(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 143 711***
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **22 13707**

(51) Int Cl[8] : ***F 17 C 3/06*** *(2023.01), F 17 C 3/08, B 63 B 25/16*

(12) **BREVET D'INVENTION** **B1**

(54) Cuve étanche et thermiquement isolante comportant un élément traversant.

(22) **Date de dépôt :** 16.12.22.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 21.06.24 Bulletin 24/25.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 01.11.24 Bulletin 24/44.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

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 SELARL* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** PHILIPPE Antoine et DELANOE Sébastien.

(73) **Titulaire(s) :** GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ SELARL.

(74) **Mandataire(s) :** Cabinet LOYER & ABELLO.

FR 3 143 711 - B1

Description

Titre de l'invention : Cuve étanche et thermiquement isolante comportant un élément traversant

Domaine technique

[0001] L'invention se rapport au domaine de la fabrication des cuves étanches et thermiquement isolantes dans une structure porteuse. En particulier, la présente invention se rapporte la fabrication de cuves destinées à contenir des liquides froids ou chauds, et plus particulièrement des cuves pour le stockage et/ou le transport de gaz liquéfié par voie maritime, de telles cuves devant accueillir un élément traversant.

Arrière-plan technologique

[0002] Des cuves étanches et thermiquement isolantes peuvent être utilisées dans différentes industries pour stocker un produit chaud ou froid. En particulier, les cuves étanches et thermiquement isolantes sont couramment utilisées pour le stockage terrestre ou embarquées dans des structures flottantes, par exemple pour le transport par voie maritime de gaz liquéfiés à pression atmosphérique et à basse température. De tels gaz liquéfiés peuvent être les gaz de pétrole liquéfiés (GPL) transporté à une température comprise entre -50 C et 0°C, l'hydrogène liquide (LH2) transporté à une température d'environ -253°C, ou encore du gaz naturel liquéfié (GNL) transporté à une température d'environ -163°C. Les structures flottantes embarquant les cuves étanches et thermiquement isolantes sont en particulier les barges, les navires méthaniers pour le transport du produit et les installations off-shore, connues notamment sous les appellations d'unité flottante de production, de stockage et de déchargement (*Floating Production Storage and Offloading*, abrégé FPSO) et d'unité flottante de stockage et de regazéification (*Floating Storage and Regasification Unit*, abrégé FSRU), pour le stockage, la liquéfaction ou la regazéification du produit.

[0003] Ces cuves étanches et thermiquement isolantes sont constituées d'une ou plusieurs membranes étanches associées à des couches isolantes. On connaît, notamment décrit dans le document WO 2019/234360, une cuve étanche et thermiquement isolante comportant une paroi de cuve fixée sur une structure porteuse, dans laquelle la paroi de cuve présente une structure multicouche qui comporte successivement, de l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire ancrée contre la structure porteuse, une membrane étanche secondaire qui est supportée par la barrière thermiquement isolante secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire qui est supportée par la membrane étanche secondaire et une membrane étanche primaire qui est supportée par la barrière thermiquement isolante primaire et qui est destinée à être en contact avec produit contenu dans la cuve.

[0004] Dans les cuves du type précité, il se produit des déformations de tous les éléments en raison des changements de température et du poids de la cargaison affectant la paroi de cuve lors de son remplissage avec un liquide très froid comme du GNL, et *a contrario*, lors de sa vidange entrainant un réchauffement partiel de la paroi de cuve et des déformations dues à la pression de l'eau de mer lorsque les ballasts sont remplis. En sus de ces effets thermiques de contraction et de dilatation, qui se répètent dans le temps au cours de la vie de toute cuve étanche et thermiquement isolante, les cuves de navires subissent aussi des efforts dus à la déformation de la coque du navire à la mer. Il en résulte des phénomènes de fatigue des membranes étanches et des barrières thermiquement isolantes, qu'il y a lieu de surveiller au cours du temps pour prévenir toute rupture, notamment au niveau des éléments traversant une zone singulière de la paroi de cuve, par exemple, dans la paroi de plafond de la cuve, au niveau d'une conduite collectrice de vapeurs ou, dans la paroi de fond de la cuve, au niveau d'une structure de puisard ou d'un pied de support pour de l'équipement lourd.

Résumé

[0005] Un premier objet de l'invention fournit, selon un mode de réalisation, une cuve étanche et thermiquement isolante agencée dans une structure porteuse pour contenir un fluide, la cuve étanche et thermiquement isolante comportant une paroi de cuve ancrée sur une paroi porteuse de la structure porteuse, la paroi de cuve comportant dans une direction d'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur de ladite cuve étanche et thermiquement isolante, au moins une barrière thermiquement isolante et une membrane étanche portée par la barrière thermiquement isolante.

[0006] La barrière thermiquement isolante, par exemple une barrière thermiquement isolante secondaire, peut comporter une pluralité de panneaux isolants, par exemple panneaux isolants secondaires, se présentant sous la forme de pavés parallélépipédiques ancrés contre la paroi porteuse, les panneaux isolants étant disposés sous la forme de rangées parallèles, une rangée comportant une pluralité de panneaux isolants juxtaposés dans une première direction selon un motif répété, les rangées étant juxtaposées dans une deuxième direction perpendiculaire à la première direction, une rangée singulière parmi lesdites rangées comportant une zone d'interruption présentant une dimension dans la première direction égale à une dimension du motif répété.

[0007] La membrane étanche, par exemple une membrane étanche secondaire, peut comporter une pluralité de virures en alliage à faible coefficient de dilatation parallèles à la première direction, chaque virure présentant une portion centrale plane reposant sur une surface supérieure des panneaux isolants et deux bords relevés faisant saillie vers l'intérieur de la cuve par rapport à la portion centrale plane, les virures étant juxtaposées dans la deuxième direction selon un motif répété et soudées ensemble de manière étanche au niveau des bords relevés, des ailes d'ancrage ancrées aux panneaux

isolants et parallèles à la première direction étant agencées entre les virures juxtaposées pour retenir la membrane étanche, sur la barrière thermiquement isolante , une dimension des virures dans la deuxième direction étant inférieure une dimension des panneaux isolants dans la deuxième direction, lesdites virures comportant une pluralité de virures découpées qui ménagent une fenêtre au droit de la zone d'interruption.

[0008] La cuve étanche et thermiquement isolante peut comporter en outre un élément traversant disposé à travers ladite paroi de cuve, de sorte que l'élément traversant passe à travers la barrière thermiquement isolante dans une portion centrale de la zone d'interruption et à travers la membrane étanche, dans une portion centrale de ladite fenêtre, l'élément traversant comportant un corps principal s'étendant selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve et un plateau étanche parallèle à la paroi porteuse lié à la périphérie du corps principal et s'étendant autour du corps principal au même niveau que la surface supérieure des panneaux isolants.

[0009] La barrière thermiquement isolante peut comporter au moins un panneau de comblement disposé dans la zone d'interruption autour de l'élément traversant et ancré contre la paroi porteuse, et au moins une feuille de fermeture métallique peut être en appui sur une surface supérieure dudit au moins un panneau de comblement, ladite au moins une feuille de fermeture présentant un premier bord soudé de manière étanche sur le plateau étanche autour du corps principal.

[0010] Lesdites virures découpées présentent des portions de bord bordant ladite fenêtre qui recouvrent un deuxième bord de ladite au moins une feuille de fermeture et sont soudées de manière étanche à ladite au moins une feuille de fermeture, de sorte que ladite au moins une feuille de fermeture prolonge la membrane étanche jusqu'au plateau étanche.

[0011] Grâce à ces caractéristiques, il est possible d'augmenter la résistance à la fatigue de la membrane étanche au niveau de la zone singulière de la paroi de cuve en utilisant une nappe continue de virures parallèles dont la robustesse a été prouvée par l'expérience, tout en réalisant un raccordement simple de la membrane étanche à l'élément traversant.

[0012] Selon d'autres modes de réalisation avantageux, une telle cuve étanche et thermiquement isolante peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

[0013] Selon un mode de réalisation, les panneaux isolants présentent une forme de section carrée ayant une dimension égale dans la première direction et la deuxième direction.

[0014] Le plateau étanche peut présenter différentes formes de contour. Selon un mode de réalisation, le plateau étanche présente un contour circulaire. Selon un mode de réalisation, le plateau étanche présente un contour carré ou rectangulaire.

[0015] Selon un mode de réalisation, la paroi de cuve comporte quatre panneaux de comblement identiques disposés respectivement dans quatre secteurs de la zone

d'interruption, les quatre secteurs étant séparés les uns des autres par une première ligne médiane de la zone d'interruption s'étendant dans la première direction et par une deuxième ligne médiane de la zone d'interruption s'étendant dans la deuxième direction.

[0016] Selon un mode de réalisation, la paroi de cuve comporte quatre panneaux de comblement identiques disposés respectivement dans quatre secteurs de la zone d'interruption, les quatre secteurs étant séparés les uns des autres par une première diagonale et par une deuxième diagonale de la zone d'interruption.

[0017] Selon un mode de réalisation, la paroi de cuve comporte deux panneaux de comblement identiques disposés respectivement dans deux secteurs de la zone d'interruption, les deux secteurs étant séparés l'un de l'autre par une première ligne médiane de la zone d'interruption s'étendant dans la première direction ou la deuxième direction.

[0018] Selon un mode de réalisation, le corps principal présente une forme de contour circulaire, ledit au moins un panneau de comblement comportant une face latérale proximale s'étendant dans la direction d'épaisseur et tournée vers le corps principal, la face latérale proximale présentant une forme d'arc de cercle.

[0019] Selon un mode de réalisation, un dit panneau de comblement comporte une face latérale proximale s'étendant dans la direction d'épaisseur et tournée vers le corps principal et au moins une face latérale distale s'étendant dans la direction d'épaisseur et tournée vers des panneaux isolants adjacents à la zone d'interruption, la feuille de fermeture étant fixée sur la surface supérieure dudit panneau de comblement, par des pièces de fixation, par exemple des inserts métalliques ou des vis de fixation, agencées sur la surface supérieure le long d'une dite face latérale distale, les portions de bord desdites virures découpées étant agencées pour recouvrir lesdites pièces de fixation.

[0020] Alternativement, la feuille de fermeture peut déborder sur un ou plusieurs panneaux isolants adjacents à la zone d'interruption et être fixée sur la surface supérieure d'au moins un panneau isolant sur lequel elle déborde par des pièces de fixation, par exemple des inserts métalliques ou des vis de fixation, agencées sur la surface supérieure du panneau isolant le long d'un bord adjacent à la zone d'interruption. Dans ce cas, la feuille de fermeture est simplement en appui sur le panneau de comblement sans y être fixée.

[0021] Selon un mode de réalisation, la feuille de fermeture est fixée sur la surface supérieure du panneau de comblement ou du panneau isolant adjacent à la zone d'interruption par des soudures sur des inserts métalliques, les portions de bord desdites virures découpées étant agencées pour recouvrir lesdites soudures.

[0022] Selon un mode de réalisation, ledit panneau de comblement ou le panneau isolant adjacent à la zone d'interruption comporte une plaque de couvercle formant la surface

supérieure, la plaque de couvercle comportant un lamage pour recevoir les pièces de fixation, par exemple pour recevoir les inserts métalliques ou pour recevoir des têtes desdites vis de fixation.

[0023] Selon un mode de réalisation, les pièces de fixation sont agencées sous la forme d'une rangée de pièces parallèle à ladite face latérale distale du panneau de comblement ou parallèle à un bord du panneau isolant adjacent à la zone d'interruption, ledit lamage présentant la forme d'une rainure parallèle à ladite face latérale distale du panneau de comblement ou parallèle à un bord du panneau isolant adjacent à la zone d'interruption.

[0024] Selon un mode de réalisation, les rangées sont juxtaposées dans la deuxième direction selon un motif répété, la dimension du motif répété des rangées étant deux fois la dimension du motif répété des virures dans la deuxième direction, dans laquelle les virures découpées reposent sur la rangée singulière et comportent une virure découpée centrale et deux virures découpées latérales situées de part et d'autre de la virure découpée centrale, les bords relevés de la virure découpée centrale étant décalés dans la deuxième direction par rapport aux bords de ladite rangée singulière, la virure découpée centrale reposant entièrement sur ladite rangée singulière et étant interrompue dans toute sa largeur au niveau de la fenêtre, chaque dite virure découpée latérale étant disposée à cheval sur la rangée singulière et une rangée adjacente à ladite rangée singulière et étant interrompue dans une portion de sa largeur au niveau de la fenêtre.

[0025] Selon un mode de réalisation, le corps principal présente une forme de contour circulaire et un diamètre du corps principal parallèle à la première direction est situé dans le prolongement de la portion centrale plane de la virure découpée centrale.

[0026] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante secondaire et la membrane étanche est une membrane étanche secondaire, lesdites rangées étant des rangées secondaires, lesdits panneaux isolants étant des panneaux isolants secondaires, la rangée singulière étant une rangée secondaire singulière, la paroi de cuve comportant en outre, selon la direction d'épaisseur, depuis l'intérieur vers l'extérieur de la cuve étanche et thermiquement isolante, une barrière thermiquement isolante primaire portée par la membrane étanche secondaire et une membrane étanche primaire portée par la barrière thermiquement isolante primaire, la membrane étanche primaire étant destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve étanche et thermiquement isolante.

[0027] La barrière thermiquement isolante primaire peut comporter une pluralité de rangées primaires parallèles à la première direction, une rangée primaire comportant une pluralité de panneaux isolants primaires juxtaposés dans la première direction, les panneaux isolants primaires se présentant sous la forme de pavés parallélépipédiques

ayant une dimension égale à la dimension des panneaux isolants secondaires dans la deuxième direction, dans laquelle les rangées primaires sont décalées dans la deuxième direction par rapport aux rangées secondaires de sorte que chaque rangée primaire est superposée à cheval sur deux rangées secondaires.

[0028] Selon un mode de réalisation, des organes de retenue primaires sont portés par les panneaux isolants secondaires et coopèrent avec les panneaux isolants primaires pour retenir les panneaux isolants primaires sur la membrane étanche secondaire.

[0029] Selon un mode de réalisation, une première rangée primaire singulière et une deuxième rangée primaire singulière parmi lesdites rangées primaires sont superposées à la rangée secondaire singulière, la première rangée primaire singulière et la deuxième rangée primaire singulière comportant chacune au moins un panneau isolant primaire tronqué au droit de la zone d'interruption, chaque panneau isolant primaire tronqué comportant un bord tronqué tourné vers le corps principal, le bord tronqué se développant en s'écartant d'une première ligne d'interface afin de contourner le corps principal, la première ligne d'interface étant située entre la première rangée primaire singulière et la deuxième rangée primaire singulière et parallèle à la première direction.

[0030] Selon un mode de réalisation, un premier organe d'ancrage primaire additionnel est fixé sur le plateau étanche au droit de la première ligne d'interface et coopère avec un premier panneau isolant primaire tronqué de la première rangée primaire singulière et avec un premier panneau isolant primaire tronqué de la deuxième rangée primaire singulière pour retenir lesdits premiers panneaux isolants primaires tronqués sur le plateau étanche.

[0031] Selon un mode de réalisation, les rangées primaires sont décalées dans la deuxième direction d'une moitié de la dimension des panneaux isolants secondaires dans la deuxième direction par rapport aux rangées secondaires, la première ligne d'interface coïncidant avec une première ligne médiane de la zone d'interruption.

[0032] Le décalage des rangées primaires par rapport aux rangées secondaires permet d'obtenir une répartition plus uniforme des efforts passant à travers les membranes étanches et l'isolation primaire et se répercutant sur les panneaux isolants secondaires de la paroi porteuse. En effet, dans ce cas, un effort de pression s'exerçant sur un panneau isolant primaire est réparti sur plusieurs, par exemple deux ou quatre, panneaux isolants secondaires sous-jacents.

[0033] De préférence, les organes de retenue primaire sont portés par les panneaux isolants secondaires à distance des bords des panneaux isolants secondaires, par exemple au centre des panneaux isolants secondaires.

[0034] Selon un mode de réalisation, la première rangée primaire singulière et la deuxième rangée primaire singulière comportent chacune un deuxième panneau isolant primaire tronqué adjacent au premier panneau isolant primaire tronqué, dans laquelle deux

premiers organes d'ancrages primaires additionnels sont fixés sur le plateau étanche au droit de la première ligne d'interface de part et d'autre du corps principal et coopèrent respectivement avec les premiers, respectivement les deuxièmes, panneaux isolants primaires tronqués de la première rangée primaire singulière et de la deuxième rangée primaire singulière, pour retenir lesdits premiers, respectivement les deuxièmes, panneaux isolants primaires tronqués sur le plateau étanche.

[0035] Selon un mode de réalisation, deux deuxièmes organes d'ancrage primaires additionnels sont fixés sur le plateau étanche au droit d'une deuxième ligne d'interface de part et d'autre du corps principal et coopèrent respectivement avec les premier et deuxième panneaux isolants primaires tronqués de la première rangée primaire singulière, respectivement de la deuxième rangée primaire singulière, pour retenir lesdits premier et deuxième panneaux isolants primaires tronqués sur le plateau étanche.

[0036] Grâce à ces caractéristiques, chacun des quatre panneaux isolants primaires tronqués est retenu au plateau étanche de l'élément traversant par deux organes d'ancrage primaire additionnels au niveau des deux extrémités du bord tronqué. Cette duplication des points d'ancrage permet une meilleure retenue des panneaux isolants primaires tronqués sur la membrane étanche secondaire, notamment pour répondre aux sollicitations mécaniques endurées.

[0037] Selon un mode de réalisation, les panneaux isolants primaires et les panneaux isolants primaires tronqués présentent une dimension égale à la dimension des panneaux isolants secondaires dans la première direction, dans laquelle les interfaces entre les panneaux isolants primaires et les panneaux isolants primaires tronqués au sein des première et deuxième rangées primaires singulières sont décalés dans la première direction d'une moitié de la dimension des panneaux isolants secondaires dans la première direction par rapport aux interfaces entre les panneaux isolants secondaires au sein des rangées secondaires, la deuxième ligne d'interface coïncidant avec une deuxième ligne médiane de la zone d'interruption.

[0038] Selon un mode de réalisation, les premiers panneaux isolants primaires tronqués présentent une structure multicouche constituée, selon la direction d'épaisseur, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, d'une plage rigide externe, d'une couche de mousse polymère isolante et d'une plaque rigide interne, les premiers panneaux isolants primaires tronqués comportant un puit oblong traversant la plaque rigide interne et la couche de mousse polymère isolante pour découvrir une zone de surface interne de la plaque rigide externe, ledit premier organe d'ancrage additionnel comportant une platine d'ancrage en appui sur la zone de surface interne de la plaque rigide interne desdits premiers panneaux isolants primaires tronqués.

[0039] Selon un mode de réalisation, l'organe d'ancrage primaire additionnel comporte une

tige fixée au plateau étanche, une cale en appui sur le plateau étanche et un tasseau en appui sur la zone de surface interne de la plaque rigide externe, la platine d'ancrage reposant à cheval sur la cale et le tasseau, une partie supérieure de la tige passant au travers de la platine d'ancrage, ledit organe d'ancrage primaire additionnel comportant également un écrou et au moins une rondelle, l'écrou coopérant avec la partie supérieure de la tige et l'au moins une rondelle étant enfilée sur la tige entre l'écrou et la platine d'ancrage.

[0040] Un deuxième objet de l'invention fournit, selon un mode de réalisation, une cuve et thermiquement isolante agencée dans une structure porteuse pour contenir un fluide, la cuve étanche et thermiquement isolante comportant une paroi de cuve ancrée sur une paroi porteuse de la structure porteuse, la paroi de cuve comportant dans une direction d'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur de ladite cuve étanche et thermiquement isolante, au moins une barrière thermiquement isolante et une membrane étanche portée par la barrière thermiquement isolante.

[0041] Ladite barrière thermiquement isolante, par exemple une barrière thermiquement isolante primaire, peut comporter une pluralité de panneaux isolants, par exemple panneaux isolants primaires, se présentant sous la forme de pavés parallélépipédiques, les panneaux isolants étant disposés sous la forme de rangées parallèles, une rangée comportant une pluralité de panneaux isolants juxtaposés dans une première direction selon un motif répété, les rangées étant juxtaposées dans une deuxième direction perpendiculaire à la première direction selon un motif répété, les panneaux isolants présentant des bords parallèles aux première et deuxième directions.

[0042] La cuve étanche et thermiquement isolante peut comporter en outre un élément traversant disposé à travers la paroi de cuve, l'élément traversant comportant un corps principal s'étendant selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve et un plateau étanche parallèle à la paroi porteuse lié à la périphérie du corps principal et s'étendant autour du corps principal au même niveau qu'une surface supérieure des panneaux isolants.

[0043] La membrane étanche, par exemple une membrane étanche primaire, peut présenter des premières ondulations espacées d'un premier pas d'onde dans la première direction et parallèles à la deuxième direction et des portions planes situées entre les premières ondulations et reposant sur la surface supérieure des panneaux isolants, une dimension du motif répété des panneaux isolants dans la première direction étant trois fois le premier pas d'onde.

[0044] L'élément traversant peut présenter une dimension comprise entre une et trois fois le premier pas d'onde dans la première direction et traverse au moins une rangée singulière parmi lesdites rangées, la rangée singulière comportant un premier panneau isolant tronqué et un deuxième panneau isolant tronqué adjacent au premier panneau

isolant tronqué.

[0045] Chaque panneau isolant tronqué peut comporter un bord tronqué tourné vers le corps principal, le bord tronqué se développant en s'écartant d'une ligne d'interface afin de contourner le corps principal, la ligne d'interface passant entre le premier panneau isolant tronqué et le deuxième panneau isolant tronqué et étant parallèle à la deuxième direction.

[0046] La membrane étanche peut comporter une rangée de tôles parallèle à la première direction et recouvrant la rangée singulière, la rangée de tôles comportant une pluralité de tôles rectangulaires juxtaposées dans la première direction selon un motif répété et soudées ensemble de manière étanche par des zones de bord, sans ou avec recouvrement mutuel, une dimension du motif répété des tôles rectangulaires dans la première direction étant trois fois le premier pas d'onde, les premières ondulations étant espacées des bords des tôles rectangulaires dans la première direction, chaque tôle rectangulaire comportant trois dites premières ondulations, des jonctions soudées entre les tôles rectangulaires étant décalées dans la première direction par rapport aux interfaces entre les panneaux isolants au sein de la rangée singulière.

[0047] La rangée de tôles peut comporter une première tôle rectangulaire tronquée disposée à cheval sur le premier panneau isolant tronqué et sur le deuxième panneau isolant tronqué et une deuxième tôle rectangulaire tronquée adjacente à la première tôle tronquée et disposée sur le deuxième panneau isolant tronqué.

[0048] Chaque tôle rectangulaire tronquée peut comporter un bord tronqué tourné vers le corps principal, le bord tronqué se développant en s'écartant d'une jonction soudée afin de contourner le corps principal, la jonction soudée assemblant la première tôle rectangulaire tronquée à la deuxième tôle rectangulaire tronquée et étant parallèle à la deuxième direction.

[0049] Selon un mode de réalisation, le bord tronqué de la première tôle rectangulaire tronquée interrompt deux premières ondulations de la première tôle rectangulaire tronquée et le bord tronqué de la deuxième tôle rectangulaire tronquée n'interrompt aucune première ondulation de la deuxième tôle rectangulaire tronquée.

[0050] Selon un mode de réalisation, des pièces de fermeture relient le bord tronqué de la première tôle rectangulaire tronquée et le bord tronqué de la deuxième tôle rectangulaire tronquée au plateau étanche.

[0051] Selon d'autres modes de réalisation avantageux, une telle cuve étanche et thermiquement isolante peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

[0052] Selon un mode de réalisation, des premiers éléments métalliques d'ancrage sont fixés sur la surface supérieure des panneaux isolants de la rangée singulière à une distance inférieure au premier pas d'onde des bords des panneaux isolants parallèles à la deuxième direction, et dans laquelle chaque tôle rectangulaire comporte une dite

portion plane s'étendant à cheval sur la surface supérieure de deux panneaux isolants de la rangée singulière, la portion plane étant soudée sur les premiers éléments métalliques d'ancrage des deux panneaux isolants,
et une portion plane de la première tôle rectangulaire tronquée située entre les deux premières ondulations de la première tôle rectangulaire tronquée interrompues par le bord tronqué est soudée sur les premiers éléments métalliques d'ancrage du premier panneau isolant tronqué et du deuxième panneau isolant tronqué.

[0053] Selon un mode de réalisation, le corps principal présente une forme de contour circulaire, dans laquelle l'élément traversant est disposé de manière qu'un diamètre du corps principal parallèle à la deuxième direction est situé entre les deux premières ondulations de la première tôle rectangulaire tronquée interrompues par le bord tronqué, de préférence au milieu desdites deux premières ondulations de la première tôle rectangulaire tronquée.

[0054] Selon un mode de réalisation, la rangée singulière est une première rangée singulière, dans laquelle la ligne d'interface est une deuxième ligne d'interface et dans laquelle l'élément traversant traverse en outre une deuxième rangée singulière parmi lesdites rangées, une première ligne d'interface étant située entre la première rangée singulière et la deuxième rangée singulière et parallèle à la première direction, la deuxième rangée singulière comportant un premier panneau isolant tronqué adjacent dans la deuxième direction au premier panneau isolant (primaire) tronqué de la première rangée singulière et un deuxième panneau isolant tronqué adjacent dans la deuxième direction au deuxième panneau isolant tronqué de la deuxième rangée singulière, dans laquelle la deuxième ligne d'interface passe aussi entre le premier panneau isolant tronqué et le deuxième panneau isolant tronqué de la deuxième rangée singulière, chaque panneau isolant tronqué comportant un bord tronqué tourné vers le corps principal, le bord tronqué se développant en s'écartant de la deuxième ligne d'interface afin de contourner le corps principal.

[0055] Selon un mode de réalisation, la membrane étanche présente des deuxièmes ondulations espacées d'un deuxième pas d'onde dans la deuxième direction et parallèle à la première direction, les portions planes étant situées entre les premières ondulations et entre les deuxièmes ondulations, les deuxièmes ondulations étant espacées des bords des tôles rectangulaires dans la deuxième direction.

[0056] Une dimension du motif répété des rangées dans la deuxième direction peut être trois fois le deuxième pas d'onde, une dimension des tôles rectangulaires dans la deuxième direction étant supérieure ou égale à trois fois le deuxième pas d'onde, la rangée de tôles étant disposée à cheval sur la première rangée singulière et la deuxième rangée singulière.

[0057] Des deuxièmes éléments métalliques d'ancrage peuvent être fixés sur la surface su-

périeure des premiers et deuxièmes panneaux isolants tronqués de la première rangée singulière et de la deuxième rangée singulière à une distance inférieure au deuxième pas d'onde des bords des panneaux isolants tronqués parallèles à la première direction.

[0058] La première tôle rectangulaire tronquée et, respectivement, la deuxième tôle rectangulaire tronquée, peuvent comporter une dite portion plane s'étendant à cheval sur la première ligne d'interface, la portion plane étant soudée sur les deuxièmes éléments métalliques d'ancrage des premiers panneaux isolants tronqués de la première rangée singulière et de la deuxième rangée singulière et, respectivement, des deuxièmes panneaux isolants tronqués de la première rangée singulière et de la deuxième rangée singulière.

[0059] Selon un mode de réalisation, l'élément traversant présente une dimension comprise entre une et trois fois le deuxième pas d'onde dans la deuxième direction, dans laquelle le bord tronqué de la première tôle rectangulaire tronquée et le bord tronqué de la deuxième tôle rectangulaire tronquée interrompent deux dites deuxièmes ondulations adjacentes à la première ligne d'interface.

[0060] Avantageusement, l'élément traversant présente une dimension inférieure à trois pas d'onde dans la première direction et/ou dans la deuxième direction, pour éviter d'interrompre trois premières ondulations, et/ou éviter d'interrompre trois deuxièmes ondulations. De préférence, l'élément traversant présente une dimension comprise entre un et deux pas d'onde dans la première direction et/ou dans la deuxième direction.

[0061] Selon un mode de réalisation, une dimension des tôles rectangulaires dans la deuxième direction est égale à neuf fois le deuxième pas d'onde, chaque tôle rectangulaire comportant neuf dites deuxièmes ondulations, les deux deuxièmes ondulations adjacentes à la première ligne d'interface ayant des rangs compris entre 2 et 8, de préférence des rangs compris entre 4 et 6, les rangs des deuxièmes ondulations étant comptés en partant d'un bord des tôles rectangulaires.

[0062] Selon un mode de réalisation, le corps principal présente une forme de contour circulaire, dans laquelle l'élément traversant est disposé de manière qu'un diamètre du corps principal parallèle à la première direction est situé entre les deux deuxièmes ondulations interrompues par le bord tronqué de la première tôle rectangulaire tronquée, de préférence au milieu desdites deux deuxièmes ondulations.

[0063] Selon un mode de réalisation, le deuxième pas d'onde est égal au premier pas d'onde.

[0064] Selon un mode de réalisation, une hauteur des deuxièmes ondulations est inférieure à une hauteur des premières ondulations.

[0065] Selon un mode de réalisation, les premières et deuxièmes ondulations sont continues au niveau des intersections entre premières et deuxièmes ondulations.

[0066] Selon un mode de réalisation, les pièces de fermeture comportent au moins une

plaque métallique de fermeture sur laquelle est soudé le bord tronqué de la première tôle rectangulaire tronquée, la au moins une plaque métallique de fermeture présentant un bord interne soudé sur le plateau étanche, au moins quatre premières pièces de bout étant soudées sur la au moins une plaque métallique de fermeture pour fermer de part et d'autre du corps principal les deux premières ondulations interrompues par le bord tronqué de la première tôle rectangulaire tronquée.

[0067] Selon un mode de réalisation, au moins quatre deuxièmes pièces de bout sont soudées sur la au moins une plaque métallique de fermeture pour fermer de part et d'autre du corps principal les deux deuxièmes ondulations interrompues par le bord tronqué de la première tôle rectangulaire tronquée et par le bord tronqué de la deuxième tôle rectangulaire tronquée.

[0068] Selon un mode de réalisation, les panneaux isolants présentent une forme de section carrée ayant une dimension égale dans la première direction et la deuxième direction.

[0069] Selon un mode de réalisation, le corps principal présente une forme de contour circulaire, le plateau étanche présentant un contour circulaire concentrique avec le corps principal.

[0070] Selon un mode de réalisation, le corps principal présente une forme de contour circulaire, les bords tronqués des premiers et deuxièmes panneaux isolants tronqués présentant des formes d'arc de cercle concentriques avec le corps principal.

[0071] Selon un mode de réalisation, la membrane étanche est une membrane étanche primaire destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve étanche et thermiquement isolante et la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante primaire, la paroi de cuve comportant en outre une membrane étanche secondaire disposée entre la barrière thermiquement isolante primaire et la paroi porteuse et une barrière thermiquement isolante secondaire disposée entre la membrane étanche secondaire et la paroi porteuse,

le plateau étanche étant un plateau étanche primaire, l'élément traversant comportant en outre un plateau étanche secondaire parallèle à la paroi porteuse lié à la périphérie du corps principal et s'étendant autour du corps principal au même niveau qu'une surface supérieure de la barrière thermiquement isolante secondaire.

[0072] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi une cuve étanche et thermiquement isolante agencée dans une structure porteuse pour contenir un fluide, la cuve étanche et thermiquement isolante comportant une paroi de cuve ancrée sur une paroi porteuse de la structure porteuse, la paroi de cuve comportant dans une direction d'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur de ladite cuve étanche et thermiquement isolante, une barrière thermiquement isolante secondaire, une membrane étanche secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire et une membrane étanche primaire.

[0073] La cuve étanche et thermiquement isolante comporte un élément traversant disposé à travers ladite paroi de cuve, de sorte que l'élément traversant passe à travers les barrières thermiquement isolantes et à travers les membranes étanches, l'élément traversant comportant un corps principal s'étendant selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve et un plateau étanche parallèle à la paroi porteuse lié à la périphérie du corps principal et s'étendant autour du corps principal au même niveau que la surface supérieure de la barrière thermiquement isolante secondaire.

[0074] La barrière thermiquement isolante primaire comporte une pluralité de rangées primaires parallèles à une première direction, une rangée primaire comportant une pluralité de panneaux isolants primaires juxtaposés dans la première direction, les panneaux isolants primaires se présentant sous la forme de pavés parallélépipédiques.

[0075] Une première rangée primaire singulière et une deuxième rangée primaire singulière parmi lesdites rangées primaires comportent chacune au moins un panneau isolant primaire tronqué, chaque panneau isolant primaire tronqué comportant un bord tronqué tourné vers le corps principal, le bord tronqué se développant en s'écartant d'une première ligne d'interface afin de contourner le corps principal, la première ligne d'interface étant située entre la première rangée primaire singulière et la deuxième rangée primaire singulière et parallèle à la première direction.

[0076] Un premier organe d'ancrage primaire est fixé sur le plateau étanche au droit de la première ligne d'interface et coopère avec un premier panneau isolant primaire tronqué de la première rangée primaire singulière et avec un premier panneau isolant primaire tronqué de la deuxième rangée primaire singulière pour retenir lesdits premiers panneaux isolants primaires tronqués sur le plateau étanche.

[0077] Une telle cuve étanche et thermiquement isolante 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, un éthanier, une unité flottante de stockage et de regazéification (FSRU), une unité flottante de production et de stockage déporté (FPSO) et autres.

[0078] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un navire pour le transport d'un gaz liquéfié, le navire comportant une double coque et une cuve étanche et thermiquement isolante disposée dans la double coque.

[0079] Selon un mode de réalisation, la double coque comporte une coque internet formant la structure porteuse de la cuve étanche et thermiquement isolante.

[0080] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un gaz liquéfié, le système de transfert comportant un navire, des canalisations isolées agencées de manière à relier la cuve étanche et thermiquement isolante disposée dans la double coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre.

[0081] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un utilisation d'un navire pour

le chargement ou le déchargement d'un gaz liquéfié, dans laquelle on achemine un gaz liquéfié à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve étanche et thermiquement isolante du navire.

Brève description des figures

[0082] 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.

[0083] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue en coupe d'une paroi de cuve étanche et thermiquement isolante et d'un pied de support selon un mode de réalisation.

[0084] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue en perspective d'un pied de support et d'une paroi de cuve pouvant être utilisés dans la cuve étanche et thermiquement isolante de la [Fig.1], la membrane étanche secondaire, la barrière thermiquement isolante primaire et la membrane étanche primaire étant omises.

[0085] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue en perspective d'un panneau de comblement, selon un premier mode de réalisation.

[0086] [Fig.4] La [Fig.4] est une vue de dessus du pied de support et d'une zone de la barrière thermiquement isolante secondaire autour du pied de support.

[0087] [Fig.5] La [Fig.5] est une vue en perspective du pied de support et de la paroi de cuve de la [Fig.2] montrant partiellement la membrane étanche secondaire.

[0088] [Fig.6] La [Fig.6] est une vue analogue à la [Fig.5] montrant la membrane étanche secondaire.

[0089] [Fig.7] La [Fig.7] est une vue analogue à la [Fig.3], selon un deuxième mode de réalisation.

[0090] [Fig.8] La [Fig.8] est une vue analogue la [Fig.4], selon le deuxième mode de réalisation.

[0091] [Fig.9]] La [Fig.9] est vue de dessus du pied de support et de la paroi de cuve de la [Fig.6] montrant la barrière thermiquement isolante primaire autour du pied de support.

[0092] [Fig.10] La [Fig.10] est une vue agrandie en perspective de la portion X de la [Fig.1] montrant un organe d'ancrage primaire additionnel pouvant coopérer avec des panneaux isolants primaires tronqués afin de les retenir contre la membrane étanche secondaire.

[0093] [Fig.11] La [Fig.11] est vue de dessus selon la flèche XI de la [Fig.10], un bouchon isolant étant omis.

[0094] [Fig.12] La [Fig.12] est une vue en perspective du pied de support et d'une zone de la membrane étanche primaire autour du pied de support.

[0095] [Fig.13] La [Fig.13] est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

Description des modes de réalisation

[0096] Les modes de réalisation ci-après sont décrits en relation avec une cuve étanche et thermiquement isolante destinée pour le stockage et/ou le transport de GNL par voie maritime. Dans des variantes non décrites, une telle cuve étanche et thermiquement isolante peut être une cuve utilisée pour le stockage terrestre d'autres produits froids, par exemple les GPL ou le LH2.

[0097] Une telle cuve étanche et thermiquement isolante peut être réalisée selon différentes géométries, par exemple une géométrie polyédrique dans la coque ou la double coque d'un navire, une géométrie cylindrique à terre ou autre.

[0098] Par convention, les termes « sur », « au-dessus », « supérieur », et « haut » font généralement référence à une position située vers l'intérieur de la cuve étanche et thermiquement isolante tandis que les termes « sous », « en-dessous », « inférieur » et « bas » font généralement référence à une position située vers l'extérieur de la cuve étanche et thermiquement isolante, quelle que soit l'orientation de la paroi de cuve par rapport au champ de gravité terrestre.

[0099] En relation avec les figures 1 et 2, on décrit la structure d'une paroi de fond d'une cuve étanche et thermiquement isolante traversée par un pied de support 6.

[0100] La paroi de fond présente, successivement, dans une direction d'épaisseur, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve étanche et thermiquement isolante, une barrière thermiquement isolante secondaire 2 comportant des panneaux isolants secondaires 13 juxtaposés et ancrés à la paroi porteuse 1 d'une structure porteuse par des organes de retenues secondaires, une membrane étanche secondaire 3 portée par les panneaux isolants secondaires 13 de la barrière thermiquement isolante secondaire 2, une barrière thermiquement isolante primaire 4 comportant des panneaux isolants primaires 50 juxtaposés et ancrés aux panneaux isolants secondaires 13 de la barrière thermiquement isolante secondaire 4 par des organes de retenue primaires 19, et une membrane étanche primaire 5 portée par les panneaux isolants primaires 50 de la barrière thermiquement isolante primaire 5 et destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve étanche et thermiquement isolante.

[0101] La paroi porteuse 1 peut notamment être une tôle métallique autoporteuse ou, plus généralement, tout type de cloison rigide présentant des propriétés mécaniques appropriées. Une pluralité de parois porteuses sert typiquement à former une structure porteuse ayant la forme générale de la cuve étanche et thermiquement isolante.

[0102] La barrière thermiquement isolante secondaire 2 comporte une pluralité de panneaux isolants secondaires 13 se présentant sous la forme de pavés parallélépipédiques ancrés

contre la paroi porteuse 1 au moyen de cordons de résine (non illustrés) et/ou de goujons 30 soudés sur la paroi porteuse 1. Comme illustré sur la [Fig.2], les panneaux isolants secondaires 13 se présentent sous la forme de pavés droits à base carrée. Dans d'autres modes de réalisation, les panneaux isolants secondaires 13 peuvent se présenter sous la forme de pavés droits à base rectangulaire.

[0103] Chaque panneau isolant secondaire 13 comporte une couche de mousse polymère isolante 15 prise en sandwich entre deux plaques rigides, une plaque de fond 14 et une plaque de couvercle 16. La plaque de couvercle 16 présente notamment une surface supérieure 161 orientée vers l'intérieur de la cuve étanche et thermiquement isolante. La plaque de fond 14 et la plaque de couvercle 16 sont, par exemple, des plaques de bois contreplaqué collées sur ladite couche de mousse polymère isolante 15. La couche de mousse polymère isolante 15 peut notamment être une couche de mousse à base de polyuréthane. Avantageusement, la mousse polymère est renforcée par des fibres de verre contribuant à réduire son coefficient de contraction thermique. La plaque de couvercle 16 comporte des rainures 17 pour recevoir des supports de soudure.

[0104] La structure du panneau isolant secondaire 13 est décrite ci-dessus à titre d'exemple. Dans d'autres modes de réalisation, les panneaux isolants secondaires 13 sont susceptibles de présenter une autre structure générale.

[0105] Par exemple, dans le document WO 2012/127141, les panneaux isolants secondaires 13 sont réalisés sous forme de caisson comportant une plaque de fond, une plaque de couvercle et des voiles porteurs s'étendant, dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve, entre la plaque de fond et la plaque de couvercle et délimitant une pluralité de compartiments remplis d'une garniture isolante, telle que de la perlite, de la laine de verre ou de roche.

[0106] Par exemple, dans le document WO 2019/234360, les panneaux isolants secondaires 13 comportent non pas deux mais trois plaques rigides, à savoir une plaque de fond, une plaque intermédiaire et une plaque de couvercle, ainsi que deux couches de mousse polymère, la première couche de mousse polymère isolante étant prise en sandwich entre la plaque de fond et la plaque intermédiaire, et la seconde couche de mousse polymère isolante étant prise en sandwich entre la plaque intermédiaire et la plaque de couvercle.

[0107] Afin d'assurer la fixation des panneaux isolants secondaires 13 aux goujons 30 fixés à la paroi porteuse 1, les panneaux isolants secondaires 13 sont pourvus de puits cylindriques 18, illustrés sur la [Fig.2], traversant les panneaux isolants secondaires 13 sur toute leur épaisseur et ménagés au voisinage de chacun des coins des panneaux isolants secondaires 13. Les puits cylindriques 18 présentent un changement de section, non illustré, définissant des surfaces d'appui sur des écrous coopérant avec les extrémités filetées des goujons 30. Par exemple les puits cylindriques 18 ont une

première section comprise entre 40 et 50 mm dans la couche de mousse polymère isolante 15 et une deuxième section comprise entre 15 et 25 mm dans la plaque de fond 14 définissant la surface d'appui pour les écrous.

[0108] Les panneaux isolants secondaires 13 sont juxtaposés selon des rangées secondaires parallèles. Plus précisément, un panneau isolant secondaire constitue un motif répété selon une direction longitudinale *L* et selon une direction transversale *T* de sorte que la paroi porteuse 1 de la cuve étanche et thermiquement isolante est « pavée » de panneaux isolants secondaires 13.

[0109] Les panneaux isolants secondaires 13 sont séparés les uns des autres par des interstices garantissant un jeu fonctionnel de montage. Les interstices sont comblés avec une garniture calorifuge, telle que de la laine de verre, de la laine de roche ou de la mousse synthétique souple à cellules ouvertes par exemple. La garniture calorifuge est avantageusement réalisée dans un matériau poreux de sorte à ménager des espaces d'écoulement de gaz dans les interstices entre les panneaux isolants secondaires.

[0110] Sur la [Fig.2], trois rangées secondaires de panneaux isolants secondaires 13 sont représentées dans la direction longitudinale. La rangée secondaire singulière comporte une zone d'interruption 20 carrée de mêmes dimensions que celles du motif répété, i.e. d'un panneau isolant secondaire 13.

[0111] Un élément traversant constituant un pied de support 6, centré sur la zone d'interruption 20, est disposé à travers la paroi de fond de la cuve étanche et thermiquement isolante. Le pied de support 6 s'étend à travers les barrières thermiquement isolantes secondaire 2 et primaire 4 ainsi que les membranes étanches secondaire 3 et primaire 5, de sorte qu'un bout prend appui contre la paroi porteuse 1 et que l'autre bout fait saillie dans la cuve étanche et thermiquement isolante à distance de la membrane étanche primaire 5.

[0112] Le pied de support 6 peut servir à supporter un équipement lourd devant être immergé dans la cuve étanche et thermiquement isolante. Par exemple, pour supporter une pompe de déchargement, un tel pied de support peut être disposé à la base d'un mât de pompage (non représenté) de la cuve étanche et thermiquement isolante. Bien que le pied de support 6 soit ici représenté sur la paroi de fond de la cuve étanche et thermiquement isolante, un élément traversant similaire peut être disposé de la même manière à d'autres emplacements dans la cuve étanche et thermiquement isolante, par exemple comme élément de support ou d'espacement pour maintenir un objet quelconque à distance de la paroi de cuve.

[0113] Comme illustré sur les figures 1 et 2, le pied de support 6 comporte un corps principal présentant une symétrie de révolution à section circulaire selon un axe de révolution R parallèle à la direction d'épaisseur de la paroi de fond. Une partie inférieure tronconique 7 se raccorde au niveau de son extrémité de plus petit diamètre à une

partie supérieure cylindrique 8. La base de plus grand diamètre de la partie inférieure tronconique 7 est en appui contre la paroi porteuse 1. La zone d'interruption 20 est plus grande que la base de plus grand diamètre de la partie inférieure tronconique 7 de sorte que le pied de support 6 se situe dans la zone d'interruption 20. La partie inférieure tronconique 7 s'étend à travers l'épaisseur de la paroi de fond au-delà du niveau de la membrane étanche primaire 5. La partie supérieure cylindrique 8 est fermée de manière étanche par une plaque circulaire 12, par exemple soudée sur un rebord intérieur (non représenté) de la partie supérieure cylindrique 8.

[0114] Le corps principal du pied de support comporte un plateau étanche secondaire 9 parallèle à la paroi porteuse 1, lié à la périphérie du corps principal, et s'étendant autour du corps principal au niveau de la surface supérieure 161 des panneaux isolants secondaires 13, et un plateau étanche primaire 11 également parallèle à la paroi porteuse 1, lié à la périphérie du corps principal, et s'étendant tout autour du corps principal au niveau d'une surface supérieure 57 des panneaux isolants primaires 50.

[0115] Le plateau étanche secondaire 9 est prolongé, à l'intérieur de la partie inférieure tronconique 7, par un plateau interne 10 qui sépare l'espace intérieur de la partie inférieure tronconique 7 en une portion secondaire 7a et une portion primaire 7b. Les portions secondaire 7a et primaire 7b de l'espace intérieur sont remplies de garniture isolante, telle que de la laine de verre, pour limiter la conduction de la chaleur.

[0116] En relation avec figures 3 à 8, on décrit à présent la réalisation de la barrière thermiquement isolante secondaire 2 et de la membrane étanche secondaire 3 autour du pied de support.

[0117] Selon un premier mode de réalisation illustré sur la [Fig.4], la barrière thermiquement isolante secondaire 2 comporte quatre panneaux de comblement 21 identiques disposés autour du corps principal du pied de support 6. Ainsi, la zone d'interruption 20 est divisée en quatre secteurs, chaque secteur recevant l'un des panneaux de comblement 21.

[0118] Comme illustré sur la [Fig.3], la structure des panneaux de comblement 21 est analogue à celle des panneaux isolants secondaires 13, i.e. les panneaux de comblement 21 comportent une structure en sandwich constituée d'une couche de mousse polymère isolante 23 entre deux plaques rigides, une plaque de fond 22 et une plaque de couvercle 24. Les plaques de fond et de couvercle sont par exemple en bois contreplaqué. Dans d'autres modes de réalisation, les panneaux de comblement 21 sont susceptibles de présenter une autre structure générale, par exemple celle décrite dans le document WO 2012/127141 ou encore celle décrite dans le document WO 2019/234360.

[0119] La fixation des panneaux de comblement 21 à des goujons 30 de la paroi porteuse 1 est analogue à celle mise en œuvre pour les panneaux isolants secondaires 13. Chaque

panneau de comblement 21 comporte deux puits cylindriques 25 traversant le panneau comblement 21 sur toute son épaisseur. Les puits cylindriques 25 présentent un changement de section, non illustré, définissant des surfaces d'appui sur des écrous coopérant avec les extrémités filetées des goujons 30.

[0120] Les quatre secteurs de la zone d'interruption sont séparés les uns des autres par deux lignes médianes, à savoir une ligne médiane longitudinale A parallèle à la direction longitudinale *L* et une ligne médiane transversale B parallèle à la direction transversale *T*. L'intersection des lignes médianes au centre de la zone d'interruption 20 coïncide avec l'intersection de la paroi porteuse 1 et l'axe de révolution R du corps principal du pied de support 6.

[0121] Sur la [Fig.3], chaque panneau de comblement 21 présente une face latérale proximale 211 tournée vers le corps principal du pied de support 6, deux faces latérales distales 212 tournées vers des panneaux adjacents à la zone d'interruption 20, et des faces médianes 213. Les faces latérales proximale 211, distales 212 et médianes 213 s'étendent dans la direction d'épaisseur de la paroi de fond.

[0122] La face latérale proximale 211 présente une découpe en forme de demi-cercle pour accueillir le corps principal du pied de support 6. Les deux faces latérales distales 212 sont rectilignes et perpendiculaires entre elles. Dans la direction longitudinale *L* ou dans la direction transversale *T*, la dimension d'une face latérale distale 212 d'un panneau de comblement 21 est sensiblement la moitié de celle de la face latérale d'un panneau isolant secondaire 13. Chaque face latérale distale 212 est reliée à la face latérale proximale 211 par une face latérale médiane 213. Les faces latérales médianes 213 sont respectivement au droit des lignes médianes longitudinale A et transversale B de la zone d'interruption 20.

[0123] La face supérieure des plaques de couverture 24 des panneaux de comblement 21 comportent des rainures 26 bordant les faces latérales distales 212 pour recevoir les têtes de vis de deux rangées de vis de fixation 32 parallèles aux faces latérales distales 212. Les vis de fixation 32 sont destinées à fixer des feuilles de fermeture 31 sur la surface supérieure des plaques de couverture 24.

[0124] Lorsque les panneaux de comblement 21 sont assemblés, les découpes des faces latérales proximales 211 délimitent un cercle de plus grand diamètre que celui de la base de plus grand diamètre de la partie inférieure tronconique 7 du pied de support 6. Les panneaux de comblement 21 adjacents sont séparés par des interstices 27 ménagés entre deux faces latérales médianes en regard l'une de l'autre. Les interstices 27 sont au droit des lignes médianes longitudinale A ou transversale B de la zone d'interruption 20. Les interstices 27 sont comblés avec une garniture calorifuge, telle que de la laine de verre, de la laine de roche ou de la mousse synthétique souple à cellules ouvertes par exemple.

[0125] Comme visible sur la [Fig.1], l'espace 48 délimité par les panneaux de comblement 21, la partie inférieure tronconique 7 du pied de support 6 et le plateau étanche secondaire 9 est comblé avec une garniture isolante, par exemple de la laine de verre.

[0126] En référence à la [Fig.7], la barrière thermiquement isolante secondaire 2 comporte deux feuilles de fermeture 31 métalliques. Chaque feuille de fermeture 31 recouvre deux panneaux de comblement 21. Les feuilles de fermeture 31 sont fixées par des vis de fixation 32 positionnées dans les rainures 26 des plaques de couvercle 24 des panneaux de comblement 21. Chaque feuille de fermeture 31 présente également un bord intérieur demi-circulaire soudé de manière étanche sur le plateau étanche secondaire 9 autour du corps principal du pied de support 6.

[0127] Les feuilles de fermeture 31 sont par exemple réalisées en Invar®, i.e. un alliage de fer et de nickel dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre 1,2 x 10^{-6} K^{-1} et 2,0 x 10^{-6} K^{-1}. Il est aussi possible d'utiliser des alliages de fer et de manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement de l'ordre de 7,0 x 10^{-6} K^{-1}.

[0128] En variante, la barrière thermiquement isolante secondaire 2 peut comporter une seule ou plus de deux feuilles de fermeture 31.

[0129] En relation avec figures 5 et 6, la membrane étanche secondaire 3 comporte une nappe continue de virures 40 métalliques à bords relevés 43 selon la direction longitudinale *L*. Les virures 40 sont juxtaposées dans la direction transversale *T*. Chaque virure 40 présente une portion centrale plane reposant sur la surface supérieure 161 des panneaux isolants secondaires 13 et deux bords relevés 43 faisant saillie vers l'intérieur de la cuve étanche et thermiquement isolante par rapport à la portion centrale plane. Les virures 40 sont soudées par leurs bords relevés 43 sur des supports de soudure parallèles qui sont fixés dans les rainures 17 ménagées sur les plaques de couvercle 16 des panneaux isolants secondaires 13.

[0130] Dans la direction transversale *T*, la dimension d'une virure 40 est la moitié de celle d'un panneau isolant secondaire 13. Dans le mode de réalisation décrit, chaque rangée secondaire de panneaux isolants secondaires 13 dans la direction longitudinale *L* est recouverte par une virure centrale et deux moitiés de virures latérales. Une virure latérale est ainsi à cheval entre deux rangées secondaires adjacentes de panneaux isolants secondaires 13.

[0131] Les virures 40 sont par exemple réalisées en Invar®. Il est aussi possible d'utiliser des alliages de fer et de manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement de l'ordre de 7,0 x 10^{-6} K^{-1}.

[0132] Comme illustré sur les figures 7 et 8, la nappe de virures 40 de la membrane étanche secondaire 2 comporte des virures découpées 41, 42 qui ménagent une fenêtre carrée au droit de la zone d'interruption 20. Les virures découpées 41, 42 comportent une

virure découpée centrale 41 qui repose entièrement sur la rangée secondaire singulière de panneaux isolants secondaires 13 et deux virures découpées latérales 42, situées de part et d'autre de la virure découpée centrale 41. Les virures découpées latérales 42 sont respectivement à cheval entre la rangée secondaire singulière et les rangées secondaires adjacentes.

[0133] La virure découpée centrale 41 est interrompue dans toute sa largeur au niveau de la fenêtre selon un bord central. Les virures découpées latérales 42 sont interrompues dans leur largeur au niveau de la fenêtre selon une portion de bord latérale. Le bord central et les portions de bord latérales des virures découpées 41, 42 recouvrent un bord des feuilles de fermeture 31. Pour réaliser la continuité de la membrane étanche secondaire autour du pied de support, les virures découpées 41, 42 sont soudées de manière étanche aux feuilles de fermeture 31 au niveau du recouvrement de leurs bords en recouvrant les têtes des vis de fixation 32.

[0134] Deux bandes étanches 34 métalliques positionnées à cheval entre les deux feuilles de fermeture 31 et le plateau étanche secondaire 9 sont également soudées de manière étanche auxdites feuilles de fermeture 31 et au plateau étanche secondaire 9. Dans le mode de réalisation décrit, les bandes étanches 34 sont positionnées de part et d'autre du pied de support 6 au droit de la ligne médiane longitudinale A. Les bandes étanches 34 sont par exemple réalisées dans le même matériau que les virures 40, 41, 42, c'est-à-dire en Invar® ou dans un alliage de fer et de manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement de l'ordre de 7,0 x 10^{-6} K^{-1}.

[0135] Ainsi, les feuilles de fermeture 31 et les bandes étanches 34 prolongent la membrane étanche secondaire 3 jusqu'au plateau étanche secondaire 9.

[0136] Dans une variante non représentée, les feuilles de fermeture 31 débordent sur les plaques de couvercle 16 des panneaux isolants secondaires 13 autour de la zone d'interruption 20. Dans ce cas, les vis de fixation 32 et les rainures 26 peuvent être déportés sur les plaques de couvercle 16 des panneaux isolants secondaires 13, en particulier le long des bords adjacents à la zone d'interruption 20. Pour le reste, la membrane étanche secondaire 2 est faite comme décrit ci-dessus.

[0137] Les figures 7 et 8 illustrent un autre mode de réalisation de la barrière thermiquement isolante secondaire 2 autour du pied de support 6. Les éléments analogues ou identiques à ceux du mode de réalisation des figures 3 et 4 portent le même chiffre de référence augmenté de 100. Dans ce mode de réalisation, les quatre secteurs de la zone d'interruption sont séparés les uns des autres par des lignes diagonales de la zone d'interruption 20. L'intersection des lignes diagonales au centre de la zone d'interruption 20 coïncide avec l'intersection de la paroi porteuse 1 et l'axe de révolution R du corps principal du pied de support 6.

[0138] Les panneaux de comblement 121 présentent une unique face latérale distale, de

même dimension que la face latérale d'un panneau isolant secondaire 13. En outre, deux faces latérales diagonales se développent au droit des lignes diagonales de la zone d'interruption 20.

[0139] Il est possible de concevoir encore d'autre formes pour les panneaux de comblement autour du pied de support 6. Les panneaux de comblement peuvent aussi être en nombre plus grand que quatre ou plus petit que quatre, par exemple au nombre de deux. Dans une variante non représentée, le plateau étanche secondaire 9 peut présenter des dimensions légèrement plus grandes et venir partiellement recouvrir les panneaux de comblement autour du pied de support 6.

[0140] En référence à la [Fig.9], la barrière thermiquement isolante primaire 4 comporte une pluralité de panneaux isolants primaires 50 se présentant sous la forme de pavés parallélépipédiques ancrés à la barrière thermiquement isolante secondaire 2 au moyen d'organes de retenue primaires 19 portés par les panneaux isolants secondaires 13. Les organes de retenues primaires 19 peuvent être réalisés de diverses manières, par exemple comme décrit dans le document WO 2019/234360 ou dans le document FR 2 887 010.

[0141] Les panneaux isolants primaires 50 présentent des dimensions identiques à celles des panneaux isolants secondaires 13, à l'exception de leur épaisseur selon la direction d'épaisseur de la paroi de fond qui est susceptible d'être différente, et notamment plus faible. Dans d'autres modes de réalisation, les panneaux isolants primaires 50 peuvent présenter d'autres dimensions, et notamment se présenter sous la forme de pavés parallélépipédiques à base rectangle.

[0142] Les panneaux isolants primaires 50 sont juxtaposés selon des rangées primaires parallèles. Plus précisément, un panneau isolant primaire 50 constitue un motif répété selon la direction longitudinale *L* et selon la direction transversale *T* de sorte que la membrane étanche secondaire 3 est recouverte de panneaux isolants primaires 50.

[0143] Dans le mode de réalisation décrit, les rangées primaires sont décalées dans la direction longitudinale *L* et dans la direction transversale *T* de la moitié de la longueur d'un panneau isolant secondaire 13 par rapport aux rangées secondaires. Ainsi un panneau isolant primaire 50 de la rangée primaire est à cheval sur quatre panneaux isolants secondaires 13 des deux rangées secondaires adjacentes sous-jacentes. Les organes de retenue primaires 19 sont positionnés au centre des plaques de couvercle 16 des panneaux isolants secondaires 13 et coopèrent avec les coins de quatre panneaux isolants primaires 50 adjacents.

[0144] Dans d'autres modes de réalisation non décrits, l'amplitude du décalage entre les rangées primaires et secondaires dans la direction longitudinale *L* et/ou dans la direction transversale *T* peut être différente et l'organe de retenue primaire 19 peut être positionné ailleurs sur la plaque de couvercle 16 d'un panneau isolant secondaire 13,

mais de préférence à distance des bords relevés 43 des virures 40 pour ne pas interférer avec eux.

[0145] En relation avec les figures 9 à 11, on décrit à présent la réalisation de la barrière thermiquement isolante primaire 4 autour du pied de support 6.

[0146] En référence à la [Fig.9], dans la direction longitudinale *L*, deux rangées primaires singulières, superposées à la rangée secondaire singulière, rencontrent la zone d'interruption 20. Les première et deuxième rangées primaires singulières comportent chacune deux panneaux isolants primaires tronqués 51 au droit de la zone d'interruption 20. Les panneaux isolants primaires tronqués 51 sont séparés deux à deux par une ligne d'interface longitudinale C et une ligne d'interface transversale D respectivement superposées à la ligne médiane longitudinale A et à la ligne médiane transversale B de la zone d'interruption 20.

[0147] Chaque panneau isolant primaire tronqué 51 comporte un bord tronqué 57 tourné vers le corps principal présentant une découpe en forme de demi-cercle dans toute l'épaisseur pour accueillir le pied de support 6. La découpe se développe entre deux extrémités latérales du bord tronqué 57, une première extrémité étant positionnée au niveau de la ligne d'interface longitudinale C et une deuxième extrémité étant positionnée au niveau de la ligne d'interface transversale D.

[0148] La structure des panneaux isolants primaires 50 et des panneaux isolants primaires tronqués 51 peut être analogue à celles des panneaux isolants secondaires 13 et des panneaux de comblement 21, i.e. qu'ils comportent une structure en sandwich constituée d'une couche de mousse polymère isolante 53 entre une plaque de fond 52 et une plaque de couvercle 54. Les plaques de fond 52 et de couvercle 54 sont par exemple en bois contreplaqué. Dans d'autres modes de réalisation, les panneaux isolants primaires 50 et les panneaux isolants primaires tronqués 51 sont susceptibles de présenter une autre structure générale, par exemple celle décrite dans le document WO 2012/127141 ou encore celle décrite dans le document WO 2019/234360.

[0149] Les plaques de couvercle 54 et les couches de mousse polymère isolante 53 des panneaux isolants primaires 50 et des panneaux isolants primaires tronqués 51 peuvent être munies de fentes de relaxation 55, visibles sur les figures 1 et 10, qui segmentent les plaques et de couvercle 54 et les couches de mousse polymère isolante 53 en plusieurs parties et évitent ainsi une fissure lors de la mise au froid.

[0150] Les panneaux isolants primaires tronqués 51 sont retenus sur la membrane étanche secondaire 3 par les organes de retenue primaires 19 au niveau des trois coins de leurs bords non tronqués. Néanmoins, l'ancrage des panneaux isolants primaires tronqués 51 uniquement par les trois coins de leurs bords non tronqués peut se révéler insuffisant, selon les sollicitations mécaniques devant être endurées. Aussi, les quatre panneaux isolants primaires tronqués 51 sont retenus sur la membrane étanche secondaire 3 par

quatre organes d'ancrage primaires additionnels 61 fixés sur le plateau étanche secondaire 9. Chacun des quatre organes d'ancrage primaires additionnels 61 coopèrent avec deux des quatre panneaux isolants primaires tronqués 51.

[0151] Plus précisément, deux premiers organes d'ancrage primaires additionnels 61, fixés sur le plateau étanche secondaire 9 au niveau de la ligne d'interface longitudinale C, coopèrent avec le premier et le deuxième panneaux isolants primaires tronqués respectivement de la première et de la deuxième rangées primaires singulières. Deux deuxième organes d'ancrage primaires additionnels 61, fixés sur le plateau étanche secondaire 9 au niveau de la ligne d'interface transversale D, coopèrent respectivement avec les premiers et les deuxièmes panneaux isolants primaires tronqués 51 des première et deuxième rangées primaires singulières.

[0152] Les figures 10 et 11 illustrent plus précisément la structure des organes d'ancrage primaires additionnels 61.

[0153] Les panneaux isolants primaires tronqués 51 présentent, au niveau de chacune des deux extrémités latérales de leur bord tronqué 57, un puits oblong 68 traversant la plaque de couvercle 54, la couche de mousse polymère isolante 53 ainsi que la plaque de fond 52 mais de sorte à découvrir une zone de surface interne de la plaque de fond 52.

[0154] Lorsque les panneaux isolants primaires tronqués 51 sont assemblés autour du pied de support 6, la réunion de deux puits oblongs 20 de deux panneaux isolants primaires tronqués 51 adjacents ménage un évidement, au droit d'une ligne d'interface longitudinale C ou transversale D, destiné à accueillir un organe d'ancrage primaire additionnel 61.

[0155] Chaque organe d'ancrage primaire additionnel 61 comporte une tige 36 soudée sur le plateau étanche secondaire 9. La tige 36 passe au travers d'une platine d'ancrage 63, de forme rectangulaire, en appui sur le plateau étanche secondaire 9 par l'intermédiaire d'une cale 66 et en appui sur les zones de surface interne de deux plaques de fond 52 de panneaux isolants primaires tronqués 51 adjacents par l'intermédiaire d'un tasseau 67.

[0156] Un écrou 65 coopère avec le filetage ménagé au niveau de l'extrémité supérieure de la tige 36 de manière à assurer une retenue de la platine d'ancrage 63 sur la tige 36. Une ou plusieurs rondelles élastiques 64, de type Belleville, sont enfilées sur la tige 36 entre l'écrou 65 et la platine d'ancrage 63, ce qui permet d'assurer un ancrage élastique des panneaux isolants primaires tronqués 51 sur le plateau étanche secondaire 9.

[0157] Une entretoise 69 est posée sur la platine d'ancrage 63. L'entretoise 69 présente un logement central qui reçoit l'extrémité supérieure de la tige 36, des rondelles Belleville 64 et de l'écrou 65. Ce logement central peut présenter différentes formes : par exemple une forme de perçage cylindrique coaxial avec la tige 36 ou, comme re-

présentée, une forme de découpe rectangulaire conférant à l'entretoise 69 une forme globale de « U » inversé ayant deux branches de part et d'autre du logement central. L'entretoise 69 supporte un bouchon isolant 62 destiné à assurer une continuité de l'isolation thermique primaire au niveau de l'organe d'ancrage primaire additionnel 61. Le bouchon isolant est coiffé d'une plaque de couvercle 63 arrivant au niveau de la surface supérieure 57 des panneaux isolants primaires tronqués 51.

[0158] La platine d'ancrage 63 est avantageusement réalisée dans un métal choisi parmi l'acier inoxydable, les alliages de fer et de nickel, tel que l'Invar®, dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre 1,2 x 10^{-6} K^{-1} et 2,0 x 10^{-6} K^{-1}, et les alliages de fer et de manganèse dont le coefficient de dilatation est inférieur à 2,0 x 10^{-5} K^{-1}, typiquement de l'ordre de 7,0 x 10^{-6} K^{-1}.

[0159] La cale 66, le tasseau 67 et l'entretoise 69 sont avantageusement réalisés en bois, ce qui permet de limiter les ponts thermiques vers le plateau étanche secondaire 9 au niveau de l'organe d'ancrage primaire additionnel 61.

[0160] La réalisation de la membrane étanche primaire 5 autour du pied de support 6 est à présent décrite en relation avec les figures 9 et 12.

[0161] En référence à la [Fig.12], la membrane étanche primaire 5 comporte une nappe continue de tôles rectangulaires 70, 71, 72 qui présentent, sur leur face supérieure, des ondulations longitudinales 76 qui s'étendent dans la direction longitudinale *L* et des ondulations transversales 75 s'étendent dans la direction transversale *T* faisant saillie vers l'intérieur de la cuve étanche et thermiquement isolante, et des portions planes 85 reposant sur les plaques de couvercle 54 des panneaux isolants primaires 50 et panneaux isolants primaires tronqués 51 entre les ondulations. Les ondulations longitudinales 76 sont donc parallèles aux bords relevés 43 des virures de la membrane étanche secondaire 4. Les ondulations transversales 75 sont perpendiculaires aux bords relevés 43 des virures de la membrane étanche secondaire 4. De préférence, les ondulations transversales 75 sont plus hautes que les ondulations longitudinales 76.

[0162] Les ondulations transversales 75 sont régulièrement espacées selon un premier pas d'onde et les ondulations longitudinales 76 sont régulièrement espacées selon un deuxième pas d'onde. Dans le mode de réalisation décrit, les premier et deuxième pas d'onde sont égaux ; dans la suite de la description, on se réfèrera donc uniquement au « pas d'onde ». Dans d'autres modes de réalisation, les premier et deuxième pas d'onde peuvent être différents.

[0163] Une tôle rectangulaire présente de préférence des dimensions selon la direction longitudinale *L* et selon la direction transversale *T*, qui valent des multiples entiers de pas d'onde, ainsi que des multiples entiers des dimensions des panneaux isolants primaires. Les tôles rectangulaires sont soudées ensemble en formant des petites zones de recouvrement le long de leurs bords. La [Fig.12] montre seulement des jonctions

soudées 83 entre les bords transversaux des tôles rectangulaires 70, 71, 72.

[0164] Dans le mode de réalisation représenté, la membrane étanche primaire 5 peut être essentiellement formée de tôles rectangulaires 70, partiellement représentées, dont les dimensions sont égales à neuf fois le pas d'onde dans la direction transversale *T* et trois fois le pas d'onde dans la direction longitudinale *L*. Ainsi, chaque tôle rectangulaire 70 comporte neuf ondes longitudinales et trois ondes transversales. Toutefois, pour permettre le passage du pied de support 6, la nappe continue de tôles rectangulaires formant la membrane étanche primaire est découpée de manière à délimiter une fenêtre autour du pied de support.

[0165] Pour cela, une première tôle rectangulaire tronquée 71 présente un bord tronqué 73 et une deuxième tôle rectangulaire tronquée 72 présente un bord tronqué 74. Les bords tronqués 73 et 74 dessinent ensemble une fenêtre dont le contour est sensiblement octogonal. Les deux tôles rectangulaires tronquées 71 et 72 ne sont pas symétriques.

[0166] Le bord tronqué 73 est le plus long et s'étend depuis la jonction soudée 83 entre les deux tôles rectangulaires tronquées 71 et 72 vers l'intérieur de la première tôle rectangulaire tronquée 71 en formant :

– une portion rectiligne longitudinale qui s'étend entre les ondulations longitudinales 76 de rang 3 et 4 de la première tôle rectangulaire tronquée 71 et qui interrompt deux ondulations transversales 75 de rang 1 et 2 de la première tôle rectangulaire tronquée 71. Le rang des ondulations longitudinales 76 est compté en partant de la gauche de la [Fig.12]. Le rang des ondulations transversales 75 est compté en partant la jonction soudée 83 entre les deux tôles rectangulaires tronquées 71 et 72 ;

– une portion en biais qui coupe une portion plane 85 située entre les ondulations longitudinales 76 de rang 3 et 4 et entre les ondulations transversales 75 de rang 2 et 3 ;

– une portion rectiligne transversale qui s'étend entre les ondulations transversales 75 de rang 2 et 3 et qui interrompt deux ondulations longitudinales 76 de rang 4 et 5 de la première tôle rectangulaire tronquée 71 ; et

– puis symétriquement une autre portion en biais et une autre portion rectiligne longitudinale jusqu'à la jonction soudée 83 entre les deux tôles rectangulaires tronquées 71 et 72.

[0167] Le bord tronqué 74 est le plus court et s'étend depuis la jonction soudée 83 entre les deux tôles rectangulaires tronquées 71 et 72 vers l'intérieur de la deuxième tôle rectangulaire tronquée 72 en formant :

– une portion en biais qui coupe une portion plane située entre les ondulations longitudinales 76 de rang 3 et 4 et entre le bord transversal de la deuxième tôle rectangulaire tronquée 72 et l'ondulation transversale 75 de rang 1, sans interrompre aucune ondulation transversale 75 ;

– une portion rectiligne transversale qui s'étend entre le bord transversal de la

deuxième tôle rectangulaire tronquée 72 et l'ondulation transversale 75 de rang 1 et qui interrompt deux ondulations longitudinales 76 de rang 4 et 5 de la deuxième tôle rectangulaire tronquée 72 ; et

– puis symétriquement une autre portion en biais jusqu'à la jonction soudée 83 entre les deux tôles rectangulaires tronquées 71 et 72.

[0168] De retour à la [Fig.9], des bandes d'ancrage métalliques 58, 59, 60 sont fixées sur les plaques de couvercle 54 des panneaux isolants primaires 50 et des panneaux isolants primaires tronqués 51. Chaque bande d'ancrage 58, 59, 60 est fixée dans un lamage sur la plaque de couvercle 54 par tout moyen adapté, par exemple vis ou rivets et/ou collage.

[0169] Plus précisément des premières bandes d'ancrage 59 sont disposées entre chaque bord transversal d'un panneau isolant primaire 50 ou panneau isolant primaire tronqué 51 et la fente de relaxation 55 la plus proche, par exemple quatre premières bandes d'ancrage 59, des deuxièmes bandes d'ancrage 58 sont disposées entre chaque bord longitudinal d'un panneau isolant primaire 50 ou panneau isolant primaire tronqué 51 et la fente de relaxation 55 la plus proche, par exemple quatre deuxièmes bandes d'ancrage 58 et des troisièmes bandes d'ancrage 60 sont disposées entre chaque angle d'un panneau isolant primaire 50 ou panneau isolant primaire tronqué 51 et les fentes de relaxation 55 les plus proches, par exemple quatre troisièmes bandes d'ancrage 60. Toutefois, sur les panneaux isolants primaires tronqués 51, le bord tronqué 57 aboutit à supprimer un angle et donc une des troisièmes bandes d'ancrage 60. En outre, une première bande d'ancrage 59 et une deuxième bande d'ancrage 58 peuvent aussi être supprimées en raison du bord tronqué 57.

[0170] Les premières bandes d'ancrage 59 permettent de réaliser des soudures 81 avec des portions planes 85 des tôles rectangulaires 70, 71, 72, de sorte qu'une portion plane 85 qui enjambe une interface entre les deux panneaux isolants primaires tronqués 51 au sein d'un rangée singulière 49, à savoir la ligne d'interface transversale D, ou une interface entre un panneau isolant primaire tronqué 51 et un panneau isolant primaire 50 au sein d'un rangée singulière 49 est soudée à deux premières bandes d'ancrage 59 de part et d'autre de l'interface. De même, les deuxièmes bandes d'ancrage 58 permettent de réaliser des soudures 82 avec des portions planes 85 des tôles rectangulaires 70, 71, 72, de sorte qu'une portion plane 85 qui enjambe la ligne d'interface longitudinale C entre les deux rangées singulières 49, par exemple entre deux panneaux isolants primaires tronqués 51 ou entre deux panneaux isolants primaires 50, est soudée à deux deuxièmes bandes d'ancrage 59 de part et d'autre de la ligne d'interface longitudinale C. De même, les troisièmes bandes d'ancrage 60 permettent de réaliser des soudures 84 avec des portions planes 85 des tôles rectangulaires 70, 71, 72, de sorte qu'une portion plane 85 qui enjambe la jonction entre

quatre coins adjacents appartenant respectivement à deux panneaux isolants primaires tronqués 51 et à deux panneaux isolants primaires 50, est soudée à quatre troisièmes bandes d'ancrage 60 sur chacun des quatre coins de panneaux.

[0171] À chaque fois, la portion plane soudée assure une fonction de raccord mécanique entre les panneaux isolants qu'elle relie. Ceci empêche l'écartement mutuel desdits panneaux isolants et contribue à répartir de manière plus homogène la déformation de la structure porteuse sur la barrière thermiquement isolante primaire. Les soudures 81, 82 et 84 peuvent être des soudures par bouchon ou des soudures par transparence. D'autres détails sur les soudures 81, 82 et 84 peuvent être trouvés dans la publication WO 2022/074148.

[0172] Pour réaliser la continuité de la membrane étanche primaire 5 au niveau de la fenêtre formée par les bords tronqués 73 et 74, un assemblage étanche de pièces de liaison est réalisé entre le pied de support 6 et les tôles rectangulaires tronquées 71 et 72. Plus précisément, deux plaques de liaison 79 et 80 en forme de demi-anneau sont soudées sur le plateau étanche primaire 11 autour pied de support 6 de manière à prolonger radialement le plateau étanche primaire 11 au-delà des bords tronqués 57 des quatre panneaux isolants primaires tronqués 51. Les deux plaques de liaison 79 et 80 sont placées dans un lamage 86 du plateau étanche primaire 11 et dans un lamage 87 des quatre panneaux isolants primaires tronqués 51 pour éviter de former une surépaisseur. Ici, le bord intérieur des plaques de liaison 79 et 80 définit un contour circulaire tandis que le bord extérieur des plaques de liaison 79 et 80 définit un contour carré correspondant au bord du lamage 87, visible sur la [Fig.9].

[0173] La tôle rectangulaire tronquée 71 déborde sur les deux plaques de liaison 79 et 80 et le bord tronqué 73 est soudé de manière étanche sur les deux plaques de liaison 79 et 80. De même, le bord tronqué 74 est soudé de manière étanche sur la plaque de liaison 80. On notera qu'une jonction 88 entre les deux plaques de liaison 79 et 80 est désalignée de la jonction soudée 83.

[0174] Ici, deux plaques de liaison 79 et 80 sont employées, mais un nombre plus élevé ou plus petit de plaques de liaison pourrait être employé pour réaliser la même liaison.

[0175] Comme le diamètre du pied de support 6 est supérieur au pas d'onde, deux ondulations transversales 75 ont été interrompues par le bord tronqué 73 au niveau de la fenêtre entourant le pied de support 6. Les extrémités des ondulations transversales 75 interrompues sont fermées de manière étanche au niveau de la fenêtre avec des pièces de bout 77. De même, deux ondulations longitudinales 76 ont été interrompues par le bord tronqué 73 et par le bord tronqué 74 au niveau de la fenêtre entourant le pied de support 6. Les extrémités des ondulations longitudinales 76 interrompues sont fermées de manière étanche au niveau de la fenêtre avec des pièces de bout 78. Les pièces de bout 77 et 78 présentent des semelles soudées sur les deux plaques de liaison 79 et 80

Plus de détails pour la réalisation des pièces de bout peuvent être trouvés dans le document WO 2011/157915.

[0176] Dans une variante non représentée, la tôle rectangulaire tronquée 71 longue de neuf fois le pas d'onde dans la direction transversale *T* est remplacée par plusieurs tôles rectangulaires tronquées, de même largeur dans la direction longitudinale *L* mais plus courtes que la tôle rectangulaire tronquée 71 dans la direction transversale *T*.

[0177] Selon un premier exemple, la tôle rectangulaire tronquée 71 est remplacée par deux plaques rectangulaires tronquées longues respectivement de cinq fois et quatre fois le pas d'onde dans la direction transversale *T*. Dans ce cas, la jonction soudée entre les deux plaques rectangulaires tronquées se trouve au droit de la ligne d'interface longitudinale C, soit dans la même portion plane que des soudures 82.

[0178] Selon un deuxième exemple, la tôle rectangulaire tronquée 71 est remplacée par trois plaques rectangulaires tronquées longues respectivement de trois fois, deux fois et quatre fois le pas d'onde dans la direction transversale *T*. Dans ce cas, les jonctions soudées entre les trois deux plaques rectangulaires tronquées se trouvent au niveau des deux portions en biais du bord tronqué 73.

[0179] Dans tous les cas, le bord tronqué 73 est découpé successivement dans les différentes tôles rectangulaires tronquées juxtaposées.

[0180] En référence à la [Fig.13], une vue écorchée d'un navire méthanier 1070 montre une cuve étanche et isolée 1000 de forme générale prismatique montée dans la double coque 1072 du navire. La paroi de la cuve comporte au moins une membrane étanche destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve et au moins une barrière thermiquement isolante agencée entre la membrane étanche et la double coque 1072.

[0181] De manière connue en soi, des canalisations de chargement/déchargement 1073 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 gaz liquéfié depuis ou vers la cuve étanche et thermiquement isolante 1000.

[0182] La [Fig.13] représente un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 1075, une conduite sous-marine 1076 et une installation à terre 1077. Le poste de chargement et de déchargement 1075 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 1074 et une tour 1078 qui supporte le bras mobile 1074. Le bras mobile 1074 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 1079 pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 1073. Le bras mobile 1074 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 1078. Le poste de chargement et de déchargement 1075 permet le chargement et le déchargement du navire 1070

depuis ou vers l'installation à terre 1077. Celle-ci comporte des cuves de stockage de gaz liquéfié 1080 et des conduites de liaisons 1081 reliées par la conduite sous-marine 1076 au poste de chargement ou de déchargement 1075. La conduite sous-marine 1076 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 1075 et l'installation à terre 1077 sur une grande distance, par exemple 5 km, ce qui permet de garder le navire 1070 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et de déchargement.

[0183] Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz liquéfié, on met en œuvre des pompes embarquées dans le navire 1070 et/ou des pompes équipant l'installation à terre 1077 et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de déchargement 1075.

[0184] 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.

[0185] 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.

[0186] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

Revendications

[Revendication 1] Cuve étanche et thermiquement isolante agencée dans une structure porteuse pour contenir un fluide, la cuve étanche et thermiquement isolante comportant :
une paroi de cuve ancrée sur une paroi porteuse (1) de la structure porteuse, la paroi de cuve comportant dans une direction d'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur de ladite cuve étanche et thermiquement isolante, au moins une barrière thermiquement isolante (2) et une membrane étanche (3) portée par la barrière thermiquement isolante (2),
ladite barrière thermiquement isolante (2) comportant une pluralité de panneaux isolants (13) se présentant sous la forme de pavés parallélépipédiques ancrés contre la paroi porteuse (1), les panneaux isolants (13) étant disposés sous la forme de rangées parallèles, une rangée comportant une pluralité de panneaux isolants (13) juxtaposés dans une première direction (*L*) selon un motif répété, les rangées étant juxtaposées dans une deuxième direction perpendiculaire (*T*) à la première direction (*L*), une rangée singulière parmi lesdites rangées comportant une zone d'interruption (20) présentant une dimension dans la première direction égale à une dimension du motif répété,
la membrane étanche (3) comportant une pluralité de virures (40, 41, 42) en alliage à faible coefficient de dilatation parallèles à la première direction, chaque virure (40, 41, 42) présentant une portion centrale plane reposant sur une surface supérieure (161) des panneaux isolants (13) et deux bords relevés (43) faisant saillie vers l'intérieur de la cuve par rapport à la portion centrale plane, les virures (40, 41, 42) étant juxtaposées dans la deuxième direction selon un motif répété et soudées ensemble de manière étanche au niveau des bords relevés (43),
des ailes d'ancrage ancrées aux panneaux isolants (13) et parallèles à la première direction étant agencées entre les virures (40, 41, 42) juxtaposées pour retenir la membrane étanche (3) sur la barrière isolante (2), une dimension des virures (40, 41, 42) dans la deuxième direction étant inférieure une dimension des panneaux isolants dans la deuxième direction, lesdites virures (40, 41, 42) comportant une pluralité de virures découpées (41, 42) qui ménagent une fenêtre au droit de la zone d'interruption (20), et
un élément traversant (6) disposé à travers la paroi de cuve, de sorte que

l'élément traversant (6) passe à travers la barrière thermiquement isolante (2) dans une portion centrale de la zone d'interruption (20) et à travers la membrane étanche (3) dans une portion centrale de ladite fenêtre, l'élément traversant (6) comportant un corps principal s'étendant selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve et un plateau étanche (9) parallèle à la paroi porteuse (1) lié à la périphérie du corps principal et s'étendant autour du corps principal au même niveau que la surface supérieure (161) des panneaux isolants (13),
ladite barrière thermiquement isolante (2) comportant au moins un panneau de comblement (21, 121) disposé dans la zone d'interruption (20) autour de l'élément traversant (6) et ancré contre la paroi porteuse (1),
au moins une feuille de fermeture (31) métallique étant en appui sur une surface supérieure dudit au moins un panneau de comblement (21, 121), ladite au moins une feuille de fermeture (31) présentant un premier bord soudé de manière étanche sur le plateau étanche (9) autour du corps principal, lesdites virures découpées (41, 42) présentant des portions de bord bordant ladite fenêtre qui recouvrent un deuxième bord de ladite au moins une feuille de fermeture (31) et sont soudées de manière étanche à ladite au moins une feuille de fermeture (31), de sorte que ladite au moins une feuille de fermeture (31) prolonge la membrane étanche (3) jusqu'au plateau étanche (9).

[Revendication 2] Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 1, dans laquelle les panneaux isolants (13) présentent une forme de section carrée ayant une dimension égale dans la première direction et la deuxième direction.

[Revendication 3] Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle le plateau étanche (9) présente un contour circulaire.

[Revendication 4] Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle la paroi de cuve comporte quatre panneaux de comblement (21) identiques disposés respectivement dans quatre secteurs de la zone d'interruption (20), les quatre secteurs étant séparés les uns des autres par une première ligne médiane (A) de la zone d'interruption (20) s'étendant dans la première direction et par une deuxième ligne médiane (B) de la zone d'interruption s'étendant dans la deuxième direction.

[Revendication 5] Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle la paroi de cuve comporte quatre panneaux

de comblement (121) identiques disposés respectivement dans quatre secteurs de la zone d'interruption (20), les quatre secteurs étant séparés les uns des autres par une première diagonale et par une deuxième diagonale de la zone d'interruption (20).

[Revendication 6] Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle le corps principal présente une forme de contour circulaire, ledit au moins un panneau de comblement (21, 121) comportant une face latérale proximale (211) s'étendant dans la direction d'épaisseur et tournée vers le corps principal, la face latérale proximale (211) présentant une forme d'arc de cercle.

[Revendication 7] Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une des revendications 1 à 6, dans laquelle un dit panneau de comblement (21, 121) comporte une face latérale proximale (211) s'étendant dans la direction d'épaisseur et tournée vers le corps principal et au moins une face latérale distale (212) s'étendant dans la direction d'épaisseur et tournée vers des panneaux isolants (13) adjacents à la zone d'interruption (20), la feuille de fermeture (31) étant fixée sur la surface supérieure dudit panneau de comblement (21, 121) par des pièces de fixation (32) agencées sur la surface supérieure le long d'une dite face latérale distale (212), les portions de bord desdites virures découpées (41, 42) étant agencées pour recouvrir lesdites pièces de fixation (32).

[Revendication 8] Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 7, dans laquelle ledit panneau de comblement (21, 121) comporte une plaque de couvercle (24) formant la surface supérieure dudit panneau de comblement (21), la plaque de couvercle (24) comportant un lamage (26) pour recevoir lesdites pièces de fixation (32).

[Revendication 9] Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle les rangées sont juxtaposées dans la deuxième direction selon un motif répété, la dimension du motif répété des rangées étant deux fois la dimension du motif répété des virures (40, 41, 42) dans la deuxième direction, dans laquelle les virures découpées (41, 42) reposent sur la rangée singulière et comportent une virure découpée centrale (41) et deux virures découpées latérales (42) situées de part et d'autre de la virure découpée centrale (41), les bords relevés (43) de la virure découpée centrale (41) étant décalés dans la deuxième direction par rapport aux bords de ladite rangée singulière, la virure découpée centrale (41) reposant entièrement sur ladite rangée singulière et étant interrompue dans toute sa largeur au niveau de la

fenêtre, chaque dite virure découpée latérale (42) étant disposée à cheval sur la rangée singulière et une rangée adjacente à ladite rangée singulière et étant interrompue dans une portion de sa largeur au niveau de la fenêtre.

[Revendication 10] Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 9, dans laquelle le corps principal présente une forme de contour circulaire et un diamètre du corps principal parallèle à la première direction est situé dans le prolongement de la portion centrale plane de la virure découpée centrale (41).

[Revendication 11] Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante secondaire (2) et la membrane étanche est une membrane étanche secondaire (3), lesdites rangées étant des rangées secondaires, lesdits panneaux isolants étant des panneaux isolants secondaires (13), la rangée singulière étant une rangée secondaire singulière, la paroi de cuve comportant en outre, selon la direction d'épaisseur, depuis l'intérieur vers l'extérieur de la cuve étanche et thermiquement isolante, une barrière thermiquement isolante primaire (4) portée par la membrane étanche secondaire (3) et une membrane étanche primaire (5) portée par la barrière thermiquement isolante primaire (4), la membrane étanche primaire (5) étant destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve étanche et thermiquement isolante,

dans laquelle la barrière thermiquement isolante primaire (4) comporte une pluralité de rangées primaires parallèles à la première direction, une rangée primaire comportant une pluralité de panneaux isolants primaires (50) juxtaposés dans la première direction, les panneaux isolants primaires (50) se présentant sous la forme de pavés parallélépipédiques ayant une dimension égale à la dimension des panneaux isolants secondaires (13) dans la deuxième direction, dans laquelle les rangées primaires sont décalées dans la deuxième direction par rapport aux rangées secondaires de sorte que chaque rangée primaire est superposée à cheval sur deux rangées secondaires,

dans laquelle des organes de retenue primaires (19) sont portés par les panneaux isolants secondaires (13) et coopèrent avec les panneaux isolants primaires (50) pour retenir les panneaux isolants primaires (50) sur la membrane étanche secondaire (3),

dans laquelle une première rangée primaire singulière et une deuxième

rangée primaire singulière parmi lesdites rangées primaires sont superposées à la rangée secondaire singulière, la première rangée primaire singulière et la deuxième rangée primaire singulière comportant chacune au moins un panneau isolant primaire tronqué (51) au droit de la zone d'interruption (20), chaque panneau isolant primaire tronqué (51) comportant un bord tronqué (57) tourné vers le corps principal, le bord tronqué (57) se développant en s'écartant d'une première ligne d'interface (C) afin de contourner le corps principal, la première ligne d'interface (C) étant située entre la première rangée primaire singulière et la deuxième rangée primaire singulière et parallèle à la première direction (*L*).

[Revendication 12] Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 11, dans laquelle un premier organe d'ancrage primaire additionnel (61) est fixé sur le plateau étanche (9) au droit de la première ligne d'interface (C) et coopère avec un premier panneau isolant primaire tronqué (51) de la première rangée primaire singulière et avec un premier panneau isolant primaire tronqué (51) de la deuxième rangée primaire singulière pour retenir lesdits premiers panneaux isolants primaires tronqués (51) sur le plateau étanche (9).

[Revendication 13] Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 11 ou 12, dans laquelle les rangées primaires sont décalées dans la deuxième direction (*T*) d'une moitié de la dimension des panneaux isolants secondaires (13) dans la deuxième direction (*T*) par rapport aux rangées secondaires, la première ligne d'interface (A) coïncidant avec une première ligne médiane (A) de la zone d'interruption (20).

[Revendication 14] Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une des revendications 11 à 13, dans laquelle la première rangée primaire singulière et la deuxième rangée primaire singulière comportent chacune un deuxième panneau isolant primaire tronqué (51) adjacent au premier panneau isolant primaire tronqué (51), dans laquelle deux premiers organes d'ancrages primaires additionnels (61) sont fixés sur le plateau étanche (9) au droit de la première ligne d'interface (C) de part et d'autre du corps principal et coopèrent respectivement avec les premiers, respectivement les deuxièmes, panneaux isolants primaires tronqués (51) de la première rangée primaire singulière et de la deuxième rangée primaire singulière, pour retenir lesdits premiers, respectivement les deuxièmes, panneaux isolants primaires tronqués (51) sur le plateau étanche (9).

[Revendication 15] Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 14, dans laquelle deux deuxièmes organes d'ancrage primaires additionnels (61) sont fixés sur le plateau étanche (9) au droit d'une deuxième ligne d'interface (D) de part et d'autre du corps principal et coopèrent respectivement avec les premier et deuxième panneaux isolants primaires tronqués (51) de la première rangée primaire singulière, respectivement de la deuxième rangée primaire singulière, pour retenir lesdits premier et deuxième panneaux isolants primaires tronqués (51) sur le plateau étanche (9).

[Revendication 16] Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une des revendications 11 à 15, dans laquelle les premiers panneaux isolants primaires tronqués (51) présentent une structure multicouche constituée, selon la direction d'épaisseur, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, d'une plage rigide externe (52), d'une couche de mousse polymère isolante (53) et d'une plaque rigide interne (54), les premiers panneaux isolants primaires tronqués comportant un puit oblong (68) traversant la plaque rigide interne (54) et la couche de mousse polymère isolante (53) pour découvrir une zone de surface interne de la plaque rigide externe (52), ledit premier organe d'ancrage additionnel (61) comportant une platine d'ancrage (63) en appui sur la zone de surface interne de la plaque rigide interne (54) desdits premiers panneaux isolants primaires tronqués (51).

[Revendication 17] Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 16, dans laquelle l'organe d'ancrage primaire additionnel (61) comporte une tige (36) fixée au plateau étanche (9), une cale (66) en appui sur le plateau étanche (9) et un tasseau (67) en appui sur la zone de surface interne de la plaque rigide externe (52), la platine d'ancrage (63) reposant à cheval sur la cale (66) et le tasseau (67), une partie supérieure de la tige (36) passant au travers de la platine d'ancrage (63), ledit organe d'ancrage primaire additionnel (61) comportant également un écrou (65) et au moins une rondelle (64), l'écrou (65) coopérant avec la partie supérieure de la tige (36) et l'au moins une rondelle (64) étant enfilée sur la tige (36) entre l'écrou (65) et la platine d'ancrage (63).

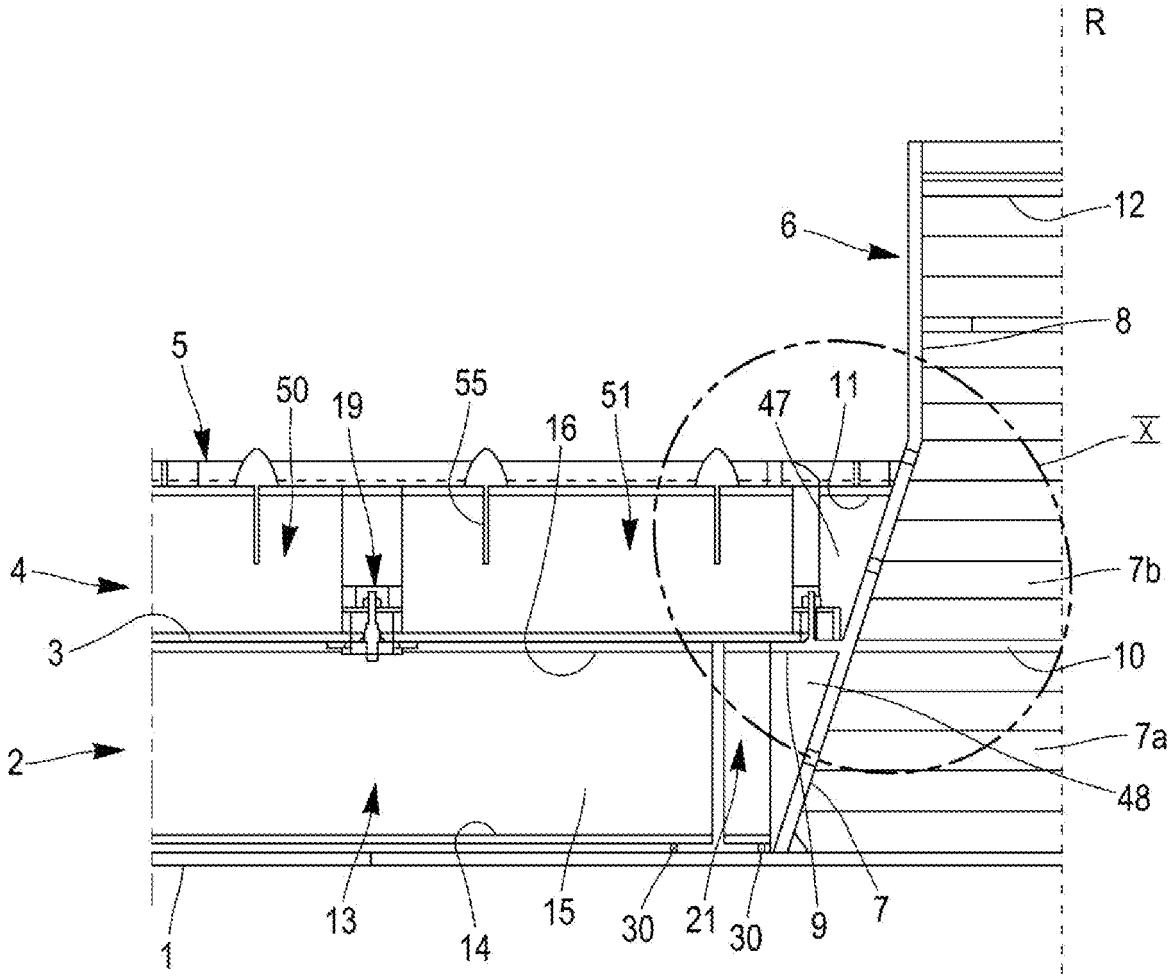
[Revendication 18] Navire (1070) pour le transport d'un gaz liquéfié, le navire comportant une double coque (1072) et une cuve étanche et thermiquement isolante (1000) selon l'une des revendications 1 à 17 disposée dans la double coque (1072).

[Revendication 19] Système de transfert pour un gaz liquéfié, le système de transfert

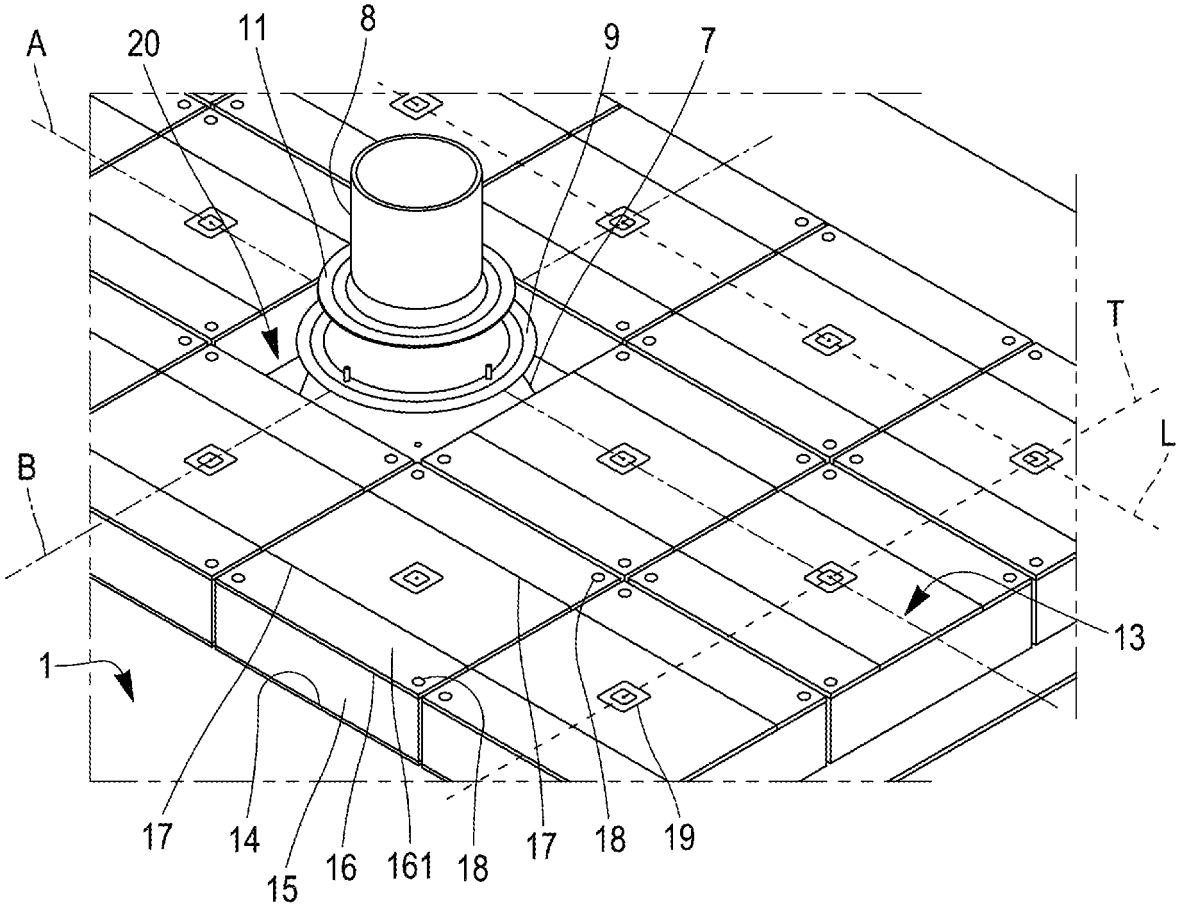
comportant un navire (1070) selon la revendication 18, des canalisations isolées (1073, 1076, 1079, 1081) agencées de manière à relier la cuve étanche et thermiquement isolante (1000) disposée dans la double coque (1072) du navire (1070) à une installation de stockage flottante ou terrestre.

[Revendication 20] Utilisation d'un navire (1070) selon la revendication 18 pour le chargement ou le déchargement d'un gaz liquéfié, dans laquelle on achemine un gaz liquéfié à travers des canalisations isolées (1073, 1076, 1079, 1081) depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre (1077) vers ou depuis la cuve étanche et thermiquement isolante du navire (1070).

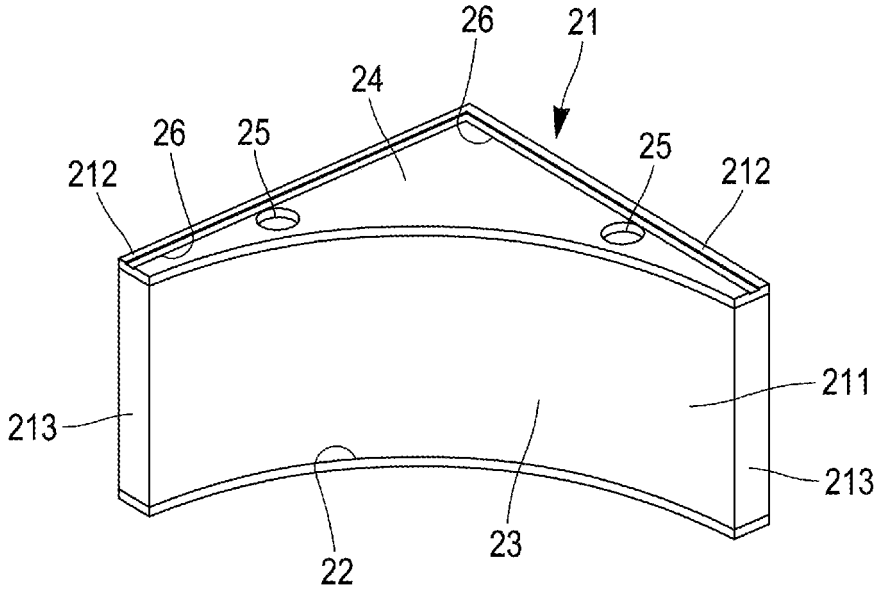
[Fig. 1]



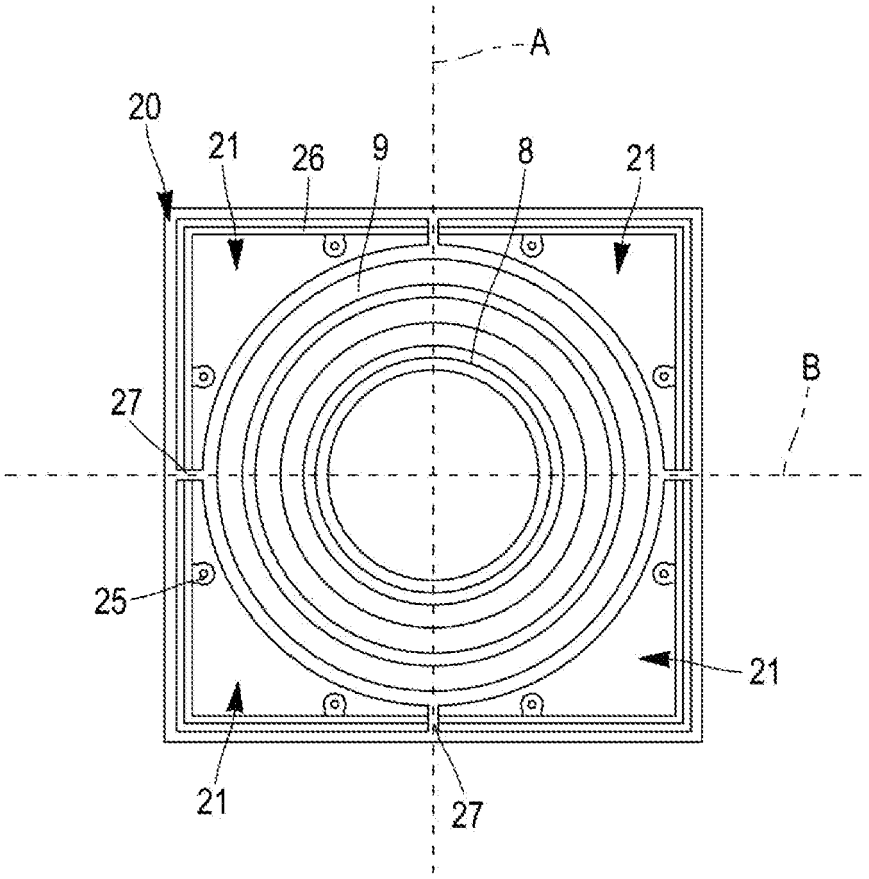
[Fig. 2]


A
20
11
8
9
7
T
L
B
13
1
17
14
15
16
161
18
17
18
19

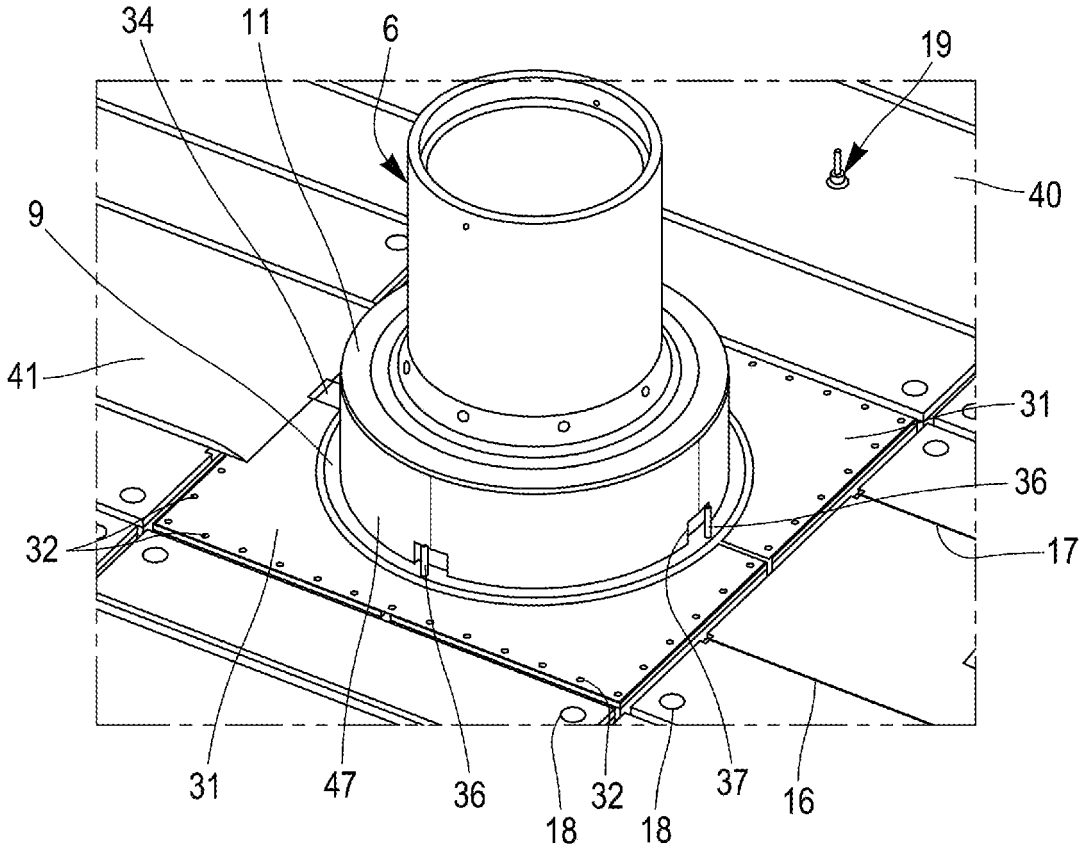
[Fig. 3]


26
21
24
26
25
25
212
212
211
213
213
22
23

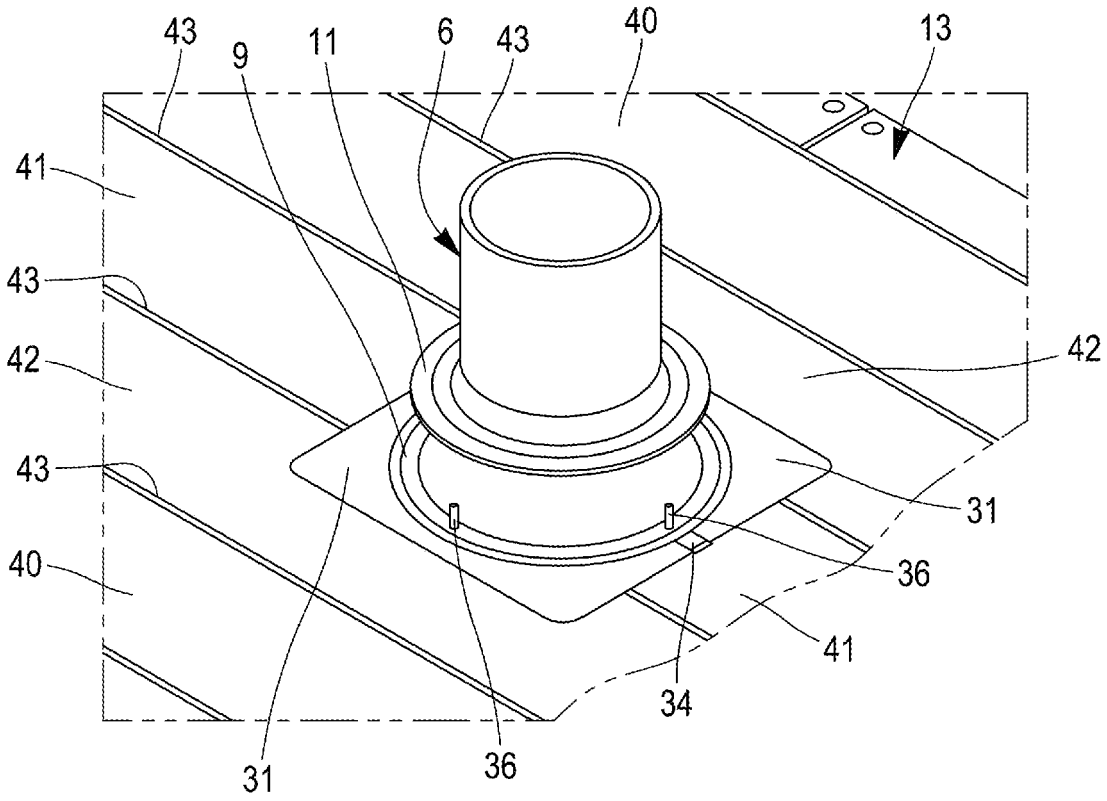
[Fig. 4]


A
20
21
26
9
8
21
B
27
25
21
21
27

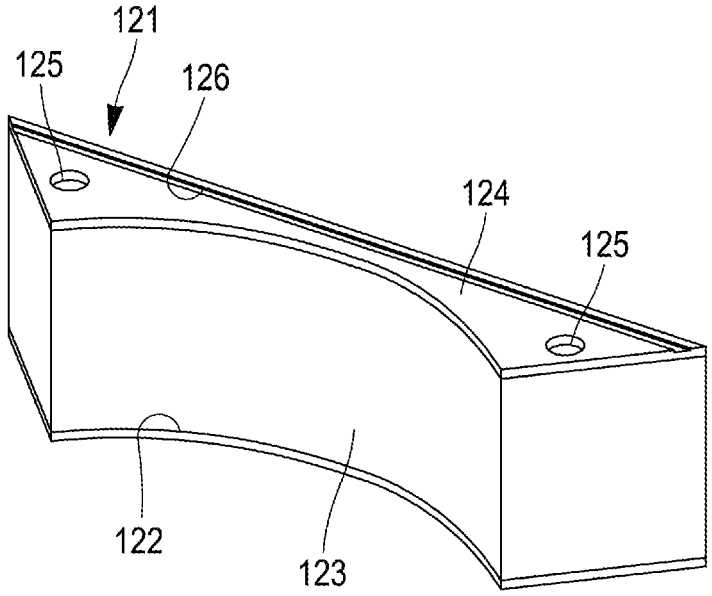
[Fig. 5]


34
11
6
19
40
9
41
31
36
32
17
31
47
36
18
32
18
37
16

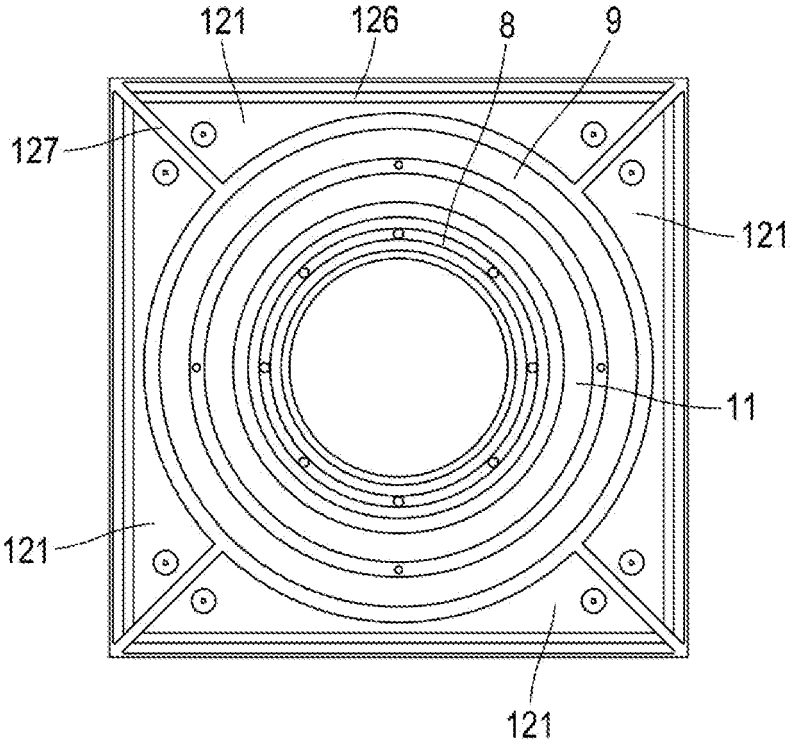
[Fig. 6]


43
9
11
6
43
40
13
41
43
42
42
43
31
40
36
41
34
31
36

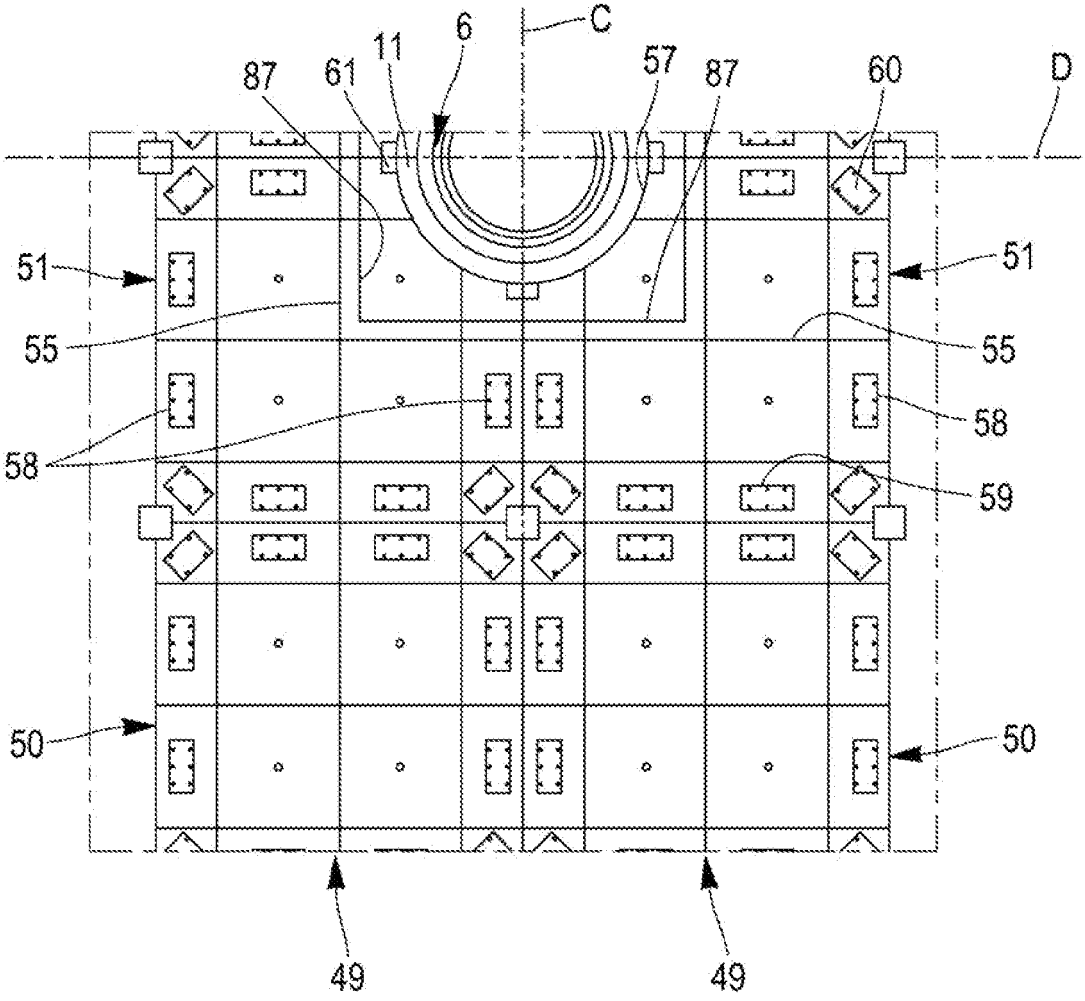
[Fig. 7]


121
125
126
124
125
122
123

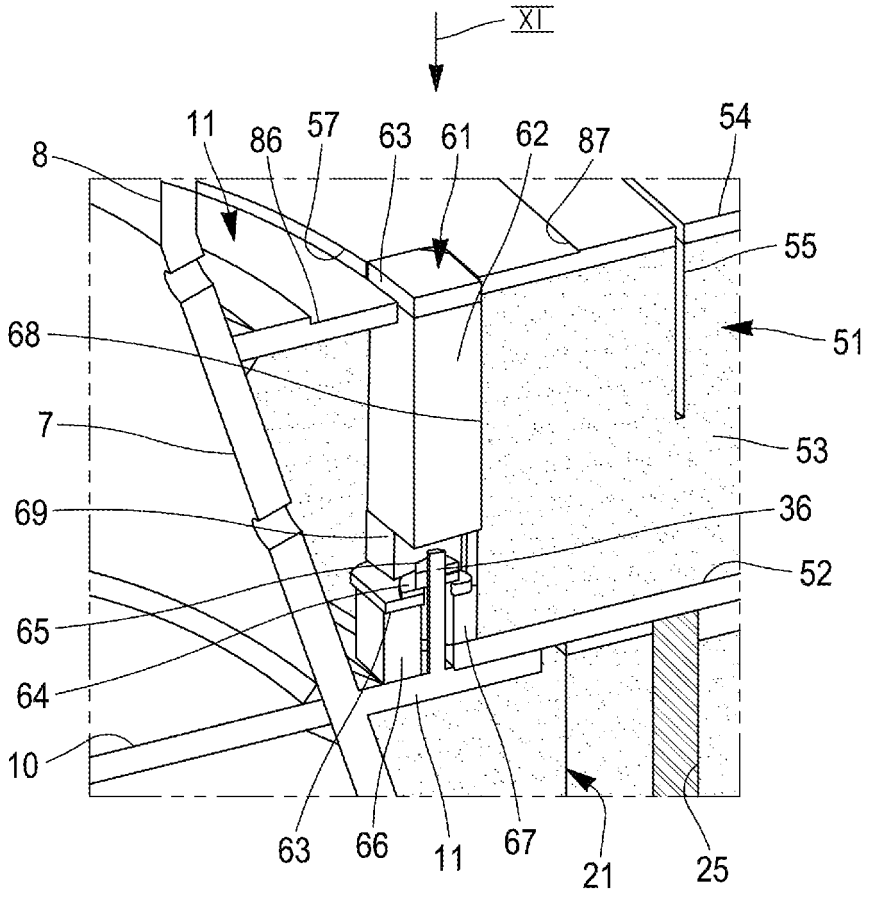
[Fig. 8]


121
126
8
9
127
121
11
121
121

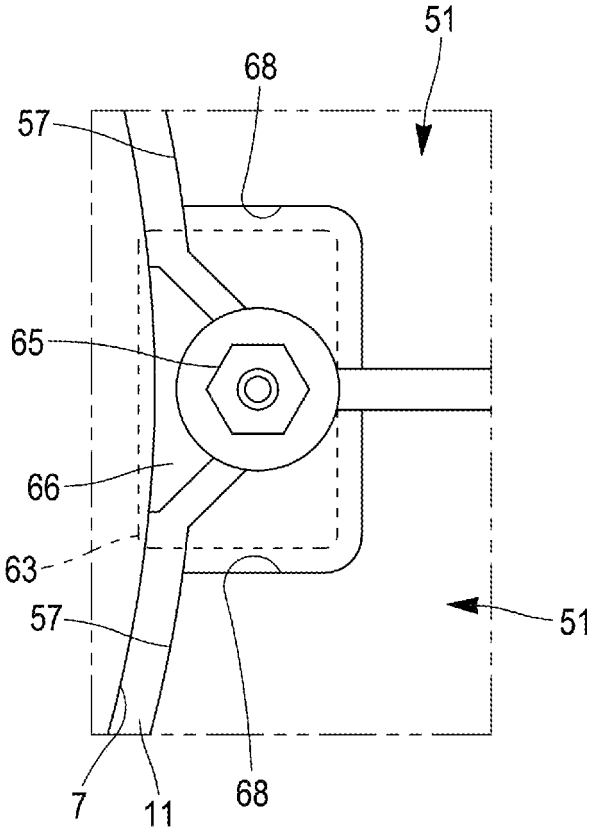
[Fig. 9]


C
6
11
61
87
57
87
60
D
51
51
55
55
58
58
59
50
50
49
49

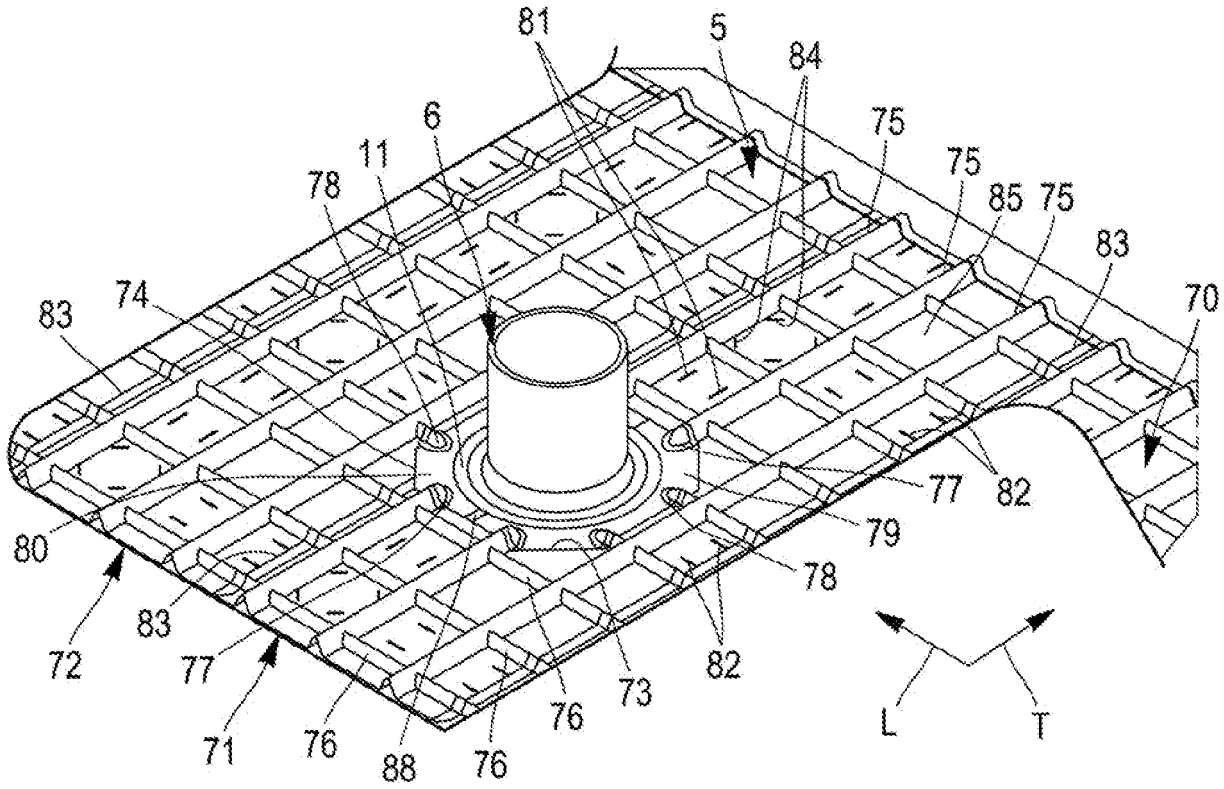
[Fig. 10]


XI
11
86
57
63
61
62
87
54
8
55
68
51
7
53
69
36
52
65
64
10
63
66
11
67
21
25

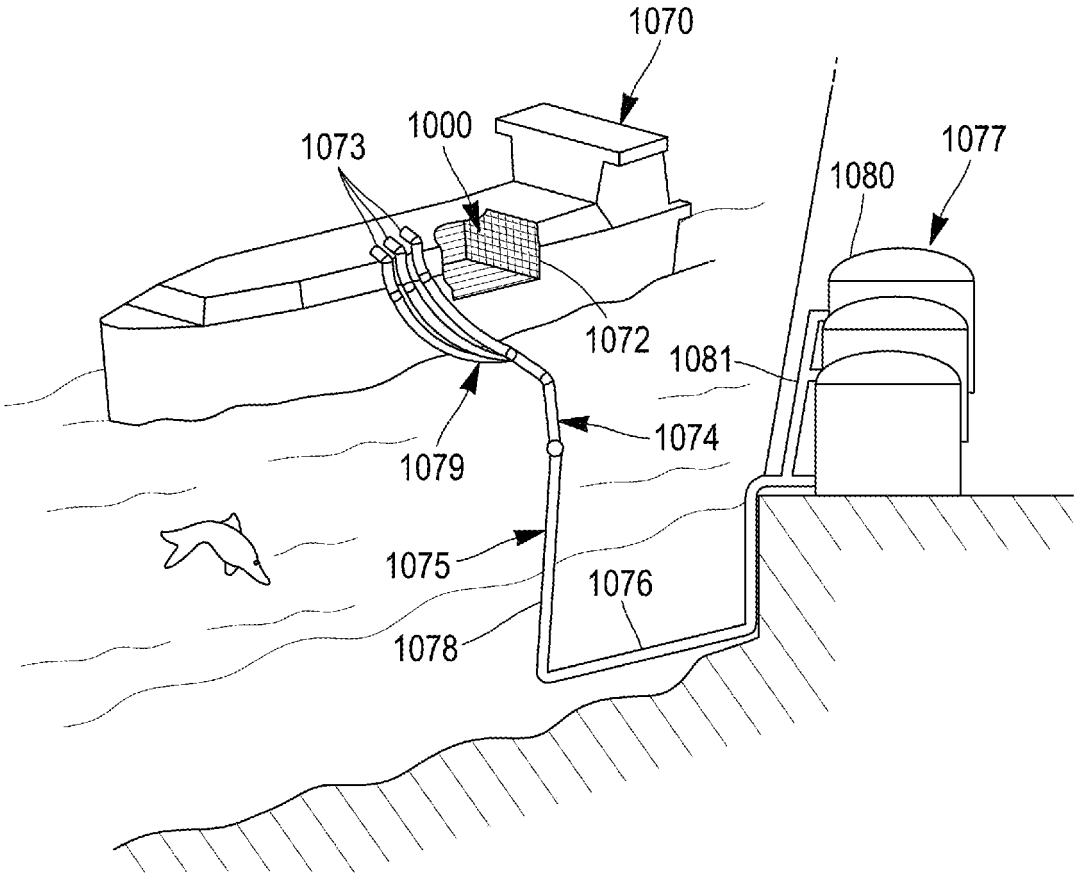
[Fig. 11]


51
68
57
65
66
63
57
51
7
11
68

[Fig. 12]


81
5
84
6
11
78
75
75
85
75
83
74
83
70
77
82
79
80
78
72
83
77
82
73
76
71
76
88
76
L
T

[Fig. 13]


1070
1073
1000
1077
1080
1072
1081
1074
1079
1075
1076
1078

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.
Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

[x] Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

[x] Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

FR 3 035 175 A1 (GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ [FR]) 21 octobre 2016 (2016-10-21)

KR 2012 0136319 A (SAMSUNG HEAVY IND [KR]) 18 décembre 2012 (2012-12-18)

KR 2012 0136320 A (SAMSUNG HEAVY IND [KR]) 18 décembre 2012 (2012-12-18)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT