

Description

Titre de l'invention : Procédé de fermeture d'une membrane d'étanchéité pour cuve étanche et thermiquement isolante

Domaine technique

- [0001] L'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et plus particulièrement aux cuves étanches et thermiquement isolantes, à membranes. En particulier, l'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes pour le stockage de gaz liquéfié à basse température, telles que des cuves pour le stockage de Gaz Naturel Liquéfié (GNL) à environ -162°C à pression atmosphérique. 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 liquéfié ou à recevoir du gaz liquéfié servant de carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant.

Arrière-plan technologique

- [0002] Il est bien connu de l'art antérieur des cuves étanches et thermiquement isolantes intégrées à des structures porteuses afin de servir d'installation de stockage terrestre, comprenant une barrière thermiquement isolante secondaire, une membrane d'étanchéité secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire et une membrane d'étanchéité primaire. La cuve comporte une pluralité de parois de cuve assemblées les unes aux autres.
- [0003] Dans ce type de structure, les membranes d'étanchéité sont amenées à être fermées en extrémité de paroi ou au niveau d'une ouverture afin par exemple de permettre la traversée de conduites de chargement/déchargement.
- [0004] Lors de ces fermetures, la membrane d'étanchéité secondaire ou la membrane d'étanchéité primaire est raccordée de manière étanche à la structure porteuse. Ces raccordements sont réalisés à l'aide d'une pièce pliée à 90° qui est généralement soudée d'une part à la structure porteuse et raccordée d'autre part à la membrane d'étanchéité.
- [0005] Ces opérations de soudage sont réalisées manuellement.

Résumé

- [0006] Une idée à la base de l'invention est de simplifier l'opération de soudage dans une zone de fermeture de la membrane d'étanchéité
- [0007] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit un procédé de fermeture d'une membrane d'étanchéité pour cuve étanche, ladite cuve étant notamment thermiquement isolante, le procédé comportant les étapes suivantes :
- fournir une paroi de cuve fixée sur une paroi porteuse, la paroi de cuve comportant dans une direction d'épaisseur une barrière thermiquement isolante et une membrane d'étanchéité fixée sur la barrière thermiquement isolante la barrière thermiquement

isolante comportant une portion d'extrémité située à une extrémité de la barrière thermiquement isolante dans une première direction,

- fixer une cornière de raccordement métallique au niveau de la portion d'extrémité, la cornière de raccordement métallique comportant une première aile et une deuxième aile reliée à la première aile, en soudant la première aile à l'aide d'un cordon de soudure à une pièce métallique solidaire de la paroi porteuse, et en raccordant la deuxième aile à la membrane d'étanchéité,

dans lequel l'étape de soudage de la première aile est réalisée à l'aide d'une machine de soudage automatique se déplaçant sur un support de soudage, le support de soudage comportant une surface de fixation et une surface de support perpendiculaire à la surface de fixation, la surface de support comportant un moyen de guidage, notamment un rail de guidage, s'étendant dans une deuxième direction perpendiculaire à la première direction et à la direction d'épaisseur, la machine de soudage comportant un système de déplacement coopérant avec le moyen de guidage et étant configuré pour déplacer la machine de soudage selon une avance parallèle à la deuxième direction, la machine de soudage comportant également une torche de soudage, et dans lequel lors du soudage de la première aile, la surface de fixation du support de soudage est fixée sur la portion d'extrémité de la barrière thermiquement isolante de sorte que la surface de support soit perpendiculaire à la première direction.

[0008] Grâce à ces caractéristiques, il est possible d'utiliser une machine de soudage automatique dans une zone de fermeture de membrane d'étanchéité permettant ainsi de simplifier l'opération de soudage et de limiter les coûts. De plus, le support de soudage permet de guider et de maintenir la machine de soudage automatique en se fixant sur des éléments de la cuve déjà montés dans celle-ci à savoir une portion d'extrémité de la barrière thermiquement isolante. De ce fait, il n'est pas nécessaire d'avoir une place allouée au support de soudage et à la machine lors de la fermeture de la membrane d'étanchéité.

[0009] Selon des modes de réalisation, un tel procédé peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

[0010] Selon un mode de réalisation, la machine de soudage comporte également une barre d'accroche fixée au système de déplacement et comprenant une première extrémité distante du système de déplacement et une deuxième extrémité distante du système de déplacement, la première extrémité et la deuxième extrémité étant situées de part et d'autre du système de déplacement dans la direction d'épaisseur, la torche de soudage étant fixée à la première extrémité, et un contrepoids étant fixée à la deuxième extrémité.

[0011] Selon un mode de réalisation, la première aile est formée dans un plan perpendiculaire à la première direction tandis que la deuxième aile est formée dans un plan

perpendiculaire à la direction d'épaisseur.

- [0012] Selon un mode de réalisation, la pièce métallique solidaire de la paroi porteuse est un plat d'ancrage faisant saillie de la paroi porteuse dans la direction d'épaisseur et s'étendant dans la deuxième direction, la portion d'extrémité de la barrière thermiquement isolante étant adjacente au plat d'ancrage.
- [0013] La portion d'extrémité est ainsi soit située contre le plat d'ancrage soit séparé du plat d'ancrage par une plaque de contreplaqué.
- [0014] Selon un mode de réalisation, la pièce métallique solidaire de la paroi porteuse est une portion métallique de la paroi porteuse.
- [0015] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante comporte une pluralité de blocs isolants juxtaposés les uns aux autres et la portion d'extrémité de la barrière thermiquement isolante comporte un bloc isolant d'extrémité.
- [0016] Selon un mode de réalisation, le cordon de soudure est un premier cordon de soudure, une plaque de fermeture métallique étant fixée sur au moins une partie d'une surface de la portion d'extrémité de la barrière thermiquement isolante opposée à la paroi porteuse, une extrémité de la membrane d'étanchéité étant fixée à plaque de fermeture métallique, et dans lequel lors de l'étape de fixation de la cornière de raccordement, la deuxième aile est soudée à l'aide d'un deuxième cordon de soudure à la plaque de fermeture métallique.
- [0017] Selon un mode de réalisation, le cordon de soudure est un premier cordon de soudure, une plaque de fermeture métallique étant fixée sur au moins une partie d'une surface de la portion d'extrémité de la barrière thermiquement isolante opposée à la paroi porteuse, et dans lequel lors de l'étape de fixation de la cornière de raccordement, la deuxième aile est soudée à la plaque de fermeture métallique, une extrémité de la membrane d'étanchéité étant également soudée sur la deuxième aile.
- [0018] De préférence, seul le soudage de l'extrémité de la membrane d'étanchéité sur la deuxième aile de la cornière de raccordement est réalisé à l'aide de la machine soudage automatique et constitue ainsi un deuxième cordon de soudure. Le soudage de la deuxième aile à la plaque de fermeture métallique est un soudage manuel.
- [0019] Selon un mode de réalisation, la plaque de fermeture comporte des orifices de fixation, la plaque de fermeture étant fixée à la portion d'extrémité de la barrière thermiquement isolante à l'aide de dispositif d'ancrage venant s'insérer dans les orifices de fixation, et dans lequel lors de la réalisation du premier cordon de soudure, la surface de fixation du support de soudage est fixée à l'aide de dispositifs d'ancrage venant s'insérer dans des orifices de fixation laissés libres par les dispositifs d'ancrage de la plaque de fermeture.
- [0020] Selon un mode de réalisation, la surface de fixation du support de soudage est une première surface de fixation et le support de soudage comporte une deuxième surface

de fixation perpendiculaire à la première surface de fixation et parallèle à la surface de support, et dans lequel lors de la réalisation du deuxième cordon de soudure, la deuxième surface de fixation du support de soudage est fixée contre la paroi porteuse de sorte que la surface de support soit parallèle, de préférence coplanaire, à la membrane d'étanchéité, le deuxième cordon de soudure étant réalisé à l'aide de ladite machine de soudage automatique se déplaçant sur le moyen de guidage du support de soudage, ledit support de soudage étant utilisé à la fois pour la réalisation du premier cordon de soudure et du deuxième cordon de soudure.

- [0021] Ainsi, un même support de soudage et une même machine de soudage peuvent être utilisés à la fois pour souder la première aile de la cornière de raccordement à la paroi porteuse et pour souder la deuxième aile de la cornière de raccordement à la plaque de fermeture ou à la membrane d'étanchéité.
- [0022] Selon un mode de réalisation, la paroi porteuse comporte des orifices de fixation, les blocs isolants étant ancrés à la paroi porteuse à l'aide de dispositif d'ancrage venant s'insérer dans les orifices de fixation, et dans lequel lors de la réalisation du deuxième cordon de soudure, la deuxième surface de fixation du support de soudage est fixée à l'aide de dispositifs d'ancrage venant s'insérer dans des orifices de fixation de la paroi porteuse laissés libres par les dispositifs d'ancrage des blocs isolants.
- [0023] Selon un mode de réalisation, la paroi de cuve est inclinée par rapport à l'horizontale, de préférence la paroi de cuve est une paroi verticale.
- [0024] Selon un mode de réalisation, la deuxième extrémité de la barre d'accroche est équipée d'une roue munie d'un ressort de sorte que la roue soit constamment plaquée contre la surface de support du support de soudage lors de la réalisation du cordon de soudure.
- [0025] Selon un mode de réalisation, la torche de soudage est une torche électrique de soudage à l'arc, avantageusement sans apport de matière et avec flux de gaz inerte, comme par exemple une torche à électrode en tungstène et flux d'argon.
- [0026] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante secondaire et la membrane d'étanchéité est une membrane d'étanchéité secondaire, et dans lequel la paroi de cuve comporte dans la direction d'épaisseur une barrière thermiquement isolante primaire disposée au moins partiellement sur la membrane d'étanchéité secondaire, et une membrane d'étanchéité primaire fixée sur la barrière thermiquement isolante primaire et destinée à être en contact d'un gaz liquéfié.
- [0027] Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité secondaire est formée d'un matériau composite comportant une feuille d'aluminium prise en sandwich entre deux feuilles de tissu en fibres de verre.
- [0028] Selon un mode de réalisation, une extrémité de la membrane d'étanchéité secondaire

est collée sur la plaque de fermeture métallique ou sur la deuxième aile.

[0029] Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante primaire et la membrane d'étanchéité est une membrane d'étanchéité primaire, et dans lequel la paroi de cuve comporte dans la direction d'épaisseur une barrière thermiquement isolante secondaire agencée entre la barrière thermiquement isolante primaire et la paroi porteuse, une membrane d'étanchéité secondaire agencée entre la barrière thermiquement isolante secondaire et la barrière thermiquement isolante primaire, une première partie de la barrière thermiquement isolante primaire étant disposée sur la membrane d'étanchéité secondaire et une deuxième partie disposée contre la paroi porteuse, ladite portion d'extrémité de la barrière thermiquement isolante primaire étant située dans la deuxième partie de la barrière thermiquement isolante primaire, la première partie et la deuxième partie de la barrière thermiquement isolante primaire étant adjacentes l'une de l'autre au droit d'une portion d'extrémité de la barrière thermiquement isolante secondaire.

[0030] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un ensemble de soudage comportant un support de soudage et une machine de soudage automatique, dans lequel le support de soudage comporte une surface de fixation plane et une surface de support plane perpendiculaire à la surface de fixation, la surface de support portant un moyen de guidage, par exemple un rail de guidage, s'étendant dans une direction, la machine de soudage comportant un système de déplacement coopérant avec le moyen de guidage et étant configuré pour déplacer la machine de soudage selon la direction du rail de guidage, la machine de soudage comportant également une barre d'accroche fixée au système de déplacement et comprenant une première extrémité distante du système de déplacement et une deuxième extrémité distante du système de déplacement, la première extrémité et la deuxième extrémité étant situées de part et d'autre du système de déplacement dans une direction parallèle à la surface de support et perpendiculaire à la direction du moyen de guidage, une torche de soudage étant fixée à la première extrémité, et un contrepoids étant fixée à la deuxième extrémité pour coopérer avec la surface de support à distance du moyen de guidage.

[0031] Selon un mode de réalisation, la surface de fixation du support de soudage est une première surface de fixation et le support de soudage comporte en outre une deuxième surface de fixation perpendiculaire à la première surface de fixation et parallèle à la surface de support.

Brève description des figures

[0032] 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.

- [0033] [Fig.1] La [Fig.1] est une représentation schématique écorchée d'une installation de stockage terrestre.
- [0034] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue éclatée du détail II de la [Fig.1].
- [0035] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue éclatée du détail III de la [Fig.1].
- [0036] [Fig.4] La [Fig.4] est une vue de côté schématique d'une zone de fermeture de membrane secondaire selon un premier mode de réalisation, lors d'une première opération de soudage.
- [0037] [Fig.5] La [Fig.5] est une vue de côté schématique d'une zone de fermeture de membrane secondaire selon un deuxième mode de réalisation, lors d'une première opération de soudage.
- [0038] [Fig.6] La [Fig.6] est une vue de côté schématique d'une zone de fermeture de membrane primaire selon le premier mode de réalisation, lors d'une première opération de soudage.
- [0039] [Fig.7] La [Fig.7] est une vue de côté schématique d'une zone de fermeture de membrane secondaire, lors d'une deuxième opération de soudage.

Description des modes de réalisation

- [0040] L'invention va être décrite par la suite en lien avec une installation de stockage de gaz liquéfié qui porte la référence 1 dans la description qui va suivre. L'installation 1 est apte à stocker un gaz liquéfié, en particulier du gaz naturel liquéfié (GNL) à une température d'environ -162°C et à pression atmosphérique ou d'autres gaz liquéfiés. L'installation 1 peut également être apte à stocker d'autres types de liquide, notamment à température ambiante.
- [0041] L'installation 1 comporte principalement une structure porteuse 10 et une cuve étanche et thermiquement isolante 20 installée dans l'espace interne de la structure porteuse 10.
- [0042] La structure porteuse 10 comprend une paroi porteuse de fond 11 et une paroi porteuse verticale 12.
- [0043] L'installation 1 peut être prévue pour être située à terre. La paroi porteuse de fond 11 est alors typiquement horizontale, c'est-à-dire située dans un plan perpendiculaire à la direction de l'accélération de pesanteur aux tolérances dimensionnelles près. La paroi porteuse de fond 11 peut être située au niveau du sol ou éventuellement sous le niveau du sol. La structure porteuse 10 est par exemple réalisée en béton.
- [0044] En alternative, l'installation 1 peut être prévue pour être installée à bord d'une structure flottante, telle qu'un navire. Dans ce cas, la structure porteuse 10 est une portion d'une double coque appartenant à la structure flottante. La paroi porteuse de fond 11 peut éventuellement être non horizontale, et même être située dans un plan

parallèle à la direction de l'accélération de pesanteur aux tolérances dimensionnelles près lorsque la structure flottante est au repos.

- [0045] La suite de la description va porter plus particulièrement sur une installation de stockage terrestre 1. Le contour de la paroi porteuse de fond 11 est prévu pour avoir la forme d'un polygone régulier à N côtés, où N est un entier supérieur ou égal à 3. De préférence, N est pair. Une installation 1 où N est égal à 8 ou 56 est plus particulièrement intéressante.
- [0046] Comme cela est mieux visible sur la [Fig.1], la paroi porteuse verticale 12 forme une surface cylindrique polygonale, avec comme directrice le contour polygonal de la paroi porteuse de fond 11. La paroi porteuse verticale 12 s'étend dans une direction verticale, c'est-à-dire dans une direction perpendiculaire au plan de la paroi porteuse de fond 11 aux tolérances dimensionnelles près.
- [0047] A l'extrémité de la paroi porteuse verticale 12 opposée à la paroi porteuse de fond 11, la structure porteuse 10 comprend une paroi porteuse de couvercle 13 fermant l'espace interne délimité par la paroi porteuse de fond 11 et la paroi porteuse verticale 12. Cette paroi porteuse de couvercle peut supporter divers équipements utilisables pour acheminer du gaz liquéfié depuis ou vers cet espace interne.
- [0048] La cuve étanche et thermiquement isolante 20 est installée dans l'espace interne de la structure porteuse 10. La cuve 20 comporte une paroi de fond 21 disposée sur la paroi porteuse de fond 11, et une paroi verticale 22 disposée sur la paroi porteuse verticale 12.
- [0049] La paroi de fond 21 et la paroi verticale 22 comportent, en allant depuis la structure porteuse vers l'espace intérieur de la cuve 20, une barrière thermiquement isolante secondaire 23, une membrane étanche secondaire 24, une barrière thermiquement isolante primaire 25, et une membrane étanche primaire 26 destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve 20.
- [0050] La paroi de fond 21 et la paroi verticale 22 peuvent être réalisées à l'aide d'éléments modulaires. Dans le mode de réalisation décrit ici, ces éléments modulaires correspondent à la technologie GST® commercialisée par la déposante, par exemple. On pourra aussi se référer au document US 6,035,795 pour la description de certains éléments modulaires.
- [0051] Également à titre d'exemple, de telles cuves à membranes sont notamment décrites dans les demandes de brevet WO2019239048, WO14057221, FR2691520 et FR2877638.
- [0052] Il va être décrit plus particulièrement par la suite deux zones particulières de la paroi verticale 22 à savoir la zone de fermeture de la membrane d'étanchéité secondaire 24 et la zone de fermeture de la membrane d'étanchéité primaire 26. Sur la paroi verticale 22 de l'installation de stockage terrestre 1 représentée en [Fig.1], la membrane

d'étanchéité secondaire 24 et la barrière thermiquement isolante secondaire 23 sont prévues pour s'étendre uniquement d'une extrémité inférieure de la paroi verticale jusqu'à une hauteur prédéterminée de la paroi verticale 22 s'étendant à distance de l'extrémité supérieure de la paroi verticale. Cette hauteur prédéterminée est par exemple de l'ordre de 5m.

- [0053] Ainsi, la membrane d'étanchéité secondaire 24 est fermée à la hauteur prédéterminée de sorte à être raccordée à la paroi porteuse verticale 12. Après cette hauteur prédéterminée de la paroi verticale 22 et jusqu'à proximité de la paroi porteuse de couvercle 13, la paroi verticale 22 ne comporte plus que la barrière thermiquement isolante primaire 25 qui est directement fixée à la paroi porteuse verticale 12 et la membrane d'étanchéité primaire 26. De ce fait, à proximité de la paroi porteuse de couvercle 13, il est également prévue la fermeture de la membrane d'étanchéité primaire de sorte à la raccorder à la paroi porteuse verticale 12.
- [0054] La [Fig.2] représente plus particulièrement la zone de fermeture de la membrane d'étanchéité secondaire 24 tandis que la [Fig.3] représente plus particulièrement la zone de fermeture de la membrane d'étanchéité primaire 26.
- [0055] Comme partiellement représenté en [Fig.2], la barrière thermiquement isolante secondaire 23 comporte une pluralité de blocs isolants secondaires 231 juxtaposés les uns aux autres et un bloc isolant secondaire d'extrémité 232 situé à une extrémité de la barrière thermiquement isolante secondaire 23 formée au niveau de la hauteur prédéterminée de la paroi verticale 22. Comme représenté sur la [Fig.2], dans ce mode de réalisation, les blocs isolants secondaires 231 sont préassemblés avec une portion de la membrane d'étanchéité secondaire 24 ainsi qu'un ou plusieurs blocs isolants primaires 251. Ces portions de la membrane d'étanchéité secondaire 24 sont ensuite raccordées les unes aux autres à l'aide de bandes souples (non représentées).
- [0056] La fermeture de la membrane d'étanchéité secondaire 24 est réalisée au niveau du bloc isolant secondaire d'extrémité 232. La fermeture est réalisée à l'aide d'une cornière de raccordement 30 métallique comportant une première aile 31 venant se souder à une pièce de la paroi porteuse verticale 12 et une deuxième aile 32 raccordée à la membrane d'étanchéité secondaire 24. La première aile 31 et la deuxième aile 32, comme représenté en [Fig.2], forme une pièce à angle droit qui vient se positionner au niveau d'une arête du bloc isolant secondaire d'extrémité 232. Dans le premier mode de réalisation représenté notamment en figures 2 à 4, ladite pièce de la paroi porteuse verticale 12 est un plat d'ancrage 14 faisant saillie de la paroi porteuse verticale 12 dans la direction d'épaisseur de la paroi verticale 22 et s'étendant parallèlement à un bord latéral du bloc isolant secondaire d'extrémité 232.
- [0057] Une plaque de fermeture secondaire 27 métallique est fixée sur une surface du bloc isolant secondaire d'extrémité 232, opposée à la paroi porteuse verticale 12, à l'aide

de dispositifs de fixation (non représentés) traversant des orifices 29 ménagées dans la plaque de fermeture secondaire 27. Une extrémité de la membrane d'étanchéité secondaire 24 est fixée à plaque de fermeture secondaire 27 métallique, par collage ou soudage selon le type de membrane d'étanchéité utilisée.

[0058] La deuxième aile 32 de la cornière de raccordement 30 vient ainsi se souder à la plaque de fermeture secondaire 27 de sorte à raccorder de manière étanche la cornière de raccordement 30 et la membrane d'étanchéité secondaire 24.

[0059] Le soudage de la première aile 31 au plat d'ancrage 14 est réalisé à l'aide d'un premier cordon de soudure 33 dont l'étape de soudage est explicitée ci-dessous en lien avec la [Fig.4]. Le soudage de la deuxième aile 32 à la plaque de fermeture secondaire 27 est réalisé à l'aide d'un deuxième cordon de soudure 34 dont l'étape de soudage est explicitée ci-dessous en lien avec la [Fig.7].

[0060] Comme partiellement représenté en [Fig.3], la barrière thermiquement isolante primaire 25 comporte une pluralité de blocs isolants primaires juxtaposés les uns aux autres et un bloc isolant primaire d'extrémité 252 situé à une extrémité de la barrière thermiquement isolante primaire 25 formée à proximité de la paroi porteuse de couvercle 13.

[0061] De manière analogue à la membrane d'étanchéité secondaire 24, la membrane d'étanchéité primaire (non représentée) est fermée au niveau du bloc isolant primaire d'extrémité 252. La fermeture est réalisée également à l'aide d'une cornière de raccordement 30 métallique comportant une première aile 31 venant se souder à un plat d'ancrage 14 de la paroi porteuse verticale 12 et une deuxième aile 32 soudée à une plaque de fermeture primaire 28 métallique. La plaque de fermeture primaire 28 est fixée sur une surface du bloc isolant primaire d'extrémité 252, opposée à la paroi porteuse verticale 12.

[0062] Comme représenté en [Fig.3] mais qui est également valable au niveau de la membrane d'étanchéité secondaire 24, des cornières de raccordement 30 sont soudées les unes aux autres de sorte à former une fermeture continue sur la paroi verticale 22 tout autour de la paroi de fond 21.

[0063] Les figures 4 et 5 présentent l'étape de réalisation du premier cordon de soudure 33, entre la première aile 31 et la pièce de la paroi porteuse verticale 12 selon deux modes de réalisation, de manière à réaliser la fermeture de la membrane d'étanchéité secondaire 24.

[0064] Pour réaliser le soudage, il est utilisé un support de soudage 50 et une machine de soudage automatique 40. Le support de soudage 50 comporte une première surface de fixation 51 plane, une deuxième surface de fixation 52 plane qui est reliée perpendiculairement à la première surface de fixation 51, et une surface de support 53 plane qui est reliée perpendiculairement à la première surface de fixation 51 de sorte à être parallèle

à la deuxième surface de fixation 52. Selon le premier mode de réalisation représenté à la [Fig.4], la surface de support 53 est équipée d'un rail de guidage 54 s'étendant parallèlement au plat d'ancrage 14.

- [0065] La machine de soudage automatique 40 comporte un système de déplacement 41 coopérant avec le rail de guidage 54, qui est configuré pour déplacer la machine de soudage 40 selon une avance parallèle à la direction du rail de guidage 54. La machine de soudage 40 comporte également une barre d'accroche 42 fixée au système de déplacement 41 et comprenant une première extrémité distante du système de déplacement 41 et une deuxième extrémité distante du système de déplacement 41. La première extrémité et la deuxième extrémité sont situées de part et d'autre du système de déplacement 41. Une torche de soudage 43 est fixée à la première extrémité tandis qu'un contrepoids 44 est fixée à la deuxième extrémité de la barre d'accroche 42. La deuxième extrémité de la barre d'accroche 42 est également équipée d'une roue 45 munie d'un ressort de sorte que la roue 45 soit constamment plaquée contre la surface de support 53 du support de soudage 50.
- [0066] Lors de la réalisation du premier cordon de soudure 33, la première surface de fixation 51 du support de soudage 50 est fixée sur le bloc isolant secondaire d'extrémité 232 de sorte que la surface de support 53 soit perpendiculaire à la paroi porteuse verticale 12. Comme représenté en figures 4 et 5, un ou plusieurs dispositifs d'ancrage 60 viennent fixer la première surface de fixation 51 au bloc isolant secondaire d'extrémité 232 en passant par les orifices 29 de la plaque de fermeture secondaire 27. Ainsi, la machine de soudage 40 se déplace sur la surface de support 53 de sorte à ce que la torche de soudage 43 soit située à proximité de la zone à souder entre la première aile 31 et le plat d'ancrage 14.
- [0067] Le deuxième mode de réalisation illustré en [Fig.5] diffère du mode de réalisation de la [Fig.4] en ce que la première aile 31 n'est pas soudée à un plat d'ancrage mais à une portion métallique 15 fixée parallèlement à la paroi porteuse verticale 12. Dans le cas où la paroi porteuse verticale 12 est métallique, cette portion métallique 15 est simplement une portion de la paroi porteuse verticale 12. Ainsi, dans ce mode de réalisation, la première aile 31 comporte une extrémité repliée, extrémité distante de la deuxième aile 32, de sorte à s'étendre parallèlement à la portion métallique 15. L'extrémité repliée et la portion métallique 15 sont ainsi soudées l'une à l'autre par le premier cordon de soudure 33.
- [0068] Cette étape de soudage est réalisée de manière analogue à la membrane d'étanchéité primaire que ce soit pour le premier mode de réalisation, représenté en [Fig.6], ou le deuxième mode de réalisation (non représenté). En effet, la machine de soudage 40 est également utilisée pour souder une première aile 31 d'une cornière de raccordement 30 à un plat d'ancrage 14 à l'aide d'un premier cordon de soudure 33, au niveau du bloc

isolant primaire d'extrémité 252 de la barrière thermiquement isolante primaire 25. Le support de soudage 50 est également fixé au niveau de la première surface de fixation 51 à une surface du bloc isolant primaire d'extrémité 252, opposée à la paroi porteuse verticale 12, à l'aide d'un ou plusieurs dispositifs d'ancrage 60. La deuxième aile 32 est quant à elle soudée à une plaque de fermeture primaire 28. Une extrémité de la membrane d'étanchéité primaire vient ensuite se souder sur la deuxième aile 32, ou de manière alternative sur la plaque de fermeture primaire 28.

[0069] La [Fig.7] présente l'étape de réalisation du deuxième cordon de soudure 34 entre la deuxième aile 32 et la plaque de fermeture secondaire 27, de manière à réaliser la fermeture de la membrane d'étanchéité secondaire 24.

[0070] Lors de la réalisation du deuxième cordon de soudure 34, la deuxième surface de fixation 52 du support de soudage 50 est fixée à la paroi porteuse verticale 12 de sorte que la surface de support 53 soit parallèle à la surface du bloc isolant secondaire d'extrémité 232, opposée à la paroi porteuse verticale 12. Comme représenté en [Fig.7], un ou plusieurs dispositifs d'ancrage 60 viennent fixer la deuxième surface de fixation 52 à la paroi porteuse verticale 12 en passant par des orifices 16 ménagés dans la paroi porteuse verticale 12. De plus, le support de soudage 50 peut comporter une jambe de fixation 55 fixée d'une part à la surface de support 53 et d'autre part à la paroi porteuse verticale 12 au niveau d'autres orifices 16 afin d'augmenter le nombre de points d'ancrage. Ainsi, la machine de soudage 40 se déplace sur la surface de support 53 de sorte à ce que la torche de soudage 43 soit située à proximité de la zone à souder entre la deuxième aile 32 et la plaque de fermeture secondaire 27.

[0071] 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.

[0072] 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.

[0073] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de fermeture d'une membrane d'étanchéité (24, 26) pour cuve étanche, ladite cuve étant notamment thermiquement isolante, le procédé comportant les étapes suivantes :
- fournir une paroi de cuve (22) fixée sur une paroi porteuse (12), la paroi de cuve comportant dans une direction d'épaisseur une barrière thermiquement isolante (23, 25) et une membrane d'étanchéité (24, 26) fixée sur la barrière thermiquement isolante (23, 25), la barrière thermiquement isolante (23, 25) comportant une portion d'extrémité (232, 252) située à une extrémité de la barrière thermiquement isolante (23, 25) dans une première direction,
 - fixer une cornière de raccordement (30) métallique au niveau de la portion d'extrémité (232, 252), la cornière de raccordement (30) métallique comportant une première aile (31) et une deuxième aile (32) reliée à la première aile (31), en soudant la première aile (31) à l'aide d'un cordon de soudure (33, 34) à une pièce métallique (14, 15) solidaire de la paroi porteuse, et en raccordant la deuxième aile (32) à la membrane d'étanchéité (24, 26),
- dans lequel l'étape de soudage de la première aile est réalisée à l'aide d'une machine de soudage (40) automatique se déplaçant sur un support de soudage (50), le support de soudage (50) comportant une surface de fixation (51) et une surface de support (53) perpendiculaire à la surface de fixation (51), la surface de support (53) comportant un moyen de guidage (54), notamment un rail de guidage, s'étendant dans une deuxième direction perpendiculaire à la première direction et à la direction d'épaisseur, la machine de soudage (40) comportant un système de déplacement (41) coopérant avec le moyen de guidage (54) et étant configuré pour déplacer la machine de soudage (40) selon une avance parallèle à la deuxième direction, la machine de soudage (40) comportant également une torche de soudage (43)
- et dans lequel lors du soudage de la première aile, la surface de fixation (51) du support de soudage (50) est fixée sur la portion d'extrémité (232, 252) de la barrière thermiquement isolante de sorte que la surface de support (53) soit perpendiculaire à la première direction.
- [Revendication 2] Procédé de fermeture selon la revendication 1, dans lequel la machine de soudage comporte également une barre d'accroche (42) fixée au système de déplacement (41) et comprenant une première extrémité

distante du système de déplacement (41) et une deuxième extrémité distante du système de déplacement (41), la première extrémité et la deuxième extrémité étant situées de part et d'autre du système de déplacement dans la direction d'épaisseur, la torche de soudage (43) étant fixée à la première extrémité, et un contrepoids (44) étant fixée à la deuxième extrémité.

- [Revendication 3] Procédé de fermeture selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel la première aile (31) est formée dans un plan perpendiculaire à la première direction tandis que la deuxième aile (32) est formée dans un plan perpendiculaire à la direction d'épaisseur.
- [Revendication 4] Procédé de fermeture selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la pièce métallique solidaire de la paroi porteuse (12) est un plat d'ancrage (14) faisant saillie de la paroi porteuse dans la direction d'épaisseur et s'étendant dans la deuxième direction, la portion d'extrémité (232, 252) de la barrière thermiquement isolante étant adjacente au plat d'ancrage.
- [Revendication 5] Procédé de fermeture selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la pièce métallique solidaire de la paroi porteuse est une portion métallique (15) de la paroi porteuse (12).
- [Revendication 6] Procédé de fermeture selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel la barrière thermiquement isolante (23, 25) comporte une pluralité de blocs isolants (231) juxtaposés les uns aux autres et la portion d'extrémité de la barrière thermiquement isolante comporte un bloc isolant d'extrémité (232, 252).
- [Revendication 7] Procédé de fermeture selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le cordon de soudure est un premier cordon de soudure (33), une plaque de fermeture métallique (27, 28) étant fixée sur au moins une partie d'une surface de la portion d'extrémité (232, 252) de la barrière thermiquement isolante, opposée à la paroi porteuse (12), une extrémité de la membrane d'étanchéité (24, 26) étant fixée à plaque de fermeture métallique (27, 28), et dans lequel lors de l'étape de fixation de la cornière de raccordement (30), la deuxième aile (32) est soudée à l'aide d'un deuxième cordon de soudure (34) à la plaque de fermeture métallique (27, 28).
- [Revendication 8] Procédé de fermeture selon la revendication 7, dans lequel la plaque de fermeture (27, 28) comporte des orifices de fixation (29), la plaque de fermeture (27, 28) étant fixée à la portion d'extrémité (232, 252) de la barrière thermiquement isolante à l'aide de dispositif d'ancrage venant s'insérer dans les orifices de fixation, et dans lequel lors de la réalisation

du premier cordon de soudure (33), la surface de fixation (51) du support de soudage (50) est fixée à l'aide de dispositifs d'ancrage (60) venant s'insérer dans des orifices de fixation (29) laissés libres par les dispositifs d'ancrage de la plaque de fermeture (27, 28).

- [Revendication 9] Procédé de fermeture selon la revendication 7 ou la revendication 8, dans lequel la surface de fixation du support de soudage (50) est une première surface de fixation (51) et le support de soudage (50) comporte une deuxième surface de fixation (52) perpendiculaire à la première surface de fixation et parallèle à la surface de support (53), et dans lequel lors de la réalisation du deuxième cordon de soudure (34), la deuxième surface de fixation (52) du support de soudage (50) est fixée contre la paroi porteuse (12) de sorte que la surface de support (53) soit parallèle à, de préférence coplanaire à, la membrane d'étanchéité (24, 26), le deuxième cordon de soudure étant réalisé à l'aide de ladite machine de soudage (40) automatique se déplaçant sur le moyen de guidage du support de soudage (50), ledit support de soudage (50) étant utilisé à la fois pour la réalisation du premier cordon de soudure et du deuxième cordon de soudure.
- [Revendication 10] Procédé de fermeture selon la revendication 9 prise en combinaison avec la revendication 6, dans lequel la paroi porteuse (12) comporte des orifices de fixation (16), les blocs isolants (231) étant ancrés à la paroi porteuse à l'aide de dispositif d'ancrage venant s'insérer dans les orifices de fixation (16), et dans lequel lors de la réalisation du deuxième cordon de soudure (34), la deuxième surface de fixation (52) du support de soudage (50) est fixée à l'aide de dispositifs d'ancrage (60) venant s'insérer dans des orifices de fixation (16) de la paroi porteuse (12) laissés libres par les dispositifs d'ancrage des blocs isolants (231).
- [Revendication 11] Procédé de fermeture selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel la paroi de cuve est inclinée par rapport à l'horizontale, de préférence la paroi de cuve est une paroi verticale (22).
- [Revendication 12] Procédé de fermeture selon l'une des revendications 1 à 11, dans lequel la torche de soudage (43) est une torche électrique de soudage à l'arc, avantageusement sans apport de matière et avec flux de gaz inerte, comme par exemple une torche à électrode en tungstène et flux d'argon.
- [Revendication 13] Procédé de fermeture selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante secondaire (23) et la membrane d'étanchéité est une membrane

d'étanchéité secondaire (24), et dans lequel la paroi de cuve (22) comporte dans la direction d'épaisseur une barrière thermiquement isolante primaire (25) disposée au moins partiellement sur la membrane d'étanchéité secondaire, et une membrane d'étanchéité primaire fixée sur la barrière thermiquement isolante primaire (25) et destinée à être en contact d'un gaz liquéfié.

- [Revendication 14] Procédé de fermeture selon la revendication 13, dans lequel la membrane d'étanchéité secondaire (24) est formée d'un matériau composite comportant une feuille d'aluminium prise en sandwich entre deux feuilles de tissu en fibres de verre.
- [Revendication 15] Procédé de fermeture selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel la barrière thermiquement isolante est une barrière thermiquement isolante primaire (25) et la membrane d'étanchéité est une membrane d'étanchéité primaire, et dans lequel la paroi de cuve (22) comporte dans la direction d'épaisseur une barrière thermiquement isolante secondaire (23) agencée entre la barrière thermiquement isolante primaire et la paroi porteuse, une membrane d'étanchéité secondaire (24) agencée entre la barrière thermiquement isolante secondaire et la barrière thermiquement isolante primaire, une première partie de la barrière thermiquement isolante primaire (25) étant disposée sur la membrane d'étanchéité secondaire (24) et une deuxième partie disposée contre la paroi porteuse (12), ladite portion d'extrémité (252) de la barrière thermiquement isolante primaire (25) étant située dans la deuxième partie de la barrière thermiquement isolante primaire (25), la première partie et la deuxième partie de la barrière thermiquement isolante primaire (25) étant adjacente l'une de l'autre au droit d'une portion d'extrémité (232) de la barrière thermiquement isolante secondaire (23).
- [Revendication 16] Ensemble de soudage comportant un support de soudage (50) et une machine de soudage (40) automatique, dans lequel le support de soudage (50) comporte une surface de fixation plane (51) et une surface de support plane (53) perpendiculaire à la surface de fixation, la surface de support (53) portant un moyen de guidage (54) s'étendant dans une direction, la machine de soudage (40) comportant un système de déplacement (41) coopérant avec le moyen de guidage (54) et étant configuré pour déplacer la machine de soudage (40) selon la direction du moyen de guidage (54), la machine de soudage (40) comportant également une barre d'accroche (42) fixée au système de déplacement (41) et comprenant une première extrémité distante du système de dé-

placement (41) et une deuxième extrémité distante du système de déplacement, la première extrémité et la deuxième extrémité étant situées de part et d'autre du système de déplacement (41) dans une direction parallèle à la surface de support et perpendiculaire à la direction du moyen de guidage, une torche de soudage (43) étant fixée à la première extrémité, et un contrepoids (44) étant fixé à la deuxième extrémité pour coopérer avec la surface de support à distance du moyen de guidage.

[Revendication 17]

Ensemble selon la revendication 16, dans lequel la surface de fixation du support de soudage (50) est une première surface de fixation (51) et le support de soudage (50) comporte en outre une deuxième surface de fixation (52) perpendiculaire à la première surface de fixation et parallèle à la surface de support (53).