Innovation, Sciences et Développement économique Canada
Office de la Propriété Intellectuelle du Canada

Innovation, Science and Economic Development Canada
Canadian Intellectual Property Office

CA 3176441 A1 2021/11/11

(21) 3 176 441

(12) DEMANDE DE BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT APPLICATION

(13) A1

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2021/04/27
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2021/11/11
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2022/10/21
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: EP 2021/061023
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2021/224071
(30) Priorité/Priority: 2020/05/05 (FR FR2004425)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F17C 3/02* (2006.01)

(71) Demandeur/Applicant:
GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ, FR

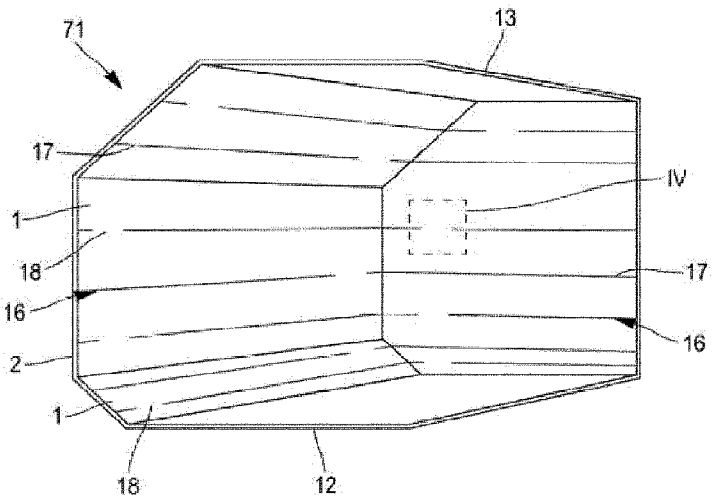
(72) Inventeurs/Inventors:
DELETRE, BRUNO, FR;
D'OLCE, MARGUERITE, FR;
PERROT, OLIVIER, FR

(74) Agent: LAVERY, DE BILLY, LLP

(54) Titre : CUVE ETANCHE ET THERMIQUEMENT ISOLANTE COMPRENANT DES ELEMENTS DE REMPLISSAGE ANTI-CONVECTIF

(54) Title: SEALED AND THERMALLY INSULATING TANK COMPRISING ANTI-CONVECTIVE FILLING ELEMENTS

[Fig. 3]



(57) Abrégé/Abstract:
L'invention concerne une cuve (71) de stockage d'un gaz liquéfié, dans laquelle la cuve (71) comporte des parois périphériques (1), les parois périphériques (1) comportant une membrane d'étanchéité et au moins une barrière d'isolation thermique, dans laquelle la membrane d'étanchéité comporte des plaques métalliques ondulées comprenant une première série d'ondulations parallèles, s'étendant selon une direction x et une deuxième série d'ondulations parallèles s'étendant selon une direction y, la direction x étant une direction de plus grande pente, dans laquelle les parois périphériques (1) comprennent des éléments de remplissage à perte de charge, qui sont disposés dans les ondulations de la première série d'ondulations, de sorte à former une ceinture d'éléments de remplissage (16) s'étendant tout autour de la cuve (71), la ceinture étant formée d'une partie d'obstruction (17) et d'au moins une partie d'interruption (18), la ceinture comportant au plus une partie d'interruption (18) par paroi périphérique (1).

Date de soumission : 2022/10/21

No de la demande can. : 3176441

Abrégé:

L'invention concerne une cuve (71) de stockage d'un gaz liquéfié, dans laquelle la cuve (71) comporte des parois périphériques (1), les parois périphériques (1) comportant une membrane d'étanchéité et au moins une barrière d'isolation thermique, dans laquelle la membrane d'étanchéité comporte des plaques métalliques ondulées comprenant une première série d'ondulations parallèles, s'étendant selon une direction x et une deuxième série d'ondulations parallèles s'étendant selon une direction y, la direction x étant une direction de plus grande pente, dans laquelle les parois périphériques (1) comprennent des éléments de remplissage à perte de charge, qui sont disposés dans les ondulations de la première série d'ondulations, de sorte à former une ceinture d'éléments de remplissage (16) s'étendant tout autour de la cuve (71), la ceinture étant formée d'une partie d'obstruction (17) et d'au moins une partie d'interruption (18), la ceinture comportant au plus une partie d'interruption (18) par paroi périphérique (1).

Description

Titre de l'invention : Cuve étanche et thermiquement isolante comprenant des éléments de remplissage anti-convectif

Domaine technique

[0001] L'invention se rapporte au domaine des cuves, étanches et thermiquement isolantes, à membranes, pour le stockage et/ou le transport de fluide, tel qu'un gaz liquéfié.

[0002] Des cuves étanches et thermiquement isolantes à membranes sont notamment employées pour le stockage de gaz naturel liquéfié (GNL), qui est stocké, à pression atmosphérique, à environ -162°C. Ces cuves peuvent être installées à terre ou sur un ouvrage flottant. Dans le cas d'un ouvrage flottant, la cuve peut être destinée au transport de gaz naturel liquéfié ou à recevoir du gaz naturel liquéfié servant de carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant.

Arrière-plan technologique

[0003] Dans l'état de la technique, il est connu des cuves étanches et thermiquement isolantes pour le stockage de gaz naturel liquéfié, intégrées dans une structure porteuse, telle que la double coque d'un navire destiné au transport de gaz naturel liquéfié. Généralement, de telles cuves comportent une structure multicouche présentant successivement, dans le sens de l'épaisseur, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière d'isolation thermique secondaire retenue à la structure porteuse, une membrane d'étanchéité secondaire reposant contre la barrière d'isolation thermique secondaire, une barrière d'isolation thermique primaire reposant contre la membrane d'étanchéité secondaire et une membrane d'étanchéité primaire reposant contre la barrière d'isolation thermique primaire et destinée à être en contact avec le gaz naturel liquéfié contenu dans la cuve.

[0004] La membrane d'étanchéité primaire est composée de plaques métalliques ondulées. La plaque métallique de forme rectangulaire comporte une première série d'ondulations parallèles, dites basses, s'étendant selon une direction y d'un bord à l'autre de la tôle et une seconde série d'ondulations parallèles, dites hautes, s'étendant selon une direction x d'un bord à l'autre de la tôle métallique. Les directions x et y des séries d'ondulations, sont perpendiculaires. Les ondulations sont saillantes du côté d'une face interne de la tôle métallique, destinée à être mise en contact avec le fluide contenu dans la cuve. Les plaques métalliques ondulées comportent entre les ondulations des portions planes.

[0005] Les ondulations de la membrane d'étanchéité primaire forment ainsi des canaux de circulation pour un gaz présent dans la barrière thermiquement isolante primaire. De plus, l'une des directions x ou y est parallèle à la direction de plus grand pente pour

une paroi inclinée

[0006] La membrane d'étanchéité primaire se trouvant à des températures très basses et la membrane d'étanchéité secondaire ou la structure porteuse à des températures plus élevées, il a été constaté qu'un phénomène de thermosiphon se mettait en place dans les parois inclinées formant un angle avec une direction horizontale, par exemple des parois verticales de la cuve, avec la circulation d'un gaz (ou mélange de gaz) se refroidissant, donc descendant par rapport à la direction verticale, entre la membrane d'étanchéité primaire et la barrière thermiquement isolante primaire (dans les canaux formés par les ondulations) et la circulation d'un gaz se réchauffant, donc ascendant par rapport à la direction verticale, entre la membrane d'étanchéité secondaire et la barrière thermiquement isolante secondaire ou entre la barrière thermiquement isolante secondaire et la paroi porteuse. La circulation du gaz se refroidissant et la circulation du gaz se réchauffant forment un circuit fermé aux extrémités de la paroi de cuve qui favorise le transfert de chaleur convectif à travers la paroi de cuve.

[0007] Il a été également constaté qu'une multitude de boucles du phénomène de thermosiphon se formaient au niveau de la paroi de fond de cuve entre les différents panneaux isolants.

[0008] Cet effet thermosiphon ne permet pas à la barrière thermiquement isolante de jouer son rôle d'isolation de manière efficace et peut ainsi endommager la structure externe de la cuve en propageant les températures extrêmes du contenu de la cuve vers celle-ci.

[0009] L'invention vise à remédier à ce problème.

Résumé

[0010] Une idée à la base de l'invention est de proposer une cuve étanche et thermiquement isolante à membrane d'étanchéité comportant des ondulations dans laquelle les phénomènes de convection ou de thermosiphon sont réduits. En particulier, une idée à la base de l'invention est de fournir une cuve étanche et thermiquement isolante limitant la présence de canaux de circulation continus dans les barrières d'isolation thermique afin de limiter les phénomènes de convection naturelle dans lesdites barrières d'isolation thermique.

[0011] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un gaz liquéfié, dans laquelle la cuve comporte une paroi de fond, une paroi de plafond et des parois périphériques reliant la paroi de fond à la paroi de plafond de sorte à former une cuve polyédrique, les parois périphériques comportant une membrane d'étanchéité destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve et au moins une barrière d'isolation thermique agencée entre la membrane d'étanchéité et une paroi porteuse d'une structure porteuse, la barrière d'isolation thermique comportant une pluralité de panneaux isolants juxtaposés,

dans laquelle la membrane d'étanchéité comporte des plaques métalliques ondulées

juxtaposées les unes aux autres et comprenant une première série d'ondulations parallèles, s'étendant selon une direction x et une seconde série d'ondulations parallèles s'étendant selon une direction y, la direction x étant une direction de plus grande pente de la paroi périphérique, les ondulations étant saillantes vers l'intérieur de la cuve et formant des canaux de circulation pour un gaz présent dans la barrière thermiquement isolante,

dans laquelle les parois périphériques comprennent des éléments de remplissage à perte de charge, qui sont disposés dans les ondulations de la première série d'ondulations afin d'obstruer le canal de circulation desdites ondulations, de sorte à former une ceinture d'éléments de remplissage réalisée dans un plan parallèle à la paroi de fond et s'étendant tout autour de la cuve, la ceinture étant formée d'au moins une partie d'obstruction où chacune des ondulations de la première série d'ondulations est obstruée par l'un des éléments de remplissage, et d'au moins une partie d'interruption configurée pour permettre la circulation du gaz présent dans les canaux de circulation au travers de la ceinture d'éléments de remplissage, ladite ou chaque partie d'obstruction étant délimitée par ladite ou deux parties d'interruption, la ceinture d'éléments de remplissage comportant au plus une partie d'interruption par paroi périphérique, et les éléments de remplissage étant configurés pour générer une perte de charge réduisant un flux gazeux traversant ledit canal de circulation, les éléments de remplissage de la partie d'obstruction de l'au moins une ceinture d'éléments de remplissage étant disposés inclusivement entre deux ondulations adjacentes de la seconde série d'ondulations.

[0012] Grâce à ces caractéristiques, le flux de gaz situé dans les canaux de circulation des ondulations qui en se refroidissant serait amené à descendre dans les parois périphériques est ici bloqué dans sa circulation par les éléments de remplissage à perte de charge disposés dans la partie d'obstruction de la ceinture d'éléments de remplissage. Ce flux de gaz est ainsi contraint de passer par la ou les parties d'interruption afin de traverser la ceinture d'éléments de remplissage. La ceinture d'éléments de remplissage réalise ainsi une perte de charge singulière sur ce flux en diminuant brutalement la section de passage du flux sur l'ensemble de la paroi empêchant l'effet thermosiphon de s'établir dans les parois périphériques.

[0013] L'expression « étant disposés inclusivement entre deux ondulations adjacentes de la seconde série d'ondulations » signifie que les éléments de remplissage de la partie d'obstruction sont situés dans la direction x dans un intervalle formé par deux ondulations adjacentes de la seconde série d'ondulations en incluant les bornes de l'intervalle. Ainsi, chaque élément de remplissage de la partie d'obstruction peut être situé au niveau d'une des ondulations de la seconde série d'ondulations, de l'autre des ondulations de la seconde série d'ondulations, ou entre ces deux ondulations.

[0014] Selon des modes de réalisation, une telle cuve peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

[0015] Selon un mode de réalisation, les éléments de remplissage sont configurés pour générer une perte de charge réduisant un flux gazeux traversant ledit canal de circulation d'au moins 80%.

[0016] Ainsi, ces éléments de remplissage à perte de charge consistent ainsi en des bouchons formées dans les ondulations provoquant une perte de charge sur un écoulement tel que la perte de charge P soit supérieure ou égale à 80% de :

$(\rho(Tf) - \rho(Tc)) \times g \times h$, avec Tc et Tf les températures des branches chaude et froide du thermosiphon, ρ la masse volumique de l'écoulement, et h la plus grande dimension de la boucle de thermosiphon selon la gravité. Selon une possibilité offerte par l'invention, la température de la branche chaude est mesurée tout en haut de la boucle sous la barrière isolante tandis que la température de la branche froide est mesurée tout en bas de la bouche dans un canal de circulation. Dans ce cas, ce sont les températures extrêmes de la branche chaude et de la branche froide qui sont mesurées mais on peut bien entendu envisager une configuration de mesure différente pour ces deux mesures de température.

[0017] Cette perte de charge peut être engendrée par une géométrie particulière de l'élément de remplissage, et/ou un matériau particulier constitutif de l'élément de remplissage, ce matériau ayant un coefficient de perméabilité adapté.

[0018] Selon un mode de réalisation, les éléments de remplissage sont réalisés dans un matériau étanche aux gaz.

[0019] Selon un mode de réalisation, les éléments de remplissage de la partie d'obstruction de l'au moins une ceinture d'éléments de remplissage sont alignés les uns aux autres selon la direction y.

[0020] Selon un mode de réalisation, la direction y est perpendiculaire à la direction x.

[0021] Selon un mode de réalisation, la cuve comprend une pluralité de ceintures d'éléments de remplissage espacées les unes des autres d'un pas sensiblement égal à une dimension des panneaux isolants dans la direction x.

[0022] Ainsi, en multipliant le nombre de ceintures d'éléments de remplissage sur la hauteur de cuve, il est possible d'augmenter la perte de charge que le flux de gaz rencontre en descendant par les canaux de circulation.

[0023] Selon un mode de réalisation, l'au moins une partie d'interruption d'une ceinture d'éléments de remplissage est décalée dans la direction y par rapport aux parties d'interruption des ceintures d'éléments de remplissage adjacentes à ladite ceinture d'éléments de remplissage, par exemple un décalage supérieur ou égal à un tiers de la dimension de la paroi périphérique dans la direction y.

[0024] Selon un mode de réalisation, l'au moins une partie d'interruption est située à

proximité d'un bord d'une dite paroi périphérique, les parties d'interruption de deux ceintures d'éléments de remplissage adjacentes étant disposées de part et d'autre de la paroi périphérique.

[0025] Ainsi, les parties d'interruption forment un réseau en quinconce sur la paroi périphérique de sorte à contraindre le flux de gaz à prendre un trajet comprenant une pluralité de coudes ce qui permet d'augmenter la perte de charge.

[0026] Selon un mode de réalisation, les ceintures d'éléments de remplissage comprennent une unique partie d'interruption, les parties d'interruption de deux ceintures d'éléments de remplissage adjacentes étant situées sur des parois périphériques opposées l'une de l'autre.

[0027] Ainsi, la disposition des parties d'interruption permet de contraindre le flux à emprunter un trajet bien plus long pour descendre le long de la paroi périphérique et prend ainsi un trajet dévié dans un plan horizontal à chaque passage d'une ceinture d'éléments de remplissage.

[0028] Selon un mode de réalisation, ladite partie d'interruption est disposée dans des ondulations adjacentes de la première série d'ondulations situées au droit d'un seul panneau isolant, lesdites ondulations adjacentes étant dépourvues d'éléments de remplissage.

[0029] Selon un mode de réalisation, ladite partie d'interruption est située dans une à neuf ondulations adjacentes de la première série d'ondulations, lesdites une à neuf ondulations adjacentes étant dépourvues d'éléments de remplissage.

[0030] Il est à noter qu'un panneau isolant situé sous les plaques métalliques ondulées peut avantageusement présenter une dimension permettant d'accueillir de trois à neuf ondulations de la première série d'ondulations selon son orientation. Ainsi, il est prévu que la partie d'interruption soit formée seulement sur l'un des panneaux isolants afin de faciliter la construction de la paroi de cuve mais également pour limiter la taille de la partie d'interruption afin que celle-ci joue son rôle de perte de charge.

[0031] Selon un mode de réalisation, l'au moins une partie d'interruption est située dans une pluralité d'ondulations adjacentes, de préférence trois à neuf ondulations, la partie d'interruption comportant un réseau en quinconce d'éléments de remplissage, le réseau en quinconce étant configuré pour créer un chemin de communication fluidique entre les canaux de circulation situés en dessous de la ceinture d'éléments de remplissage et les canaux de circulations situés au-dessus de la ceinture d'éléments de remplissage, ledit chemin de communication fluidique comportant une pluralité de virages.

[0032] Selon un mode de réalisation, les éléments de remplissage sont réalisés en mousse polymère à cellule fermée.

[0033] Selon un mode de réalisation, les éléments de remplissage sont réalisés en mousse de polystyrène ou de polyéthylène.

[0034] Selon un mode de réalisation, les éléments de remplissage présentent une densité comprise entre 10 et 50 kg/m^3, de préférence comprise entre 20 et 30 kg/m^3.

[0035] Selon un mode de réalisation, les éléments de remplissage présentent un module d'élasticité à température ambiante compris entre 1 MPa et 45 MPa, selon la norme ISO844, de préférence compris entre 1 MPa et 30 MPa.

[0036] Selon un mode de réalisation, les éléments de remplissage présentent une limite élastique comprise entre 0,02 MPa et 1 MPa, selon la norme ISO844.

[0037] Selon un mode de réalisation, les éléments de remplissage sont situés au-dessus, en dessous ou au niveau d'un nœud d'ondulation dans la direction de plus grande pente, le nœud d'ondulation étant formé par un croisement entre une ondulation de la première série d'ondulations et une ondulation de la deuxième série d'ondulations.

[0038] Les éléments de remplissage de la partie d'obstruction d'une même ceinture sont ainsi sensiblement alignés dans la direction x en étant situés entre deux ondulations de la seconde série d'ondulations, en incluant comme positions possibles des éléments de remplissage les nœuds d'ondulation formés par le croisement desdites deux ondulations de la seconde série d'ondulations avec l'ondulation de la première série d'ondulation.

[0039] Selon un mode de réalisation, les éléments de remplissage de la partie d'obstruction sont situés au niveau d'un nœud d'ondulation.

[0040] Selon un mode de réalisation, les éléments de remplissage de la partie d'interruption sont situés entre deux nœuds d'ondulation.

[0041] Selon un mode de réalisation, l'élément de remplissage comporte un unique tronçon s'étendant dans la direction x, le tronçon ayant une face supérieure tournée vers l'ondulation à obturer et une face inférieure tournée vers le panneau isolant, la face inférieure étant plane de sorte à reposer sur le panneau isolant, la face supérieure étant bombée et étant configurée pour présenter une forme complémentaire à l'ondulation à obturer.

[0042] Selon un mode de réalisation, l'élément de remplissage comporte un premier tronçon s'étendant dans la direction y et deux deuxièmes tronçons s'étendant dans la direction x et situés de part et d'autre du premier tronçon de sorte à former un élément de remplissage en forme de X, le premier tronçon et le deuxième tronçon ayant chacun une face supérieure tournée vers l'ondulation à obturer et une face inférieure tournée vers le panneau isolant, la face inférieure étant plane de sorte à reposer sur le panneau isolant, la face supérieure étant bombée et étant configurée pour être d'une forme complémentaire à l'ondulation à obturer.

[0043] Selon un mode de réalisation, les éléments de remplissage comprennent sur une face supérieure tournée vers l'ondulation à obturer au moins un bourrelet s'étendant dans la direction y, l'au moins un bourrelet étant configuré pour être comprimé lors du

montage de sorte à former un joint d'étanchéité.

[0044] Selon un mode de réalisation, les éléments de remplissage comprennent un bourrelet sur chaque deuxième tronçon et deux bourrelets de part et d'autre du premier tronçon.

[0045] Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité est une membrane d'étanchéité primaire et la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante primaire, lesdits panneaux isolants juxtaposés étant des panneaux isolants primaires, les parois de cuve comportant en outre, successivement dans une direction d'épaisseur, une barrière d'isolation thermique secondaire comportant une pluralité de panneaux isolants secondaires juxtaposés, les panneaux isolants secondaires étant retenus contre la paroi porteuse de la structure porteuse, et une membrane d'étanchéité secondaire portée par la barrière d'isolation thermique secondaire et disposée entre la barrière d'isolation thermique secondaire et la barrière thermiquement isolante primaire de sorte que les panneaux isolants primaires soient retenus contre la membrane d'étanchéité secondaire.

[0046] Selon un mode de réalisation, la paroi de fond comprend une membrane d'étanchéité destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve et au moins une barrière d'isolation thermique agencée entre la membrane d'étanchéité et une paroi porteuse d'une structure porteuse, la barrière d'isolation thermique comportant une pluralité de panneaux isolants juxtaposés,

dans laquelle la membrane d'étanchéité de la paroi de fond comporte des plaques métalliques ondulées juxtaposées les unes aux autres et comprenant une première série d'ondulations parallèles, s'étendant selon une première direction et une seconde série d'ondulations parallèles s'étendant selon une deuxième direction, les ondulations étant saillantes vers l'intérieur de la cuve et formant des canaux de circulation pour un gaz présent dans la barrière thermiquement isolante.

[0047] Selon un mode de réalisation, la paroi de fond comprend des éléments de remplissage à perte de charge, qui sont disposés dans les ondulations de la première série d'ondulations ou de la deuxième série d'ondulations afin d'obstruer le canal de circulation desdites ondulations, les éléments de remplissage étant répartis sur toute la paroi de fond de sorte à former un réseau en quinconce d'éléments de remplissage dans les canaux de circulation de la paroi de fond, et les éléments de remplissage étant configurés pour assurer une perte de charge réduisant un flux gazeux traversant ledit canal de circulation d'au moins 80%.

[0048] Selon un mode de réalisation, la première direction est perpendiculaire à la deuxième direction.

[0049] Selon un mode de réalisation, la cuve comprend des éléments de remplissage à perte de charge, qui sont disposés dans les ondulations de la première série d'ondulations ou de la deuxième série d'ondulations dans chacun des angles de cuve formés par

l'intersection de la paroi de fond et l'une des parois périphériques afin d'obstruer le canal de circulation desdites ondulations, les éléments de remplissage formant une ceinture de bordure, la ceinture de bordure étant formée tout autour de la paroi de fond au niveau desdits angles.

[0050] Ainsi, en cas de présence de phénomènes de convection naturelle dits de thermosiphon dans les parois périphériques, la ceinture de bordure permet de limiter la propagation de ces phénomènes de convection naturelle à la paroi de fond.

[0051] Selon un mode de réalisation, chacune des ondulations de la première série d'ondulations et de la deuxième série d'ondulations de la paroi de fond est alignée avec une ondulation de la première série d'ondulations d'une paroi périphérique de sorte à former des canaux de circulation continus traversant les angles de cuve, les éléments de remplissage de la ceinture de bordure étant disposés dans chacun desdits canaux de circulation continus.

[0052] Selon un mode de réalisation, les éléments de remplissage de la ceinture de bordure sont disposés à une première extrémité et à une deuxième extrémité, opposée à la première extrémité, de chacune des ondulations de la première série d'ondulations et de la deuxième série d'ondulations de la paroi de fond, la première extrémité et la deuxième extrémité étant situées à proximité d'un des angles de cuve formés par la paroi de fond et l'une des parois périphériques.

[0053] Selon un mode de réalisation, les éléments de remplissage de la ceinture de bordure sont disposés à proximité d'un angle de cuve formé par la paroi de fond et une des parois périphériques, en alternance entre une extrémité d'une ondulation de l'une des séries d'ondulations de la paroi de fond et une extrémité d'une ondulation de la première série d'ondulations d'une paroi périphérique.

[0054] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un gaz liquéfié, dans laquelle la cuve comporte une paroi de fond, une paroi de plafond et des parois périphériques reliant la paroi de fond à la paroi de plafond de sorte à former une cuve polyédrique, la paroi de fond comportant une membrane d'étanchéité destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve et au moins une barrière d'isolation thermique agencée entre la membrane d'étanchéité et une paroi porteuse d'une structure porteuse, la barrière d'isolation thermique comportant une pluralité de panneaux isolants juxtaposés,

dans laquelle la membrane d'étanchéité comporte des plaques métalliques ondulées juxtaposées les unes aux autres et comprenant une première série d'ondulations parallèles, s'étendant selon une direction x et une seconde série d'ondulations parallèles s'étendant selon une direction y inclinée par rapport à la direction y, les ondulations étant saillantes vers l'intérieur de la cuve et formant des canaux de circulation pour un gaz présent dans la barrière thermiquement isolante,

dans laquelle la paroi de fond comprend des éléments de remplissage à perte de charge, qui sont disposés dans les ondulations de la première série d'ondulations ou de la deuxième série d'ondulations afin d'obstruer le canal de circulation desdites ondulations, les éléments de remplissage étant répartis sur toute la paroi de fond de sorte à former un réseau en quinconce d'éléments de remplissage dans les canaux de circulation de la paroi de fond, et les éléments de remplissage étant configurés pour assurer une perte de charge réduisant un flux gazeux traversant ledit canal de circulation d'au moins 80%.

[0055] Une telle cuve peut faire partie d'une installation de stockage terrestre, par exemple pour stocker du GNL ou être installée dans une structure flottante, côtière ou en eau profonde, notamment un navire méthanier, une unité flottante de stockage et de regazéification (FSRU), une unité flottante de production et de stockage déporté (FPSO) et autres. Une telle cuve peut aussi servir de réservoir de carburant dans tout type de navire.

[0056] Selon un mode de réalisation, un navire pour le transport d'un produit liquide froid comporte une double coque et une cuve précitée disposée dans la double coque.

[0057] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant le navire précité, des canalisations isolées agencées de manière à relier la cuve installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre et une pompe pour entrainer un flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[0058] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé de chargement ou déchargement d'un tel navire, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

Brève description des figures

[0059] . 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.

[0060] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue en perspective écorchée d'une paroi de cuve périphérique selon un mode de réalisation.

[0061] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue schématique en perspective d'une cuve étanche et thermiquement isolante polyédrique selon un premier mode de réalisation.

[0062] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue schématique en perspective écorchée d'une cuve étanche et thermiquement isolante polyédrique selon un deuxième mode de réalisation.

[0063] [Fig.4] La [Fig.4] représente une vue de détail IV de la [Fig.3] illustrant une partie d'interruption et une partie d'obstruction de la ceinture d'éléments d'assemblage selon une première variante.

[0064] [Fig.5] La [Fig.5] représente une vue de détail IV de la [Fig.3] illustrant une partie d'interruption et une partie d'obstruction de la ceinture d'éléments d'assemblage selon une deuxième variante.

[0065] [Fig.6] La [Fig.6] représente une vue de détail IV de la [Fig.3] illustrant une partie d'interruption et une partie d'obstruction de la ceinture d'éléments d'assemblage selon une troisième variante.

[0066] [Fig.7] La [Fig.7] représente une vue de détail IV de la [Fig.3] illustrant une partie d'interruption et une partie d'obstruction de la ceinture d'éléments d'assemblage selon une quatrième variante.

[0067] [Fig.8] La [Fig.8] est une vue en perspective d'un élément de remplissage selon un mode de réalisation.

[0068] [Fig.9] La [Fig.9] est une vue en perspective d'un élément de remplissage selon un autre mode de réalisation.

[0069] [Fig.10] La [Fig.10] est une représentation schématique écorchée d'un navire comportant une cuve et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

[0070] [Fig.11] La [Fig.11] est vue dépliée schématique d'une cuve dans laquelle seule la paroi de fond et les parois périphériques reliées à la paroi de fond ont été représentées avec une ceinture de bordure selon un premier mode de réalisation.

[0071] [Fig.12] La [Fig.12] est vue dépliée schématique d'une cuve dans laquelle seule la paroi de fond et les parois périphériques reliées à la paroi de fond ont été représentées avec une ceinture de bordure selon un deuxième mode de réalisation.

Description des modes de réalisation

[0072] Dans la description ci-dessous, il va être décrit une cuve étanche et thermiquement isolante 71 de stockage de gaz liquéfié comprenant une paroi de fond 12, une paroi de plafond 13 et une pluralité de parois périphériques 1 reliant la paroi de fond 12 à la paroi de plafond 13, les parois 1, 12, 13 étant fixées à une structure porteuse 2. Les parois périphériques sont formées de parois verticales et éventuellement de parois inclinés dites de chanfrein. Le cas particulier d'une paroi verticale est illustré en [Fig.1] Toutefois, l'invention ne se limite pas au cas particulier d'une paroi verticale mais à toutes les parois périphériques 1.

[0073] Dans le cas d'une paroi verticale, la direction de plus grande pente de cette paroi est donc la direction verticale. Le terme « vertical » signifie ici s'étendant dans la direction du champ de gravité terrestre. Le terme « horizontal » signifie ici s'étendant dans une direction perpendiculaire à la direction verticale.

[0074] Le gaz liquéfié destiné à être stocké dans la cuve 1 peut notamment être un gaz naturel liquéfié (GNL), c'est-à-dire un mélange gazeux comportant majoritairement du méthane ainsi qu'un ou plusieurs autres hydrocarbures. Le gaz liquéfié peut également être de l'éthane ou un gaz de pétrole liquéfié (GPL), c'est-à-dire un mélange d'hydrocarbures issu du raffinage du pétrole comportant essentiellement du propane et du butane.

[0075] Comme représenté sur la [Fig.1], la paroi périphérique 1 présente une structure multicouche comportant successivement, dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve 71, une barrière thermiquement isolante 3 retenue contre la paroi porteuse 2 et une membrane d'étanchéité 4 portée par la barrière thermiquement isolante 3.

[0076] Dans le mode de réalisation représenté, la barrière thermiquement isolante 3 comporte une pluralité de panneaux isolants 5 qui sont ancrés à la paroi porteuse 2 au moyen de dispositifs de retenue ou de coupleurs (non représentés). Les panneaux isolants 5 présentent une forme générale parallélépipédique et sont disposés selon des rangés parallèles. Les blocs isolants 5 peuvent être réalisés selon différentes structures.

[0077] Un panneau isolant 5 peut être réalisé sous la forme d'un 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. Une telle structure générale est par exemple décrite dans WO2012/127141 ou WO2017/103500.

[0078] Un panneau isolant 5 peut être également réalisé une plaque de fond 7, une plaque de couvercle 6 et éventuellement une plaque intermédiaire, par exemple réalisées en bois contreplaqué. Le bloc isolant 5 comporte également une ou plusieurs couches de mousse polymère isolante 8 prises en sandwich entre la plaque de fond 7, la plaque de couvercle 6 et l'éventuelle plaque intermédiaire et collées à celles-ci. La mousse polymère isolante 8 peut notamment être une mousse à base de polyuréthanne, optionnellement renforcée par des fibres. Une telle structure générale est par exemple décrite dans WO2017/006044.

[0079] La membrane d'étanchéité 4 est composée de plaques métalliques ondulées 9. Ces plaques métalliques ondulées sont par exemple en acier inoxydable dont l'épaisseur est d'environ 1,2 mm et de taille 3 m par 1 m. La plaque métallique de forme rectangulaire comporte une première série d'ondulations 10 parallèles s'étendant selon une direction x d'un bord à l'autre de la plaque et une seconde série d'ondulations 11 parallèles s'étendant selon une direction y d'un bord à l'autre de la plaque métallique. Les directions x et y des séries d'ondulations 10, 11 sont perpendiculaires. Les ondulations 10, 11 sont, par exemple, saillantes du côté de la face interne de la plaque métallique,

destinée à être mise en contact avec le fluide contenu dans la cuve. Les bords de la plaque métallique sont ici parallèles aux ondulations. Les plaques métalliques ondulées comportent entre les ondulations 10, 11 des portions planes. Le croisement entre une ondulation de la première série d'ondulations 10 et une ondulation de la deuxième série d'ondulations 11 forme un nœud d'ondulation 20.

[0080] Dans le mode de réalisation décrit ci-dessus, une membrane d'étanchéité 4 et une barrière thermiquement isolante 3 ont été illustrées et décrits. La paroi de cuve 1 peut ainsi être constituée que d'une seule membrane d'étanchéité 4 et d'une seule barrière thermiquement isolante 3.

[0081] Toutefois, la paroi de cuve 1 peut aussi comprendre une structure dite à double membranes. Dans ce cas, la barrière thermiquement isolante 3 décrite est une barrière thermiquement isolante primaire et la membrane d'étanchéité 4 est une membrane d'étanchéité primaire. La paroi de cuve 1 comprend ainsi également une barrière thermiquement isolante secondaire fixée à la structure porteuse et une membrane d'étanchéité secondaire portée par la barrière thermiquement isolante secondaire et servant de support à la barrière thermiquement isolante primaire.

[0082] Comme expliqué précédemment, les ondulations de la première série 10 et de la deuxième série 11 de la membrane d'étanchéité forment des canaux de circulation 14 pour un gaz présent dans la barrière thermiquement isolante primaire. De plus, les canaux 14 formés par les ondulations de la première série d'ondulations 10 dirigée dans la direction x qui est la direction de plus grand pente pour une paroi inclinée sont propices à la circulation de gaz par l'effet thermosiphon.

[0083] Pour remédier à cet effet thermosiphon, il est prévu dans les modes de réalisation décrits par la suite de positionner, dans les ondulations de la première série d'ondulations 10 des parois périphériques 1, des éléments de remplissage à perte de charge 15 qui sont disposés dans ces ondulations 10 afin d'obstruer ponctuellement le canal de circulation 14 et ainsi couper la circulation du flux dans cette ondulation. Afin de limiter dans toute la cuve cet effet thermosiphon, les éléments de remplissage à perte de charge 15 sont disposés de sorte à former une pluralité de ceintures d'éléments de remplissage 16. Chaque ceinture d'éléments de remplissage 16 est réalisée dans un plan parallèle à la paroi de fond 12 et s'étendant tout autour de la cuve 71 comme visible en figures 2 et 3.

[0084] La [Fig.2] illustre de manière schématique une cuve 71 munie sur les parois périphériques 1 d'une pluralité de ceintures d'éléments de remplissage 16 selon un premier mode de réalisation. En effet, les détails des parois de la cuve ne sont pas représentés. De plus pour des raisons de lisibilité des figures 2 et 3, seules quelques ceintures d'éléments de remplissage 16 sont représentées sans pour autant refléter le nombre réel de ceintures d'éléments de remplissage 16 prévues. En effet, il est prévu avanta-

geusement que les ceintures d'éléments de remplissage 16 soient espacées les unes des autres dans la direction de plus grande pente d'un pas sensiblement égal à une dimension des panneaux isolants 5 dans la direction de plus grande pente.

[0085] Comme visible sur la [Fig.2], dans le premier mode de réalisation, les ceintures d'éléments de remplissage 16 comportent une partie d'obstruction 17 et une partie d'interruption 18. Dans la partie d'obstruction 17, chacune des ondulations de la première série d'ondulations 10 est obturée ponctuellement par l'un des éléments de remplissage 15. Cette partie d'obstruction 17 permet ainsi de couper complètement la descente au travers des canaux de circulation 14 d'un flux de gaz. Toutefois, dans la partie d'interruption 18, la circulation du gaz présent dans les canaux de circulation 14 au travers de la ceinture d'éléments de remplissage 16 est possible afin avantageusement d'éviter la formation de poche de gaz dans la barrière thermiquement isolante 3 en laissant le flux de gaz circuler. La conception de la partie d'interruption 18 peut être réalisée selon différentes variantes illustrées en figures 4 à 6.

[0086] Pour ne pas que la partie d'interruption 18 permette à l'effet thermosiphon de s'établir, il est avantageux de limiter le nombre et/ou la taille des parties d'interruption 18 sur toute la cuve. Il apparait ainsi avantageux qu'une ceinture d'éléments de remplissage 16 ne comprenne pas plus d'une partie d'interruption 18 par paroi périphérique 1.

[0087] Dans le premier mode de réalisation de la [Fig.2] afin de limiter au maximum l'effet thermosiphon, chaque ceinture d'éléments de remplissage 16 comprend une unique partie d'interruption 18 de sorte à autoriser le passage du flux sur une unique zone tout autour de la cuve 71 pour chaque ceinture d'éléments de remplissage 16. De plus, les parties d'interruption 18 de deux ceintures d'éléments de remplissage 16 adjacentes sont situées sur des parois périphériques 1 opposées l'une de l'autre pour contraindre le flux de gaz passant par ces parties d'interruption 18 d'emprunter le trajet le plus long pour atteindre la partie d'interruption 18 suivante.

[0088] La [Fig.3] illustre partiellement et de manière schématique une cuve 71 munie sur les parois périphériques 1 d'une pluralité de ceintures d'éléments de remplissage 16 selon un deuxième mode de réalisation.

[0089] Contrairement au premier mode de réalisation, le deuxième mode de réalisation prévoit qu'une même ceinture d'éléments de remplissage 16 comporte une pluralité de parties d'obstruction 17 et une pluralité de parties d'interruption 18 tout autour de la cuve en respectant une seule partie d'interruption par paroi périphérique 1. Chaque partie d'obstruction 17 définit une zone d'obstruction délimitée par deux parties d'interruption 18. Dans ce mode de réalisation, pour maximiser le trajet du flux de gaz et donc la perte de charge engendré sur ce flux, les parties d'interruption 18 de deux ceintures d'éléments de remplissage 16 adjacentes sont disposées de part et d'autre de

la paroi périphérique 1, par exemple comme illustré sur la [Fig.3] en les plaçant à proximité de bords opposés de la paroi périphérique 1. Les parties d'interruption 18 sont ainsi formées en quinconce sur une même paroi périphérique 1.

[0090] Les figures 4 à 7 représentent une portion d'une ceinture d'éléments de remplissage 16 notamment à la jonction entre la partie d'obstruction 17 et la partie d'interruption 18 selon plusieurs variantes de réalisation. Dans chacune de ces variantes, les éléments de remplissage 16 d'une partie d'obstruction 17 sont situés au niveau d'un nœud d'ondulation 20. Toutefois, dans des variantes non représentées, les éléments de remplissage 16 d'une partie d'obstruction 17 pourraient être situés au-dessus ou en dessous d'un nœud d'ondulation 20 tant que ceux-ci restent sensiblement alignés dans la direction y sur une même paroi périphérique 1.

[0091] Il est à noter qu'un panneau isolant 5 situé sous les plaques métalliques 9 ondulées a une dimension permettant d'accueillir de trois à neuf ondulations de la première série d'ondulations 10 selon son orientation. Sur les figures 4 à 6, les panneaux isolants 5 sont représentés de sorte que leur plus grande dimension est dirigée dans la direction y et accueillent ainsi neuf ondulations de la première série d'ondulations 10.

[0092] Dans la première variante illustrée sur la [Fig.4], la partie d'interruption 18 est située dans une seule ondulation de la première série d'ondulations 10 qui est ainsi dépourvue d'éléments de remplissage 15. Toutefois, dans des variantes non illustrées, la partie d'interruption 18 pourrait être située dans un maximum de neuf ondulations de la première série d'ondulations 10, ces ondulations étant ainsi dépourvues d'éléments de remplissage 15 au niveau de la ceinture d'éléments de remplissage 16.

[0093] Dans la deuxième variante illustrée sur la [Fig.5], la partie d'interruption 18 est identique à la première variante. Toutefois, les parties d'obstruction 17 situées de part et d'autre de la partie d'interruption 18 ne sont pas alignées l'une par rapport à l'autre dans la direction y comme dans la première variante mais décalées d'une ondulation dans la direction x. Ce décalage entre deux parties d'obstruction 17 adjacentes pourrait être d'au maximum neuf ondulations de la deuxième série d'ondulations 11.

[0094] Dans la troisième variante illustrée en [Fig.6], contrairement à la première variante, la partie d'interruption 18 n'est pas formée par l'absence d'éléments de remplissage 15. En effet, dans cette variante, la partie interruption 18 est située dans neuf ondulations de la première série d'ondulations 10, la partie d'interruption 18 comportant ici un réseau en quinconce 19 d'éléments de remplissage 15. Le réseau en quinconce 19 est réalisé de sorte à créer un chemin de communication fluidique entre les canaux de circulation 14 situés en dessous de la ceinture d'éléments de remplissage 16 et les canaux de circulations 14 situés au-dessus de la ceinture d'éléments de remplissage 16. Le chemin de communication fluidique est formé ainsi d'une pluralité de virages au travers du réseau en quinconce 19. Les éléments de remplissage 15 de la partie

d'interruption 18 sont situés entre deux nœuds d'ondulation 20.

[0095] Sur la [Fig.7], les panneaux isolants 5 sont représentés de sorte que leur plus grande dimension est dirigée dans la direction x et accueillent ainsi trois ondulations de la première série d'ondulations 10.

[0096] La quatrième variante illustrée en [Fig.7] est ainsi similaire à troisième variante en adaptant le réseau en quinconce 19 à une partie d'interruption 18 formée ici de trois ondulations de la première série d'ondulations 10.

[0097] Les figures 8 et 9 représentent deux conceptions différentes d'un élément de remplissage 15 selon qu'il soit positionné dans un nœud d'ondulation 20 ou dans une portion d'une ondulation de la première série d'ondulations 10.

[0098] L'élément de remplissage 15 de la [Fig.8] est ainsi adapté pour être positionné dans une portion d'une ondulation de la première série d'ondulations 10 hors d'un nœud d'ondulation 20. Cet élément de remplissage 15 comporte un unique tronçon 21 s'étendant dans la direction x après placement dans l'ondulation. Le tronçon 21 comprend une face supérieure 24 tournée vers l'ondulation à obturer et une face inférieure 25 tournée vers le panneau isolant 5. La face inférieure 25 est plane de sorte à reposer sur le panneau isolant 5. La face supérieure 24 est bombée et est configurée pour être d'une forme complémentaire à l'ondulation à obturer. De plus, sur la face supérieure 24, le tronçon 21 comporte deux bourrelets 26 de part et d'autre de celui-ci formant une protubérance et servant de joint d'étanchéité en étant comprimés par l'ondulation lors du montage.

[0099] L'élément de remplissage 15 de la [Fig.9] est ainsi adapté pour être positionné dans un nœud d'ondulation 20. Cet élément de remplissage 15 comporte un premier tronçon 22 s'étendant dans la direction y après placement dans l'ondulation et deux deuxièmes tronçons 23 s'étendant dans la direction x et situés de part et d'autre du premier tronçon 22 de sorte à former un élément de remplissage en forme de X. Le premier tronçon 22 et les deuxièmes tronçons 23 ont chacun une face supérieure 24 tournée vers l'ondulation à obturer et une face inférieure 25 tournée vers le panneau isolant 5. La face inférieure 25 est plane de sorte à reposer sur le panneau isolant 5 et la face supérieure 24 est bombée pour être d'une forme complémentaire à l'ondulation à obturer. De plus, sur la face supérieure 24, l'élément de remplissage 15 comprend un bourrelet 26 sur chaque deuxième tronçon 23 et deux bourrelets 26 de part et d'autre du premier tronçon 22.

[0100] Les figures 11 et 12 représentent schématiquement et partiellement une cuve 71 à chanfrein qui a été dépliée de sorte à illustrer en son centre la paroi de fond 12 ainsi que les parois périphériques 1 reliées à la paroi de fond 12, à savoir dans le cas d'une cuve 71 muni de chanfreins deux parois de cofferdam verticales et deux parois de chanfrein inférieurs inclinées à 135° par exemple. Dans un autre mode de réalisation

non illustré, la cuve peut être également être dépourvue de chanfrein de sorte que les parois périphériques reliées à la paroi de fond 12 sont deux parois de cofferdam verticales et deux parois latérales verticales.

[0101] Sur les parois périphériques 1, seules les ondulations de la première série d'ondulations 10 qui présentent une continuité avec des ondulations de la paroi de fond 12 ont été représentées. Les ondulations de la première série d'ondulations 28 et de la deuxième série d'ondulations 29 de la paroi de fond ont été représentées. Le nombre d'ondulations de chaque paroi 1, 12 est purement schématique afin que les illustrations soient lisibles.

[0102] Sur les figures 11 et 12, la cuve 71 est équipée d'une ceinture de bordure 27 composée d'une pluralité d'éléments de remplissage 15 qui est formée tout autour de la paroi de fond 12 à proximité des angles de cuve formés par l'intersection de la paroi de fond 12 et l'une des parois périphériques 1. Les éléments de remplissage 15 de la ceinture de bordure 27 sont disposés dans les ondulations de la première série d'ondulations 10, 28 ou de la deuxième série d'ondulations 29 dans chacun des angles de afin d'obstruer le canal de circulation desdites ondulations. En cas de présence de phénomènes de convection naturelle dits de thermosiphon dans les parois périphériques 1, la ceinture de bordure 27 permet de limiter la propagation de ces phénomènes de convection naturelle à la paroi de fond 12. En effet, la ceinture bordure 27 va permettre de séparer les flux présents dans les parois périphériques 1 des flux présents dans la paroi de fond 12. La ceinture de bordure 27 est avantageusement utilisée en complément des ceintures d'éléments de remplissage 16 situées tout autour de la cuve 71.

[0103] Dans les modes de réalisation illustrées en figures 11 et 12, chacune des ondulations de la première série d'ondulations 28 et de la deuxième série d'ondulations 29 de la paroi de fond 12 est alignée avec une ondulation de la première série d'ondulations 10 d'une paroi périphérique 12 de sorte à former des canaux de circulation continus dans les angles de cuve. Les éléments de remplissage 15 de la ceinture de bordure 27 sont ainsi formés dans chacun desdits canaux de circulation continus.

[0104] La [Fig.11] représente plus particulièrement un premier mode de réalisation de la ceinture de bordure 27. Dans ce mode de réalisation, les éléments de remplissage 15 de la ceinture de bordure 27 sont formés aux deux extrémités de chacune des ondulations de la première série d'ondulations 28 et de la deuxième série d'ondulations 29 de la paroi de fond 12. Les extrémités des ondulations de la paroi de fond 12 sont en effet situées à proximité d'un des angles de cuve formés par la paroi de fond et l'une des parois périphériques et sont raccordés à une extrémité d'une ondulations d'une paroi périphérique 1 à l'aide d'une plaque de raccordement (non représentée) pliée selon un angle égale à l'angle de cuve et comportant une ondulation alignée avec l'ondulation

de la paroi de fond 12 et l'ondulation de la paroi périphérique 1. Dans un mode de réalisation non représenté, les éléments de remplissage 15 de la ceinture de bordure 27 peuvent être également situés dans l'ondulation de la plaque de raccordement.

[0105] La [Fig.12] représente un deuxième mode de réalisation de la ceinture de bordure 27. Dans ce mode de réalisation, les éléments de remplissage 15 de la ceinture de bordure 27 sont formés à proximité d'un angle de cuve en alternance entre une extrémité d'une ondulation de l'une des séries d'ondulations 28, 29 de la paroi de fond 12 et une extrémité d'une ondulation de la première série d'ondulations 10 d'une paroi périphérique 1. L'alternance illustrée ici est réalisée de sorte à avoir un élément de remplissage 15 sur la paroi de fond 12 puis un élément de remplissage 12 sur une paroi périphérique 1. Dans d'autres modes de réalisation non représentés, cette alternance peut être réalisée différemment, par exemple deux sur une paroi puis deux sur une autre parois.

[0106] En référence à la [Fig.10], une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve étanche et isolée 71 de forme générale prismatique montée dans la double coque 72 du navire. La paroi de la cuve 71 comporte une barrière étanche primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières isolante agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque 72.

[0107] De manière connue en soi, des canalisations de chargement/déchargement 73 disposées sur le pont supérieur du navire peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriées, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 71.

[0108] La [Fig.10] représente un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 75, une conduite sous-marine 76 et une installation à terre 77. Le poste de chargement et de déchargement 75 est une installation fixe offshore comportant un bras mobile 74 et une tour 78 qui supporte le bras mobile 74. Le bras mobile 74 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 79 pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 73. Le bras mobile 74 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 78. Le poste de chargement et de déchargement 75 permet le chargement et le déchargement du méthanier 70 depuis ou vers l'installation à terre 77. Celle-ci comporte des cuves de stockage de gaz liquéfié 80 et des conduites de liaison 81 reliées par la conduite sous-marine 76 au poste de chargement ou de déchargement 75. La conduite sous-marine 76 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 75 et l'installation à terre 77 sur une grande

distance, par exemple 5 km, ce qui permet de garder le navire méthanier 70 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et de déchargement.

[0109] Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz liquéfié, on met en œuvre des pompes embarquées dans le navire 70 et/ou des pompes équipant l'installation à terre 77 et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de déchargement 75.

[0110] 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.

[0111] 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.

[0112] 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 (71) de stockage d'un gaz liquéfié, dans laquelle la cuve (71) comporte une paroi de fond (12), une paroi de plafond (13) et des parois périphériques (1) reliant la paroi de fond (12) à la paroi de plafond (13) de sorte à former une cuve (71) polyédrique, les parois périphériques (1) comportant une membrane d'étanchéité (4) destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve (71) et au moins une barrière d'isolation thermique (3) agencée entre la membrane d'étanchéité (4) et une paroi porteuse d'une structure porteuse (2), la barrière d'isolation thermique comportant une pluralité de panneaux isolants (5) juxtaposés,
dans laquelle la membrane d'étanchéité (4) comporte des plaques métalliques ondulées (9) juxtaposées les unes aux autres et comprenant une première série d'ondulations (10) parallèles, s'étendant selon une direction x et une deuxième série d'ondulations (11) parallèles s'étendant selon une direction y, la direction x étant une direction de plus grande pente de la paroi périphérique (1), les ondulations étant saillantes vers l'intérieur de la cuve (71) et formant des canaux de circulation (14) pour un gaz présent dans la barrière thermiquement isolante (3),
dans laquelle les parois périphériques (1) comprennent des éléments de remplissage (15) à perte de charge, qui sont disposés dans les ondulations de la première série d'ondulations (10) afin d'obstruer le canal de circulation (14) desdites ondulations, de sorte à former une ceinture d'éléments de remplissage (16) réalisée dans un plan parallèle à la paroi de fond (12) et s'étendant tout autour de la cuve (71), la ceinture d'éléments de remplissage (16) étant formée d'au moins une partie d'obstruction (17) où chacune des ondulations de la première série d'ondulations (10) est obstruée par l'un des éléments de remplissage (15), et d'au moins une partie d'interruption (18) configurée pour permettre la circulation du gaz présent dans les canaux de circulation (14) au travers de la ceinture d'éléments de remplissage (16), ladite ou chaque partie d'obstruction (17) étant délimitée par ladite ou deux parties d'interruption (18), la ceinture d'éléments de remplissage (16) comportant au plus une partie d'interruption (18) par paroi périphérique (1), et les éléments de remplissage (15) étant configurés pour générer une perte de charge réduisant un flux gazeux traversant ledit canal de

circulation (14), les éléments de remplissage (15) d'une dite partie d'obstruction (17) de l'au moins une ceinture d'éléments de remplissage (16) étant à chaque fois disposés inclusivement entre deux ondulations adjacentes de la seconde série d'ondulations (11).

[Revendication 2] Cuve (71) selon la revendication 1, dans laquelle les éléments de remplissage (15) de la partie d'obstruction (17) de l'au moins une ceinture d'éléments de remplissage (16) sont alignés les uns aux autres selon la direction y, la direction y étant perpendiculaire à la direction x.

[Revendication 3] Cuve (71) selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans laquelle la cuve (71) comprend une pluralité de ceintures d'éléments de remplissage (16) espacées les unes des autres d'un pas sensiblement égal à une dimension des panneaux isolants (5) dans la direction x.

[Revendication 4] Cuve (71) selon la revendication 3, dans laquelle l'au moins une partie d'interruption (18) est situé à proximité d'un bord d'une dite paroi périphérique (1), les parties d'interruption (18) de deux ceintures d'éléments de remplissage (16) adjacentes étant disposées de part et d'autre de la paroi périphérique (1).

[Revendication 5] Cuve (71) selon la revendication 3, dans laquelle les ceintures d'élément de remplissage (16) comprennent une unique partie d'interruption (18), les parties d'interruption (18) de deux ceintures d'éléments de remplissage (16) adjacentes étant situées sur des parois périphériques (1) opposées l'une de l'autre.

[Revendication 6] Cuve (71) selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle l'au moins une partie d'interruption (18) est située dans une à neuf ondulations de la première série d'ondulations (10), lesdites une à neuf ondulations adjacentes étant dépourvues d'éléments de remplissage (15).

[Revendication 7] Cuve (71) selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle l'au moins une partie d'interruption (18) est située dans une pluralité d'ondulations de la première d'ondulations (10), de préférence trois à neuf ondulations, la partie d'interruption (18) comportant un réseau en quinconce (19) d'éléments de remplissage (15), le réseau en quinconce (19) étant configuré pour créer un chemin de communication fluidique entre les canaux de circulation (14) situés en dessous de la ceinture d'éléments de remplissage (16) et les canaux de circulations (14) situés au-dessus de la ceinture d'éléments de remplissage (16), ledit chemin de communication fluidique comportant une pluralité de virages.

[Revendication 8] Cuve (71) selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle les éléments de remplissage (15) sont réalisés en mousse polymère à cellule

fermée.

[Revendication 9] Cuve (71) selon la revendication 8, dans laquelle les éléments de remplissage (15) sont réalisés en mousse de polystyrène ou de polyéthylène.

[Revendication 10] Cuve (71) selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle les éléments de remplissage (15) sont situés au-dessus, en dessous ou au niveau d'un nœud d'ondulation (20) dans la direction de plus grande pente, les nœuds d'ondulation (20) étant formés par un croisement entre une ondulation de la première série d'ondulations (10) et une ondulation de la deuxième série d'ondulations (11).

[Revendication 11] Cuve (71) selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle les éléments de remplissage (15) comprennent sur une face supérieure (24) tournée vers l'ondulation à obturer au moins un bourrelet (26) s'étendant dans la direction y, l'au moins un bourrelet (26) étant configuré pour être comprimé lors du montage de sorte à former un joint d'étanchéité.

[Revendication 12] Cuve (71) selon l'une des revendications 1 à 11, dans laquelle la membrane d'étanchéité (4) est une membrane d'étanchéité primaire, et la barrière thermiquement isolante (3) est une barrière thermiquement isolante primaire, lesdites panneaux isolants (5) juxtaposés étant des panneaux isolants primaires, les parois de cuve (1, 12, 13) comportant, en outre, successivement dans une direction d'épaisseur, une barrière d'isolation thermique secondaire comportant une pluralité de panneaux isolants secondaires juxtaposés, les panneaux isolants secondaires étant retenus contre la paroi porteuse de la structure porteuse (2), et une membrane d'étanchéité secondaire portée par la barrière d'isolation thermique secondaire, et disposée entre la barrière d'isolation thermique secondaire et la barrière thermiquement isolante primaire (3) de sorte que les panneaux isolants primaires (5) soient retenus contre la membrane d'étanchéité secondaire.

[Revendication 13] Cuve (71) selon l'une des revendications 1 à 12, dans laquelle la paroi de fond (12) comprend une membrane d'étanchéité (4) destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve et au moins une barrière d'isolation thermique (3) agencée entre la membrane d'étanchéité et une paroi porteuse d'une structure porteuse, la barrière d'isolation thermique comportant une pluralité de panneaux isolants juxtaposés,
dans laquelle la membrane d'étanchéité de la paroi de fond comporte des plaques métalliques ondulées (9) juxtaposées les unes aux autres et

comprenant une première série d'ondulations (10) parallèles, s'étendant selon une première direction et une seconde série d'ondulations (11) parallèles s'étendant selon une deuxième direction, les ondulations étant saillantes vers l'intérieur de la cuve et formant des canaux de circulation (14) pour un gaz présent dans la barrière thermiquement isolante.

[Revendication 14] Cuve (71) selon la revendication 13, dans laquelle la paroi de fond (12) comprend des éléments de remplissage (15) à perte de charge, qui sont disposés dans les ondulations de la première série d'ondulations (10) ou de la deuxième série d'ondulations (11) afin d'obstruer le canal de circulation desdites ondulations, les éléments de remplissage (15) étant réparties sur toute la paroi de fond de sorte à former un réseau en quinconce (19) d'éléments de remplissage (15) dans les canaux de circulation (14) de la paroi de fond (12), et les éléments de remplissage (15) étant configurés pour assurer une perte de charge réduisant un flux gazeux traversant ledit canal de circulation (14) d'au moins 80%.

[Revendication 15] Cuve (71) selon la revendication 13 ou la revendication 14, dans laquelle la cuve (71) comprend des éléments de remplissage à perte de charge (15), qui sont disposés dans les ondulations de la première série d'ondulations (10, 28) ou de la deuxième série d'ondulations (29) dans chacun des angles de cuve formés par la paroi de fond (12) et l'une des parois périphériques (1) afin d'obstruer le canal de circulation desdites ondulations, les éléments de remplissage (15) formant une ceinture de bordure (27), la ceinture de bordure (27) étant formée tout autour de la paroi de fond au niveau desdits angles.

[Revendication 16] Cuve (71) selon la revendication 15, dans laquelle chacune des ondulations de la première série d'ondulations (28) et de la deuxième série d'ondulations (29) de la paroi de fond (12) est alignée avec une ondulation de la première série d'ondulations (10) d'une paroi périphérique (1) de sorte à former des canaux de circulation continus traversant les angles de cuve, les éléments de remplissage (15) de la ceinture de bordure (27) étant disposés dans chacun desdits canaux de circulation continus.

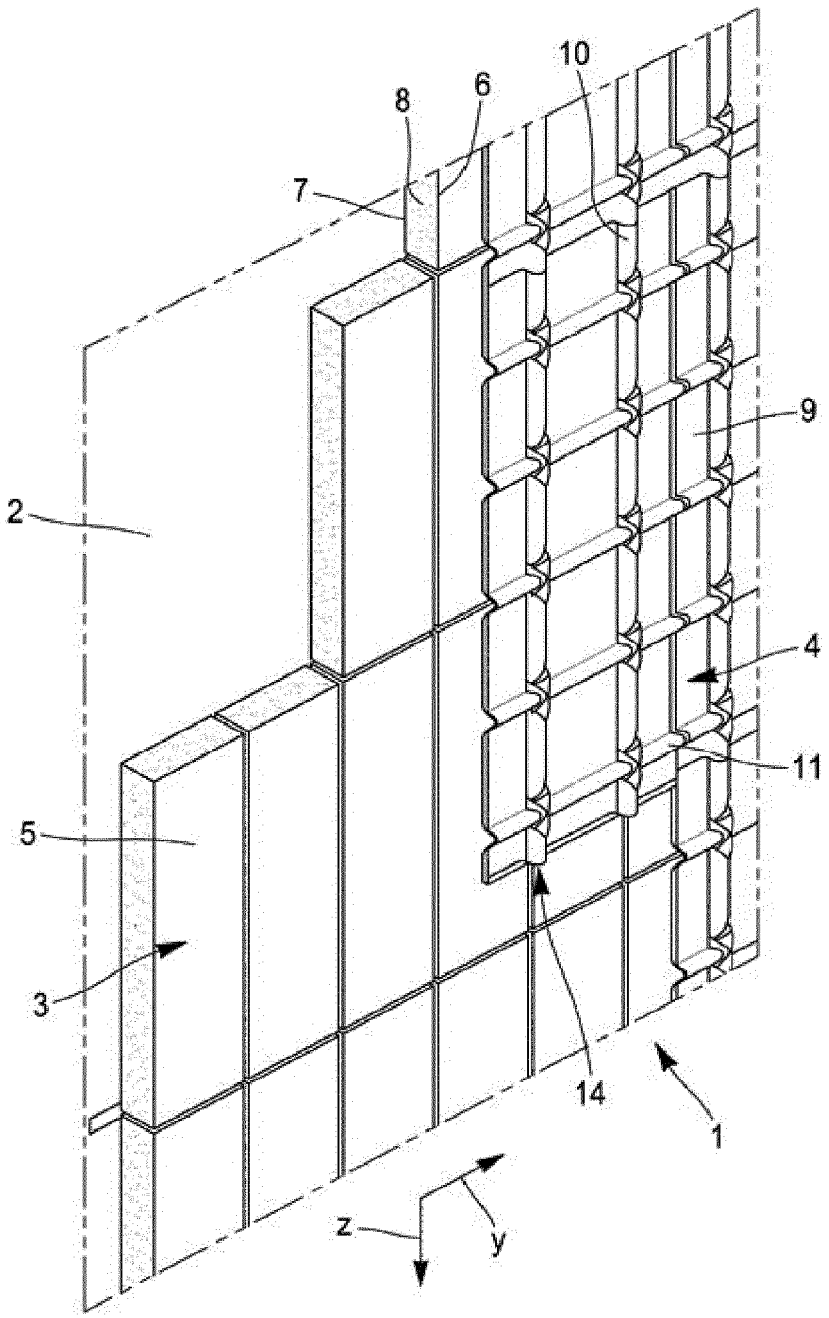
[Revendication 17] Navire (70) pour le transport d'un produit liquide froid, le navire comportant une double coque (72) et une cuve (71) selon l'une des revendications 1 à 16 disposée dans la double coque.

[Revendication 18] Système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant un navire (70) selon la revendication 17, des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) agencées de manière à relier la cuve (71)

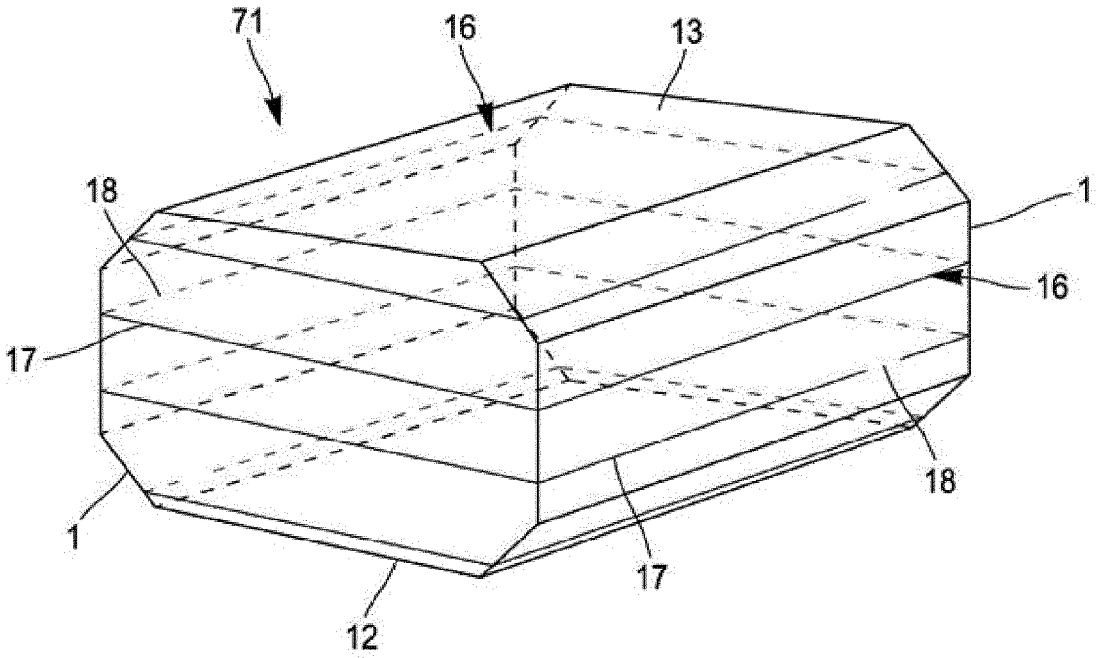
installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre (77) et une pompe pour entrainer un flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[Revendication 19] Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon la revendication 17, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre (77) vers ou depuis la cuve du navire (71).

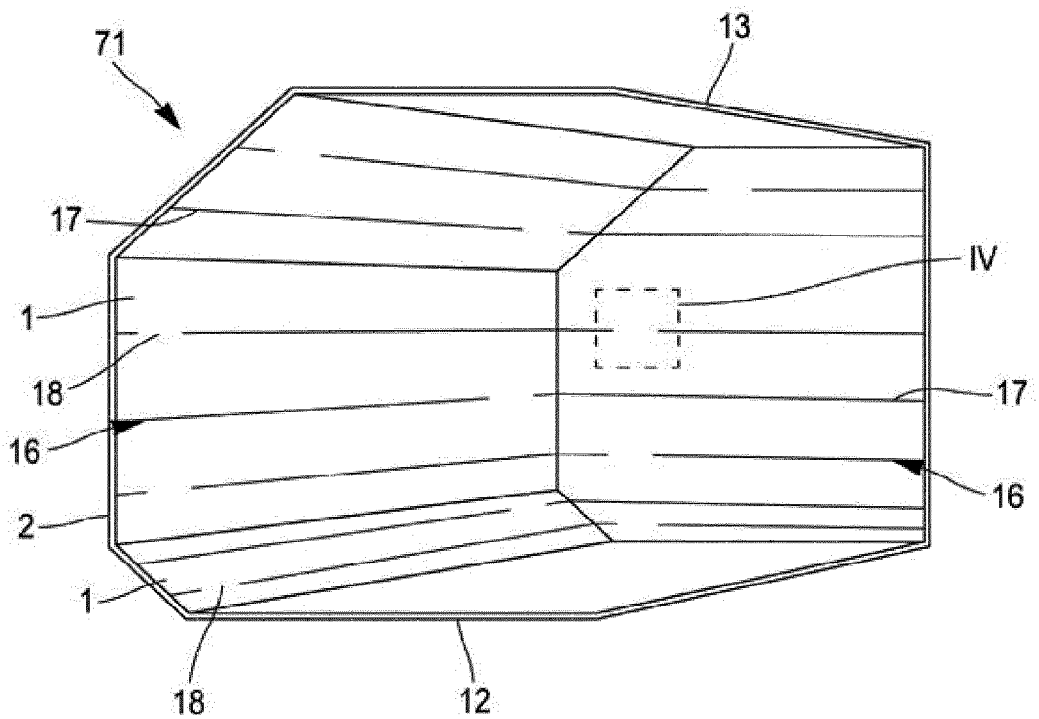
[Fig. 1]



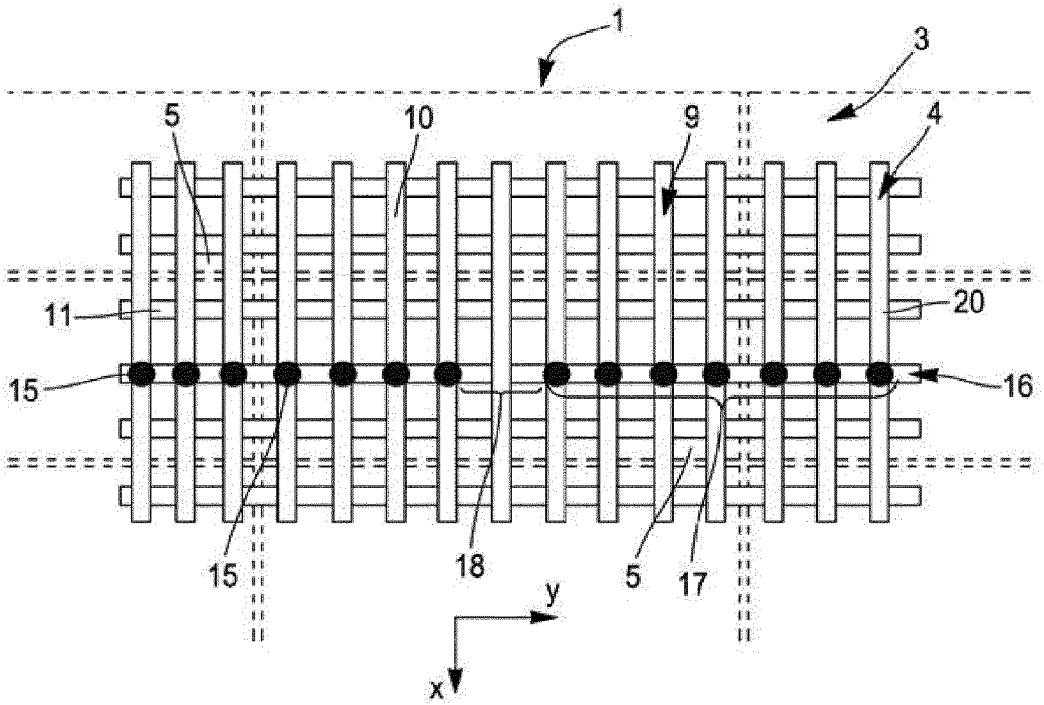
[Fig. 2]



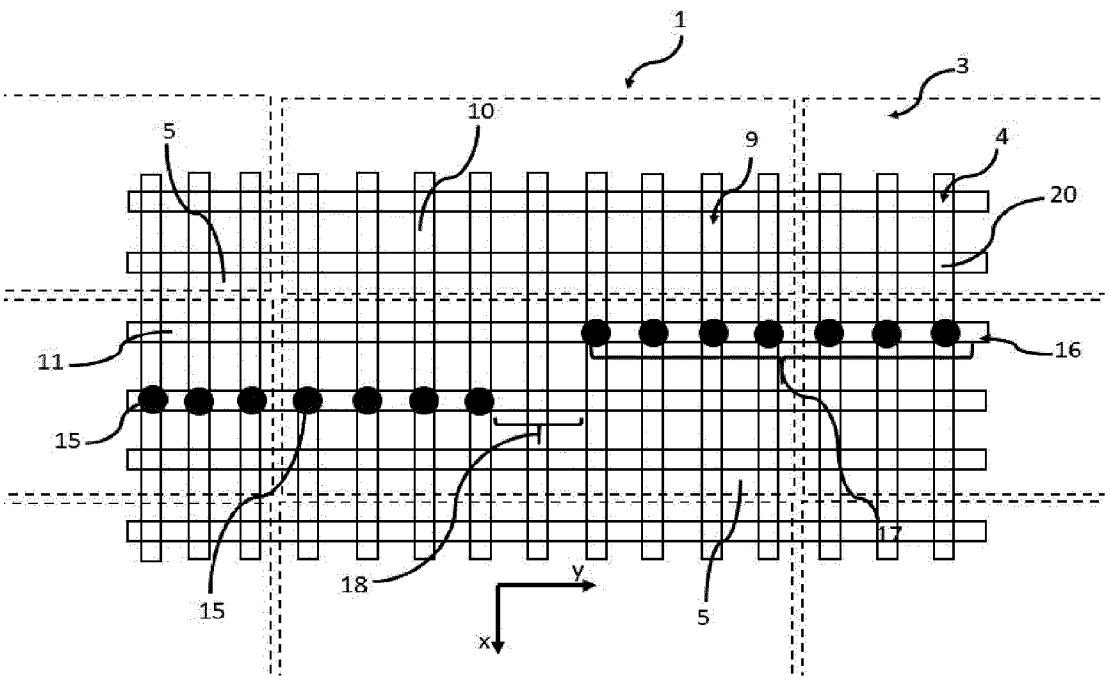
[Fig. 3]



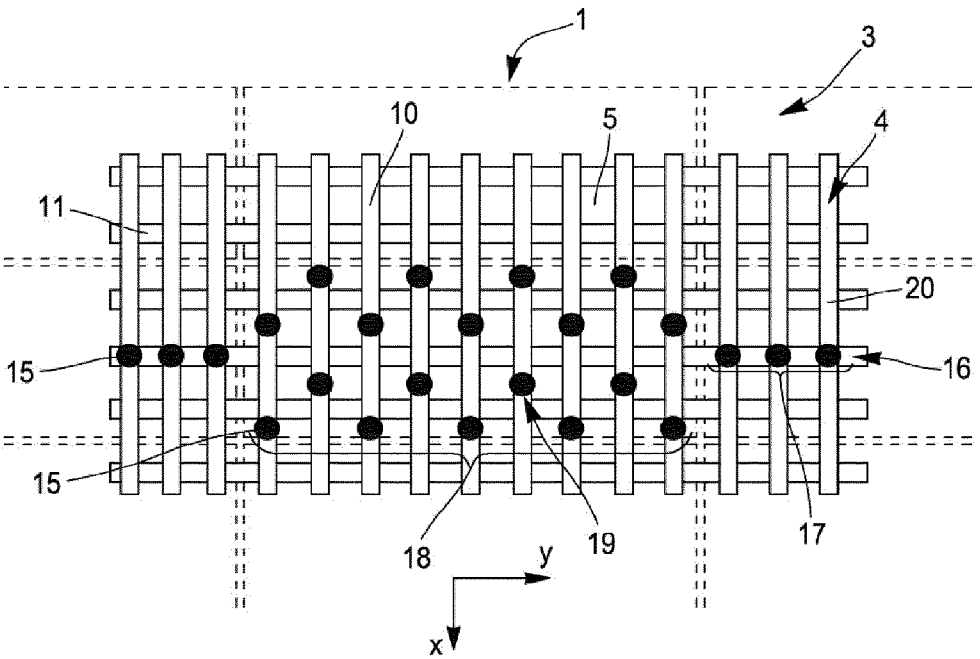
[Fig. 4]



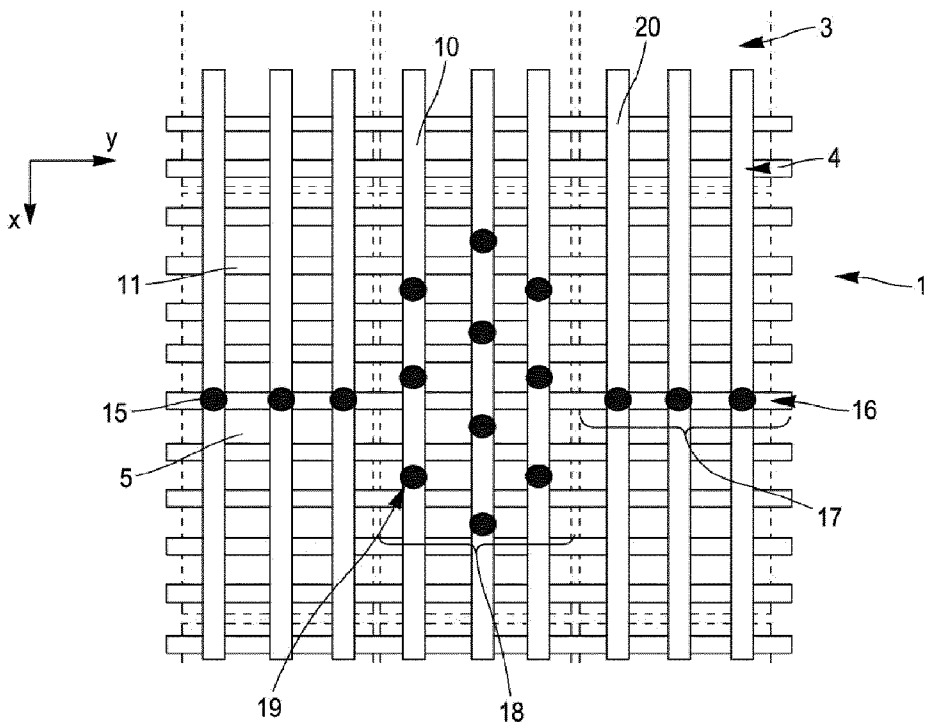
[Fig. 5]



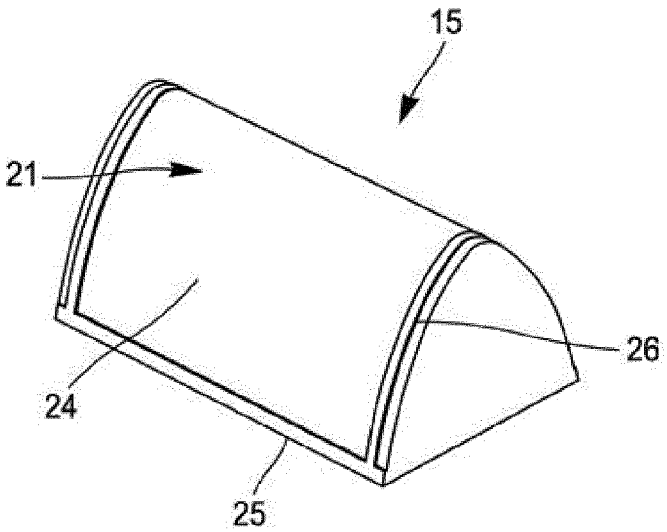
[Fig. 6]



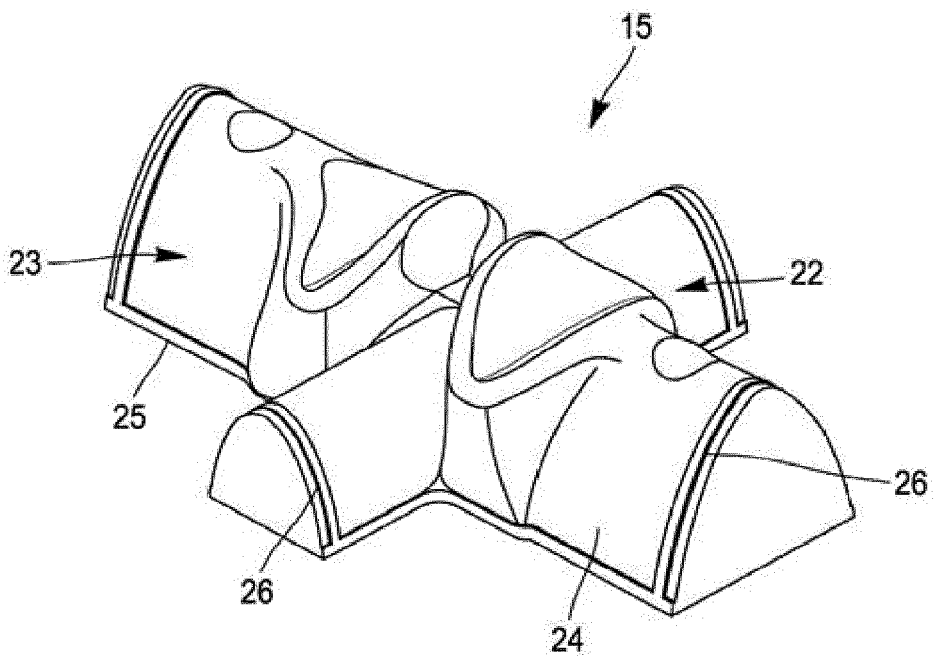
[Fig. 7]



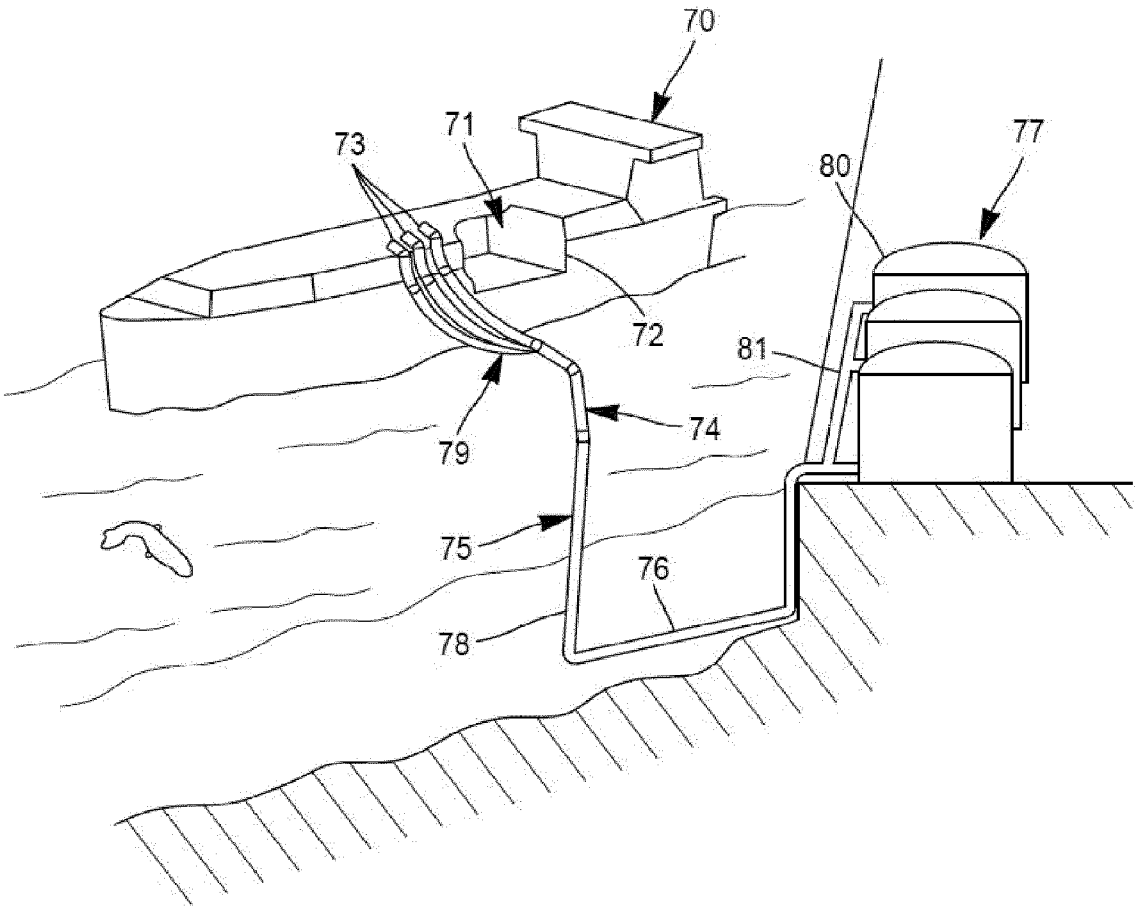
[Fig. 8]



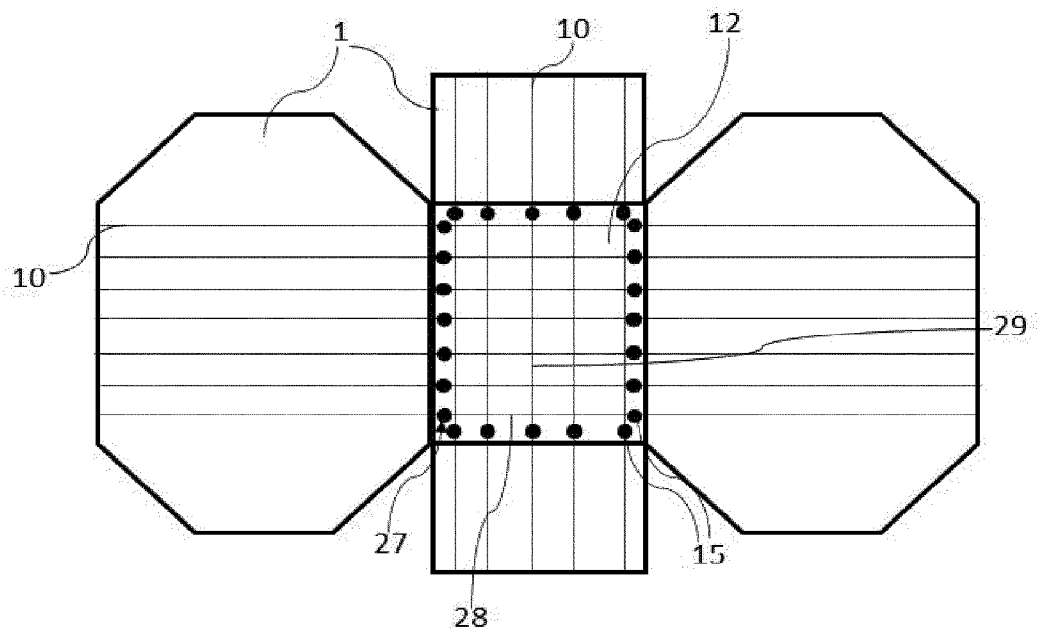
[Fig. 9]



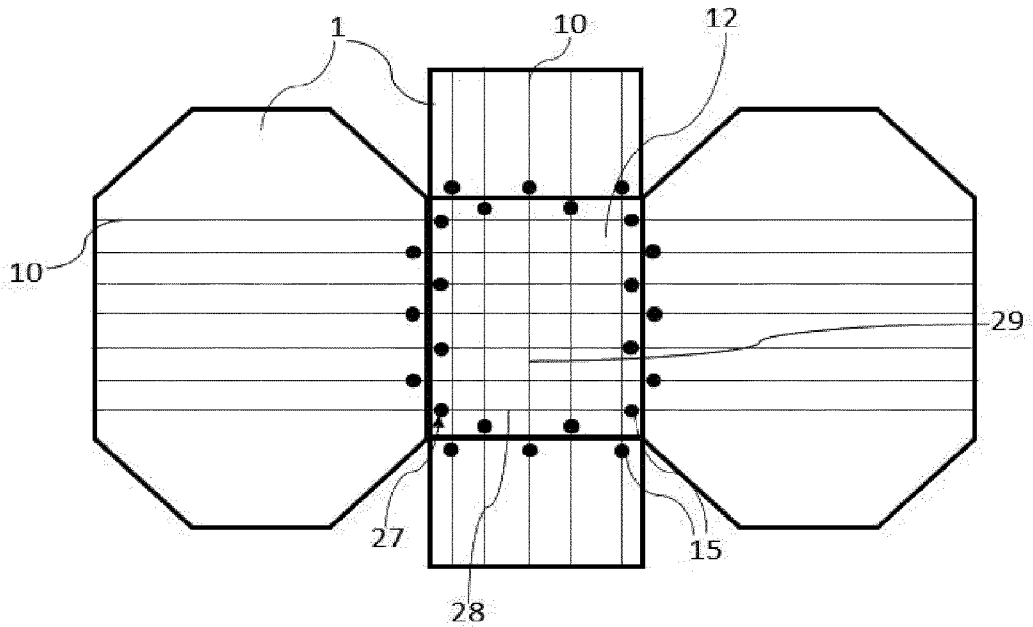
[Fig. 10]



[Fig. 11]



[Fig. 12]



[Fig. 3]

