Installation de stockage de fluide

Domaine technique

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

Arrière-plan technologique

Il est connu des installations de stockage de fluide par exemple dans le document WO2016/001142. Une telle installation de stockage comprend une structure porteuse, par exemple la coque interne d'un navire, et une cuve étanche et thermiquement isolante située à l'intérieur de la structure porteuse et fixée à celle-ci. La cuve étanche et thermiquement isolante comporte une structure à couches multiples superposées dans une direction d'épaisseur comprenant une membrane d'étanchéité et une barrière thermiquement isolante disposée entre la membrane d'étanchéité et la structure porteuse.

Afin de maximiser le rendement d'exploitation d'une telle cuve, il est souhaitable d'optimiser le volume utile de cargaison qu'il est possible de charger dans la cuve et de décharger depuis la cuve. L'utilisation d'une pompe de déchargement aspirant le liquide vers le haut de la cuve oblige à conserver une certaine hauteur de liquide en fond de cuve, faute de quoi l'organe d'aspiration de la pompe entre en communication avec la phase gazeuse, ce qui désamorce et/ou dégrade la pompe. C'est pourquoi il est connu de réaliser une structure de puisard sur la paroi de fond d'une telle cuve interrompant localement la membrane d'étanchéité, la structure de puisard comprenant un récipient s'enfonçant à travers la paroi de fond de la cuve de manière à ce que le liquide dans le récipient soit au niveau le plus bas de la cuve.

La pompe de déchargement est donc placée dans une telle structure de puisard ce qui permet de maximiser le rendement d'exploitation de la cuve.

Cependant, lors du chargement de la cuve avec un fluide cryogénique tel que le GNL, les éléments de la cuve directement en contact avec le fluide comme la structure de puisard sont soumis à une forte variation de température ce qui a pour conséquence de les contracter thermiquement. Or la structure de puisard est fixée à la structure porteuse qui n'est pas en contact avec le fluide cryogénique. Le moyen de fixation permettant de fixer la structure de puisard à la structure porteuse pourrait donc subir alors de fortes contraintes mécaniques pouvant accélérer la fatigue des matériaux et limiter la durée d'exploitation de la cuve.

Il est également connu, notamment du document JP2000168885, d'utiliser une structure de puisard dans des installations de stockage terrestres de type enterré dont la structure porteuse est en béton. Dans ce type d'installation, la structure de puisard n'est pas fixée à la structure porteuse mais simplement posée sur la structure porteuse. En effet, dans ce genre d'installation, aucun mouvement de fluide n'est à prévoir contrairement à du stockage dans des structures flottantes, il est donc possible de ne pas fixer la structure de puisard. Toutefois, cette conception n'est pas compatible avec toutes les applications.

Par ailleurs, des sollicitations mécaniques liées à cette application consistant en la réalisation d'un puisard dans la cuve étanche et thermiquement isolante sont à prendre en compte par l'homme du métier.

Résumé

Une idée à la base de l'invention est d'améliorer la fixation entre la structure de puisard et la structure porteuse pour accroitre sa durée de service et sa fiabilité.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une installation de stockage de fluide, l'installation de stockage comprenant une structure porteuse et une cuve étanche et thermiquement isolante, la cuve comportant au moins une paroi de fond fixée à la structure porteuse, dans laquelle la paroi de fond comporte une structure à couches multiples superposées dans une direction d'épaisseur incluant au moins une membrane d'étanchéité et au moins une barrière d'isolation thermique disposée entre la membrane d'étanchéité et la structure porteuse,

dans laquelle la paroi de fond comporte une structure de puisard interrompant localement la membrane d'étanchéité de la paroi de fond, la structure de puisard comportant un récipient rigide comportant une paroi latérale, le récipient étant agencé à travers l'épaisseur de la paroi de fond, et la structure de puisard comprenant au moins un moyen de fixation agencé pour fixer le récipient rigide à la structure porteuse en un point de fixation de la paroi latérale,

et dans laquelle l'au moins un moyen de fixation est configuré pour autoriser un déplacement relatif de la paroi latérale du récipient par rapport à la structure porteuse dans une direction transversale perpendiculaire à la paroi latérale au point de fixation du récipient, le déplacement relatif étant supérieur à 1 mm, par exemple compris entre 1 et 5 mm.

On entend par l'expression « dans une direction transversale perpendiculaire à la paroi latérale au point de fixation », la direction orthogonale au plan tangent de la paroi latérale au niveau du point de fixation.

Egalement, l'expression « point de fixation de la paroi latérale » se rapporte, selon tous les modes de réalisation, à l'emplacement de fixation du moyen de fixation sur la structure de puisard, au niveau de la paroi latérale de ce dernier.

Ainsi, l'au moins un moyen de fixation permet de fixer la structure de puisard à la structure porteuse tout en permettant à la paroi latérale du récipient de la structure de puisard de pouvoir se déplacer de manière relative par rapport à la structure porteuse dans la direction transversale. La structure de puisard peut ainsi se contracter thermiquement tout en restant fixer à la structure porteuse et en évitant que l'au moins un moyen de fixation subisse des contraintes mécaniques trop importantes.

Selon des modes de réalisation, une telle installation de stockage peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

Selon un mode de réalisation, l'au moins un moyen de fixation comprend une première portion fixée, de préférence soudée, à la structure porteuse et une deuxième portion fixée, de préférence soudée à la paroi latérale du récipient.

Selon un mode de réalisation, l'au moins un moyen de fixation est fixé directement, de préférence soudé directement, à la structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, l'au moins un moyen de fixation est fixé directement, de préférence soudé directement, à la paroi latérale du récipient.

Selon un mode de réalisation, la structure porteuse est réalisée dans un matériau métallique.

Selon un mode de réalisation, la structure porteuse est une portion de la coque d'une structure flottante.

Selon un mode de réalisation, l'au moins un moyen de fixation est situé entre la membrane d'étanchéité et la structure porteuse dans la direction d'épaisseur.

Selon un mode de réalisation, la structure de puisard comprend une aile de fixation fixée de manière étanche, c'est-à-dire formant une surface fermée ne laissant pas passer le fluide, par exemple soudée, à la membrane d'étanchéité.

Selon un mode de réalisation, l'au moins un moyen de fixation est au moins partiellement situé sous l'aile de fixation dans la direction d'épaisseur.

Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité est une membrane d'étanchéité secondaire, la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante secondaire, l'aile de fixation est une deuxième aile de fixation, dans laquelle la paroi de fond comprend une barrière thermiquement isolante primaire située sur la membrane d'étanchéité secondaire et comprend également une membrane d'étanchéité primaire située sur la barrière thermiquement isolante primaire, et dans laquelle la structure de puisard comprend une première aile de fixation fixée de manière étanche, c'est-à-dire formant une surface fermée ne laissant pas passer le fluide, par exemple soudée, à la membrane d'étanchéité primaire.

Selon un mode de réalisation, le récipient est un deuxième récipient, la structure de puisard comprend un premier récipient dont une partie inférieure est situé dans le deuxième récipient, la première aile de fixation étant un prolongement du premier récipient et la deuxième aile de fixation étant un prolongement du deuxième récipient, et dans laquelle l'au moins un moyen de fixation est situé sur la paroi latérale du deuxième récipient.

Selon un mode de réalisation, la paroi latérale présente une forme cylindrique d'axe orienté selon la direction d'épaisseur.

La paroi latérale cylindrique peut présenter différentes formes en section.

Selon un mode de réalisation, le récipient rigide présente une section circulaire, la direction transversale étant une direction radiale.

Selon un mode de réalisation de l'invention, présenté ci-après en lien avec les figures annexées 1 à 5, l'installation comprend au moins un moyen de blocage configuré pour bloquer le déplacement de l'au moins un moyen de fixation dans la direction d'épaisseur et dans une direction tangente, la direction tangente étant tangente à la paroi latérale et orthogonale à la direction transversale et à la direction d'épaisseur.

Selon un mode de réalisation, l'au moins un moyen de fixation comporte une patte de fixation faisant saillie du récipient rigide dans la direction transversale, la patte de fixation comportant un orifice, et dans laquelle l'installation comprend un dispositif d'ancrage disposé dans l'orifice pour fixer la patte de fixation à la structure porteuse dans la direction d'épaisseur.

Grâce à ces caractéristiques, le dispositif d'ancrage permet d'empêcher le déplacement de la structure de puisard dans la direction d'épaisseur par rapport à la structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, le moyen de blocage comprend le dispositif d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, l'installation comprend deux butées fixées à la structure porteuse et situées de part et d'autre de l'au moins une patte de fixation dans une direction tangente, la direction tangente étant tangente à la paroi latérale et orthogonale à la direction transversale et à la direction d'épaisseur, les butées étant configurées pour bloquer le déplacement de la patte de fixation dans la direction tangente.

Grâce à ces caractéristiques, les butées permettent d'empêcher le déplacement de la structure de puisard dans la direction tangente par rapport à la structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, le moyen de blocage est constitué par la combinaison des butées et du dispositif d'ancrage.

Selon un mode de réalisation, l'orifice comporte un orifice oblong dont la plus grande dimension est orientée dans la direction transversale de manière à autoriser le déplacement transversal de la patte de fixation et de la paroi latérale par rapport au dispositif d'ancrage et à la structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, l'orifice comporte un orifice circulaire ayant un diamètre supérieur à un diamètre du dispositif d'ancrage de manière à autoriser le déplacement transversal de la patte de fixation et de la paroi latérale par rapport au dispositif d'ancrage et à la structure porteuse.

Grâce à ces caractéristiques, la grande dimension du trou oblong ou le diamètre de l'orifice circulaire permet à la patte de fixation de se déplacer dans la direction transversale par rapport au dispositif d'ancrage. Ainsi, la paroi latérale de la structure de puisard peut se déplacer par rapport à la structure porteuse dans la direction transversale ce qui a pour conséquence de permettre la contraction thermique de la structure de puisard.

Selon un mode de réalisation, l'installation comprend deux plaques perforées comportant une perforation, les plaques perforées étant situées de part et d'autre de la au moins une patte de fixation dans la direction d'épaisseur et le dispositif d'ancrage passant au travers de la perforation de chaque plaque perforée, les plaques perforées étant réalisées dans un matériau dont le coefficient de frottement est inférieur à 0,2, de préférence compris entre 0,05 et 0,2.

Grâce à ces caractéristiques, les plaques perforées permettent de serrer la patte de fixation entre le dispositif d'ancrage et la structure porteuse dans la direction d'épaisseur tout en autorisant le déplacement de la patte de fixation par rapport à la structure porteuse dans la direction transversale. En effet, le faible coefficient de frottement des plaques perforées permet de minimiser l'effort de frottement entre la patte de fixation et la structure porteuse ce qui a pour conséquence d'éviter la dégradation de la patte de fixation et de faciliter la contraction de la structure de puisard.

Selon un mode de réalisation, la perforation de la plaque perforée s'étend d'un bord de la plaque vers le centre de la plaque dans la direction transversale de manière à permettre un positionnement transversal de la plaque.

Selon un mode de réalisation, les plaques perforées sont réalisées en polytétrafluoroéthylène (PTFE) ou en polyéthylène haute densité (PEHD).

Selon un mode de réalisation, les butées et/ou les cales sont en métal, par exemple de l'acier inoxydable.

Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité, l'une des membranes d'étanchéités ou les membranes d'étanchéité sont réalisées dans un métal parmi l'acier inoxydable, l'aluminium, l'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 un alliage de fer à forte teneur en manganèse dont le coefficient de dilatation est de l'ordre de 7.10^{-6} K^{-1}.

Selon un mode de réalisation, la patte de fixation, l'équerre de renfort, le ou les récipients sont en métal, par exemple dans le même métal que la membrane d'étanchéité à laquelle ils sont fixés.

Selon un mode de réalisation, le dispositif d'ancrage comporte une tige filetée ou un goujon et un écrou, la tige filetée étant fixée à la structure porteuse et selon un mode de réalisation, la tige filetée traverse les perforations des plaques perforées et l'orifice de la patte de fixation, l'écrou étant configuré pour exercer un effort de serrage dans la direction d'épaisseur sur les plaques perforées et la patte de fixation à l'aide de la structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, l'écrou est soudé en position de serrage sur la tige fileté de manière à s'assurer que l'écrou ne se dévisse pas accidentellement durant l'utilisation. L'écrou pourra être fixé par tout autre moyen de blocage adapté.

Selon un mode de réalisation, l'installation comprend une ou des cales disposées entre les butées et la patte de fixation dans la direction tangente, les cales étant configurées pour ajuster la distance laissée libre entre une butée et une patte de fixation dans la direction tangente.

Grâce à ces caractéristiques, la fixation de la structure de puisard est ajustable de manière à prendre en compte des tolérances de positionnement.

Selon un mode de réalisation, l'installation comporte au moins une glissière fixée à la structure porteuse et dirigée dans la direction transversale et l'au moins un

moyen de fixation est une patte de fixation faisant saillie du récipient rigide dans la direction transversale, la patte de fixation étant montée dans la glissière, et la patte de fixation étant déplaçable dans la glissière dans la direction transversale pour obtenir ledit déplacement relatif.

Grâce à ces caractéristiques, la glissière permet à la paroi latérale de se déplacer dans la direction transversale de manière à éviter de soumettre la fixation à de fortes contraintes lors d'une contraction thermique.

Selon un mode de réalisation, la glissière comporte une première portion faisant saillie de la structure porteuse dans la direction d'épaisseur et une deuxième portion reliée à la première portion et dirigée dans la direction tangente, de manière à former une glissière à section en forme de L.

Grâce à ces caractéristiques, la forme de la glissière permet de bloquer le déplacement de la patte de fixation et donc de la structure de puisard dans la direction d'épaisseur et au moins en partie dans la direction tangente.

Selon un mode de réalisation, le moyen de blocage comprend la glissière.

Selon un mode de réalisation, l'installation comporte deux glissières situées de part et d'autre de l'au moins une patte de fixation dans la direction tangente, les glissières étant configurés pour bloquer le déplacement de la patte de fixation dans la direction d'épaisseur et dans la direction tangente.

Grâce à ces caractéristiques, les glissières permettent de bloquer le déplacement de la patte de fixation et donc de la structure de puisard dans la direction d'épaisseur et dans la direction tangente.

Selon un mode de réalisation, le moyen de blocage est constitué des deux glissières situées de part et d'autre de la patte de fixation.

Selon un mode de réalisation, la structure de puisard comprend au moins une équerre de renfort, un premier côté de l'équerre de renfort étant fixé sur la patte de fixation et un deuxième côté de l'équerre de renfort perpendiculaire au premier côté étant fixé au récipient rigide.

Grâce à ces caractéristiques, la patte de fixation est renforcée grâce à l'équerre de renfort notamment en flexion dans la direction d'épaisseur permettant d'éviter que la patte de fixation soit endommagée lors de l'utilisation de l'installation.

Selon un mode de réalisation, la patte de fixation comprend deux équerres de renfort, le premier côté des équerres étant fixé sur une surface supérieure ou sur une surface inférieure de la patte de fixation, les équerres étant placées de part et d'autre de l'orifice de la patte de fixation.

Selon un mode de réalisation, la structure de puisard comprend une pluralité de moyens de fixation répartis régulièrement ou irrégulièrement sur la circonférence du récipient, par exemple trois ou quatre moyens de fixation.

Grâce à ces caractéristiques, la structure de puisard est fixée sur toute sa circonférence l'empêchant de se déplacer dans son ensemble tout en laissant la liberté à la paroi latérale de se contracter ou se dilater. Cette fixation peut être réalisée de manière plus ou moins uniforme.

Selon un mode de réalisation, l'au moins un moyen de fixation est une attache déformable élastiquement comportant une première extrémité soudée à la structure porteuse et une deuxième extrémité soudée à la structure de puisard.

Grâce à ces caractéristiques, l'attache peut se déformer élastiquement et donc permettre la contraction de la structure de puisard tout en maintenant fixer celle-ci à la structure porteuse.

Selon un mode de réalisation, l'attache est formée de manière continue tout autour de la structure de puisard.

Grâce à ces caractéristiques, l'attache est formée d'une seule pièce fixant la structure de puisard à la structure porteuse uniformément tout autour de sa circonférence.

Selon un mode de réalisation, l'attache est ajourée par des jours disposés tout autour de la structure de puisard.

Selon un mode de réalisation, l'installation comprend une pluralité d'attaches déformables élastiquement réparties régulièrement ou non tout autour de la structure de puisard.

Grâce à ces caractéristiques, les attaches permettent de fixer la structure de puisard à la structure porteuse uniformément tout autour de sa circonférence. Avantageusement, les attaches réparties de manière non périodique sur le pourtour de la structure de puisard permettent une fixation optimisée.

Selon un mode de réalisation, la section de l'attache dans un plan de vecteur normal dirigé dans la direction tangente est rectiligne ou courbée. Bien entendu, les attaches peuvent présenter des formes de section différente.

Selon un mode de réalisation, la section de l'attache est courbée et comprend une courbure de signe constant, la courbure ayant une faible ou une forte variation de courbure.

Selon un mode de réalisation, la section de l'attache est courbée et comprend une pluralité de courbures avec variation du signe de courbure, de manière à par exemple former au moins une ondulation.

Selon un mode de réalisation, la section de l'attache comprend un point d'appui sur la structure porteuse entre la première extrémité de l'attache et la deuxième extrémité de l'attache.

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

Selon un mode de réalisation, un navire pour le transport d'un produit liquide froid comporte une coque externe et une installation de stockage de fluide précitée disposée dans la coque externe, dans lequel la structure porteuse est une coque interne du navire.

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

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

Brève description des figures

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante de plusieurs modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés.

- **La figure 1** représente une vue en perspective d'une structure de puisard fixée à une structure porteuse selon un premier mode de réalisation.

- **La figure 2** est une vue de détail de la figure 1.

- **La figure 3** représente une vue en perspective partielle d'une structure de puisard fixée à une structure porteuse selon un deuxième mode de réalisation.

- **La figure 4** est une vue en coupe de la figure 3 selon le plan de coupe IV-IV.

- **La figure 5** est une vue en coupe de la figure 4 selon le plan de coupe V-V.

- **La figure 6** représente une vue schématique en coupe d'une structure de puisard fixée à une structure porteuse selon un troisième mode de réalisation.

- **La figure 7 à la figure 14** représentent différents modes de réalisation de moyens de fixation agencé pour fixer la structure de puisard à la structure porteuse.

- **La figure 15** est une représentation schématique écorchée d'un navire méthanier comportant une installation de stockage et d'un terminal de chargement/déchargement de cette installation de stockage.

Description détaillée de modes de réalisation

Dans la description ci-dessous, on va décrire une installation de stockage 71 comprenant une structure porteuse 1, une cuve étanche et thermiquement isolante et une structure de puisard 9 pouvant être employée dans la paroi de fond 4 d'une cuve de stockage et/ou de transport de GNL. La paroi de fond 4 désigne une paroi 4, de préférence globalement plane, située dans le bas de la cuve par rapport au champ de gravité terrestre. La géométrie générale de la cuve peut par ailleurs être de différents types. Les géométries polyédriques sont les plus courantes. Une géométrie cylindrique, sphérique ou autre est aussi possible.

Les parois 4 de la cuve sont formées par une structure multicouche fixée sur des parois porteuses 1 et incluant deux membranes étanches 5, 7 alternées avec deux barrières thermiquement isolantes 6, 8. Etant donné qu'il existe de nombreuses techniques connues pour réaliser ces structures multicouches, la description ci-dessous se limitera à la structure de puisard 9 et la fixation de celle-ci à la structure porteuse 1 de l'installation de stockage 71.

La paroi de cuve 4 est montée sur une structure porteuse 1, réalisée par exemple en tôle d'acier épaisse telle que la coque interne d'un navire 70 à double coque. La paroi de cuve 4 présente une structure multicouche incluant successivement une barrière d'isolation thermique secondaire 8 fixée sur la structure porteuse 1, par exemple au moyen de cordons de mastic, une membrane d'étanchéité secondaire 7 supportée par la barrière d'isolation thermique secondaire 8, une barrière d'isolation thermique primaire 6 recouvrant la membrane d'étanchéité secondaire 7 et une membrane d'étanchéité primaire 5 supportée par la barrière d'isolation thermique primaire 6.

La figure 1 représente une structure de puisard 9 fixée à une structure porteuse 1 selon un premier mode de réalisation.

A l'emplacement de la structure de puisard 9, la structure porteuse comporte une ouverture 2, illustrée figure 1 de forme circulaire, à travers laquelle la structure de puisard 9 est engagée et qui permet à la structure de puisard 9 de dépasser à l'extérieur de la structure porteuse 1 dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve 4.

Un récipient rigide cylindrique 10, 11 est fixé sur la structure porteuse 1 à l'aide d'un ou plusieurs moyens de fixation 15, 32 autour de l'ouverture 2 et fait saillie vers l'extérieur de la structure porteuse 1 pour former une structure d'extension qui fournit un espace supplémentaire pour loger la structure de puisard 9. Plus précisément, le récipient 10, 11 comporte une paroi latérale cylindrique 12, par exemple circulaire ou autre. Le récipient 10, 11 peut être réalisé dans des matériaux similaires à la structure porteuse 1 ou à l'une des membranes d'étanchéité 5, 7.

La structure de puisard 9 comporte un premier récipient 10 en communication avec l'intérieur de la cuve, et un deuxième récipient 11 entourant la partie inférieure du premier récipient 10. Le premier récipient 10 est raccordé de manière continue à la membrane d'étanchéité primaire 5, qu'il complète ainsi de manière étanche. De même, le deuxième récipient 11 est raccordé de manière continue à la membrane d'étanchéité secondaire 7, qu'il complète ainsi de manière étanche.

Plus précisément, le premier récipient 11 comporte une paroi latérale cylindrique 12 dont l'axe est perpendiculaire à la structure porteuse 1 et qui présente une première aile de fixation située sur une partie supérieure de la paroi latérale et essentiellement aligné avec la membrane d'étanchéité primaire 5 et une partie inférieure engagée dans l'ouverture 2 en dessous de la structure porteuse. Une paroi de fond parallèle à la structure porteuse 1 ferme la paroi latérale cylindrique au niveau de sa partie inférieure. La première aile de fixation est fixée au niveau du bord de la partie supérieure de la paroi latérale cylindrique et fait saillie radialement à l'extérieur de celle-ci tout autour du premier récipient 10.

La membrane d'étanchéité primaire 5 présente ainsi une interruption sous la forme d'une fenêtre, par exemple une fenêtre circulaire ou carrée, dont le bord entoure la structure de puisard 9 et se trouve raccordé de manière étanche à la première aile de fixation 13, par exemple par soudure ou collage, comme visible sur la figure 6.

Similairement, le deuxième récipient 11 comporte une paroi latérale cylindrique 12 dont l'axe est perpendiculaire à la structure porteuse 1 et qui présente une deuxième aile de fixation 14 essentiellement alignée avec la membrane

d'étanchéité secondaire 7 et une partie inférieure engagée dans l'ouverture en dessous de la paroi de fond du premier récipient 10. Une paroi de fond parallèle à la structure porteuse ferme la paroi latérale cylindrique 12 du deuxième récipient 11 au niveau de sa partie inférieure. La paroi latérale cylindrique 12 du deuxième récipient 11 entoure la paroi latérale cylindrique du premier récipient 10 à distance de celle-ci. La deuxième aile de fixation 14 est fixée au niveau du bord de la partie supérieure de la paroi latérale cylindrique 12 et fait saillie radialement à l'extérieur de celle-ci tout autour du deuxième récipient 11.

La membrane d'étanchéité secondaire 7 présente aussi une interruption sous la forme d'une fenêtre, par exemple une fenêtre circulaire ou carrée, dont le bord entoure la structure de puisard 9 et se trouve raccordé de manière étanche à la deuxième aile de fixation 14, par exemple par soudure ou collage, comme visible sur la figure 6.

Dans la paroi de cuve 4, l'espace compris entre la structure porteuse 1 et la membrane d'étanchéité secondaire 7 est un espace secondaire contenant la barrière thermiquement isolante secondaire 8 et dans lequel il est possible de faire circuler un flux d'azote par mesure de sécurité. Dans la structure de puisard 9, l'espace compris entre le deuxième récipient 11 et la structure porteuse 1 est aussi un espace secondaire qui communique avec l'espace secondaire de la paroi de cuve 4 pour pouvoir recevoir ce balayage d'azote.

La barrière thermiquement isolante secondaire 8 est par exemple formée de blocs modulaires juxtaposés pour tapisser de manière relativement uniforme la structure porteuse 1. Ces blocs modulaires s'arrêtent à une certaine distance de la structure de puisard 9, comme visible sur la figure 6. Des blocs isolants de forme adaptée peuvent être conçus pour approcher relativement près la structure de puisard 9 ou s'emboîter dans celle-ci et ainsi limiter l'interstice restant à combler dans l'isolation secondaire. Des matières isolantes sont logées dans l'interstice entre le bord de la barrière thermiquement isolante secondaire 8 et le deuxième récipient, ainsi que dans l'espace secondaire de la structure de puisard 9 pour compléter l'isolation thermique autour du deuxième récipient 11. En effet, la membrane d'étanchéité secondaire 7 et le deuxième récipient 11 sont susceptibles d'être en

contact avec le fluide cryogénique en cas de fuite accidentelle dans la membrane d'étanchéité primaire 5.

Similairement, dans la paroi de cuve 4, l'espace compris entre la membrane d'étanchéité secondaire 7 et la membrane d'étanchéité primaire 5 est un espace primaire contenant la barrière thermiquement isolante primaire 6 et dans lequel il est possible de faire circuler un flux d'azote par mesure de sécurité. Dans la structure de puisard 9, l'espace compris entre le premier récipient 10 et le deuxième récipient 11 est aussi un espace primaire qui communique avec l'espace primaire de la paroi de cuve 4 pour pouvoir recevoir ce balayage d'azote.

La barrière thermiquement isolante primaire 6 est par exemple formée de blocs modulaires juxtaposés pour tapisser de manière relativement uniforme la membrane d'étanchéité secondaire 7. Ces blocs modulaires s'arrêtent à une certaine distance de la structure de puisard 9. Des blocs isolants de forme adaptée peuvent être conçus pour approcher relativement près la structure de puisard 9 ou s'emboîter dans celle-ci et ainsi limiter l'interstice restant à combler dans l'isolation primaire. Des matières isolantes sont logées dans l'interstice entre le bord de la barrière isolante primaire 6 et le premier récipient 10, ainsi que dans l'espace primaire de la structure de puisard 9 pour compléter l'isolation thermique autour du premier récipient 10. En effet, la membrane primaire 5 et le premier récipient 10 sont en contact avec le GNL lors de l'utilisation.

Différentes matières isolantes peuvent convenir pour compléter ainsi l'isolation thermique primaire et secondaire, par exemple laine de verre ou de roche, mousses polymères, notamment polyuréthane ou PVC, balsa, bois contreplaqué, aérogels, et autres.

En service, du fait de sa position en dessous de la membrane d'étanchéité primaire 5, le premier récipient 10 reçoit par gravité tout résidu de liquide se trouvant dans la cuve, à la manière d'un puisard. Le premier récipient 10 offre une capacité suffisante pour garder la tête d'aspiration de la pompe immergée dans le liquide et maximise ainsi le rendement d'exploitation de la cuve.

Pour avoir une bonne stabilité structurelle, le premier récipient 10 et le deuxième récipient 11 sont réalisés dans une matière plus rigide que les membranes étanches, par exemple avec une tôle métallique de l'ordre de 6 à 20 mm d'épaisseur.

D'autres modes de réalisation d'une structure de puisard 9 sont par exemple décrits dans le document WO2016/001142.

Dans le premier mode de réalisation illustré aux figures 1 et 2, la structure de puisard comprend sur la paroi latérale cylindrique 12 du deuxième récipient 11 des moyens de fixation 15 en forme de pattes de fixation 15. Les pattes de fixation 15 permettent la fixation de la structure de puisard 9 à la structure porteuse 1.

Les pattes de fixation 15 font saillie du deuxième récipient 11 dans la direction radiale et sont réparties régulièrement tout autour de la paroi latérale 12, par exemple comme illustrée sur la figure 1 les pattes de fixation 15 sont au nombre de trois et sont situées à 120° les unes des autres.

De manière à rigidifier chaque patte de fixation 15, la structure de puisard 9 comprend deux équerres de renfort 16 sur chaque patte de fixation 15. Les équerres de renfort 16 comportent un premier côté 20 fixé sur une surface supérieure d'une patte de fixation 15 et un deuxième côté 21 perpendiculaire au premier côté 20 fixé à la paroi latérale 12 du deuxième récipient 11.

La structure porteuse 1 comprend à proximité de l'ouverture 2 des glissières 17. Les glissières 17 sont formées d'une première portion 18 faisant saillie de la structure porteuse 1 dans la direction d'épaisseur et d'une deuxième portion 19 reliée à la première portion 18 dirigée dans la direction tangente de manière à former des glissières à section en forme de L. Comme illustrée sur les figures 1 et 2, chaque patte de fixation 15 est prise en sandwich entre deux glissières 17 de manière à ce qu'une partie de la deuxième portion 19 de chaque glissière 17 soit placée au-dessus de la patte de fixation dans la direction d'épaisseur. Ainsi placées, les glissières 17 permettent de bloquer le déplacement des pattes de fixation 15 et donc de la structure de puisard dans la direction d'épaisseur et dans la direction tangente.

De plus, les glissières 17 permettent à chaque patte de fixation 15 de conserver un degré de liberté à savoir la translation dans la direction radiale de

manière à autoriser la contraction ou la dilatation thermique de la structure de puisard 9.

Les figures 3 à 5 représentent un deuxième mode de réalisation de la fixation d'une structure de puisard 9 à une structure porteuse 1. Ce mode de réalisation diffère du premier mode de réalisation par le système de blocage des pattes de fixation 15. En effet, comme visible sur les figures 3 à 5, les pattes de fixation 15 du deuxième mode de réalisation sont similaires à celles du premier mode de réalisation, elles comprennent néanmoins dans le deuxième mode de réalisation un orifice 22 d'un diamètre 23 d'orifice. Cependant il n'est pas fait usage de glissière 17 pour bloquer certains degrés de liberté des pattes de fixation 15 à la structure porteuse 1. A la place des glissières 17, des butées 28 sont fixées sur la structure porteuse 1 à proximité de l'ouverture 2. Les butées 28 sont placées sur la structure porteuse 1 de manière à encadrer chaque patte de fixation 15 de la structure de puisard 9 dans la direction tangente.

Un dispositif d'ancrage 24 composé d'une tige filetée 25 avec un diamètre 27 de tige filetée et d'un écrou 26 est inséré dans l'orifice 22 de chaque patte de fixation 15 dans la direction d'épaisseur. Le dispositif d'ancrage 24 est fixé dans la structure porteuse 1 par une de ses extrémités, l'écrou 26 étant placé à l'autre de ses extrémités de manière à prendre en sandwich la patte de fixation 15 avec la structure porteuse dans la direction d'épaisseur. Le dispositif d'ancrage 24 bloque ainsi dans la direction d'épaisseur la patte de fixation 15 par serrage contre la structure porteuse 1. L'écrou 26 est soudé sur la tige filetée 25 dans la position de serrage de manière à éviter que l'écrou ne se desserre lors de l'utilisation de l'installation de stockage 71.

Comme on peut le voir sur les figures 4 et 5, l'orifice 22 est un orifice circulaire dont le diamètre 23 est supérieur au diamètre 27 de la tige filetée 25 de manière à laisser à la patte de fixation 15 notamment dans la direction radiale un certain débattement pour que la structure de puisard 9 puisse se contracter ou dilater. Dans un autre mode de réalisation non représenté, l'orifice 22 est un orifice oblong dont la grande dimension est située dans la direction radiale.

Afin que le serrage de la patte de fixation 15 par le dispositif d'ancrage 24 ne nuise pas au déplacement potentiel de la structure de puisard 9 sous l'effet de la contraction thermique, des plaques perforées 29 comprenant une perforation 30 et

réalisées dans un matériau ayant un faible coefficient de frottement tel que le PTFE sont disposées de part et d'autre de la patte de fixation 15 de manière à s'interposer entre l'écrou 26 et la structure porteuse 1, comme visible sur la figure 5 notamment. La tige fileté 25 du dispositif d'ancrage 24 passe également au travers des perforations 30 des plaques perforées 29.

Grâce au faible coefficient de frottement des plaques perforées 29, l'effort de frottement entre les plaques perforées et la patte de fixation 15 est minimisée permettant à la patte de fixation 15 et donc à la structure de puisard de se contracter ou se dilater dans la direction radiale.

De manière à ajuster la distance entre les butées 28 et la patte de fixation 15 dans la direction tangente, des cales 31 sont interposées entre chaque butée 28 et la patte de fixation 15 de manière à assurer que le débattement de la patte de fixation 15 dans la direction tangente ne soit pas trop important.

Les figures 6 à 14 représentent une pluralité de variantes de fixation de la structure de puisard 9 sur la structure porteuse selon un troisième mode de réalisation. Dans ce mode de réalisation contrairement aux modes de réalisation précédents, il n'est plus question de laisser libre dans la direction radiale le moyen de fixation mais plutôt d'utiliser un moyen de fixation déformable élastiquement, permettant à l'aide de sa déformation de compenser la contraction thermique de la structure de puisard 9.

Comme illustré sur la figure 6, la structure de puisard 9 est fixée à la structure porteuse 1 à l'aide d'au moins une attache 32 déformable élastiquement. L'attache 32 comprend une première extrémité soudée à la structure porteuse 1 tandis qu'une deuxième extrémité opposée à la première extrémité est soudée à la structure de puisard 9, par exemple sur la paroi latérale 12 du deuxième récipient 11 ou sur la deuxième aile de fixation 14.

Dans un plan de vecteur normal selon la direction tangente, la section de l'attache 32 est définie par sa hauteur 33 à savoir sa dimension dans la direction d'épaisseur, son empattement 34 à savoir sa dimension dans la direction radiale et son épaisseur 35, comme visible sur la figure 7.

La section de l'attache 32 peut selon une pluralité de variantes être de formes différentes influant ainsi sur sa raideur dans la direction radiale de manière à se déformer plus ou moins facilement sous l'effet de la contraction ou de la dilatation de la structure de puisard 9. En effet, dans le mode illustré figure 6, la section de l'attache est rectiligne.

La figure 7 représente une section d'attache courbée dont la courbure est de signe constant, la courbure variant de manière faible.

La figure 8 représente une section d'attache courbée dont la courbure est de signe constant, la courbure variant de manière forte.

La figure 9 représente une section d'attache courbée dont la courbure comprend un changement de signe, donc un point d'inflexion, de manière à ce que la section d'attache soit légèrement ondulée.

La figure 10 représente une section d'attache courbée dont la courbure comprend une pluralité de changement de signes de manière à former une ondulation 37.

La figure 11 représente une section d'attache courbée dont la courbure comprend une pluralité de changement de signes, la courbure variant de manière brutale en une pluralité de points. De plus, l'attache 32 dans cette variante comprend un point d'appui 38 sur la structure porteuse 1 entre la première extrémité et la deuxième extrémité de l'attache 32 de manière à renforcer sa raideur dans la direction d'épaisseur.

La figure 12 représente une variante du troisième mode de réalisation dans laquelle l'installation de stockage 71 comprend une pluralité d'attaches 32 réparties régulièrement ou non sur la circonférence du deuxième récipient 11. Dans cette variante, la structure de puisard 9 est donc fixée à la structure porteuse 1 de manière discrète par une pluralité d'attaches 32.

Contrairement à la figure 12, la figure 13 représente une variante dans laquelle l'installation de stockage 71 comprend une unique attache 32 dont un bord épouse la forme de la paroi latérale 12 du deuxième récipient 11 et est soudé sur toute la circonférence de celle-ci, tandis qu'un bord opposé est soudé sur la structure

porteuse 1. Dans cette variante, la structure de puisard 9 est donc fixée à la structure porteuse 1 de manière continue par une unique attache 32.

La figure 14 représente une autre variante du troisième mode de réalisation. Dans cette variante, l'attache 32 est de la même forme que celle illustrée à la figure 12. Toutefois, l'attache 32 de la figure 14 comprend des jours 36 répartis de manière périodique toute la surface de l'attache 32. Les jours 36 permettent notamment de faire varier la raideur de l'attache 32 afin que celle-ci puisse se déformer élastiquement sous l'effet de la contraction ou dilatation de la structure de puisard 9. Dans le mode de réalisation présenté, les jours 36 sont de forme oblongue et sont situés entre les deux bords de l'attache 32. Dans d'autres variantes non représentées, les jours 36 sont situés sur l'un des ou chacun des bords de l'attache 32 de manière à interrompre la fixation de l'attache 32 périodiquement ou non. De plus, les jours peuvent être de formes variables, par exemple polygonale ou circulaire.

La technique décrite ci-dessus pour réaliser une installation de stockage peut être utilisée dans différents types de réservoirs, par exemple un réservoir de GNL dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre.

En référence à la figure 15, une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve étanche et isolée 71 de forme générale prismatique montée dans la double coque 72 du navire. La paroi de la cuve 71 comporte une barrière étanche primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières isolante agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque 72.

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.

La figure 15 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.

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.

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.

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

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