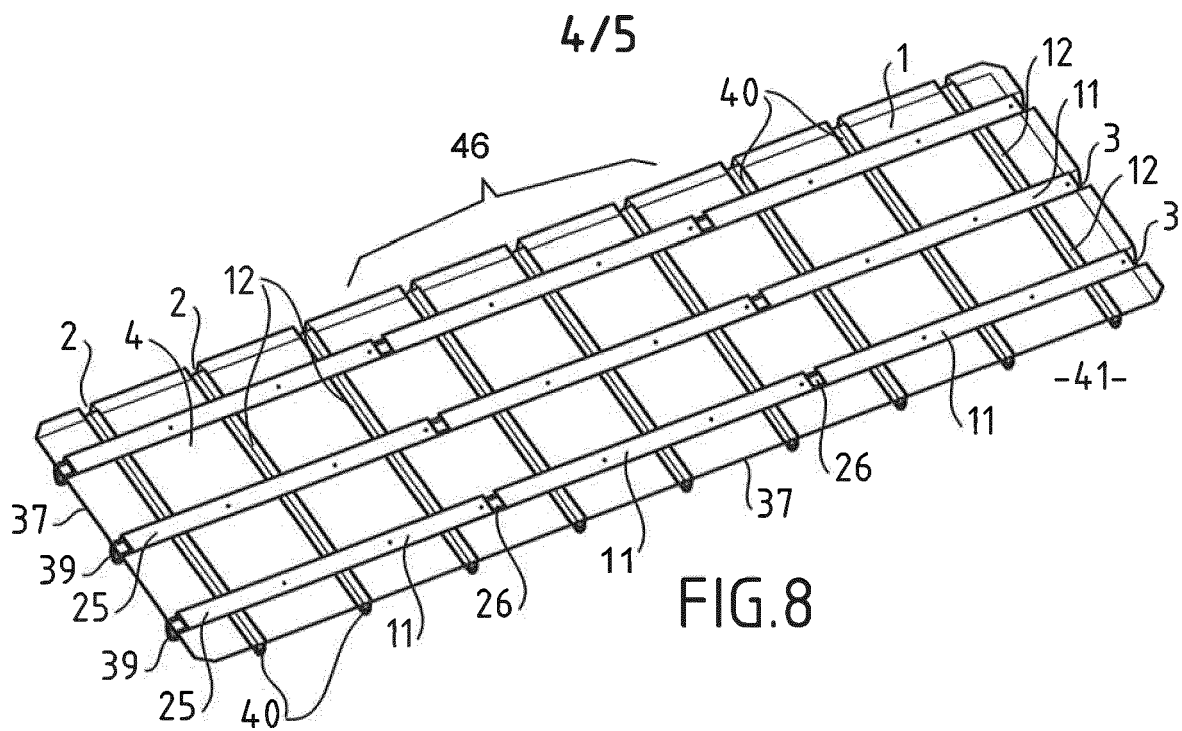


FIG. 7



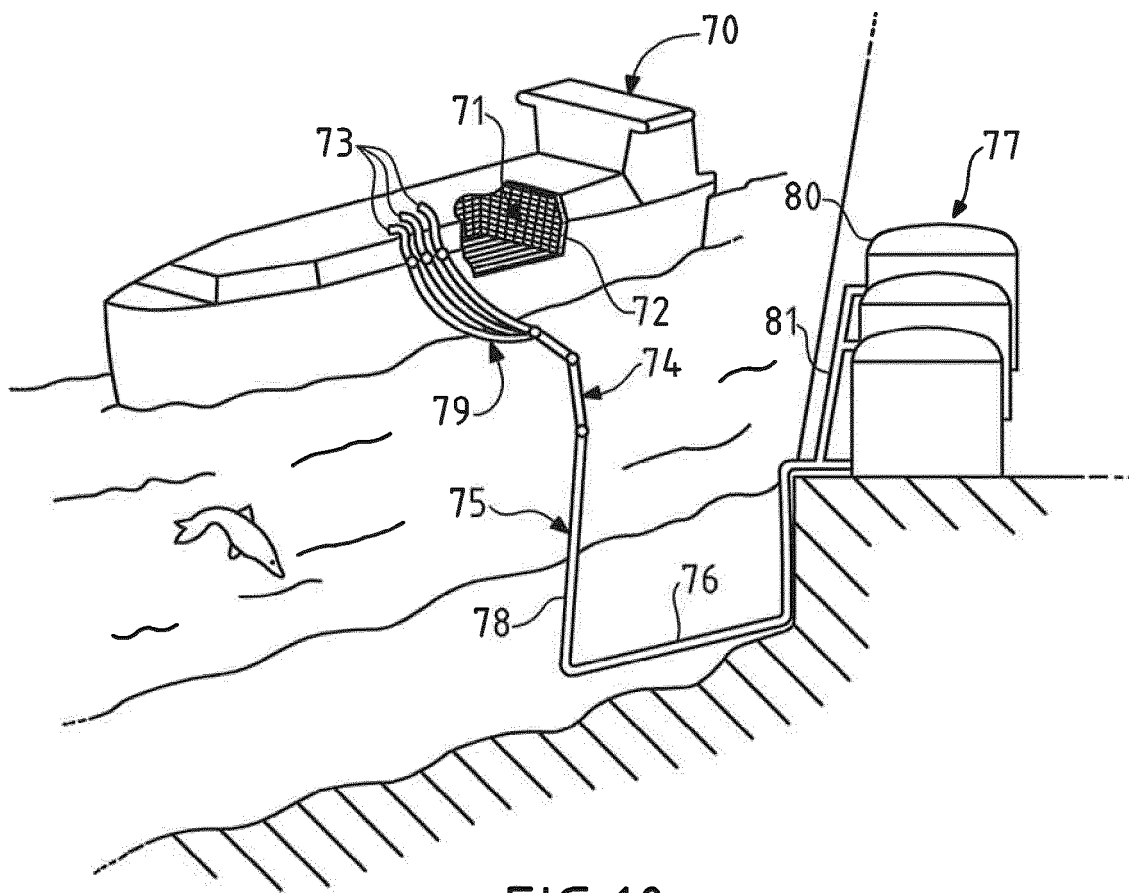


FIG.10

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 856447
FR 1857044

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	KR 2015 0072565 A (SAMSUNG HEAVY IND [KR]) 30 juin 2015 (2015-06-30)	1-3,5,6, 10-16	B65D90/04 F17C3/00
A	* alinéas [0025] - [0031]; figures 1-6 * -----	4,7-9	B63B25/16
X	KR 2012 0013244 A (SAMSUNG HEAVY IND [KR]) 14 février 2012 (2012-02-14)	11-16	
A	* figures 5,13-15 * -----	1-10	
X	KR 2012 0044054 A (SAMSUNG HEAVY IND [KR]) 7 mai 2012 (2012-05-07)	11-16	
	* figures 1-4 * -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F17C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 avril 2019		Nicol, Boris	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1857044 FA 856447**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **01-04-2019**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
KR 20150072565 A	30-06-2015	AUCUN	

KR 20120013244 A	14-02-2012	AUCUN	

KR 20120044054 A	07-05-2012	AUCUN	
