

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 gaz liquéfié. 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 -163°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

- [0002] Le document WO-A-89/09909 divulgue une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage de gaz naturel liquéfié agencée dans une structure porteuse et dont les parois présentent une structure multicouche, à savoir de l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire ancrée contre la structure porteuse, une membrane étanche secondaire qui est supportée par la barrière thermiquement isolante secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire qui est supportée par la membrane étanche secondaire et une membrane étanche primaire qui est supportée par la barrière thermiquement isolante primaire et qui est destinée à être en contact avec le gaz naturel liquéfié stocké dans la cuve. La barrière isolante primaire comporte un ensemble de plaques rigides qui sont maintenues au moyen des supports de soudure de la membrane étanche secondaire.
- [0003] Dans un mode de réalisation, la membrane étanche primaire est formée par un assemblage de tôles rectangulaires comportant des ondulations selon deux directions perpendiculaires, lesdites tôles étant soudées entre elles à recouvrement et étant soudées par leurs bords sur des bandes métalliques fixées dans des feuillures le long des bords des plaques de la barrière isolante primaire.
- [0004] WO-A-2019077253 décrit une paroi de cuve étanche et thermiquement isolante comportant dans une direction de longueur : une première zone dans laquelle les modules isolants comportent des entretoises se développant entre le panneau de couvercle et le panneau de fond de sorte que le panneau de fond et le panneau de couvercle desdits modules isolants sont maintenus à distance l'un de l'autre par lesdites entretoises et une deuxième zone dans laquelle une mousse isolante structurelle est intercalée entre le panneau de couvercle et le panneau de fond de sorte que le panneau de couvercle des modules isolants est maintenu à distance du panneau de fond par ladite

mousse isolante structurelle.

- [0005] On a montré dans WO-A-2019077253 que le comportement en contraction dans l'épaisseur est déterminé par au moins un paramètre choisi parmi le coefficient de contraction thermique et le module élastique dans l'épaisseur. Ainsi, les caractéristiques telles que le coefficient de contraction thermique et le module d'élasticité dans l'épaisseur ne sont pas les mêmes pour ces différents modules isolants, ce qui est susceptible de créer des écarts d'épaisseur à froid, se traduisant par des écarts de hauteur entre les modules isolants successifs, dont résultent des défauts de planéité dans les surfaces de support des membranes étanches. Pour limiter ces défauts, WO-A-2019077253 prévoit une zone de transition intercalée entre la première zone et la deuxième zone, dans laquelle les modules isolants sont constitués de manière que la paroi de cuve dans ladite zone de transition présente au moins un paramètre choisi parmi le coefficient de contraction thermique et le module d'élasticité dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve dont la valeur est comprise entre la valeur correspondante de la première zone et la valeur correspondante de la deuxième zone.

Résumé

- [0006] Une idée à la base de certains aspects de l'invention consiste à limiter la vulnérabilité des membranes d'étanchéité à des écarts de hauteur entre les modules isolants successifs.
- [0007] Une autre idée à la base de certains aspects de l'invention consiste à fournir une paroi de cuve cumulant les avantages d'une membrane secondaire formée de virures parallèles, dont la robustesse a été prouvée par l'expérience, et d'une membrane primaire ondulée, qui peut présenter une très bonne tenue mécanique aux sollicitations, résultant par exemple de la contraction thermique, des mouvements de la cargaison et/ou de la déformation de la poutre navire à la mer.
- [0008] Une autre idée à la base de certains aspects de l'invention consiste à fournir une structure d'angle pour une telle paroi de cuve, qui soit relativement facile à fabriquer.
- [0009] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et thermiquement isolante intégrée dans une structure porteuse, la cuve comportant une première paroi de cuve fixée sur une première paroi porteuse et une deuxième paroi de cuve fixée sur une deuxième paroi porteuse rejoignant la première paroi porteuse au niveau d'une arête de la structure porteuse,
- [0010] dans laquelle chacune des première et deuxième parois de cuve comporte au moins une membrane étanche et une barrière isolante agencée entre la membrane étanche et la paroi porteuse,
- [0011] dans laquelle la membrane étanche comporte une pluralité de virures en alliage à faible coefficient de dilatation, une virure comportant une portion centrale plane reposant sur une surface supérieure de la barrière isolante et deux bords relevés faisant

- saillie vers l'intérieur de la cuve par rapport à la portion centrale, les virures étant juxtaposées et soudées ensemble de manière étanche au niveau des bords relevés,
- [0012] la paroi de cuve comportant une poutre d'angle métallique disposée parallèlement à l'arête et ancrée aux première et deuxième parois porteuses, la poutre d'angle comportant une première aile plane parallèle à la première paroi porteuse et une deuxième aile plane parallèle à la deuxième paroi porteuse, les deux ailes planes étant liées rigidement l'une à l'autre au niveau d'une zone de liaison étanche formant un angle de la membrane étanche, chacune des première et deuxième ailes planes présentant une portion de réception qui s'étend à distance de l'arête depuis la zone de liaison,
- [0013] dans laquelle une première portion de la barrière isolante est située sous une portion proximale des portions de réception des ailes planes et comporte au moins une rangée de premiers panneaux isolants, chacun des premiers panneaux isolants comportant une plaque de couvercle, une plaque de fond et des entretoises se développant selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve entre la plaque de fond et la plaque de couvercle pour maintenir à distance l'une de l'autre la plaque de fond et la plaque de couvercle,
- [0014] dans laquelle une deuxième portion de la barrière isolante plus éloignée de l'arête que la première portion de la barrière isolante comporte au moins une rangée de deuxièmes panneaux isolants, chacun des deuxièmes panneaux isolants comportant une plaque de couvercle, une plaque de fond et un bloc de mousse isolante intercalé entre la plaque de fond et la plaque de couvercle de sorte que la plaque de couvercle est maintenue à distance de la plaque de fond par le bloc de mousse isolante,
- [0015] et dans laquelle une portion d'extrémité des virures de la membrane étanche est soudée sur une portion distale des portions de réception des ailes planes s'étendant sur la deuxième portion de la barrière isolante.
- [0016] Grâce à cette disposition, il est possible d'utiliser les deuxièmes panneaux isolants à base de mousse isolante structurelle sur de larges portions de la paroi de cuve, pour bénéficier des meilleures propriétés d'isolation thermique de ces panneaux. Les premiers panneaux isolants présentant des entretoises se développant selon la direction d'épaisseur sont toutefois utilisés à proximité de l'arête, et éventuellement dans toute autre zone de la paroi de cuve où les contraintes de compression sont plus élevées, pour bénéficier de la meilleure résistance aux contraintes de ces panneaux isolants.
- [0017] Grâce aux caractéristiques de la poutre d'angle, les portions de réception des ailes planes de la poutre d'angle s'étendent au-dessus de la première portion de la barrière isolante, où les premiers panneaux isolants ont un comportement en contraction dans l'épaisseur qui est principalement déterminé par le comportement en contraction dans l'épaisseur des entretoises porteuses, des plaques de couvercle et des plaques de fond

et jusqu'à la deuxième portion de la barrière isolante, où les deuxièmes panneaux isolants ont un comportement en contraction dans l'épaisseur qui est principalement déterminé par le comportement en contraction dans l'épaisseur de la mousse isolante. Ainsi, les portions de réception des ailes planes de la poutre d'angle enjambent l'interface entre les première et deuxième portions de la barrière isolante et les éventuels écarts de hauteur qui s'y manifestent à froid. Les virures à bords relevés peuvent ainsi être tenues à distance de cette interface pour reposer sur une surface de support qui n'est pas affectée par ces éventuels écarts de hauteur.

- [0018] De préférence, la portion distale des ailes planes s'étend sur la deuxième portion de la barrière isolante sur une distance supérieure à 100mm, voire supérieure à 200mm, dans une direction perpendiculaire à l'arête. Ainsi, les éventuels écarts de hauteur entre les première et deuxième portions de la barrière isolante peuvent être rattrapés sur une longueur suffisante des ailes planes, de manière à éviter un cisaillement trop intense. Selon d'autres modes de réalisation avantageux, une telle cuve peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.
- [0019] L'ancrage de la poutre secondaire à la structure porteuse peut être réalisé de différentes manières. Selon un mode de réalisation, chacune des première et deuxième ailes planes présente en outre une portion d'ancrage qui s'étend vers la structure porteuse par rapport à la zone de liaison, la portion d'ancrage de la première aile plane et respectivement de la deuxième aile plane étant liée à la deuxième paroi porteuse et respectivement à la première paroi porteuse.
- [0020] La liaison entre la portion d'ancrage d'une aile plane et la paroi porteuse peut être réalisée de différentes manières, par exemple par boulonnage, soudage ou autre. Selon un mode de réalisation, la première paroi porteuse, et respectivement la deuxième paroi porteuse, porte un plat d'ancrage disposé à une distance de l'arête sensiblement égale à l'épaisseur de la barrière isolante secondaire et la portion d'ancrage de la première aile plane et respectivement de la deuxième aile plane est soudée au plat d'ancrage, de préférence à la surface du plat d'ancrage qui est éloignée de l'arête.
- [0021] Selon un mode de réalisation, un élément raidisseur en matière isolante est fixé à la poutre d'angle entre les portions d'ancrage des première et deuxième ailes planes, l'élément raidisseur comportant des plaques d'espacement agencées perpendiculairement à l'arête pour maintenir l'angle entre les portions d'ancrage des première et deuxième ailes planes égal à un angle des deux parois porteuses.
- [0022] Selon un mode de réalisation, l'élément raidisseur comporte en outre deux plaques de support en matière isolantes fixées respectivement contre une surface tournée vers l'arête des portions d'ancrage des première et deuxième ailes planes parallèlement à celles-ci, les plaques d'espacement étant agencées entre les deux plaques de support.
- [0023] La poutre d'angle peut être réalisée de différentes manières, au moyen d'un nombre

plus ou moins élevé de pièces métalliques mécanosoudées. Selon un mode de réalisation, la poutre d'angle comporte un croisillon de base ayant une première patte plane parallèle à la première paroi porteuse et une deuxième patte plane parallèle à la deuxième paroi porteuse, ladite zone de liaison étanche étant formée entre la première patte plane et la deuxième patte plane, la poutre d'angle comportant en outre deux bandes métalliques planes soudées de manière étanche aux première et deuxième pattes planes respectivement et s'étendant parallèlement aux première et deuxième parois porteuses respectivement pour former la portion de réception des ailes planes.

- [0024] Une telle structure peut être employée dans une paroi de cuve présentant une unique membrane étanche et une unique barrière isolante ou dans une paroi de cuve présentant plusieurs membranes étanches et/ou plusieurs barrières isolantes dans son épaisseur. Selon un mode de réalisation correspondant, la membrane étanche est une membrane étanche secondaire et ladite barrière isolante est une barrière isolante secondaire agencée entre la membrane étanche secondaire et la paroi porteuse et chacune des première et deuxième parois de cuve peut comporter en outre une membrane étanche primaire destinée à être en contact avec un produit contenu dans la cuve et une barrière isolante primaire agencée entre la membrane étanche primaire et la membrane étanche secondaire.
- [0025] La barrière isolante secondaire peut être réalisée de différentes manières. Selon un mode de réalisation, la barrière isolante secondaire comporte une pluralité de panneaux isolants secondaires parallélipipédiques juxtaposés.
- [0026] Selon un mode de réalisation, la membrane étanche primaire comporte des plaques métalliques présentant des premières ondulations parallèles, des deuxième ondulons perpendiculaires aux premières ondulations et des portions planes situées entre les premières ondulations et entre les deuxième ondulations et reposant sur une surface supérieure de la barrière isolante primaire,
- [0027] la paroi de cuve comportant une rangée de pièces d'angle primaires disposée parallèlement à l'arête, chaque pièce d'angle primaire comportant une cornière métallique sur laquelle est soudée une portion d'extrémité de la membrane étanche primaire des première et deuxième parois de cuve et une pièce isolante rigide agencée entre la cornière métallique et la poutre d'angle,
- [0028] les pièces d'angle primaires reposant sur une surface intérieure des première et deuxième ailes planes de la poutre d'angle,
- [0029] et des organes de retenue d'angle retiennent lesdites pièces d'angle primaires à la barrière isolante secondaire des première et deuxième parois de cuve ou aux première et deuxième parois porteuses, les organes de retenue d'angle étant configurés pour traverser de manière étanche les portions de réception des ailes planes de la poutre d'angle.

- [0030] Des organes de retenue d'angle peuvent être configurés pour retenir la pièce d'angle primaire à la barrière isolante secondaire et/ou à la paroi porteuse de chacune des deux parois de cuve. Avantageusement, les pièces d'angles peuvent être ainsi retenues sur la poutre d'angle sans créer de liaison métallique entre les deux membranes étanches, ce qui permet de limiter le flux thermique et de rendre indépendantes les deux membranes étanches, à la différence par exemple des architectures employant un double anneau de raccordement entièrement métallique, par exemple en invar®.
- [0031] Selon un mode de réalisation, les organes de retenue d'angle comportent des tiges métalliques fixées sur ou entre les premiers panneaux isolants de la barrière isolante secondaire au droit de la rangée de pièces d'angle primaires et faisant saillie à travers les portions de réception des ailes planes de la poutre d'angle pour coopérer avec les pièces d'angle primaires.
- [0032] Selon un mode de réalisation, un ou chaque organe de retenue d'angle comporte un étrier fixé sous la plaque de couvercle d'un dit premier panneau isolant, ledit étrier comportant une plaque centrale parallèle à la plaque de couvercle et deux pattes de fixation s'étendant perpendiculairement à la plaque centrale et fixées à deux entretoises dudit premier panneau isolant, et une dite tige métallique fixée à ladite plaque centrale, par exemple par vissage ou soudage, et traversant la plaque de couvercle du premier panneau isolant.
- [0033] Selon un mode de réalisation, un dit organe de retenue d'angle comporte une embase fixée à une ou chaque paroi porteuse au droit de la pièce d'angle primaire et un coupleur retenu par l'embase et s'étendant à travers l'épaisseur de la barrière isolante secondaire et la portion de réception d'une ou chaque aile plane pour coopérer avec la pièce isolante rigide.
- [0034] Un tel coupleur peut coopérer ou non avec les panneaux isolants secondaires. Selon un mode de réalisation, ledit coupleur comporte un coupleur secondaire coopérant avec un dit premier panneau isolant de la barrière isolante secondaire pour retenir le premier panneau isolant sur la paroi porteuse et un coupleur primaire porté par le coupleur secondaire et coopérant avec la pièce isolante rigide pour retenir la pièce isolante rigide.
- [0035] La barrière isolante primaire peut être réalisée de différentes manières. Selon un mode de réalisation, la barrière isolante primaire comporte une pluralité de panneaux isolants primaires parallélépipédiques juxtaposés.
- [0036] Selon un mode de réalisation, un dit panneau isolant primaire adjacent à la pièce d'angle primaire comporte une plaque de couvercle, une plaque de fond et une mousse isolante structurelle intercalée entre la plaque de fond et la plaque de couvercle de sorte que la plaque de couvercle est maintenue à distance de la plaque de fond par ladite mousse isolante structurelle. Il est aussi possible d'utiliser des panneaux isolants primaires à base de mousse isolante structurelle sur de larges portions de la paroi de

- cuve, pour bénéficier des meilleures propriétés d'isolation thermique de ces panneaux.
- [0037] Selon un mode de réalisation, la deuxième portion de la barrière isolante secondaire comporte une première rangée des deuxièmes panneaux isolants, ladite première rangée étant adjacente à la première portion de la barrière isolante secondaire,
- [0038] la barrière isolante primaire comporte une première rangée de panneaux isolants primaires adjacente à la rangée de pièces d'angle primaires, et
- [0039] la première rangée des deuxièmes panneaux isolants porte une rangée d'organes de retenue primaires pour retenir la première rangée de panneaux isolants primaires à la barrière isolante secondaire des première et deuxième parois de cuve.
- [0040] Selon un mode de réalisation, les portions de réception des ailes planes s'étendent sur la première rangée des deuxièmes panneaux isolants au-delà de ladite rangée d'organes de retenue primaires dans une direction perpendiculaire à l'arête et sont traversées de manière étanche par les organes de retenue primaires.
- [0041] Cette disposition est avantageuse en ce qu'elle permet de localiser les percements pour le passage des organes de retenue primaires dans les ailes planes plutôt que dans les virures à bords relevés. Or les ailes planes sont de préférence réalisées dans une tôle ayant une plus grande épaisseur que les virures à bords relevés.
- [0042] Selon un mode de réalisation alternatif, ladite rangée d'organes de retenue primaires est disposée sur la première rangée des deuxièmes panneaux isolants au-delà des portions de réception des ailes planes dans une direction perpendiculaire à l'arête et les organes de retenue primaires traversent de manière étanche les virures de la membrane étanche secondaire.
- [0043] Selon un mode de réalisation, un dit ou chaque deuxième panneau isolant présente une fente de relation s'étendant parallèlement à l'arête et s'étendant dans l'épaisseur du deuxième panneau isolant à travers la plaque de couvercle et une portion supérieure du bloc de mousse isolante, les organes de retenue primaires étant portés par le deuxième panneau isolant entre ladite fente de relaxation et une extrémité du deuxième panneau isolant tournée vers l'arête, de préférence à mi-distance environ entre la fente de relaxation et l'extrémité du deuxième panneau isolant.
- [0044] Selon un mode de réalisation alternatif, la première rangée des deuxièmes panneaux isolants porte la rangée d'organes de retenue primaires à une position située à environ la moitié d'une dimension du deuxième panneau isolant prise dans une direction perpendiculaire à l'arête.
- [0045] Grâce à ces dispositions, soit avec une fente de relaxation, soit sans fente de relaxation mais avec une largeur moins élevée pour le deuxième panneau isolant, il est assuré que la contraction thermique du deuxième panneau isolant dans une direction perpendiculaire à l'arête peut s'effectuer de manière relativement équilibrée de part et d'autres de la rangée d'organes de retenue primaires. Ainsi, on évite que la contraction

thermique du deuxième panneau isolant puisse créer un effort de traction sur les organes de retenue primaires, qui auraient alors tendance à cisailer la membrane étanche secondaire.

- [0046] Selon un mode de réalisation, la première rangée des deuxièmes panneaux isolants comporte une mousse isolante présentant une première densité et la deuxième portion de la barrière isolante secondaire comporte une deuxième rangée des deuxièmes panneaux isolants plus éloignée de l'arête que la première rangée des deuxièmes panneaux isolants, et la deuxième rangée des deuxièmes panneaux isolants comporte une mousse isolante présentant une deuxième densité plus basse que la première densité.
- [0047] Grâce à ces caractéristiques, comme le coefficient de contraction thermique et le module élastique de la mousse isolante évoluent avec sa densité, un écart de hauteur peut être également créé entre les deux rangées des deuxièmes panneaux isolants sous l'effet de la contraction thermique. Ainsi, en utilisant plusieurs rangées de deuxièmes panneaux isolants ayant des densités différentes, il est possible d'échelonner les écarts de hauteur causés par la contraction thermique et la compression hydrostatique sous charge en une pluralité de petits écarts successifs, au lieu de localiser ces écarts à l'interface entre les première et deuxième portions de la barrière isolante, le cas échéant barrière isolante secondaire.
- [0048] Selon un mode de réalisation, dans une direction perpendiculaire à l'arête, la dimension des pièces d'angle primaires est plus grande que la dimension de la première portion de la barrière isolante secondaire, de sorte que la rangée des pièces d'angle primaires chevauche la première rangée des deuxièmes panneaux isolants.
- [0049] Selon un mode de réalisation alternatif, dans une direction perpendiculaire à l'arête, la dimension des pièces d'angle primaires est plus petite que la dimension de la première portion de la barrière isolante secondaire, de sorte que la première rangée des panneaux isolants primaires chevauche la première portion de la barrière isolante secondaire.
- [0050] Grâce à ces dispositions, l'interface entre la première portion de la barrière isolante secondaire et la deuxième portion de la barrière isolante secondaire est chevauchée par des éléments de la barrière isolante primaire, à savoir soit la rangée des pièces d'angle primaires, soit la première rangée des panneaux isolants primaires. Ce chevauchement a pour effet de distribuer sur la largeur de ces éléments de la barrière isolante primaire un éventuel écart de hauteur à froid entre les deux portions de la barrière isolante secondaire. Ainsi, la planéité de la surface de support de la membrane primaire est améliorée à cet endroit et l'on réduit de fait les efforts de cisaillement sur la membrane.
- [0051] Selon un mode de réalisation, la pièce isolante rigide des pièces d'angle primaires comporte une mousse isolante présentant une première densité et un dit ou chaque

panneau isolant primaire comporte une plaque de couvercle, une plaque de fond et un bloc de mousse isolante intercalé entre la plaque de fond et la plaque de couvercle de sorte que la plaque de couvercle est maintenue à distance de la plaque de fond par ledit bloc de mousse isolante, ledit bloc de mousse isolante présentant une deuxième densité plus basse que la première densité.

- [0052] Grâce à ces caractéristiques, il est possible d'utiliser la deuxième densité de mousse isolante sur de larges portions de la barrière isolante primaire, pour bénéficier des meilleures propriétés d'isolation thermique. La première densité de mousse isolante est toutefois utilisée à proximité de l'arête, et éventuellement dans toute autre zone de la paroi de cuve où les contraintes de compression sont plus élevées, pour bénéficier de la meilleure résistance aux contraintes.
- [0053] Selon un mode de réalisation, dans une première rangée de panneaux isolants primaires adjacente à la rangée de pièces d'angle primaires, le panneau isolant primaire comporte une plaque de couvercle, une plaque de fond et au moins deux blocs de mousse isolante de densités différentes intercalés entre la plaque de fond et la plaque de couvercle de sorte que la plaque de couvercle est maintenue à distance de la plaque de fond par lesdits blocs de mousse isolante. La plaque de fond et la plaque de couvercle peuvent être collées aux blocs de mousse isolante.
- [0054] De préférence, un premier des deux blocs de mousse isolante plus proche de la rangée de pièces d'angle présente une densité plus élevée que le deuxième bloc de mousse isolante plus éloigné de la rangée de pièces d'angle. Le premier bloc de mousse isolante présente par exemple la même densité que la pièce isolante rigide des pièces d'angle primaires ou que la première rangée des deuxièmes panneaux isolants.
- [0055] Selon un mode de réalisation, ladite rangée d'organes de retenue primaires est disposée sur la première rangée des deuxièmes panneaux isolants au droit du premier bloc de mousse isolante, à savoir le plus dense.
- [0056] La membrane étanche secondaire peut être formée de différentes manières. Selon un mode de réalisation, dans au moins une dite paroi de cuve, une direction longitudinale des virures est perpendiculaire à l'arête, la membrane étanche secondaire comportant en outre une rangée de virures d'extrémité ayant un bord plat formant la portion d'extrémité des virures de la membrane étanche secondaire soudée à la poutre d'angle, les virures d'extrémité ayant des bords relevés parallèles à ladite direction longitudinale des virures et qui s'amenuisent progressivement en direction de la poutre d'angle. D'autres détails d'une telle membrane sont par exemple décrits dans WO-A-2012072906.
- [0057] La membrane étanche primaire peut être formée de différentes manières. Selon des modes de réalisation, les premières et deuxièmes ondulations peuvent être continues ou discontinues au niveau des intersections entre premières et deuxièmes ondulations.

- [0058] Selon un mode de réalisation, les premières ondulations de la membrane étanche primaire s'étendent perpendiculairement à l'arête, la membrane étanche primaire comportant des pièces de capuchon soudées sur la cornière métallique pour fermer lesdites premières ondulations. La pièce de capuchon est connue par exemple d'après WO-A-2014167228.
- [0059] Selon un mode de réalisation, les premières ondulations de la membrane étanche primaire s'étendent perpendiculairement à l'arête, la membrane étanche primaire comportant une pièce d'angle ondulée soudée sur la cornière métallique pour relier une dite première ondulation de la première paroi de cuve à une dite première ondulation de la deuxième paroi de cuve. La pièce d'angle ondulée est connue par exemple d'après FR-A-2739675.
- [0060] Selon un mode de réalisation, des éléments de pontage sont disposés à cheval sur la première rangée des panneaux isolants primaires et la rangée des pièces d'angle primaires pour améliorer la planéité de la surface supérieure de la barrière isolante primaire.
- [0061] La poutre secondaire peut être fabriquée avec une plus ou moins grande longueur. Selon un mode de réalisation, la poutre secondaire comporte au moins deux segments de poutre juxtaposés le long de l'arête avec un espacement et un élément de liaison disposé dans l'espacement pour assembler les deux segments de poutre. Ainsi, il est possible de fabriquer poutre secondaire en plusieurs morceaux successifs, présentant par exemple une longueur de 1 à 3m chacun, ce qui facilite la manutention.
- [0062] Selon un mode de réalisation, le produit contenu dans la cuve est un gaz liquéfié, tel que du gaz naturel liquéfié.
- [0063] 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 régazéification (FSRU), une unité flottante de production et de stockage déporté (FPSO) et autres.
- [0064] Selon un mode de réalisation, un navire pour le transport d'un fluide cryogénique comporte une double coque et une cuve précitée disposée dans la double coque.
- [0065] Selon un mode de réalisation, la double coque comporte une coque interne formant la structure porteuse de la cuve.
- [0066] 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 entraîner un fluide à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[0067] 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.

Brève description des figures

- [0068] 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.
- [0069] [Fig.1] la figure 1 est une vue partielle en perspective d'une zone d'angle d'une cuve étanche et thermiquement isolante selon un mode de réalisation, à une première étape de fabrication ;
- [0070] [Fig.2] la figure 2 est une vue analogue à la figure 1, à une deuxième étape de fabrication ;
- [0071] [Fig.3] la figure 3 est une vue analogue à la figure 1, à une troisième étape de fabrication ;
- [0072] [Fig.4] la figure 4 est une vue en perspective, agrandie et écorchée, montrant un détail d'un panneau isolant pouvant être utilisé dans la zone d'angle ;
- [0073] [Fig.5] la figure 5 est une vue analogue à la figure 3, montrant un autre mode de réalisation de la zone d'angle ;
- [0074] [Fig.6] la figure 6 est une vue de la zone d'angle à la troisième étape de fabrication, en coupe dans un plan perpendiculaire à l'arête ;
- [0075] [Fig.7] la figure 7 est une vue en perspective d'un élément raidisseur pouvant être utilisé dans la zone d'angle ;
- [0076] [Fig.8] la figure 8 est une vue analogue à la figure 1, montrant la zone d'angle à une étape de fabrication finale avec des parties écorchées ;
- [0077] [Fig.9] la figure 9 est une vue de la zone d'angle à l'étape finale de fabrication, en coupe dans un plan perpendiculaire à l'arête, selon un autre mode de réalisation ;
- [0078] [Fig.10] la figure 10 est une vue analogue à la figure 9, montrant encore un autre mode de réalisation de la zone d'angle.
- [0079] [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.
- [0080] [Fig.12] la figure 12 est une vue partielle en perspective de la membrane primaire et de la barrière isolante primaire selon un mode de réalisation.
- [0081] [Fig.13] la figure 13 est une vue analogue à la figure 9 montrant encore un autre mode de réalisation de la zone d'angle.
- [0082] [Fig.14] la figure 14 est une vue en perspective d'un panneau isolant pouvant être

utilisé dans la zone d'angle selon un mode de réalisation.

[0083] [Fig.15] la figure 15 est une vue partielle en perspective d'une zone d'angle de la cuve dans laquelle le panneau isolant de la Fig. 14 est utilisé.

[0084] [Fig.16] la figure 16 est une vue analogue à la figure 14 montrant un panneau isolant selon un autre mode de réalisation.

Description détaillée de modes de réalisation

[0085] La paroi de cuve est attachée à la paroi d'une structure porteuse. Par convention, on appellera « sur » ou « au-dessus » une position située plus près de l'intérieur de la cuve et « sous » ou « en dessous » une position située plus près de la paroi porteuse, quelle que soit l'orientation de la paroi de cuve par rapport au champ de gravité terrestre.

[0086] Sur la figure 8, on a représenté la structure multicouche de deux parois 1 et 101 d'une cuve étanche et thermiquement isolante pour le stockage d'un fluide liquéfié, tel que du gaz naturel liquéfié (GNL), dans une zone d'angle. Chaque paroi 1, 101 de la cuve comporte successivement, dans le sens de l'épaisseur, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire 2, 102 retenue à une paroi porteuse 3, 103, une membrane étanche secondaire 4, 104 reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire 2, 102, une barrière thermiquement isolante primaire 5, 105 reposant contre la membrane étanche secondaire 4, 104 et une membrane étanche primaire 6, 106 destinée à être en contact avec le gaz naturel liquéfié contenu dans la cuve.

[0087] La structure porteuse peut notamment être formée par la coque ou la double coque d'un navire. La structure porteuse comporte une pluralité de parois porteuses 3, 103 définissant la forme générale de la cuve, habituellement une forme polyédrique. Les deux parois porteuses 3 et 103 se rejoignent au niveau d'une arête 100, en formant un angle de dièdre qui pourrait avoir différentes valeurs. Ici, un angle de 90° est représenté.

[0088] On va maintenant décrire plus précisément la structure de la zone d'angle en référence aux figures 1 à 7. Etant donné que la structure des deux parois de cuve 1 et 101 est essentiellement symétrique par rapport à l'arête 100 dans les modes de réalisation illustrés, on décrira essentiellement la paroi de cuve 1. Les éléments de la paroi de cuve 101 porteront les mêmes chiffres de référence que les éléments de la paroi de cuve 1 augmentés de 100 et ne seront pas décrits à nouveau.

[0089] En référence à la figure 1, un croisillon de base 10, métallique, est placé parallèlement à l'arête 100 dans l'épaisseur de la barrière isolante secondaire 2, 102. Le croisillon de base 10 comporte deux pièces planes qui s'étendent parallèlement aux parois porteuses 3 et 103 respectivement et se croisent de manière étanche. Chaque pièce plane est constituée d'une portion d'ancrage 11, 111 soudée à un plat d'ancrage 113, 13, de préférence à la surface du plat d'ancrage qui est éloignée de l'arête 100, et

une patte plane 12, 112 qui fait saillie à l'opposé de la paroi porteuse 103, 3 à laquelle la portion d'ancrage est fixée. Ces deux pièces planes sont assemblées à angle droit par une liaison soudée. Chacune des deux pièces planes peut être réalisée d'une seule pièce ou sous la forme de plusieurs plaques soudées ensemble.

- [0090] Une garniture isolante 15 est logée le long de l'arête 100 dans l'espace entre les deux plats d'ancrage 13, 113, derrière le croisillon de base 10. Dans un premier mode de réalisation, cette garniture isolante 15 ne supporte pas d'efforts élevés et peut être réalisée en laine de verre ou autre matière comme de la mousse isolante. Dans un deuxième mode de réalisation, si une plus grande résistance mécanique est souhaitée dans cette zone, la garniture isolante 15 comporte un caisson en contreplaqué rempli d'un matériau isolant tel que de la laine de verre ou de roche, de la perlite ou de la mousse isolante.
- [0091] En référence à la figure 2, on a représenté la barrière isolante secondaire 2. La barrière thermiquement isolante secondaire 2 comporte une pluralité de panneaux isolants secondaires qui sont ancrés sur la paroi porteuse 3 au moyen de dispositifs de retenue qui ne sont pas tous représentés. Les panneaux isolants secondaires présentent une forme générale parallélépipédique et sont disposés selon des rangés parallèles à l'arête 100. Des boudins de mastic non représentés sont interposés entre les panneaux isolants secondaires et la paroi porteuse 3 pour rattraper les écarts de la paroi porteuse 3 par rapport à une surface plane de référence. Un film non représenté, par exemple en papier kraft, peut être inséré entre boudins de mastic et la paroi porteuse 3, 103 pour empêcher une adhérence des boudins de mastic sur la paroi porteuse 3, 103.
- [0092] Un tel film n'est pas indispensable. On peut inversement utiliser les boudins de mastic pour coller les panneaux isolants secondaire à la paroi porteuse 3.
- [0093] Les panneaux isolants secondaires sont réalisés selon différentes structures. Dans une première portion de la barrière isolante secondaire 2, un panneau isolant 21 d'un premier type est réalisé sous la forme d'un caisson comportant une plaque de fond 41, une plaque de couvercle 40 et des voiles porteurs 42 s'étendant, dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve, entre la plaque de fond 41 et la plaque de couvercle 40 et délimitant une pluralité de compartiments 43 remplis d'une garniture isolante 44, par exemple une mousse polymère, notamment en polyuréthane, de la perlite, ou de la laine de verre ou de roche.
- [0094] Dans une variante, les voiles porteurs 42 sont remplacés par des piliers de petite section par rapport à la section globale du panneau. Une telle structure générale est par exemple décrite dans WO-A-2012/127141 ou WO-A-2017/103500.
- [0095] Dans un mode de réalisation mieux visible sur la figure 4, un panneau isolant 21 comporte des voiles porteurs 42 se développant parallèlement à l'arête 100. Les voiles porteurs 42, la plaque de fond 41 et la plaque de couvercle 40 peuvent être réalisées en

bois contreplaqué ou en matière composite. Elles définissent des compartiments 43, représentés vides sur la figure 4 mais qui sont en fait remplis d'une garniture isolante 44. Dans une variante de réalisation représentée sur les figures 14 à 16, et applicable à toutes les figures, les voiles porteurs 42 sont orientés perpendiculairement à l'arête 100.

- [0096] Dans une deuxième portion de la barrière isolante secondaire 2, un panneau isolant 22 d'un deuxième type comporte une plaque de fond 23, une plaque de couvercle 24, et éventuellement une plaque intermédiaire non représentée, par exemple réalisées en bois contreplaqué. Le panneau isolant 22 comporte également une ou plusieurs couche(s) de mousse polymère isolante 25 prise(s) en sandwich entre la plaque de fond 23 et la plaque de couvercle 24 (et l'éventuelle plaque intermédiaire) et collée(s) à celles-ci. La mousse polymère isolante 25 peut notamment être une mousse à base de polyuréthane, optionnellement renforcée par des fibres. Une telle structure générale est par exemple décrite dans WO-A- 2017/006044.
- [0097] Les panneaux isolants secondaires ont des structures différentes selon leur emplacement dans la paroi de cuve 1. Ainsi, les panneaux isolants 21 du premier type sont employés dans une zone d'extrémité de la paroi de cuve 1 située près de l'arête 100 et les panneaux isolants secondaires 22 du deuxième type sont employés plus loin de l'arête 100.
- [0098] Ainsi, sur la figure 2, la barrière isolante secondaire 2 comporte une rangée de panneaux isolants 21 du premier type disposée contre le croisillon de base 10. Les panneaux isolants 21 forment une première portion de la barrière isolante secondaire 2, dans laquelle le comportement en contraction dans l'épaisseur est contrôlé par des entretoises. Les panneaux isolants 21 sont disposés partiellement sous la patte plane 12, qui peut être vissée dans la plaque de couvercle 40 pour la rigidifier. Les panneaux isolants 21 sont fixés à la paroi porteuse 3 par des organes de retenue 29 disposés entre les panneaux isolants 21.
- [0099] Par exemple, comme visible sur la figure 6, l'organe de retenue 29 comporte deux goujons 26 logés dans des embases 27 soudées à la paroi porteuse 3 et une platine 28 boulonnée sur les goujons 26 pour venir en prise sur deux panneaux isolants 21 disposés de part et d'autre de l'organe de retenue 29. En particulier, la platine 28 vient en prise sur des tasseaux 45 formés aux extrémités des voiles porteurs 42. De façon alternative, les tasseaux 45 sont indépendants des voiles porteurs 42, par exemple sous la forme de pièces rapportées sur la plaque de fond 41.
- [0100] Comme visible sur la figure 3, une bande plane 30 métallique est soudée de manière étanche à la patte plane 12 du croisillon de base 10 et s'étend dans le prolongement de la patte plane 12 à distance de l'arête, de manière à recouvrir la rangée des panneaux isolants 21 et à chevaucher la première rangée des panneaux isolants 22. Le che-

vauchement sur la première rangée des panneaux isolants 22 peut avoir une dimension plus ou moins élevé, comme visible comparativement sur les figures 3 et 5. Il est de préférence supérieur à 100mm.

- [0101] Le croisillon de base 10 et les bandes planes 30 et 130 constituent ensemble une poutre d'angle qui complète la membrane étanche secondaire 4 dans l'angle de la cuve. Pour le reste, la membrane étanche secondaire 44 comporte une nappe continue de virures métalliques, à bord relevés non représentées car connues par ailleurs. Les virures sont soudées par leurs bords relevés sur des supports de soudure parallèles non représentés qui sont fixés dans des rainures 31 ménagées sur les plaques de couvercle 24 des panneaux isolants 22. Les virures 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 $1,2 \cdot 10^{-6}$ et $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Il est aussi possible d'utiliser des alliages de fer et de manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement de l'ordre de $7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. La poutre d'angle peut être réalisée dans les mêmes matériaux. D'autres détails d'une telle nappe continue de virures métalliques sont décrits par exemple dans WO-A-2012/072906.
- [0102] La figure 3 montre seulement l'extrémité des virures de la membrane secondaire 4, qui est formée d'une rangée de virures d'extrémité 32 ayant un bord plat 33 soudé de manière étanche à la bande plane 30 et des bords relevés prolongeant les bords relevés de virures et qui s'amenuisent progressivement en direction du bord plat 33. Les virures d'extrémité 32 sont disposées sur les panneaux isolants 22 et ne débordent pas sur les panneaux isolants 21. Ainsi, un éventuel écart de hauteur entre les panneaux isolants des deux types n'est pas répercuté sur les virures à bord relevés, mais seulement sur la bande plane 30 qui est plane et peut plus facilement travailler en flexion.
- [0103] Pour réaliser la poutre d'angle tout le long de l'arête 100, il est préférable d'employer plusieurs segments successifs, dont la longueur soit adaptée aux conditions de maintenance, par exemple 1 à 3m par segment. La figure 5 illustre schématiquement deux segments successifs du croisillon de base 10.
- [0104] La figure 6 montre un raidisseur 34 qui est fixé à la poutre d'angle entre les portions d'ancrage du croisillon de base 10, par exemple par vissage. Le raidisseur 34 comporte des plaques d'espacement triangulaire 35 qui maintiennent l'angle entre les portions d'ancrage.
- [0105] Comme visible sur la figure 7, le raidisseur 34 peut être réalisé comme un élément comportant en outre deux plaques de support 36 fixées respectivement contre les portions d'ancrage du croisillon de base 10, par exemple par vissage. Le raidisseur 34 est par exemple réalisé en contreplaqué ou autre matière isolante.
- [0106] La figure 3, 5 ou 6 représente une paroi de cuve qui peut être considérée comme

terminée si une seule membrane étanche est utilisée. On va maintenant décrire plus précisément l'élément primaire de la cuve, qui est donc optionnel.

- [0107] La figure 3 montre des organes de retenue primaires montés sur les panneaux isolants 21 et 22 pour fixer la barrière isolante primaire 5. Plus précisément, la jonction entre les barrières isolantes primaires 5 et 105 est réalisée au moyen d'une rangée de pièces d'angle primaires 37 placée sur la poutre d'angle. La pièce d'angle 37 comporte une pièce isolante 38 en forme de cornière ayant deux ailes perpendiculaires dont l'épaisseur est sensiblement égale à l'épaisseur des barrières isolantes primaires 5 et 105. Une cornière métallique 39 est fixée sur la surface supérieure de pièce isolante 38 le long de l'angle. La pièce isolante 38 peut être réalisée de différentes manières, par exemple en bois contreplaqué massif ; en un ou plusieurs blocs d'une structure sandwich faite d'une ou plusieurs couches de mousse polymère et une ou plusieurs plaques rigides, par exemple en bois contreplaqué ; ou encore sous la forme d'une ou plusieurs boîtes remplies de matière isolante.
- [0108] La pièce isolante 38 peut être réalisée en une seule partie ou plusieurs parties. Les figures 8 à 10 illustrent un mode de réalisation dans lequel la pièce d'angle primaire 37 comporte la cornière 39 et une pièce isolante 38 en deux parties symétriques. Plus précisément, chaque partie symétrique comporte une structure sandwich faite d'un bloc d'une mousse polymère 63 de forte densité, par exemple entre 150 et 300 kg/m³, notamment environ 210 kg/m³, et deux plaques rigides 61 et 64, par exemple en bois contreplaqué.
- [0109] Des goujons filetés 46 sont portés par les panneaux isolants 21 pour fixer les pièces d'angle primaires 37. Comme visible sur la figure 4, le goujon 46 peut être vissé dans un insert 47 monté dans le panneau isolant 21 sous la plaque de couvercle 40. L'insert 47 comporte un étrier 48 en forme de U inversé, dont les ailes sont fixées aux voiles 42, et une douille fileté 49 fixée sur la plaque centrale de l'étrier 48 et logée dans un perçage 50 de la plaque de couvercle 40.
- [0110] Les goujons filetés 46 sont ainsi disposés sur la bande plane 30 et traversent celle-ci de manière étanche, ce qui permet de limiter le nombre de perçages dans les virures à bords relevés, qui sont plus fragiles. La fixation des pièces d'angle primaires 37 par les goujons filetés 46 peut être réalisée de différentes manières, par exemple comme décrit dans WO-A-2018087466.
- [0111] Au niveau de la traversée de la membrane secondaire 4, le goujon fileté 46 peut porter une collerette dont la périphérie est soudée à la membrane secondaire 4 pour assurer l'étanchéité.
- [0112] Pour limiter le pont thermique causé par les organes de retenue primaires, les goujons filetés 46 sont configurés pour mettre en prise une partie basse de la pièce isolante 38, à distance de la membrane étanche primaire 6. Par exemple comme visible sur la figure

- 10, une platine 60 met en prise une plaque de fond 61 de la pièce isolante 37 ou un tasseau proche de ce panneau de fond.
- [0113] Des goujons filetés 52 sont aussi fixés sur la première rangée des panneaux isolants 22 et des goujons filetés 53 sur la deuxième rangée des panneaux isolants 22 afin de former des organes de retenue pour des panneaux isolants primaires 54.
- [0114] Sur la figure 3, les goujons filetés 52 traversent les virures d'extrémité 32, alors que sur la figure 5 où la bande plane 30 est plus large, ils traversent la bande plane 30. La configuration de la figure 5 permet de limiter encore le nombre de perçages dans les virures à bords relevés.
- [0115] Comme visible sur la figure 8, la barrière thermiquement isolante primaire 5 comporte une pluralité de panneaux isolants primaires 54 présentant une forme générale parallélépipédique. Les panneaux isolants primaires 54 peuvent présenter des longueurs et largeurs identiques ou différentes de celles des panneaux isolants 22 sous-jacents.
- [0116] Les panneaux isolants primaires 54 peuvent être réalisés selon différentes structures connues par ailleurs. De préférence, le panneau isolant primaire 54 présente une structure multicouche similaire au panneau isolant 22.
- [0117] Ainsi, les panneaux isolants primaires 54 sont retenus aux panneaux isolants 22 sous-jacents à l'aide des goujons filetés 52 et 53, de préférence situés au niveau des coins des panneaux isolants primaires 54 qui sont par exemple agencés pour coïncider avec les centres des panneaux isolants 22 sous-jacents.
- [0118] Comme mieux visible sur les figures 9 et 10, la longueur de la pièce d'angle 37 est de préférence différente de la longueur du panneau isolant 21 dans la direction perpendiculaire à l'arête 100. Ainsi, sur la figure 10 qui correspond à la géométrie de la figure 8, la pièce d'angle 37 est de plus longue que le panneau isolant 21, de sorte qu'elle chevauche la première rangée des panneaux isolants 22. Inversement, sur la figure 9, le panneau isolant 21 est plus long que la pièce d'angle 37, de sorte que c'est la première rangée des panneaux isolants primaires 54 qui vient chevaucher la rangée des panneaux isolants 21.
- [0119] Dans les deux cas, la planéité de la barrière isolante primaire 5 est ainsi mieux préservée même si un écart de hauteur se produit à froid entre des panneaux isolants 21 et 22.
- [0120] Pour améliorer la planéité de la surface supérieure de la barrière isolante primaire 5, qui doit porter la membrane étanche primaire 6, il est aussi possible d'ajouter des éléments de pontage non représentés, par exemple sur la forme de plaques planes, disposés à cheval sur la première rangée des panneaux isolants primaires 54 et la rangée des pièces d'angle 37. Plus de détails sur la manière de réaliser un tel élément de pontage peuvent être trouvés dans la publication WO-A-2016046487.

- [0121] La figure 8 montre aussi que la membrane étanche primaire 6 comporte une nappe continue de tôle qui présente deux séries d'ondulations mutuellement perpendiculaires. La première série d'ondulations 55 s'étend perpendiculairement à l'arête 100. La deuxième série d'ondulations 56 s'étend parallèlement à l'arête 100. Les deux séries d'ondulations peuvent présenter un espacement régulier ou un espacement irrégulier périodique.
- [0122] Dans le mode de réalisation illustré, les ondulations 55 et 56 sont continues et forment des intersections entre les deux séries d'ondulations. Dans un autre mode de réalisation, la membrane étanche primaire 6 peut aussi présenter deux séries d'ondulations mutuellement perpendiculaires avec des discontinuités de certaines ondulations au niveau des intersections entre les deux séries. Par exemple, dans ce cas, les interruptions peuvent être réparties alternativement dans la première série d'ondulations et la deuxième série d'ondulations et, au sein d'une série d'ondulations, les interruptions d'une ondulation sont décalées par rapport aux interruptions d'une ondulation parallèle adjacente. Ce décalage peut être égal à l'espacement entre deux ondulations parallèles.
- [0123] La membrane étanche primaire 6 peut être formée de plaques de tôle rectangulaires soudées ensemble en formant des petites zones de recouvrement le long de leurs bords, selon la technique connue. La membrane primaire 6 est fixée sur la barrière isolante primaire 5 par tout moyen adapté. Des bandes d'ancrage métalliques 58 peuvent être fixées sur les plaques de couvercle des panneaux isolants primaires 54 aux emplacements des contours des plaques rectangulaires. Les bords des plaques rectangulaires peuvent ainsi être fixés par soudage le long des bandes d'ancrage 58. La bande d'ancrage est fixée dans un lamage sur la plaque de couvercle par tout moyen adapté, par exemple vis ou rivets. Les bandes d'ancrage 58 peuvent être disposées à différents emplacements sur les panneaux isolants primaires 54.
- [0124] Par exemple, sur la figure 8, les bandes d'ancrage 58 d'un panneau isolant primaire 54 suivent deux lignes qui se coupent perpendiculairement à proximité d'une zone centrale du panneau isolant primaire 54. Dans un mode de réalisation illustré sur la figure 12, les bandes d'ancrage 58 sont disposées le long des bords du panneau isolant primaire 54 tout autour de celui-ci. Ainsi, les bandes d'ancrage 58 longeant deux panneaux isolants primaires 54 adjacents sont directement reliées par une portion plane 69 de la membrane primaire 6. La portion plane 69 s'oppose à un déplacement d'écartement mutuel des deux panneaux isolants primaires 54 adjacents de manière plus raide que ne le ferait une portion ondulée de la membrane primaire 6.
- [0125] Exemple de dimensionnement
- [0126] Dans un mode réalisation, la poutre d'angle 10, 30 est faite de tôles métalliques, par exemple en invar®, dont l'épaisseur est comprise entre 1 et 2 mm, par exemple

1,5mm.

- [0127] Les virures de la membrane étanche secondaire 4 peuvent présenter une épaisseur inférieure à 1mm, par exemple 0,7mm. Les virures d'extrémité 32 peuvent présenter une épaisseur plus grande mais inférieure à 1.5mm, par exemple 1mm.
- [0128] Dans un mode réalisation, la membrane étanche primaire 6 présente une plus grande épaisseur que la membrane étanche secondaire 4, par exemple entre 1 et 1,5mm et notamment 1,2mm.
- [0129] L'épaisseur des plats d'ancrage 13, 113 est par exemple entre 5 et 12mm, notamment environ 8 mm.
- [0130] L'extrémité de la membrane étanche primaire 6 est soudée sur la cornière métallique 39 de manière étanche. Plusieurs solutions existent pour assurer l'étanchéité des ondulations 55, 155 perpendiculaires à l'arête 100. Dans le mode de réalisation de la figure 8, des pièces d'angle ondulées 57 soudées sur la cornière métallique 39 relient à chaque fois une ondulation 55 à une ondulation 155. La pièce d'angle ondulée 57 est connue par exemple d'après FR-A-2739675.
- [0131] Dans un mode de réalisation non représenté, des pièces de capuchon sont soudées sur la cornière métallique 39 pour fermer l'extrémité des ondulations 55, 155. La pièce de capuchon est connue par exemple d'après WO-A-2014167228.
- [0132] Dans la mode de réalisation de la figure 10, les chiffres de référence identiques désignent des éléments identiques ou similaires à ceux de la figure 8. Dans ce cas, les organes de retenue 29 sont remplacés par des organes de retenue 62 qui retiennent aussi la pièce d'angle primaire 37 directement à la paroi porteuse 3. Pour cela, un organe de retenue 62 comporte un coupleur secondaire, en une ou plusieurs parties, dont la base est liée à la paroi porteuse 3, par exemple au moyen d'une embase faisant rotule, et qui porte lui-même un coupleur primaire mettant en prise la pièce isolante 38 ou deux pièces isolantes 38 pour la serrer contre la membrane secondaire 4. D'autres détails des organes de retenue 62 peuvent être trouvés par exemple dans FR-A-2798358.
- [0133] Les figures 9 et 10 illustrent également différentes possibilités quant à la première rangée des panneaux isolants 22. Sur la figure 9 une fente de relaxation 65 est coupée dans la moitié supérieure du panneaux isolants 22 de manière que le goujon fileté 52 soit à égale distance de la fente de relaxation 65 et de l'extrémité du panneaux isolants 22, dans la direction perpendiculaire à l'arête 100. Sur la figure 10 le panneau isolant 22 de la première rangée est beaucoup plus court, de sorte que le goujon fileté 52 soit à égale distance des deux extrémités du panneaux isolants 22, dans la direction perpendiculaire à l'arête 100.
- [0134] Ces dispositions permettent de symétriser l'effet de la contraction thermique sur la position du goujon fileté 52 et évitent ainsi une traction indésirable sur la membrane

secondaire 4.

- [0135] Par ailleurs, la première rangée des panneaux isolants 22 des Figs. 9 et 10 peut être réalisée avec une mousse de densité plus grande que les rangées suivantes, pour réaliser une zone de transition comme décrit dans WO-A-2019077253. Un mode de réalisation similaire est illustré sur la Fig. 13, qui est une vue analogue à la Fig. 9 sur laquelle les mêmes chiffres de référence désignent des éléments identiques ou analogues à ceux de la Fig. 9. Ici la première rangée 122 des panneaux isolants secondaires du deuxième type est réalisée dans une mousse présentant une densité, par exemple entre 170 et 210 kg/m³, plus grande que les rangées suivantes des panneaux isolants 22, par exemple 130 kg/m³.
- [0136] La figure 13 illustre aussi un autre mode de réalisation de la première rangée des panneaux isolants primaires. Ici, le panneau isolant primaire 154 de la première rangée comporte, entre la plaque de couvercle et la plaque de fond, deux blocs de mousse 66 et 67 successivement dans la direction de longueur perpendiculaire à l'arête 100. Les deux blocs de mousse 66 et 67 ont des densités différentes. Le bloc de mousse 66 est réalisée dans une mousse présentant une densité, par exemple entre 170 et 210 kg/m³, plus grande que le bloc de mousse 67, par exemple 130 kg/m³. En particulier, le bloc de mousse 66 peut être réalisée avec la même densité que la mousse polymère 63 ou que la mousse de la première rangée 122 des panneaux isolants secondaires. L'interface 68 entre les deux blocs de mousse 66 et 67 est préférentiellement libre, c'est-à-dire non collée. L'interface 68 est à l'aplomb de la première rangée 122 des panneaux isolants secondaires. Ceci favorise une transition progressive entre les zones de la paroi de cuve ayant des écarts de raideur en compression et/ou des écarts de contraction.
- [0137] La plaque de fond et la plaque de couvercle du panneau isolant primaire 154 peuvent être collées sur les blocs de mousse 66 et 67.
- [0138] Ici aussi, le goujon fileté 52 est porté par la première rangée 122 des panneaux isolants secondaire, par exemple à égale distance des deux extrémités du panneau isolant secondaire dans la direction perpendiculaire à l'arête 100. Le goujon fileté 52 met en prise le panneau isolant primaire 154 au niveau du bloc de mousse 66, qui est le plus dense. En variante, le goujon fileté 52 pourrait mettre en prise le panneau isolant primaire 154 au niveau du bloc de mousse 67.
- [0139] En référence aux figures 14 et 15, on décrit maintenant un autre mode de réalisation de la zone d'angle de la cuve. Ce mode de réalisation diffère principalement par la structure des panneaux isolants secondaires 121 du premier type. Les éléments analogues ou identiques à ceux des figures 1 à 3 portent le même chiffre de référence que dans ces figures.
- [0140] Les panneaux isolants secondaires 121 sont conçus pour que les goujons filetés 46

destinés à fixer les pièces d'angle primaires 37 soient fixés entre deux panneaux isolants secondaires 121. Pour cela, les panneaux isolants secondaires 121 sont disposés sous la forme d'une rangée parallèle à l'arête située partiellement sous la patte plane 12 comme précédemment. Les panneaux isolants secondaires 121 sont fixés à la paroi porteuse 3 par des organes de retenue 29 disposés entre les panneaux isolants secondaires 121 comme précédemment.

- [0141] Comme mieux visible sur la figure 14, un panneau isolant secondaire 121 présente une forme de parallélépipède et comporte deux voiles porteurs latéraux 87 et un voile porteur central 88 se développant perpendiculairement à l'arête 100. Les voiles porteurs latéraux 87 et le voile porteur central 88, la plaque de fond 41 et la plaque de couvercle 40 peuvent être réalisées en bois contreplaqué ou en matière composite. Ils définissent des compartiments remplis d'une garniture isolante 92, par exemple de la laine de verre. La plaque de couvercle 40 présente un lamage 91 pour recevoir la patte plane 12.
- [0142] Des fenêtres 85 sont ménagées dans le haut des voiles porteurs latéraux 87 pour permettre d'insérer les extrémités d'une platine de support 83, de préférence métallique, qui s'étend entre deux panneaux isolants secondaires 121 adjacents, au-dessus des organes d'ancrage 29. Un bloc de matière isolante non représenté est de préférence logé entre les deux panneaux isolants secondaires 121 adjacents, entre les organes d'ancrage 29 et la platine de support 83, de manière à réduire les espaces disponibles pour la convection. Ce bloc de matière isolante permet de supporter la platine de support 83 lors du montage de la cuve.
- [0143] Grâce aux fenêtres 85, la platine de support 83 est en prise avec toute l'épaisseur des voiles porteurs latéraux 87 sur le bord supérieur des fenêtres 85, ce qui permet d'assurer un ancrage résistant contre l'arrachement. De manière similaire à l'insert 47, la platine de support 83 permet de fixer deux goujons filetés 46.
- [0144] Dans ce mode de réalisation des fenêtres 86 sont ménagées dans le bas des voiles porteurs latéraux 87 pour permettre de mettre en prise les organes de retenue 29 avec toute l'épaisseur des voiles porteurs latéraux 87 sur le bord inférieur des fenêtres 86. Ainsi, l'absence des tasseaux 45 permet de relativement diminuer les espacements entre les panneaux isolants secondaires 121.
- [0145] En variante, les fenêtres 85 et/ou les fenêtres 86 peuvent être ménagées dans une partie de l'épaisseur des voiles porteurs latéraux 87. Les contours des fenêtres 85 et des fenêtres 86 peuvent être différents, comme représentés, ou identiques. Par exemple la fenêtre 85 peut être remplacée par deux fenêtres similaires aux fenêtres 86, à condition de prévoir une échancrure dans le bord de la platine de support 83 pour accueillir la zone du voile porteur latéral 87 située entre les deux fenêtres.
- [0146] Dans le mode de réalisation de la figure 15, le panneau isolant secondaire 221

présente une forme de parallélépipède similaire au panneau isolant secondaire 121. Les mêmes chiffres de référence désignent des éléments analogues ou identiques à ceux du panneau isolant secondaire 121. Au lieu des fenêtres 85, les voiles porteurs latéraux 87 portent des tasseaux supérieurs 93, par exemple collés et/ou agrafés sur les voiles porteurs latéraux 87, s'étendant parallèlement au bord supérieur des voiles porteurs latéraux 87. La surface inférieure des tasseaux supérieurs 93 permet de mettre en prise la platine de support 83 de manière similaire aux fenêtres 85.

- [0147] Au lieu des fenêtres 86, les voiles porteurs latéraux 87 portent des tasseaux inférieurs 45, par exemple collés et/ou agrafés sur les voiles porteurs latéraux 87, pour coopérer avec les organes de retenue 29, comme décrit précédemment.
- [0148] Les panneaux isolants secondaires 121 ou 221 permettent ainsi de fixer les goujons filetés 46 destinés à fixer les pièces d'angle primaires 37 au droit de l'interface entre deux panneaux isolants secondaires 121 ou 221.
- [0149] En référence à la figure 11, une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve 71, étanche et isolée, 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.
- [0150] 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 appropriés, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 71.
- [0151] 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.

[0152] 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.

[0153] 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.

[0154] 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.

[0155] 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 intégrée dans une structure porteuse, la cuve comportant une première paroi de cuve (1) fixée sur une première paroi porteuse (3) et une deuxième paroi de cuve (101) fixée sur une deuxième paroi porteuse (103) rejoignant la première paroi porteuse au niveau d'une arête (100) de la structure porteuse, dans laquelle chacune des première et deuxième parois de cuve comporte au moins une membrane étanche (4, 104) et une barrière isolante (2, 102) agencée entre la membrane étanche et la paroi porteuse, dans laquelle la membrane étanche (4, 104) comporte une pluralité de virures en alliage à faible coefficient de dilatation, une virure comportant une portion centrale plane reposant sur une surface supérieure de la barrière isolante et deux bords relevés faisant saillie vers l'intérieur de la cuve par rapport à la portion centrale, les virures étant juxtaposées et soudées ensemble de manière étanche au niveau des bords relevés, la paroi de cuve comportant une poutre d'angle (10, 30) métallique disposée parallèlement à l'arête (100) et ancrée aux première et deuxième parois porteuses (3, 103), la poutre d'angle comportant une première aile plane parallèle à la première paroi porteuse et une deuxième aile plane parallèle à la deuxième paroi porteuse, les deux ailes planes étant liées rigidement l'une à l'autre au niveau d'une zone de liaison étanche formant un angle de la membrane étanche, chacune des première et deuxième ailes planes présentant une portion de réception (12, 30) qui s'étend à distance de l'arête depuis la zone de liaison, dans laquelle une première portion de la barrière isolante est située sous une portion proximale des portions de réception des ailes planes (12, 30) et comporte au moins une rangée de premiers panneaux isolants (21, 121, 221), chacun des premiers panneaux isolants (21, 121, 221) comportant une plaque de couvercle (40), une plaque de fond (41) et des entretoises (42, 87, 88) se développant selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve entre la plaque de fond et la plaque de couvercle pour maintenir à distance l'une de l'autre la plaque de fond et la plaque de couvercle, dans laquelle une deuxième portion de la barrière isolante plus éloignée

de l'arête que la première portion de la barrière isolante comporte au moins une rangée de deuxièmes panneaux isolants (22, 122), chacun des deuxièmes panneaux isolants comportant une plaque de couvercle (24), une plaque de fond (23) et un bloc de mousse isolante (25) intercalé entre la plaque de fond et la plaque de couvercle de sorte que la plaque de couvercle est maintenue à distance de la plaque de fond par le bloc de mousse isolante,

caractérisée par le fait qu'une portion d'extrémité des virures (32) de la membrane étanche (4, 104) est soudée sur une portion distale des portions de réception (30) des ailes planes s'étendant sur la deuxième portion de la barrière isolante.

[Revendication 2] Cuve selon la revendication 1, dans laquelle chacune des première et deuxième ailes planes présente en outre une portion d'ancrage (11, 111) qui s'étend vers la structure porteuse par rapport à la zone de liaison, la portion d'ancrage de la première aile plane et respectivement de la deuxième aile plane étant liée à la deuxième paroi porteuse (103) et respectivement à la première paroi porteuse (3).

[Revendication 3] .Cuve selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, dans laquelle ladite membrane étanche est une membrane étanche secondaire (4, 104) et ladite barrière isolante est une barrière isolante secondaire (2, 102) agencée entre la membrane étanche secondaire et la paroi porteuse et dans laquelle chacune des première et deuxième parois de cuve comporte en outre une membrane étanche primaire (6, 106) destinée à être en contact avec un produit contenu dans la cuve et une barrière isolante primaire (5, 105) agencée entre la membrane étanche primaire et la membrane étanche secondaire.

[Revendication 4] Cuve selon la revendication 3, dans laquelle la membrane étanche primaire (6, 106) comporte des plaques métalliques présentant des premières ondulations (56, 156) parallèles, des deuxièmes ondulations (55, 155) perpendiculaires aux premières ondulations et des portions planes situées entre les premières ondulations et entre les deuxièmes ondulations et reposant sur une surface supérieure de la barrière isolante primaire, la paroi de cuve comportant une rangée de pièces d'angle primaires (37) disposée parallèlement à l'arête, chaque pièce d'angle primaire comportant une cornière métallique (39) sur laquelle est soudée une portion d'extrémité de la membrane étanche primaire (6, 106) des première et deuxième parois de cuve et une pièce isolante rigide (38)

agencée entre la cornière métallique (39) et la poutre d'angle (10, 30), les pièces d'angle primaires reposant sur une surface intérieure des première et deuxième ailes planes de la poutre d'angle, et dans laquelle des organes de retenue d'angle (46, 62) retiennent lesdites pièces d'angle primaires (37) à la barrière isolante secondaire (2, 102) des première et deuxième parois de cuve ou aux première et deuxième parois porteuses (3, 103), les organes de retenue d'angle (46, 62) étant configurés pour traverser de manière étanche les portions de réception (30) des ailes planes de la poutre d'angle.

- [Revendication 5] Cuve selon la revendication 4, dans laquelle les organes de retenue d'angle (46) comportent des tiges métalliques (46) fixées sur ou entre les premiers panneaux isolants (21, 121, 221) de la barrière isolante secondaire au droit de la rangée de pièces d'angle primaires (37) et faisant saillie à travers les portions de réception (30) des ailes planes de la poutre d'angle pour coopérer avec les pièces d'angle primaires.
- [Revendication 6] Cuve selon la revendication 5, dans laquelle un dit organe de retenue d'angle comporte un étrier (48) fixé sous la plaque de couvercle d'un dit premier panneau isolant (21), ledit étrier comportant une plaque centrale parallèle à la plaque de couvercle et deux pattes de fixation s'étendant perpendiculairement à la plaque centrale et fixées à deux entretoises (42) dudit premier panneau isolant, et une dite tige métallique (49, 46) fixée à ladite plaque centrale et traversant la plaque de couvercle (40) du premier panneau isolant.
- [Revendication 7] Cuve selon la revendication 4 dans laquelle un dit organe de retenue d'angle (62) comporte une embase fixée à une dite paroi porteuse au droit de la pièce d'angle primaire et un coupleur retenu par l'embase et s'étendant à travers l'épaisseur de la barrière isolante secondaire (2, 102) et la portion de réception (30) d'une dite aile plane pour coopérer avec la pièce isolante rigide (38).
- [Revendication 8] Cuve selon la revendication 7, dans laquelle ledit coupleur (62) comporte un coupleur secondaire coopérant avec un dit premier panneau isolant de la barrière isolante secondaire pour retenir le premier panneau isolant sur la paroi porteuse et un coupleur primaire porté par le coupleur secondaire et coopérant avec la pièce isolante rigide (38) pour retenir la pièce isolante rigide (38).
- [Revendication 9] Cuve selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, dans laquelle la deuxième portion de la barrière isolante secondaire comporte une première rangée des deuxièmes panneaux isolants (22, 122), ladite

- première rangée étant adjacente à la première portion de la barrière isolante secondaire,
- dans laquelle la barrière isolante primaire (5) comporte une première rangée de panneaux isolants primaires (54, 154) adjacente à la rangée de pièces d'angle primaires (37), et
- dans laquelle la première rangée des deuxièmes panneaux isolants (22, 122) porte une rangée d'organes de retenue primaires (52) pour retenir la première rangée de panneaux isolants primaires (54, 154) à la barrière isolante secondaire (2, 102) des première et deuxième parois de cuve.
- [Revendication 10] Cuve selon la revendication 9, dans laquelle les portions de réception (30) des ailes planes s'étendent sur la première rangée des deuxièmes panneaux isolants (22) au-delà de ladite rangée d'organes de retenue primaires (52) dans une direction perpendiculaire à l'arête et sont traversées de manière étanche par les organes de retenue primaires (52).
- [Revendication 11] Cuve selon la revendication 9, dans laquelle ladite rangée d'organes de retenue primaires (52) est disposée sur la première rangée des deuxièmes panneaux isolants (22, 122) au-delà des portions de réception (30) des ailes planes dans une direction perpendiculaire à l'arête et dans laquelle les organes de retenue primaires traversent de manière étanche les virures (32) de la membrane étanche secondaire.
- [Revendication 12] Cuve selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, dans laquelle un dit deuxième panneau isolant (22) présente une fente de relation (65) s'étendant parallèlement à l'arête (100) et s'étendant dans l'épaisseur du deuxième panneau isolant à travers la plaque de couvercle (24) et une portion supérieure du bloc de mousse isolante (25), les organes de retenue primaires (52) étant portés par le deuxième panneau isolant entre ladite fente de relaxation (65) et une extrémité du deuxième panneau isolant tournée vers l'arête (100).
- [Revendication 13] Cuve selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, dans laquelle la première rangée des deuxièmes panneaux isolants (22, 122) porte la rangée d'organes de retenue primaires (52) à une position située à environ la moitié d'une dimension du deuxième panneau isolant prise dans une direction perpendiculaire à l'arête (100).
- [Revendication 14] Cuve selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, dans laquelle la première rangée des deuxièmes panneaux isolants (122) comporte une mousse isolante (25) présentant une première densité et dans laquelle la deuxième portion de la barrière isolante secondaire comporte une deuxième rangée des deuxièmes panneaux isolants (22) plus éloignée de

l'arête (100) que la première rangée des deuxièmes panneaux isolants, et dans laquelle la deuxième rangée des deuxièmes panneaux isolants comporte une mousse isolante (25) présentant une deuxième densité plus basse que la première densité.

- [Revendication 15] Cuve selon l'une quelconque des revendications 9 à 14, dans laquelle, dans une direction perpendiculaire à l'arête, la dimension des pièces d'angle primaires (37) est plus grande que la dimension de la première portion de la barrière isolante secondaire, de sorte que la rangée des pièces d'angle primaires (37) chevauche la première rangée des deuxièmes panneaux isolants (22, 122).
- [Revendication 16] Cuve selon l'une quelconque des revendications 9 à 14, dans laquelle, dans une direction perpendiculaire à l'arête, la dimension des pièces d'angle primaires (37) est plus petite que la dimension de la première portion de la barrière isolante secondaire, de sorte que la première rangée des panneaux isolants primaires (54) chevauche la première portion de la barrière isolante secondaire.
- [Revendication 17] Cuve selon l'une quelconque des revendications 9 à 16, dans laquelle la pièce isolante rigide (38) des pièces d'angle primaires (37) comporte une mousse isolante (63) présentant une première densité et dans laquelle un dit panneau isolant primaire (54) comporte une plaque de couvercle, une plaque de fond et un bloc de mousse isolante intercalé entre la plaque de fond et la plaque de couvercle de sorte que la plaque de couvercle est maintenue à distance de la plaque de fond par ledit bloc de mousse isolante, ledit bloc de mousse isolante présentant une deuxième densité plus basse que la première densité.
- [Revendication 18] Cuve selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, dans laquelle, dans au moins une dite paroi de cuve, une direction longitudinale des virures est perpendiculaire à l'arête (100), la membrane étanche secondaire comportant en outre une rangée de virures d'extrémité (32) ayant un bord plat (33) formant la portion d'extrémité des virures de la membrane étanche secondaire soudée à la poutre d'angle (10, 30), les virures d'extrémité ayant des bords relevés parallèles à ladite direction longitudinale des virures et qui s'amenuisent progressivement en direction de la poutre d'angle (10, 30).
- [Revendication 19] Cuve selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, dans laquelle la poutre d'angle comporte un croisillon de base (10) ayant une première patte plane (12) parallèle à la première paroi porteuse et une deuxième patte plane (112) parallèle à la deuxième paroi porteuse, ladite zone de

liaison étanche étant formée entre la première patte plane et la deuxième patte plane, la poutre d'angle comportant en outre deux bandes métalliques planes (30, 130) soudées de manière étanche aux première et deuxième pattes planes (12, 112) respectivement et s'étendant parallèlement aux première et deuxième parois porteuses respectivement pour former la portion de réception des ailes planes.

- [Revendication 20] Navire (70) pour le transport d'un fluide, le navire comportant une double coque (72) et une cuve (71) selon l'une quelconque des revendications 1 à 19 disposée dans la double coque (72).
- [Revendication 21] Système de transfert pour un fluide, le système comportant un navire (70) selon la revendication 20, des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) agencées de manière à relier la cuve (71) installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre (77) et une pompe pour entraîner un fluide à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.
- [Revendication 22] Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon la revendication 20, dans lequel on achemine un fluide 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 (71) du navire