Description

Titre de l'invention : Cuve étanche et thermiquement isolante

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 fluide cryogénique et des cuves embarquées à bord d'un navire ou autre ouvrage flottant et remplies d'un gaz combustible liquéfié pour alimenter un système de propulsion du navire ou autre ouvrage flottant, notamment dans un navire propulsé au gaz naturel liquéfié. Le gaz naturel liquéfié ou GNL est principalement composé de méthane.

Arrière-plan technologique

[0002] On connait une cuve étanche et thermiquement isolante décrite dans le document WO2019030448 pour le stockage et le transport de gaz naturel liquéfié, intégrée dans une structure porteuse, telle que la double coque d'un navire destiné au transport de gaz naturel liquéfié, par exemple un méthanier. La cuve comporte une structure multicouche présentant successivement, dans le sens de l'épaisseur, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante portée par la structure porteuse et une membrane d'étanchéité destinée à être en contact avec le gaz naturel liquéfié contenu dans la cuve et reposant sur la barrière isolante.

[0003] La membrane d'étanchéité est constituée d'une pluralité de tôles ondulées de dimensions standards comportant une série ondulations parallèles entre elles et permettant ainsi à la membrane d'étanchéité de se déformer sous l'effet des sollicitations thermiques générées par le fluide emmagasiné dans la cuve. La barrière thermiquement isolante comporte une pluralité de panneaux isolants juxtaposés de dimensions standards. Pour faciliter la fabrication de la cuve, les dimensions standards des panneaux isolants sont choisies comme multiple entier d'un pas d'onde des ondulations. Un navire pour transporter le gaz naturel liquéfié tel qu'un méthanier est dimensionné pour accueillir une telle cuve, mais la dimension de la structure porteuse est sujette à des tolérances de construction.

[0004] On connaît également un navire propulsé au gaz naturel liquéfié ou en anglais « LNG Fueled Ship » ou LFS. Lorsque le navire est un méthanier, les cuves de cargaison présentent une très grande capacité, par exemple de l'ordre de 100 000 à 200 000 m3. Lorsque le navire porte une autre cargaison et que la cuve ne sert qu'au carburant, la capacité est nettement plus petite, par exemple de 5 000 à 25 000 m3 suivant la taille du navire et la longueur des trajets à effectuer.

Résumé

[0005] Une idée à la base de l'invention est de proposer une cuve étanche et thermiquement

isolante apte à être intégrée dans un espace de dimension quelconque, par exemple dans un navire ou un ouvrage flottant.

[0006] Selon un mode de réalisation, l'invention propose une cuve étanche et thermiquement isolante intégrée dans une structure porteuse.

[0007] Selon un mode de réalisation, la structure porteuse est polyédrique, ladite cuve comportant une pluralité de parois de cuve incluant une première paroi et une deuxième paroi parallèles à une première direction de la cuve et espacées dans une deuxième direction de ladite cuve, les parois de cuve incluant en outre deux parois d'extrémité orthogonales à la première direction de la cuve et reliant la première paroi et la deuxième paroi, éventuellement par l'intermédiaire de premières parois intermédiaires agencées entre la première paroi et les deux parois d'extrémité et/ou par l'intermédiaire de deuxièmes parois intermédiaires agencées entre la deuxième paroi et les deux parois d'extrémité, chaque paroi de cuve étant portée par une paroi porteuse correspondante de la structure porteuse,

chaque paroi de cuve présentant une structure multicouche comportant successivement, dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante retenue contre la paroi porteuse correspondante et une membrane d'étanchéité portée par la barrière thermiquement isolante,

la membrane d'étanchéité de chacune de la première paroi, de la deuxième paroi et des parois d'extrémité comportant une série d'ondulations parallèles entre elles et perpendiculaires à des arêtes transversales parallèles à une troisième direction de la cuve et formées aux intersections entre la première paroi ou la deuxième paroi, les parois d'extrémité et le cas échéant, les parois intermédiaires agencées entre elles, les ondulations parallèles étant espacées de manière à former dans la troisième direction :

- une pluralité d'intervalles réguliers identiques, chaque intervalle régulier étant formé entre deux ondulations adjacentes, et
- au moins un intervalle singulier différent de l'intervalle régulier, et

dans laquelle les au moins deux ondulations adjacentes espacées par l'intervalle singulier sont poursuivies continûment au niveau d'au moins trois desdites arêtes transversales, de préférence au niveau d'un nombre d'arêtes transversales supérieur à la moitié d'un nombre total des arêtes transversales.

[0008] Selon des modes de réalisation, une telle cuve étanche et thermiquement isolante peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

[0009] Selon un mode de réalisation, la première paroi est une paroi de fond de la cuve.

[0010] Selon un mode de réalisation, la deuxième paroi est une paroi de plafond de la cuve.

[0011] Selon un mode de réalisation, la première direction est une direction longitudinale de la cuve.

[0012] Selon un mode de réalisation, la deuxième direction est une direction verticale de la

cuve.

[0013] Selon un mode de réalisation, la troisième direction est une direction transversale de la cuve.

[0014] Selon un mode de réalisation, les premières parois intermédiaires sont des parois de chanfrein inférieures agencées entre la paroi de fond et les deux parois d'extrémité.

[0015] Selon un mode de réalisation, les deuxièmes parois intermédiaires sont des parois de chanfrein supérieures agencées entre la paroi de plafond et les deux parois d'extrémité.

[0016] Selon un mode de réalisation, le nombre total des arêtes transversales peut être égal à 4, 6 ou 8.

[0017] Selon un mode de réalisation, les au moins deux ondulations adjacentes espacées par l'intervalle singulier sont poursuivies continûment au niveau de toutes les arêtes transversales sauf une de sorte à former un anneau ouvert tout autour de la cuve.

[0018] Selon un mode de réalisation, les au moins deux ondulations adjacentes espacées par l'intervalle singulier sont poursuivies continûment au niveau de toutes les arêtes transversales de sorte à former un anneau fermé tout autour de la cuve.

[0019] Une telle cuve est avantageuse en ce que l'intervalle régulier permet de simplifier la réalisation de la cuve tandis que l'intervalle singulier permet d'adapter la dimension de la cuve aux dimensions de la structure porteuse, par exemple un espace de la coque d'un navire. En particulier, lorsque la structure porteuse ne présente pas des dimensions étant des multiples entiers de l'intervalle régulier, l'intervalle singulier permet de compenser les différences de dimensions entre la structure porteuse et la membrane d'étanchéité ayant des dimensions standards. La cuve s'adapte ainsi à des structures porteuses, notamment des navires ou des ouvrages flottants, ayant des dimensions quelconques avec une réalisation moins complexe et moins coûteuse.

[0020] Les espaces entre ondulations adjacentes peuvent comprendre un ou plusieurs intervalles singuliers. Ces intervalles singuliers peuvent être agencés de différentes façons dans la cuve.

[0021] Selon un mode de réalisation, les ondulations de chacune de la première paroi, de la deuxième paroi et des parois d'extrémité, et le cas échéant des parois intermédiaires, forment deux intervalles singuliers ou plus séparés par au moins un intervalle régulier.

[0022] Selon un mode de réalisation, les ondulations de chacune de la première paroi, de la deuxième paroi et des parois d'extrémité, et le cas échéant des parois intermédiaires, forment deux ou plus intervalles singuliers consécutifs. On entend par « intervalles singuliers consécutifs » que les deux ou plus intervalles singuliers sont de part et d'autre d'une même ondulation, c'est-à-dire qu'aucun intervalle régulier n'est formé entre ces intervalles singuliers.

[0023] Le fait de prévoir de tels intervalles singuliers consécutifs tend à concentrer les intervalles singuliers dans une seule zone de chaque paroi de la cuve, ce qui permet une

optimisation de la conception de la cuve. En outre, le coût de réalisation de la cuve est diminué, car moins de pièces de conception particulière sont nécessaires pour réaliser les intervalles singuliers.

[0024] Selon un mode de réalisation, pour chacune de la première paroi, de la deuxième paroi et des parois d'extrémité, et le cas échéant des parois intermédiaires, les intervalles singuliers sont agencés symétriquement de part et d'autre d'une ligne médiatrice de ladite paroi. Un tel agencement permet une réalisation de la cuve moins complexe, notamment une fabrication essentiellement symétrique de part et d'autre de la ligne médiatrice.

[0025] Selon un mode de réalisation, la cuve comprend au moins une zone spéciale comportant par exemple une troisième paroi intermédiaire de la cuve, une tour de chargement et de déchargement, un pied de support de pompe, un collecteur de gaz, un puisard et/ou un dôme liquide, et ledit ou chaque intervalle singulier est agencé à une distance de ladite zone spéciale supérieure ou égale à la dimension transversale (c'est–à-dire la dimension dans la troisième direction) d'un intervalle régulier. Un tel agencement facilite la réalisation des ondulations de manière continue sur toute la longueur des parois de la cuve.

[0026] Inversement, les ondulations de la membrane, et en particulier les ondulations espacées par l'intervalle singulier, peuvent présenter des discontinuités locales sur certaines parois de cuve lorsque ces ondulations traversent ou passent à proximité d'une zone spéciale comportant un obstacle, par exemple une tour de chargement et de déchargement, un pied de support de pompe, un collecteur de gaz, un puisard et/ou un dôme liquide.

[0027] Selon un mode de réalisation, les parois de cuve incluent en outre deux parois de côté parallèles à la première direction et reliées, respectivement à la première paroi ou la deuxième paroi par deux troisièmes parois intermédiaires, et la zone spéciale comprend lesdites troisièmes parois intermédiaires.

[0028] Les intervalles singuliers peuvent être dimensionnés selon différentes façons. Quand il y en a plusieurs, les intervalles singuliers peuvent être identiques ou non. Selon un mode de réalisation, les intervalles singuliers présentent des dimensions différentes dans la troisième direction. Selon un mode de réalisation, la dimension transversale (c'est–à-dire la dimension dans la troisième direction) d'au moins un, en particulier chaque, intervalle singulier est la somme de la dimension transversale d'un intervalle régulier et une constante prédéterminée négative ou positive dont la valeur absolue est inférieure à la dimension d'un intervalle régulier, en particulier inférieure à la moitié de la dimension dans la troisième direction d'un intervalle régulier.

[0029] La constante prédéterminée peut être déterminée en fonction du reste de la division entière d'une dimension de la structure porteuse dans la direction transversale par un

nombre entier prédéterminé. En particulier, la constante prédéterminée est choisie supérieure à un seuil minimal prédéterminé relatif à une exigence de construction.

[0030] Selon un mode de réalisation, les intervalles réguliers présentent une dimension transversale standard connues en soi.

[0031] Selon un mode de réalisation, au moins une, plusieurs, certaines, ou chacune, des ondulations espacées par un intervalle régulier est poursuivie continûment au niveau de sensiblement toutes les arêtes transversales de sorte à former un anneau ouvert ou fermé tout autour de la cuve en dehors de la zone spéciale.

[0032] La barrière thermiquement isolante peut être réalisée de différentes manières. Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante de chacune de la première paroi, de la deuxième paroi et des parois d'extrémité et le cas échéant des premières et deuxièmes parois intermédiaires, comprend :

des rangées de panneaux isolants orientées perpendiculairement aux arêtes transversales et juxtaposées selon un motif répété dans la troisième direction, et au droit dudit ou de chaque intervalle singulier, au moins une rangée de panneaux isolants singuliers présentant une largeur différente d'une largeur du motif répété.

[0033] Selon un mode de réalisation, la largeur du motif répété est un multiple entier de la dimension transversale de l'intervalle régulier.

[0034] Selon un mode de réalisation, la largeur du panneau isolant singulier est inférieure à la largeur du motif répété.

[0035] Selon un mode de réalisation, la largeur du panneau isolant singulier est fonction de l'intervalle régulier et de l'intervalle singulier.

[0036] Les intervalles singuliers peuvent être formés de différentes façons. Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité de chacune de la première paroi, de la deuxième paroi et des parois d'extrémité et le cas échéant des premières et deuxièmes parois intermédiaires, est formée par une pluralité de tôles métalliques rectangulaires présentant la série d'ondulations.

[0037] Selon un mode de réalisation, au moins une tôle métallique comprend une ondulation agencée au droit d'un premier bord d'une rangée de panneaux isolants ou d'une rangée de panneaux isolants singuliers et une ondulation agencée au droit d'un deuxième bord opposé au premier bord.

[0038] Selon un mode de réalisation, au moins un intervalle singulier est agencé entre deux ondulations d'une même tôle métallique.

[0039] Selon un autre mode de réalisation, ledit ou chaque intervalle singulier est formé entre une première ondulation agencée sur une première desdites tôles métalliques adjacente à un bord de ladite première tôle métallique et une deuxième ondulation agencée sur une deuxième desdites tôles métalliques adjacente à la première tôle métallique, la deuxième ondulation étant adjacente à un bord de la deuxième tôle mé-

tallique tourné vers ladite première tôle métallique.

[0040] Selon un mode de réalisation, une dimension de la deuxième tôle métallique dans la troisième direction est un multiple entier de l'intervalle régulier. En particulier, la dimension d'une tôle métallique peut être égale à la dimension d'une rangée de panneaux isolants dans la troisième direction.

[0041] Selon un mode de réalisation, le bord de la première tôle est un bord jogglіné formant une partie dénivelée par rapport à une portion centrale de ladite première tôle et configuré pour un soudage par recouvrement de la première tôle métallique sur la deuxième tôle métallique. En particulier, l'intervalle singulier est ajusté par ajustement de la distance du bord jogglіné par rapport à la première ondulation adjacente audit bord jogglіné.

[0042] Selon un mode de réalisation, le soudage de la première tôle métallique et de la deuxième tôle métallique est réalisé à une distance supérieure à 50 mm, en particulier supérieure à 100 mm, de l'ondulation adjacente au bord de la deuxième tôle.

[0043] Selon un mode de réalisation, le bord de la première tôle métallique et le bord de la deuxième tôle métallique sont soudés l'un à l'autre au droit d'une desdites rangées de panneaux isolants singuliers.

[0044] Selon un mode de réalisation, au moins un panneau isolant singulier comprend une bande d'ancrage métallique agencée en regard de la première tôle métallique et de la deuxième tôle métallique, et dans laquelle la deuxième tôle métallique est soudée à ladite bande d'ancrage métallique.

[0045] Selon un mode de réalisation, la première tôle métallique comprend un nombre d'ondulations inférieur ou égal au nombre d'ondulations de la deuxième tôle métallique.

[0046] Selon un mode de réalisation, le nombre d'ondulations de la première tôle métallique est fonction de la différence entre l'intervalle singulier et l'intervalle régulier. Le nombre d'ondulations de la première tôle métallique peut être inférieur au nombre d'ondulations de la deuxième tôle si la dimension transversale de l'intervalle singulier est supérieure à la dimension transversale de l'intervalle régulier. Le nombre d'ondulations de la première tôle métallique peut être égal au nombre d'ondulations de la deuxième tôle métallique si la dimension transversale de l'intervalle singulier est inférieure à la dimension transversale de l'intervalle régulier.

[0047] Selon un mode de réalisation, les parois de cuve incluent en outre deux parois de côté parallèles à la première direction et reliées respectivement à la première paroi ou la deuxième paroi, éventuellement par l'intermédiaire de deux troisièmes parois intermédiaires, et aux parois d'extrémité, éventuellement par l'intermédiaire de deux quatrièmes parois intermédiaires.

[0048] Selon un mode de réalisation, les troisièmes parois intermédiaires sont des parois de

chanfrein longitudinales de la cuve.

[0049] Selon un mode de réalisation, les quatrièmes parois intermédiaires sont des parois de chanfrein verticales de la cuve.

[0050] Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité de chacune de la première paroi, de la deuxième paroi et des parois de côté comporte une série de premières ondulations supplémentaires parallèles entre elles et perpendiculaires à des arêtes longitudinales parallèles à la première direction de la cuve et formées aux intersections entre la première paroi ou la deuxième paroi, les parois de côté et, le cas échéant, les troisièmes parois intermédiaires, et les premières ondulations supplémentaires sont espacées de manière à former dans la première direction :

- une pluralité d'intervalles réguliers identiques, chaque intervalle régulier étant formé entre deux premières ondulations supplémentaires adjacentes, et
- au moins un intervalle singulier différent de l'intervalle régulier, et

les au moins deux premières ondulations supplémentaires adjacentes espacées par l'intervalle singulier sont poursuivies continûment au niveau d'au moins trois desdites arêtes longitudinales, de préférence au niveau d'un nombre d'arêtes longitudinales supérieur à la moitié d'un nombre total des arêtes longitudinales.

[0051] Selon un mode de réalisation, le nombre total des arêtes longitudinales est égal à 4, 6 ou 8.

[0052] Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité de chacune des parois d'extrémité et des parois de côté comporte une série de deuxièmes ondulations supplémentaires parallèles entre elles et perpendiculaires à des arêtes verticales parallèles à la deuxième direction de la cuve et formées aux intersections entre les parois d'extrémité, les parois de côté et, le cas échéant, les quatrièmes parois intermédiaires, et les deuxièmes ondulations supplémentaires sont espacées de manière à former dans la deuxième direction :

- une pluralité d'intervalles réguliers identiques, chaque intervalle régulier étant formé entre deux deuxièmes ondulations supplémentaires adjacentes, et
- au moins un intervalle singulier différent de l'intervalle régulier, et

les au moins deux deuxièmes ondulations supplémentaires adjacentes espacées par l'intervalle singulier sont poursuivies continûment au niveau d'au moins trois desdites arêtes verticales, de préférence au niveau d'un nombre d'arêtes verticales supérieur à la moitié d'un nombre total des arêtes verticales.

[0053] Selon un mode de réalisation, le nombre total des arêtes longitudinales est égal à 4, 6 ou 8.

[0054] Une telle cuve peut faire partie d'une installation de stockage terrestre, par exemple pour stocker du gaz liquéfié ou être installée dans une structure flottante, côtière ou en eau profonde, notamment un navire méthanier, un navire de transport de GPL, une

unité flottante de stockage et de regazéification (FSRU), une unité flottante de production et de stockage déporté (FPSO) et autres.

[0055] Selon un autre aspect de l'invention, il est proposé un navire comportant une double coque et une telle cuve intégrée dans ladite double coque en tant que structure porteuse.

[0056] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé de chargement ou déchargement d'un tel navire, dans lequel on achemine un fluide à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[0057] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un fluide, 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 fluide 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, ladite cuve est configurée comme réservoir de carburant pour un système de propulsion 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 figure 1 est une vue partielle en perspective coupée d'une cuve polyédrique intégrée dans une structure porteuse.

[0061] [Fig.2] la figure 2 est une représentation schématique en perspective de la cuve.

[0062] [Fig.3] la figure 3 est une vue dépliée et tronquée d'une extrémité de la cuve et de la figure 2.

[0063] [Fig.4] la figure 4 est une vue en coupe suivant la ligne VI-VI de la figure 2.

[0064] [Fig.5] la figure 5 est une vue en coupe suivant la ligne VII-VII de la figure 2, selon un premier exemple de réalisation.

[0065] [Fig.6] la figure 6 est une vue en coupe suivant la ligne VII-VII de la figure 2, selon un deuxième exemple de réalisation.

[0066] [Fig.7] la figure 7 est une vue agrandie de la zone V selon la figure 5 ou la figure 6.

[0067] [Fig.8] la figure 8 est une représentation schématique en perspective d'un navire muni d'un système de propulsion au GNL et d'une cuve en tant que réservoir de carburant pour le système de propulsion.

[0068] [Fig.9] la figure 9 est une représentation schématique analogue à la figure 8,

montrant une variante de la cuve en tant que réservoir de carburant pour le système de propulsion.

[0069] [Fig.10] la figure 10 est une vue en perspective de la cuve des figures 8 et 9, selon une autre variante, la cuve étant prise dans la même orientation que sur les figures 8 et 9.

[0070] [Fig.11] la figure 11 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

[0071] Les figures 1 et 2 montrent une vue en perspective d'une cuve 100 pour le stockage d'un gaz liquéfié, tel que du gaz naturel liquéfié (GNL).

[0072] La cuve 100 est agencée dans une structure porteuse qui peut notamment être formée par ou dans la coque ou la double coque d'un navire ou d'un ouvrage flottant. La structure porteuse comporte une pluralité de parois porteuses 102 définissant la forme générale de la cuve 100, habituellement une forme polyédrique.

[0073] La cuve 100 comprend une pluralité de parois de cuve portées par la structure porteuse incluant :

- une paroi de plafond 104 et une paroi de fond 106 parallèles à une direction longitudinale 101 de la cuve,
- deux parois d'extrémité 108 reliant la paroi de fond 106 et la paroi de plafond 104, et
- deux parois de côté 110 reliées de part et d'autre à la paroi de plafond 104 et la paroi de fond 106 par l'intermédiaire des parois de chanfrein longitudinales supérieures 114, respectivement des parois de chanfrein longitudinales inférieures 112.

[0074] Sur la figure 3, la paroi d'extrémité 108, la paroi de plafond 104 et la paroi de fond 106 sont représentées selon une vue dépliée dans le plan de la paroi d'extrémité 108.

[0075] Chacune de la paroi de fond 106, de la paroi de plafond 104 et des parois d'extrémité 108 comprend une membrane d'étanchéité prévue pour être en contact avec le produit présent dans la cuve 100 et agencée sur une barrière thermiquement isolante non représentée sur les figures 1-3. La membrane d'étanchéité comprend des séries d'ondulations 118 parallèles entre elles et perpendiculaires à des arêtes transversales 107 formées par la paroi de fond 106 ou la paroi de plafond 104 et les parois d'extrémité 108. Les ondulations 118 sont espacées entre elles dans une direction transversale 103 perpendiculaire à la direction longitudinale 101. Les espaces entre les ondulations comprennent une pluralité d'intervalles réguliers 120 et deux intervalles singuliers 122 agencés symétriquement de part et d'autre d'une ligne médiatrice 124 de la paroi de fond 106, de la paroi de plafond 104 et des parois d'extrémité 108. La dimension des intervalles singuliers 122 dans la direction transversale 103 est

différente de la dimension des intervalles réguliers 120 dans la direction transversale 103.

[0076] Les ondulations 118 espacées par l'intervalle singulier 122 sur les parois d'extrémité 108 sont chacune prolongée continûment par une ondulation correspondante de la paroi de fond 106 et une ondulation correspondante de la paroi de plafond 104. De même, les ondulations 118 des parois d'extrémité 108 espacées par l'intervalle régulier 120 sont chacune continûment prolongée en dehors des ondulations 118 donnants sur les parois de chanfrein longitudinales 112 et 114.

[0077] En variante, une discontinuité des ondulations 118 peut exister au niveau d'une ou plusieurs des arêtes transversales 107. De préférence, les ondulations 118 franchissent de manière continue au moins trois arêtes transversales 107.

[0078] Dans l'exemple représenté sur la figure 3, un intervalle singulier 122 est formé de chaque côté de la ligne médiatrice 124 de la paroi de fond 106. En variante, deux ou plus intervalles singuliers 122 peuvent être formés de chaque côté de la ligne médiatrice 124. En particulier, deux ou plus intervalles singuliers 122 peuvent être formés de chaque côté de la ligne médiatrice 124. Par « intervalles singuliers 122 consécutifs », on entend que les deux intervalles ou plus singuliers 122 sont de part et d'autre d'une même ondulation, c'est-à-dire qu'aucun intervalle régulier 120 n'est formé entre ces intervalles singuliers 122. Toujours en variante, le ou les deux ou plus intervalles singuliers 122, qu'ils soient consécutifs ou non, peuvent être formés d'un seul côté de la ligne médiatrice 124 de la paroi de fond 106.

[0079] La cuve 100 comprend en outre un dôme liquide 116 traversant la paroi de plafond 104 de la cuve 100 dans une direction de hauteur 105. Le dôme liquide 116 peut contenir une tour de chargement et de déchargement 69 de la cuve 100. En particulier le dôme liquide 116 est agencé à distance de la paroi d'extrémité 108 et à mi-largeur de la paroi de plafond 104 dans la direction transversale 103. En particulier, chaque intervalle singulier 122 est agencé à une distance égale à un intervalle régulier 120 ou plus du dôme liquide 116. De plus, chaque intervalle singulier 122 est agencé à une distance supérieure à un intervalle régulier 120 de chacune des parois de chanfrein longitudinales 114 et 112.

[0080] Sur les figures, on réfère aux dimensions dans la direction transversale 103 par la largeur.

[0081] Une largeur L de la paroi de fond 106 et de la paroi de plafond 108 est exprimée comme suit :

[0082] [eq. 1]

$L = po_{reg} \times N + X$

Avec po_{reg} étant une largeur de l'intervalle régulier 120,

N étant un nombre entier, et

X étant un nombre relatif.

[0083] De préférence, le multiple entier N est choisi de sorte que X est compris entre $-po_{reg}/2$ et $+po_{reg}/2$.

[0084] La largeur po_{reg} est choisie selon une norme de construction des cuves étanches et peut avoir différentes valeurs, par exemple 340 mm ou 500 mm.

[0085] De préférence, l'intervalle singulier 122 est dimensionné comme suit

[0086] [eq 2]

$po_{sing} = po_{reg} + X/2$ (2)

po_{sing} étant la largeur de l'intervalle singulier 122.

[0087] Selon l'équation (2), X/2 compris entre $-po_{reg}/4$ et $+po_{reg}/4$ assurant ainsi un intervalle singulier 122 ayant des dimensions restant supérieures à une dimension minimale rendant la fabrication possible sans difficultés.

[0088] La figure 4 est une vue en coupe selon la ligne VI-VI des figures 1 et 2 correspondant à une zone de la cuve 100 comprenant uniquement des intervalles réguliers 120.

[0089] La figure 4 montre la paroi de fond 106 comprenant la barrière thermiquement isolante 202 agencée sur une paroi porteuse 102 de la structure porteuse et est maintenue contre la paroi porteuse 102 par des moyens de fixation 204. Les moyens de fixation 204 peuvent être tout type de moyens de fixation adaptés tels que des goujons filetés faisant saillie vers l'intérieur de la cuve 100.

[0090] En particulier, la barrière thermiquement isolante 202 est formée par une pluralité de rangées de panneaux isolants 202_1 et 202_2 juxtaposées dans la direction transversale 103. Chaque rangée comprend des panneaux isolants 202_1 et 202_2 juxtaposés selon la direction longitudinale 101 pour la paroi de fond 106 et la paroi de plafond 108 et selon la direction de hauteur 105 pour les parois d'extrémités 108.

[0091] La paroi de fond 106 comprend en outre la membrane d'étanchéité 206 portée par une face de la barrière thermiquement isolante 202 opposée à la paroi porteuse 102_1. De préférence, la membrane d'étanchéité 206 comprend une pluralité de tôles métalliques 207_1 et 207_2 ayant chacune une forme sensiblement rectangulaire. Les tôles métalliques 207 sont, par exemple, réalisées en Invar® : c'est-à-dire un alliage de fer et de nickel dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre $1{,}2.10^{-6}$ et 2.10^{-6} K^{-1}, ou dans un alliage de fer à forte teneur en manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement de l'ordre de 7.10^{-6} K^{-1}. De manière alternative, les tôles métalliques 207 peuvent également être réalisées en acier inoxydable ou en aluminium.

[0092] Les tôles métalliques 207_1 et 207_2 sont reliées aux panneaux isolants 202_1 et 202_2 par soudage des tôles métalliques 207_1 et 207_2 à des bandes d'ancrage 210 prévues dans les panneaux isolants 202_1 et 202_2, par exemple des platines métalliques s'étendant sur une partie desdits panneaux isolants 202_1 et 202_2. Avantageusement, les bandes d'ancrage

210 sont agencées dans des évidements prévus dans les panneaux isolants 202_1 et 202_2 et fixées aux panneaux isolants 202_1 et 202_2 par des vis, des rivets ou des agrafes par exemple. En particulier, le soudage des tôles métalliques 207_1 et 207_2 aux bandes d'ancrage 210 est réalisé par une soudure de pointage.

[0093] La membrane d'étanchéité 206 comprend les ondulations 118 espacées par l'intervalle régulier 120 et est agencée de sorte qu'une première ondulation 118 est au droit d'un premier bord 212_1 de la rangée de panneaux isolant 202_1 et qu'une deuxième ondulation 118 est au droit d'un deuxième bord 212_2 opposé au premier bord 212_1. La largeur du panneau isolant 202_1 portant des ondulations séparées par l'intervalle régulier 120 uniquement est un multiple entier de la largeur po_{reg}. Des interstices peuvent exister entre les rangées de panneaux isolants 202_1 et 202_2. De préférence, les interstices entre les rangées de panneaux isolants 202_1 et 202_2 sont négligeables. En particulier, les interstices entre les rangées de panneaux isolants 202_1 et 202_2 peuvent être comblés avec une garniture calorifuge telle que de la laine de verre, de la laine de roche, etc.

[0094] Exemple dimensionnel :

la largeur du panneau isolant 202_1 est égale à 3060 mm,

la largeur de la tôle métallique 207_1 est égale à 3060 mm,

po_{reg} est égal à 340 mm, et

le nombre M_1 d'ondulations 118 de la tôle métallique 207_1 est égal à 9.

[0095] La figure 5 correspond à une zone de la cuve 100 comprenant un intervalle singulier 122 réalisé selon un premier mode de réalisation.

[0096] En particulier, dans ce mode de réalisation, la largeur de l'intervalle singulier 122 calculée par l'équation (2) est supérieure à la largeur de l'intervalle régulier 120.

[0097] La membrane d'étanchéité 206 comprend une tôle métallique 207_3 comprenant l'intervalle singulier 122 et est disposée sur une rangée de panneaux isolants singuliers 202_3. La largeur des panneaux isolants singuliers 202_3 est différente de, en particulier inférieure à, la largeur des panneaux isolants 202_1. De préférence, la largeur des panneaux isolants singuliers 202_3 est calculée comme suit :

[0098] [eq. 3]

$L_{sing} = po_{reg} \times (M_3-1) + po_{sing}$ pour $po_{sing} > po_{reg}$

Avec L_{sing} étant la largeur des panneaux isolants singuliers 202_3, et

M_3 étant le nombre d'ondulations 118 de la tôle métallique 207_3.

[0099] De préférence, la tôle métallique 207_3 comprend un nombre M_3 d'ondulations 118 inférieur au nombre M_1 d'ondulations 118 de la tôle métallique 207_1 lorsque la largeur de l'intervalle singulier 122 est supérieure à la largeur de l'intervalle régulier 120. De cette façon, la largeur des panneaux isolants 202_3 singuliers est inférieure à la largeur des panneaux isolants 202_1 pour limiter l'impact des modifications structurelles de la

cuve 100.

[0100] Exemple dimensionnel :

Pour le nombre M_1 d'ondulations 118 de la tôle métallique 207_1 égal à 9, le nombre M_3 d'ondulations 118 est égal à 8.

[0101] La figure 6 correspond à une zone de la cuve 100 comprenant un intervalle singulier 122 réalisé selon un deuxième mode de réalisation.

[0102] Dans ce deuxième mode de réalisation, la largeur de l'intervalle singulier 122 calculée par l'équation (2) est inférieure à la largeur de l'intervalle régulier 120.

[0103] La membrane d'étanchéité 206 comprend dans ce cas une tôle métallique 207_4 comprenant l'intervalle singulier 122 et agencée sur une rangée de panneaux isolants singuliers 202_4. De préférence, la largeur des panneaux isolants singuliers 202_4 est calculée comme suit :

[0104] [eq. 4]

$L_{sing} = po_{reg} \times (M_4-1) + po_{sing}$ pour $po_{sing}<po_{reg}$

Avec M_4 étant le nombre d'ondulations 118 de la tôle métallique 207_3.

[0105] Dans ce deuxième mode de réalisation, le nombre M_3 d'ondulations 118 est égal au nombre M_1 d'ondulations 118 de la tôle métallique 207_1. En effet, la largeur de l'intervalle singulier 122 étant inférieure à la largeur de l'intervalle régulier 120, la largeur des panneaux isolants singuliers 202_4 reste inférieure à la largeur des panneaux isolants 202_1.

[0106] En particulier, les rangées de panneaux isolants singuliers 202_3 et 202_4 sont agencées adjacentes à une rangée de panneaux isolants 202_1. De préférence, les rangées de panneaux isolants singuliers 202_3 et 202_4 sont séparées entre elles par au moins une rangée de panneaux isolants 202_1.

[0107] La paroi de plafond 104 et les parois d'extrémité 108, bien que non représentées sur les figures, comprennent les mêmes éléments que la paroi de fond 106 représentée sur les figures 4 à 6.

[0108] En particulier, l'intervalle singulier 122 est formé entre deux tôles métalliques 302 et 304 adjacentes de la membrane d'étanchéité 206, tel que représenté sur la figure 7.

[0109] L'intervalle singulier 122 est formé entre une première ondulation 118_1 agencée du côté d'un premier bord 306 de la première tôle métallique 302 et une deuxième ondulation 118_2 agencée du côté d'un deuxième bord 308 de la deuxième tôle métallique 304. Le premier bord 306 est un bord joggliné présentant un pliage de la première tôle métallique 302 pour former un dénivelé du bord 306 par rapport à la première tôle métallique 302 supérieur à l'épaisseur de la deuxième tôle métallique 304. Cet agencement permet un recouvrement de la deuxième tôle métallique 304 par la première tôle métallique 302 à une distance 310 de la première ondulation 118_1 et à une distance 312 de la deuxième ondulation 118_2. L'intervalle singulier 122 est la

somme des deux distances 312 et 310.

[0110] En particulier, les tôles métalliques 302 et 308 sont fournies avec des dimensions standards, par exemple la distance 312 est la moitié de l'intervalle régulier 120. Le pliage de la tôle métallique 302 permet de modifier sa largeur pour ajuster la distance 310 et donc la largeur de l'intervalle singulier 122 à la valeur désirée sans modifier la deuxième tôle métallique 304. Cet agencement permet de simplifier le coût et la réalisation de la cuve 100 pour des navires avec n'importe quelles dimensions.

[0111] De préférence, la première tôle métallique 302 et la deuxième tôle métallique 304 sont assemblées par soudage du première bord 306 au deuxième bord 308 au droit d'une rangée de panneaux isolants singuliers 202_3 ou 202_4. De plus, le deuxième bord 308 peut être soudé à la bande d'ancrage 210 d'une rangée de panneaux isolants singuliers 202_3 ou 202_4. Le soudage des tôles métalliques 302 et 304 est préférentiellement réalisé par une soudure de pointage.

[0112] De façon avantageuse, la distance 310 et la distance 312 sont supérieures à un seuil prédéterminé pour éviter d'endommager les ondulations 118_1 ou 118_2 par le soudage des tôles métalliques 302 et 304, par exemple ce seuil prédéterminé est égal à 100 mm.

[0113] Dans les exemples décrits jusqu'ici, les intervalles singuliers 122 présentent des dimensions identiques dans la direction transversale 103. Toutefois, en variante, les intervalles singuliers 122 peuvent présenter des dimensions différentes dans la direction transversale 103.

[0114] De manière connue en soi, chacune des parois de cuve peut comprendre une deuxième barrière thermiquement isolante agencée entre la barrière thermiquement isolante 202 et la structure porteuse et une deuxième membrane d'étanchéité comprise entre la barrière thermiquement isolante 202 et la deuxième barrière thermiquement isolante. La membrane d'étanchéité 206 peut comprendre en outre une deuxième série d'ondulations perpendiculaires à la première série d'ondulations 118. En outre, les parois de chanfrein longitudinales 112 et 114 et les parois de côté 110 peuvent comprendre une structure multicouche comprenant dans le sens de l'épaisseur en partant de la structure porteuse vers l'intérieur de la cuve 100 : une barrière thermiquement isolante secondaire, une membrane d'étanchéité secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire et une membrane d'étanchéité primaire.

[0115] En référence à la figure 8, on décrit maintenant différentes modifications possibles par rapport au mode de réalisation décrit ci-dessus.

[0116] Dans le mode de réalisation décrit ci-dessus, la direction longitudinale 101 de la cuve peut correspondre à la direction longitudinale du navire, en particulier d'un navire méthanier, dans lequel la cuve 100 est installée, mais ce n'est pas obligatoire. Ainsi la figure 8 représente un mode de réalisation dans lequel la direction longitudinale de la cuve 100 correspond à la direction de largeur du navire 170 dans lequel la cuve est

installée. Ainsi les arêtes transversales 107 de la cuve s'étendent parallèlement à un axe longitudinal A-A du navire 170 et le ou les intervalles singuliers 122 sont formés entre des ondulations 118 qui s'étendent perpendiculairement à l'axe longitudinal A-A du navire 170.

[0117] Par ailleurs, la géométrie de cuve peut comporter des parois de chanfrein supérieures 114 et des parois de chanfrein inférieures 112 comme sur les figures 1 à 3, ou uniquement des parois de chanfrein supérieures 114 ou uniquement des parois de chanfrein inférieures 112 ou aucune paroi de chanfrein comme illustré sur la figure 8.

[0118] Par ailleurs la géométrie de cuve peut comporter des parois de chanfrein longitudinales orientées parallèlement à la direction longitudinale 101 de la cuve comme illustré sur les figures 1 à 3 ou, inversement, elle peut comporter des parois de chanfrein transversales aux ondulations 118, orientées obliquement à la direction longitudinale 101 de la cuve et disposées entre les parois d'extrémité 108 et la paroi de plafond 104 et/ou paroi de fond 106. Les parois de chanfrein transversales aux ondulations 118 ne sont pas représentées sur les figures 2 et 3 mais peuvent être facilement conçues à partir de la figure 2, si l'on fait tourner mentalement de 90° l'orientation des ondulations 118 et de la flèche 101 autour d'un axe vertical.

[0119] Par exemple, la cuve 100 de la figure 8 pourrait comporter des parois de chanfrein supérieures et/ou des parois de chanfrein inférieures parallèles à l'axe longitudinal A-A du navire 170, donc des parois de chanfrein transversales aux ondulations 118, de sorte que le nombre total d'arêtes transversales 107 serait supérieur à quatre, par exemple égal à six ou huit.

[0120] Dans tous les cas, les ondulations 118 espacées par le ou chaque intervalle singulier 122 franchissent de manière continue au moins la moitié des arêtes transversales 107, de manière préférée toutes les arêtes transversales 107, sauf éventuellement une seule. En d'autres termes, une discontinuité des ondulations 118 peut exister au niveau d'une ou plusieurs des arêtes transversales 107, mais de préférence au niveau d'une seule des arêtes transversales 107 ou aucune.

[0121] En effet, dans la mesure où les ondulations 118 espacées par le ou chaque intervalle singulier 122 franchissent de manière continue toutes les arêtes transversales 107 sauf une seule, ces ondulations forment quand même un anneau entourant toute la cuve 100. L'anneau est ouvert dans ce cas. L'anneau est fermé si toutes les arêtes transversales 107 sont franchies de manière continue par les ondulations 118.

[0122] La figure 8 illustre enfin que la cuve 100 peut être un réservoir de carburant pour un système de propulsion 65 alimenté en gaz combustible à partir de la cuve 100 par un dispositif d'alimentation 66 connu par ailleurs. Le navire 170 peut avoir diverses applications : transport de passagers, transport de marchandises, en particulier en conteneurs ou en vrac, etc.

[0123] La figure 9 est une représentation schématique analogue à la figure 8, montrant une variante de la cuve 100.

[0124] Comme on l'a mentionné précédemment, la membrane d'étanchéité 206 peut comprendre en outre des deuxièmes ondulations perpendiculaires aux ondulations 118. Sur la figure 9, on a représenté deux de ces deuxièmes ondulations 138. Le nombre 127 désigne les arêtes longitudinales formées par la paroi de fond 106 ou la paroi de plafond 104 et les parois de côté 110, qui sont donc transversales aux deuxièmes ondulations 138

[0125] Les deuxièmes ondulations 138 s'étendent perpendiculairement aux ondulations 118 et donc parallèlement à la direction transversale 103. Les deuxièmes ondulations 138 sont espacées entre elles dans la direction longitudinale 101. De façon analogue aux ondulations 118, les espaces entre les deuxièmes ondulations 138 comprennent une pluralité d'intervalles réguliers (non représentés) et un ou plusieurs intervalles singuliers 142 (dont un seul est représenté sur la figure 9). La dimension du ou des intervalles singuliers 142 dans la direction longitudinale 101 est différente de la dimension des intervalles réguliers dans la direction longitudinale 101.

[0126] Les deuxièmes ondulations 138 espacées par l'intervalle singulier 142 sur les parois de côté 110 sont chacune prolongées continûment par une deuxième ondulation correspondante de la paroi de fond 106 et une deuxième ondulation correspondante de la paroi de plafond 104.

[0127] Dans tous les cas, les deuxièmes ondulations 138 espacées par le ou chaque intervalle singulier 142 franchissent de manière continue au moins la moitié des arêtes longitudinales 127, de manière préférée toutes les arêtes longitudinales 127, sauf éventuellement une seule. En d'autres termes, une discontinuité des deuxièmes ondulations 138 peut exister au niveau d'une ou plusieurs des arêtes longitudinales 127, mais de préférence au niveau d'une seule des arêtes longitudinales 127 ou aucune.

[0128] Le ou les intervalles singuliers 142 peuvent ou non être réalisés de façon analogue aux intervalles singuliers 122 déjà décrits. En particulier, les intervalles singuliers 142 peuvent ou non présenter une dimension transversale aux deuxièmes ondulations 138, c'est-à-dire parallèlement à la direction longitudinale 101, égale à la dimension transversale des intervalles singuliers 122. Les intervalles singuliers 142 peuvent présenter des dimensions transversales aux deuxièmes ondulations 138 identiques entre elles ou bien différentes.

[0129] La figure 10 représente un autre mode de réalisation de la cuve 100, prise dans la même orientation que sur la figure 9. Dans ce mode de réalisation, les parois de côté 110 et les parois d'extrémité 108 présentent des ondulations horizontales 158 parallèles entre elles et espacées dans la direction verticale 105. Seulement deux de ces ondulations horizontales 158 sont représentées sur la figure 9. Le nombre 147 désigne les

arêtes verticales formées par les parois de côté 110 et les parois d'extrémité 108.

[0130] Les ondulations horizontales 158 sont espacées dans la direction verticale 105. De façon analogue aux ondulations 118, les espaces entre les ondulations horizontales 158 comprennent une pluralité d'intervalles réguliers (non représentés) et un ou plusieurs intervalles singuliers 162 (dont un seul est représenté sur la figure 10). La dimension du ou des intervalles singuliers 162 dans la direction verticale 105 est différente de la dimension des intervalles réguliers dans la direction verticale 105.

[0131] Les ondulations horizontales 158 espacées par l'intervalle singulier 162 franchissent de manière continue au moins la moitié des arêtes verticales 147, de manière préférée toutes les arêtes verticales 147, sauf éventuellement une seule. En d'autres termes, une discontinuité des ondulations horizontales 158 peut exister au niveau d'une ou plusieurs des arêtes verticales 147, mais de préférence au niveau d'une seule des arêtes verticales 147 ou aucune.

[0132] Le ou les intervalles singuliers 162 peuvent ou non être réalisés de façon analogue aux intervalles singuliers 142 et 122 déjà décrits. En particulier, les intervalles singuliers 162 peuvent ou non présenter une dimension transversale aux ondulations horizontales 158, c'est-à-dire parallèlement à la direction verticale 105, égale à la dimension transversale des intervalles singuliers 142 et/ou 122. Les intervalles singuliers 162 peuvent présenter des dimensions transversales aux deuxièmes ondulations 158 identiques entre elles ou bien différentes.

[0133] De façon non représentée sur la figure 10, la géométrie de cuve peut éventuellement présenter des parois de chanfrein verticales, orientées parallèlement à la direction verticale 105 de la cuve, et disposées entre les parois de côté 110 et les parois d'extrémité 108. Les arêtes verticales 147 sont alors formées par les parois de chanfrein verticales, les parois de côté 110 et les parois d'extrémité 108. Les ondulations horizontales 158 franchissent de manière continue au moins la moitié de ces arêtes verticales 147, de manière préférée toutes les arêtes verticales 147, sauf éventuellement une seule.

[0134] Les intervalles singuliers de tous les modes de réalisation représentés précédemment peuvent être combinés de diverses manières pour faciliter l'ajustement dimensionnel de la cuve dans une ou plusieurs dimensions de l'espace.

[0135] La technique décrite ci-dessus pour réaliser une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide peut aussi être utilisée dans différents types de réservoirs, par exemple pour constituer un réservoir pour gaz naturel liquéfié (GNL) dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre, par exemple tout navire propulsé au GNL.

[0136] En référence à la figure 11, 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.

[0137] 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.

[0138] La figure 11 représente un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 75, une conduite sous-marine 76 et une installation à terre 77. Le poste de chargement et de déchargement 75 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 74 et une tour 78 qui supporte le bras mobile 74. Le bras mobile 74 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 79 pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 73. Le bras mobile 74 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de 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.

[0139] 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.

[0140] Une installation assez similaire peut être employée pour ravitailler en carburant un navire propulsé au GNL.

[0141] 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.

[0142] 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.

[0143] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.