

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international

(43) Date de la publication internationale  
01 août 2019 (01.08.2019)



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2019/145633 A1**

(51) Classification internationale des brevets :  
F17C 3/02 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2019/050134

(22) Date de dépôt international :  
22 janvier 2019 (22.01.2019)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
1850529 23 janvier 2018 (23.01.2018) FR

(71) Déposant : GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ  
[FR/FR] ; 1 route de Versailles, 78470 SAINT REMY LES  
CHEVREUSE (FR).

(72) Inventeurs : **PHILIPPE, Antoine** ; GAZTRANSPORT  
ET TECHNIGAZ, 1 route de Versailles, 78470 SAINT RE-  
MY LES CHEVREUSE (FR). **MOREL, Cédric** ; GAZ-  
TRANSPORT ET TECHNIGAZ, 1 route de Versailles,  
78470 SAINT REMY LES CHEVREUSE (FR). **DELA-  
NOE, Sébastien** ; GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ,  
1 route de Versailles, 78470 SAINT REMY LES CHEV-  
REUSE (FR). **BOUGAULT, Antoine** ; GAZTRANS-  
PORT ET TECHNIGAZ, 1 route de Versailles, 78470  
SAINT REMY LES CHEVREUSE (FR).

(74) Mandataire : **LOYER & ABELLO** ; 9 RUE ANATOLE  
DE LA FORGE, 75017 PARIS (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,  
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,  
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,

(54) Title: SEALED, THERMALLY INSULATING TANK

(54) Titre : CUVE ETANCHE ET THERMIQUEMENT ISOLANTE

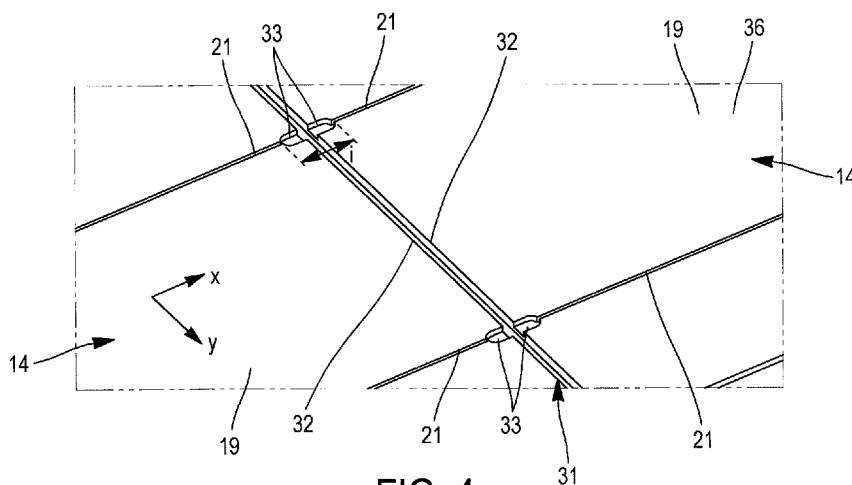


FIG. 4

(57) **Abstract:** The invention relates to a sealed, thermally insulating tank for storing a liquefied gas, comprising: - a thermally insulating barrier (5) comprising at least two insulating panels (14), each of which includes a top board (14) defining a support surface (36) against which a sealing membrane (6) rests, the top boards (19) of the two insulating panels (14) each having a groove (21) in which a welding support is mounted, the grooves (21) of the two insulating panels (14) being aligned and extending in a longitudinal direction; - at least the groove (21) of one of the two insulating panels (14) has, at an end facing the other insulating panel (14), an extension in the form of a notch (33), said notch (33) being designed such that the welding support is not retained on said insulating panel (14) in the area of said notch (33).

(57) **Abrégé :** L'invention concerne une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un gaz liquéfié comprenant - une barrière thermiquement isolante (5) comportant au moins deux panneaux isolants (14) qui présentent chacun une plaque supérieure (14) définissant une surface de support (36) contre laquelle repose une membrane d'étanchéité (6), les plaques supérieures (19) des deux panneaux isolants (14) présentant chacune une rainure (21) dans laquelle est monté un support de soudure, les rainures (21) des deux panneaux isolants (14) étant alignées et s'étendant selon une direction longitudinale; - au moins la rainure (21) de l'un des deux panneaux isolants

[Suite sur la page suivante]

EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

**(84) États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Déclarations en vertu de la règle 4.17 :**

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17(iv))*

**Publiée:**

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

---

(14) présentant une extrémité en regard de l'autre panneau isolant (14) qui se prolonge par une échancrure (33), ladite échancrure (33) étant agencée de sorte que le support de soudure n'est pas retenu audit panneau isolant (14) dans la zone de ladite échancrure (33).

## CUVE ETANCHE ET THERMIQUEMENT ISOLANTE

### Domaine technique

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  
5 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  $-163^{\circ}\text{C}$ . Ces cuves peuvent être installées à terre ou sur un ouvrage flottant. Dans le cas d'un ouvrage flottant, la cuve peut être  
10 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

Le document WO2014096600 divulgue une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage de gaz naturel liquéfié agencée dans une structure porteuse et  
15 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 d'étanchéité secondaire qui est supportée par la barrière thermiquement isolante secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire qui est supportée par la membrane d'étanchéité secondaire et une  
20 membrane d'étanchéité 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.

Chaque barrière thermiquement isolante, primaire et secondaire, comporte un ensemble de panneaux isolants, respectivement primaire et secondaire, de forme  
25 générale parallélépipédique qui sont juxtaposés et qui forment ainsi une surface de support pour une membrane d'étanchéité respective. Les membranes d'étanchéité, primaire et secondaire, comportent chacune une nappe continue de virures métalliques, à bords relevés, qui sont soudées sur des supports de soudures parallèles. Les supports de soudure en forme de L sont fixés dans des rainures

ménagées dans les panneaux isolants de la barrière thermiquement isolante primaire ou secondaire. Les panneaux isolants primaires et secondaires sont susceptibles de se déformer, ce qui peut créer des dénivelés entre les panneaux isolants adjacents selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve. De telles déformations sont  
5 notamment susceptibles de se produire en raison des effets du mouvement du liquide à l'intérieur de la cuve (effet de ballotement, appelé « sloshing » en langue anglaise) et en raison des effets des gradients thermiques tendant à contracter les panneaux isolants.

La demanderesse a constaté que, dans une cuve du type précité, une valeur  
10 minimum d'interstice doit être respectée entre les panneaux isolants adjacents, et plus particulièrement entre les bords transversaux des panneaux qui sont orthogonaux aux directions des supports de soudure. En effet, la diminution de la distance entre les bords transversaux de deux panneaux isolants adjacents, conduit, en raison des dénivelés susceptibles d'être générés entre les panneaux isolants  
15 adjacents, à augmenter l'angle de déformation du support de soudure et de la membrane fixée auxdites panneaux isolants ce qui a pour effet d'augmenter les sollicitations en fatigue de la membrane. Aussi, à défaut de respecter une valeur minimum d'interstice, la membrane est susceptible de subir des dégradations.

En particulier, il a été réalisé des tests de tenue en fatigue des membranes  
20 d'étanchéité d'une cuve du type précité lorsque la dimension de l'interstice ménagé entre les bords transversaux adjacents de deux panneaux isolants est inférieure à une valeur minimum.

Chaque test de tenue en fatigue comporte environ 2000 cycles. Lors de chacun des cycles, un dénivelé selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve de  
25 l'ordre de quelques millimètres entre les bords transversaux adjacents des deux panneaux isolants est généré. Un tel test est représentatif de la durée de vie d'un navire.

Lors de ces tests, il a été notamment constaté que, dans la zone de l'interstice entre les bords transversaux adjacents des panneaux isolants :  
30 - les portions médiane planes des virures de la membrane d'étanchéité sont susceptibles de se plier et éventuellement de se fissurer, créant ainsi un défaut d'étanchéité,

- les bords relevés des virures ainsi que les zones de jonction entre les bords relevés et la portion médiane plane des virures sont susceptibles de se déformer, en créant des ondulations et éventuellement de se fissurer, créant ainsi une fuite d'étanchéité.

Or, le respect de la valeur minimum d'interstice entre les bords transversaux  
5 des panneaux isolants dégrade les performances thermiques de la barrière thermiquement isolante.

En outre, plus la valeur de l'interstice est importante et plus la distance dans laquelle la membrane d'étanchéité n'est pas supportée par les panneaux isolants augmente, ce qui est susceptible d'entraîner des déformations plus importantes de la  
10 membrane d'étanchéité sous la pression du liquide stocké dans la cuve.

### Résumé

Une idée à la base de l'invention consiste à permettre une diminution de la largeur des interstices entre les panneaux isolants primaires et/ou secondaires adjacents selon la direction longitudinale des supports de soudure sans dégrader  
15 considérablement la tenue en fatigue de la membrane.

Une idée à la base de l'invention est de proposer une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un gaz liquéfié comprenant une paroi présentant successivement, dans une direction d'épaisseur de la paroi, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante et une  
20 membrane d'étanchéité reposant contre ladite barrière thermiquement isolante ;  
- la barrière thermiquement isolante comportant au moins deux panneaux isolants qui présentent chacun une plaque supérieure définissant une surface de support contre laquelle repose la membrane d'étanchéité, les plaques supérieures des panneaux isolants présentant chacune une rainure dans laquelle est monté un support de  
25 soudure, les rainures des deux panneaux isolants étant alignées et s'étendant selon une direction longitudinale; ledit support de soudure s'étendant selon la direction longitudinale et comportant une aile de soudure et une aile d'ancrage inclinée par rapport à l'aile de soudure ; chaque rainure débouchant au niveau de la surface de support et présentant un retour dans lequel est logée l'aile d'ancrage du support de  
30 soudure, le retour ménageant dans le panneau isolant respectif, entre le retour et la surface de support, une portion de retenue contre laquelle est retenue l'aile d'ancrage

de manière à retenir le support de soudure sur ledit panneau isolant ;

- la membrane d'étanchéité comportant au moins deux virures métalliques qui s'étendent parallèlement à la direction longitudinale, de part et d'autre du support de soudure, lesdites virures présentant une portion médiane reposant contre les surfaces de support et deux bords relevés qui s'étendent parallèlement à la direction longitudinale et font saillie depuis la portion médiane vers l'intérieur de la cuve, l'un des bords relevés de chacune des deux virures étant soudés sur l'aile de soudure du support de soudure ;
- au moins la rainure de l'un des deux panneaux isolants présentant une extrémité en regard de l'autre panneau isolant qui se prolonge par une échancrure, ladite échancrure débouchant au niveau de la surface de support et étant ménagée au moins dans le prolongement, selon la direction longitudinale, de la rainure et de la portion de retenue, de sorte que le support de soudure n'est pas retenu audit panneau isolant dans la zone de ladite échancrure.

- 15           Ainsi, le support de soudure n'étant pas retenu à la barrière thermiquement isolante au niveau de l'échancrure, le support de soudure ainsi que la membrane d'étanchéité présentent une plus grande souplesse au droit de l'interstice ménagé entre les panneaux isolants ce qui permet de limiter les contraintes s'exerçant sur les supports de soudure et la membrane d'étanchéité lorsqu'un dénivelé est généré entre
- 20 les panneaux isolants primaires adjacents.

Selon d'autres modes de réalisation avantageux, une telle cuve peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

- Selon un mode de réalisation, les deux panneaux isolants présentent chacun deux bords transversaux qui sont perpendiculaires à la direction longitudinale, les bords transversaux adjacents des deux panneaux isolants étant espacés l'un de l'autre d'un interstice qui présente une largeur selon la direction longitudinale qui est inférieure à 20 mm et de préférence inférieure à 10 mm.

- Selon un mode de réalisation, les rainures des deux panneaux isolants sont espacées d'un intervalle  $i$  dont la dimension selon la direction longitudinale est comprise entre 20 et 70 mm, avantageusement entre 25 et 45 mm et plus particulièrement entre 30 et 40 mm. En d'autres termes, la dimension du support de soudure qui n'est pas retenue aux panneaux isolants, dans la zone de l'interstice

entre les bords transversaux des panneaux isolants est comprise entre 20 et 70 mm, avantageusement entre 25 et 45 mm et plus particulièrement entre 30 et 40 mm. Ceci permet, d'une part, de limiter les contraintes susceptibles d'être exercées sur le support de soudure et la membrane d'étanchéité dans une plage acceptable, et, 5 d'autre part, de retenir suffisamment la membrane d'étanchéité aux panneaux isolants pour éviter qu'elle ne s'arrache.

Selon un mode de réalisation, la rainure de chacun des deux panneaux isolants présente une extrémité en regard de l'autre panneau isolant qui se prolonge par une échancrure débouchant au niveau de la surface de support, chaque 10 échancrure étant ménagée au moins dans le prolongement, selon la direction longitudinale, de ladite rainure et de la portion de retenue, de sorte que le support de soudure n'est pas retenu au niveau de ladite échancrure. Ainsi, les gains de souplesse du support de soudure et de la membrane d'étanchéité sont répartis de part et d'autre de l'interstice.

15 Selon un mode de réalisation, la ou chaque échancrure présente une dimension  $n$  selon la direction longitudinale comprise entre 5 mm et 30 mm.

Selon un mode de réalisation, la ou chaque échancrure présente une profondeur  $p$  qui est égale et de préférence supérieure à celle des rainures. Ceci permet de limiter les contraintes s'exerçant sur le support de soudure et la membrane 20 d'étanchéité, lorsque le bord transversal du panneau isolant présentant ladite échancrure est surélevé par rapport au bord transversal adjacent de l'autre panneau isolant.

Selon un mode de réalisation, l'échancrure présente un fond et des parois latérales reliant le fond à la surface de support.

25 Selon un mode de réalisation, le fond de l'échancrure présente une pente inclinée de sorte que la profondeur  $p$  de l'échancrure diminue en direction de la rainure.

Selon un mode de réalisation, les parois latérales de l'échancrure se raccordent à la rainure par des chanfreins ou des congés. De tels chanfreins ou 30 congés permettent de guider le support de soudure vers la rainure et facilite ainsi la mise en place du support de soudure dans la rainure.

Selon un mode de réalisation, les parois latérales de l'échancrure se composent d'une partie plane et se raccordent à la rainure par une partie cylindrique.

Selon un mode de réalisation, l'échancrure présente une forme globale triangulaire ou trapézoïdale qui se rétrécit en direction de la rainure.

- 5            Selon un mode de réalisation, au moins la plaque supérieure de l'un des deux panneaux isolants comporte, le long du bord transversal dudit panneau isolant qui est en regard de l'autre panneau isolant, un évidement, l'évidement s'étendant perpendiculairement à la direction longitudinale d'un bout à l'autre de la paroi supérieure dudit panneau isolant de telle sorte que les virures métalliques ne sont
- 10 pas supportées par la surface de support le long dudit bord transversal du panneau isolant. Ceci permet d'éviter ou de limiter les déformations par cisaillement des virures au droit des interstices entre les bords transversaux des panneaux isolants primaires lorsque la largeur de l'interstice entre les panneaux isolants est faible.

- Selon un mode de réalisation, les deux panneaux isolants présentent chacun
- 15 deux bords transversaux qui sont perpendiculaires à la direction longitudinale, la plaque supérieure de chacun des deux panneaux isolants comportant, le long du bord transversal dudit panneau isolant qui est en regard de l'autre panneau isolant, un évidement ; l'évidement s'étendant perpendiculairement à la direction longitudinale d'un bout à l'autre dudit panneau isolant de telle sorte que les virures ne sont pas
- 20 supportées par la surface de support le long dudit bord transversal du panneau isolant.

- Selon un mode de réalisation, l'évidement est agencé de sorte que la plaque supérieure est évidée au moins dans une zone définie au-dessus d'un plan qui est incliné d'un angle de 55 ° par rapport à la surface de support et qui coupe le bord
- 25 transversal du panneau isolant à une distance, selon la direction d'épaisseur de la paroi, de 6 mm par rapport à la surface de support.

             Selon un mode de réalisation, le ou chaque évidement est formé par un décrochement, une découpe en biseau ou un arrondi ménagé dans la plaque supérieure, le long du bord transversal du panneau isolant.

- 30            Selon un mode de réalisation, la ou chaque échancrure débouche dans l'un des évidements.

Selon un autre mode de réalisation, la ou chaque échancrure s'étend jusqu'au bord transversal du panneau isolant respectif.

Selon un mode de réalisation, les bords transversaux adjacents des deux panneaux isolants sont espacés l'un de l'autre d'un interstice qui présente une largeur  
5 selon la direction longitudinale qui est inférieure à 5 mm, par exemple de l'ordre de 1 mm.

Selon un mode de réalisation avantageux, la somme de la dimension longitudinale de l'évidement de chacun des deux panneaux isolants et de la largeur de l'interstice ménagé entre lesdits panneaux isolants est comprise entre 7 et 25 mm.

10 Selon un mode de réalisation, la rainure présente une section en forme de T inversé.

Selon un mode de réalisation, le support de soudure présente une forme de L.

Selon un mode de réalisation, la plaque supérieure est en bois contreplaqué.

15 Selon un mode de réalisation, la plaque supérieure présente une épaisseur comprise entre 9 et 15 mm.

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, la paroi comportant successivement, de l'extérieur  
20 vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire ancrée à une structure porteuse, une membrane d'étanchéité secondaire reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire, la barrière thermiquement isolante primaire et la membrane d'étanchéité primaire.

Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité est réalisée dans  
25 un matériau choisi parmi l'acier inoxydable, les alliages de fer et de nickel dont le coefficient de dilatation est compris entre  $1,2 \cdot 10^{-6}$  et  $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  et les alliages de fer et de manganèse dont le coefficient de dilatation est inférieur à  $15 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

Selon un mode de réalisation, le support de soudure est réalisé dans un matériau choisi parmi l'acier inoxydable, les alliages de fer et de nickel dont le

coefficient de dilatation est compris entre  $1,2 \cdot 10^{-6}$  et  $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  et les alliages de fer et de manganèse dont le coefficient de dilatation est inférieur à  $15 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

Selon un mode de réalisation, au moins l'un des panneaux isolants comporte une plaque de fond, une plaque intermédiaire disposée entre la plaque de fond et la plaque supérieure, une première couche de mousse polymère isolante prise en sandwich entre la plaque de fond et la plaque intermédiaire et une deuxième couche de mousse polymère isolante prise en sandwich entre la plaque intermédiaire et la plaque supérieure. Une telle structure est avantageuse en ce qu'elle permet de limiter les efforts de flexion engendrés par la contraction différentielle des matériaux du panneau isolant.

Selon un autre mode de réalisation, au moins l'un des panneaux isolants comporte en outre une plaque de fond et des voiles porteurs s'étendant, dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve, entre la plaque de fond et la plaque supérieure et délimitant une pluralité de compartiments remplis d'une garniture isolante, telle que de la perlite.

Selon un mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante comporte une pluralité de panneaux isolants qui présentent chacun une plaque supérieure définissant une surface de support contre laquelle repose la membrane d'étanchéité, les plaques supérieures présentant chacune une ou plusieurs rainures dans lesquelles est monté un support de soudure, chacune des extrémités de chaque rainure présentant une échancrure débouchant au niveau de la surface de support et étant ménagée au moins dans le prolongement, selon la direction longitudinale, de la rainure et de la portion de retenue, de sorte que le support de soudure n'est pas retenu audit panneau dans la zone de ladite échancrure.

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

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.

Selon un mode de réalisation, la double coque comporte une coque interne  
5 formant la structure porteuse de la cuve.

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.

10 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  
15 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  
20 titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés.

- **La figure 1** est une vue en perspective écorchée d'une paroi de cuve.

- **La figure 2** est une vue en coupe illustrant une rainure ménagée dans un panneau primaire, un support de soudure logé dans la rainure et des virures qui sont soudés sur le support de soudure.

25 - **La figure 3** est une vue en perspective d'un panneau primaire selon un premier mode de réalisation.

- **La figure 4** est une vue détaillée en perspective illustrant une barrière thermiquement isolante primaire à la jonction entre deux panneaux isolants primaires adjacents selon le premier mode de réalisation.

- **La figure 5** est une vue détaillée d'une échancrure au niveau d'un bord transversal d'un panneau isolant primaire selon le premier mode de réalisation.

- **La figure 6** est une vue schématique en coupe d'une rainure et d'une échancrure.

5           - **La figure 7** est une vue en perspective d'un panneau isolant primaire selon un deuxième mode de réalisation.

- **La figure 8** est une vue schématique en coupe illustrant une barrière thermiquement isolante primaire à la jonction entre deux panneaux isolants primaires adjacents selon le deuxième mode de réalisation.

10           - **La figure 9** est une vue schématique en coupe illustrant une barrière thermiquement isolante primaire à la jonction entre deux panneaux isolants primaires adjacents selon une variante du deuxième mode de réalisation.

- **La figure 10** est une vue schématique en coupe illustrant une barrière thermiquement isolante primaire à la jonction entre deux panneaux isolants primaires  
15 adjacents selon une autre variante du deuxième mode de réalisation.

- **La figure 11** est une vue en perspective d'un panneau isolant primaire selon un troisième mode de réalisation.

- **La figure 12** est une vue schématique en coupe illustrant une barrière thermiquement isolante primaire à la jonction entre deux panneaux isolants primaires  
20 adjacents selon le troisième mode de réalisation.

- **La figure 13** est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

### **Description détaillée de modes de réalisation**

Par convention, dans la description, un repère orthonormé bidimensionnel  
25 défini par deux axes x et y est utilisé pour décrire les éléments d'une paroi 1 de la cuve étanche et thermiquement isolante. L'axe x correspond à la direction longitudinale et l'axe y correspond à la direction transversale. La direction longitudinale correspond à la direction selon laquelle les virures et les supports de soudure s'étendent. Selon un mode de réalisation avantageux, lorsque la cuve est

destinée à être intégrée dans la double coque d'un navire, l'axe x correspond également à la direction longitudinale du navire.

Sur la figure 1, on a représenté la structure multicouche d'une paroi 1 d'une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide liquéfié, tel que du gaz naturel liquéfié (GNL). Chaque paroi 1 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 retenue à une structure porteuse 3, une membrane d'étanchéité secondaire 4 reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire 2, une barrière thermiquement isolante primaire 5 reposant contre la membrane d'étanchéité secondaire 4 et une membrane d'étanchéité primaire 6 destinée à être en contact avec le gaz naturel liquéfié contenu dans la cuve.

La structure porteuse 3 peut notamment être formée par la coque ou la double coque d'un navire. La structure porteuse 3 comporte une pluralité de parois définissant la forme générale de la cuve, habituellement une forme polyédrique.

La barrière thermiquement isolante secondaire 2 comporte une pluralité de panneaux isolants secondaires 7 qui sont ancrés sur la structure porteuse 3 au moyen de dispositifs d'ancrage, tels que décrits par exemple dans le document WO2014096600. Les panneaux isolants secondaires 7 présentent une forme générale parallélépipédique et sont disposés selon des rangées parallèles.

Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 1, chaque panneau isolant secondaire 7 comporte trois plaques, à savoir une plaque de fond 8, une plaque intermédiaire 9 et une plaque supérieure 10 qui définit une surface de support pour la membrane d'étanchéité secondaire 4. Les plaques de fond 8, intermédiaire 9 et supérieure 10 sont par exemple réalisées en bois contreplaqué. Chaque panneau isolant secondaire 7 comporte également une première couche de mousse polymère isolante 11 prise en sandwich entre la plaque de fond 8 et la plaque intermédiaire 9 et une seconde couche de mousse polymère isolante 12 prise en sandwich entre la plaque intermédiaire 9 et la plaque supérieure 10. La première et la deuxième couches de mousse polymère isolante 11, 12 sont respectivement collées sur les plaques de fond 8 et intermédiaire 9 et sur les plaques intermédiaire 9 et supérieure 10. La mousse polymère isolante peut notamment être une mousse à base de polyuréthane, optionnellement renforcée par des fibres.

Dans un autre mode de réalisation, les panneaux isolants secondaires 7 sont susceptibles de présenter une autre structure générale, par exemple celle décrite dans le document WO2012/127141. Les panneaux isolants secondaires 7 sont alors réalisés sous la forme d'un caisson comportant une plaque de fond, une plaque  
5 supérieure et des voiles porteurs s'étendant, dans la direction d'épaisseur de la paroi 1 de cuve, entre la plaque de fond et la plaque supérieure et délimitant une pluralité de compartiments remplis d'une garniture isolante, telle que de la perlite, de la laine de verre ou de roche.

Dans un autre mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante  
10 secondaire 2 comporte des panneaux isolants secondaires 7 ayant au moins deux types de structure différents, par exemple les deux structures précitées, en fonction de leur zone d'implantation dans la cuve.

A titre d'exemple, les panneaux isolants secondaires 7 présentent des dimensions de l'ordre de 1130 mm x 1000 mm. Les panneaux isolants secondaires 7  
15 sont espacés les uns des autres selon la direction transversale y par un jeu fonctionnel de montage, par exemple de l'ordre de 1 mm. Par ailleurs, les panneaux isolants secondaires 7 sont espacés les uns des autres selon la direction longitudinale x par un interstice ayant par exemple une largeur de l'ordre de 60 mm. Aussi, une garniture isolante, non représentée, telle que de la laine de verre ou de la laine de  
20 roche est positionnée dans l'interstice ménagé entre les bords transversaux des panneaux isolants secondaires 7.

La membrane d'étanchéité secondaire 4 comporte une nappe continue de virures 13, métalliques, à bord relevés qui sont fixés sur les panneaux isolants secondaires 7, tel qu'il sera détaillé par la suite.

25 La barrière thermiquement isolante primaire 5 comporte une pluralité de panneaux isolants primaires 14 qui sont ancrés sur la structure porteuse 3 au moyen des dispositifs d'ancrage précités. Les panneaux isolants primaires 14 présentent une forme générale parallélipédique. Chacun des panneaux isolants primaires 14 est positionné au droit de l'un des panneaux isolants secondaires 7. Les panneaux  
30 primaires 14 présentent une longueur selon la direction longitudinale x supérieure à celle des panneaux isolants secondaires 7, ce qui permet de réduire la dimension de

l'interstice ménagé entre les bords transversaux 32 des panneaux isolants primaires 14. L'interstice entre les bords transversaux des panneaux isolants primaires 14 présente une largeur, selon la direction longitudinale x, qui est inférieure à 20 mm, avantageusement inférieure à 10 mm, par exemple de l'ordre de 8 mm. L'espacement  
5 entre les panneaux isolants primaires 14 selon la direction transversale y est identique à celui ménagé entre les panneaux isolants secondaires 7 et correspond à un jeu fonctionnel de montage de l'ordre de 1 mm.

En relation avec la figure 3, l'on observe la structure d'un panneau isolant primaire 14 selon un premier mode de réalisation. Le panneau isolant primaire 14  
10 présente une structure multicouche similaire à celle du panneau isolant secondaire 7 décrit ci-dessus. Aussi, le panneau isolant primaire 14 comporte successivement une plaque de fond 15, une première couche de mousse polymère isolante 16, une plaque intermédiaire 17, une deuxième couche de mousse polymère isolante 18 et une plaque supérieure 19. La plaque supérieure 19 définit une surface de support 36 pour  
15 la membrane d'étanchéité primaire 6. La mousse polymère isolante peut notamment être une mousse à base de polyuréthane, optionnellement renforcée par des fibres. La plaque supérieure 19 est par exemple réalisée en bois contreplaqué. Selon un mode de réalisation, la plaque supérieure présente une épaisseur comprise entre 9 et 15 mm.

20 La plaque de fond 15 comporte des rainures 20 destinées à recevoir les bords relevés des virures de la membrane d'étanchéité secondaire 4. La plaque supérieure 19 comporte également des rainures 21 pour recevoir des supports de soudure destinés au soudage de la membrane d'étanchéité primaire 6.

La structure du panneau isolant primaire 14 est décrite ci-dessus à titre  
25 d'exemple. Aussi, dans un autre mode de réalisation, les panneaux isolants primaires 14 sont susceptibles de présenter une autre structure générale, par exemple celle décrite dans le document WO2012/127141. Dans un autre mode de réalisation, la barrière thermiquement isolante primaire 5 comporte des panneaux isolants primaires 14 ayant au moins deux types de structure différents, par exemple les deux structures  
30 précitées, en fonction de leur zone d'implantation dans la cuve.

En revenant à la figure 1, l'on observe que la membrane d'étanchéité primaire 6 comporte une nappe continue de virures 22, métalliques, à bord relevés

qui s'étendent selon la direction longitudinale x. Les virures 22 sont soudées par leurs bords relevés sur des supports de soudure 23 qui s'étendent parallèlement les uns aux autres selon la direction longitudinale x et qui sont fixés dans les rainures 21 ménagées sur les plaques supérieures 19 des panneaux isolants primaires 14.

5           En relation avec la figure 2, l'on décrit ci-dessous l'ancrage d'un support de soudure 23 sur la plaque supérieure 19 d'un panneau isolant primaire 14 et la fixation des virures 22 de la membrane d'étanchéité primaire 6 sur ledit support de soudure 23. Notons que l'ancrage de la membrane d'étanchéité secondaire 4 sur les panneaux isolants secondaires 7 est réalisé de manière similaire.

10           Dans le mode de réalisation représenté, le support de soudure 23 présente une section en forme de L et est retenu dans une rainure 21. La rainure 21 présente ici une section en forme de T inversé, mais peut élément présenter une section en forme de L. La section en forme de T est toutefois avantageuse en ce qu'elle peut être réalisée plus simplement, à l'aide d'opérations de fraisage. A titre d'exemple, la  
15 rainure présente une profondeur de l'ordre de 6 mm.

Le support de soudure 23 présente une aile de soudure 24 et une aile d'ancrage 25 qui sont inclinées l'une par rapport à l'autre. Ici, l'aile de soudure 24 et l'aile d'ancrages 25 sont perpendiculaire l'une à l'autre de sorte à former un L.

La rainure 21 présente une portion 26 s'étendant sensiblement selon la  
20 direction d'épaisseur de la paroi 1 de cuve et débouchant au niveau de la surface de support 36 de la plaque supérieure 19 et au moins un retour 27 qui s'étend selon un plan orthogonal à la direction d'épaisseur de la paroi 1 de cuve. Le retour 27 ménage ainsi, dans la plaque supérieure 19, entre la surface de support 36 et le retour 27 une portion de retenue 28. L'aile d'ancrage 25 du support de soudure est insérée à  
25 l'intérieur du retour 27 de la rainure 21 tandis que l'aile de soudure 24 traverse la portion 26 s'étendent selon la direction d'épaisseur de la paroi 1 de cuve de manière à faire saillie vers l'intérieur de la cuve, au-delà de la plaque supérieure 19. L'aile d'ancrage 25 est ainsi retenue contre la portion de retenue 28, ce qui permet d'ancrer le support de soudure 23 sur le panneau isolant primaire 14.

30           Les rainures 21 des panneaux isolants primaires 14 sont alignées les unes à la suite des autres selon la direction longitudinale. Aussi, un support de soudure 23

s'étend selon la direction longitudinale x, sensiblement d'un bout à l'autre de la paroi 1 de cuve, en passant au travers des rainures 21 alignées les unes par rapport aux autres d'une pluralité de panneaux isolants primaires 14.

Les virures 22 présentent une portion médiane 29 reposant contre la surface  
5 de support 36 des plaques supérieures 19 et deux bords relevés 30 qui s'étendent selon la direction longitudinale et font saillie depuis la portion médiane 29 vers l'intérieur de la cuve. Les bords relevés 30 des deux virures 22 qui s'étendent de part et d'autre du support de soudure 23 sont soudés sur l'aile de soudure 24 dudit support de soudure 23. Les soudures étanches entre les bords relevés 30 et les ailes de  
10 soudure 23 sont par exemple réalisées à l'aide d'une machine de soudage, telle que décrite dans les demandes FR2172837 ou FR2140716.

Les virures 22 et les supports de soudure 23 sont, par exemple, réalisés 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  $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , dans un alliage de fer à forte teneur  
15 en manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement de l'ordre de  $7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  ou dans un acier inoxydable.

Comme représenté sur la figure 4, les panneaux isolants primaires 14 sont espacés selon la direction longitudinale x par un interstice 31 présentant une faible largeur. La largeur de l'interstice 31 est inférieure à 20 mm, de préférence inférieure  
20 à 10 mm et par exemple de l'ordre de 8 mm.

Aussi, afin de limiter les sollicitations mécaniques susceptibles d'agir sur les supports de soudure 23, sur les bords relevés 30 ainsi que sur les soudures entre les supports de soudure 23 et les bords relevés 30 lorsqu'un dénivelé est généré entre deux panneaux isolants primaires 14 adjacents, les rainures 21 se prolongent au  
25 niveau des bords transversaux 32 des panneaux isolants primaires 14 par des échancrures 33, dont l'une est représentée de manière détaillée sur les figures 5 et 6.

L'échancrure 33 débouche au niveau de la surface de support 36 et s'étend dans le prolongement, selon la direction longitudinal x, de la rainure 21 et de la portion  
30 de retenue 28 de sorte que l'aile d'ancrage 25 du support de soudure 23 n'est pas retenue au panneau isolant primaire 14 dans la zone de ladite échancrure 33. Ceci

permet de diminuer les contraintes s'exerçant sur les supports de soudure 23 et les bords relevés 30 des virures 22 lorsqu'un dénivelé est généré entre les panneaux isolants primaires 14 adjacents. Dès lors, les effets d'un tel dénivelé sur la tenue en fatigue de la membrane d'étanchéité primaire 6 et des supports de soudure 23 dans

5 la zone des interstices 31 ménagés entre les bords transversaux 32 des panneaux isolants primaires 14 sont atténués.

L'échancrure 33 présente un fond 34 et deux parois latérales 35 reliant le fond 34 à la surface de support 36. De manière avantageuse, l'échancrure 33 présente une profondeur  $p$  (illustrée sur la figure 6) selon la direction d'épaisseur de

10 la paroi 1 de cuve qui est supérieure à celle de la rainure 21. Plus particulièrement, comme représenté sur la figure 5, le fond 34 présente une pente qui est inclinée de sorte que la profondeur  $p$  de l'échancrure 33 diminue depuis le bord transversal 32 du panneau isolant primaire 14 vers la rainure 21. Ceci permet de limiter les contraintes s'exerçant sur le support de soudure 23 et les bords relevés 30 des virures

15 22, du côté du panneau isolant primaire 14 qui est surélevé par rapport au panneau isolant primaire 14 adjacent lorsqu'un dénivelé est généré entre deux panneaux isolants primaires 14 adjacents.

Par ailleurs, de manière avantageuse, la dimension  $m$ , représentée sur la figure 6, de l'échancrure 33 selon la direction transversale  $y$  est supérieure ou égale

20 à la dimension de la rainure 21 selon ladite direction transversale  $y$ . Aussi, chaque paroi latérale 35 de l'échancrure 33 est positionnée, selon la direction transversale  $y$ , au-delà d'une extrémité de la portion horizontale de la rainure 21. En outre, les parois latérales 35 de l'échancrure 33 se raccordent chacun aux bords de la rainure 21 par l'intermédiaire d'un chanfrein ou d'un congé 37. Le chanfrein ou le congé 37 est

25 agencé pour guider l'aile de soudure 24 du support de soudure 23 en direction de la portion 26 verticale de la rainure 21 lors du montage par coulissement du support de soudure 23 à l'intérieur de la rainure 21. Ainsi, un tel agencement présente en outre l'avantage de faciliter l'insertion du support de soudure 23 à l'intérieur de la rainure 21.

30 Plus particulièrement, dans le mode de réalisation représenté, les parois latérales présentent une partie plane et se raccordent la rainure 21 par une partie cylindrique 37.

Dans d'autres modes de réalisation non représentés, l'échancrure 33 présente une forme générale de trapèze ou de triangle qui est orientée de telle sorte que l'échancrure s'élargit en s'éloignant de la rainure 21.

La dimension n, représentée sur la figure 5, des échancrures 33 selon la direction longitudinale est avantageusement déterminée en fonction de la dimension de l'interstice 31 ménagé entre les bords transversaux 32 des panneaux isolants primaires 14. Il a en effet été constaté que la longueur de la zone dans laquelle le support de soudure 23 n'est pas retenu aux deux panneaux isolants primaires 14 adjacents, c'est-à-dire correspondant à la dimension de l'intervalle i, représentée sur la figure 4, entre deux rainures 21 successives, doit avantageusement être comprise entre 20 et 70 mm, avantageusement entre 25 et 45 mm et plus particulièrement entre 30 et 40 mm. Ceci permet, d'une part, de limiter les contraintes susceptibles d'être exercées sur le support de soudure 23 et la membrane d'étanchéité primaire 6 dans une plage acceptable, et, d'autre part, de retenir suffisamment la membrane d'étanchéité primaire 6 aux panneaux isolants primaires 14 pour éviter qu'elle ne s'arrache.

Aussi, à titre d'exemple, la dimension n des échancrures 14 selon la direction longitudinale est comprise entre 5 mm et 30 mm. La dimension n est par exemple de l'ordre de 13 mm lorsque l'interstice 31 présente une largeur de l'ordre de 8 mm.

En relation avec les figures 7 et 8, l'on décrit désormais un panneau isolant primaire 14 selon un autre mode de réalisation. Ce mode de réalisation est avantageux en ce qu'il permet de diminuer encore davantage l'interstice 31 ménagé entre les panneaux isolants primaires 14 selon la direction longitudinale x. L'interstice 31 représenté sur la figure 8 présente une largeur qui est avantageusement inférieure à 5 mm, par exemple de l'ordre de 1 mm. Dès lors, pour un interstice 31 présentant une valeur de 1 mm, il n'y a pas de garniture isolante positionnée entre les bords transversaux 32 des panneaux isolants primaires 14. Ceci permet donc d'améliorer les performances d'isolation thermique de la barrière thermiquement isolante primaire 5 tout en simplifiant son installation.

Afin d'éviter des déformations par cisaillement des virures 22 au droit des interstices 31 entre les bords transversaux 32 des panneaux isolants primaires 14

lorsque la largeur de l'interstice 31 est faible, la plaque supérieure 19 des panneaux isolants primaires 14 présente, en sus des échancrures 33 précitées, des évidements 38. Un évidement 38 est ménagé le long de chacun des bords transversaux 32 et s'étend selon une direction transversale d'un bout à l'autre du panneau isolant  
5 primaire 14. Les évidements 38 interrompent la surface de support 36 de sorte que la membrane d'étanchéité primaire 6 n'est pas supportée dans la zone dudit évidement 38. Dès lors, comme représenté sur la figure 8, la longueur l, selon la direction longitudinale, de la zone dans laquelle la membrane d'étanchéité primaire 6 n'est plus supportée est égale à la somme de la dimension, selon la direction  
10 longitudinale, de l'évidement 38 de chacun des panneaux isolants primaires 14 et de la largeur de l'interstice 31.

Les évidements 38 ont ainsi pour effet de limiter l'angle de déformation de la membrane d'étanchéité primaire 6 au droit de l'interstice 31 entre les bords transversaux 32 des panneaux isolants primaires 14 lorsqu'un dénivelé est généré  
15 entre les panneaux isolants primaires 14 adjacents. Ainsi, les déformations de la membrane d'étanchéité primaire 6 restent dans le domaine élastique et n'entraînent pas de déformations irréversibles de la membrane d'étanchéité primaire 6 au droit des interstices 31, pour des pressions habituellement rencontrées dans les cuves.

De manière avantageuse, la longueur l, c'est-à-dire la somme de la dimension longitudinale de l'évidement 38 de chacun des panneaux isolants primaires adjacents et de la largeur de l'interstice 31 est comprise entre 7 et 25 mm  
20 et de préférence entre 8 et 12 mm. Aussi, à titre d'exemple, pour une largeur d'interstice 31 de l'ordre de 1 mm, la dimension selon la direction longitudinale d'un évidement 38 est comprise entre 3 et 12 mm.

Les évidements 38 représentés sur la figure 8 sont des décrochements. Le fond 39 du décrochement présente une surface parallèle à la surface de support 36 et est relié à ladite surface de support 36 par une paroi qui s'étend sensiblement selon la direction d'épaisseur de la paroi 1 de cuve. Le décrochement présente par exemple une largeur comprise entre 3 et 12 mm. La profondeur de l'évidement 38, selon la  
25 direction d'épaisseur de la paroi de cuve est supérieure ou égale à la profondeur de la rainure 21, c'est-à-dire environ 6 mm. La profondeur de l'évidement 38 est de préférence comprise entre 8 et 10 mm.  
30

Notons que, dans ce mode de réalisation, comme dans ceux décrits ci-dessous en réalisation avec les figures 9 et 10, des échancrures 33, telles que décrites précédemment sont ménagées dans la plaque supérieure 19 de sorte que les rainures 21 débouchent dans les évidements 38 au travers desdites échancrures 33.

Les figures 9 et 10 illustrent des variantes de réalisation du second mode de réalisation des figures 7 et 8. Ces variantes de réalisation diffèrent de la variante illustrée sur la figure 8 par la forme de l'évidement 38.

Dans la variante de réalisation illustrée sur la figure 9, les évidements 38 sont découpés en biseau, dans la plaque supérieure 19, le long des bords transversaux 32 des panneaux isolants primaires 14.

Dans la variante de réalisation illustrée sur la figure 10, les évidements 38 sont chacun ménagés à la faveur d'un arrondi ménagé dans la plaque supérieure 19, le long des bords transversaux 32 des panneaux isolants primaires 14.

Pour ces deux variantes de réalisation, la longueur  $l$ , c'est-à-dire la somme de la dimension longitudinale de l'évidement 28 de chacun des panneaux isolants primaires 14 adjacents et de la largeur de l'interstice 31 est comprise entre 7 et 25 mm comme dans le mode de réalisation des figures 7 et 8.

De manière avantageuse, quelle que soit sa forme, l'évidement 38 est agencé de sorte que la plaque supérieure 19 est évidée au moins dans une zone définie au-dessus d'un plan qui est incliné d'un angle de  $55^\circ$  [par rapport à la surface de support 36 et qui coupe le bord transversal 32 du panneau isolant primaire 14 à une distance, selon la direction d'épaisseur de la cuve, de 6 mm par rapport au plan de la surface de support 36.

Les figures 11 et 12 représentent un troisième mode de réalisation. Ce mode de réalisation diffère des modes de réalisation décrits ci-dessus en relation avec les figures 7 à 10 en ce que les plaques supérieures 19 des panneaux isolants primaires 14 ne sont pas équipées d'échancrures 33 ménagées dans le prolongement des rainures 21. Aussi, dans ce mode de réalisation, les rainures 21 débouchent directement dans les évidements 38 ménagés dans la plaque supérieure 19, le long des bords transversaux, 32. Aussi, la dimension selon la direction longitudinale des

évidements 38 est choisie de telle sorte que la dimension de l'intervalle  $i$ , selon la direction longitudinale, entre deux rainures 21 successives, est avantageusement comprise entre 20 et 70 mm, avantageusement entre 25 et 45 mm et plus particulièrement entre 30 et 40 mm.

5           Aussi, à titre d'exemple, dans le mode de réalisation représenté sur la figure 12, la largeur de l'interstice 31 ménagé entre les bords transversaux 32 des deux panneaux isolants primaires 14 adjacent est de l'ordre de 1 mm tandis que la dimension des évidements 38 selon la direction longitudinale  $x$  est comprise entre 14,5 mm et 29.5 mm, par exemple de l'ordre de 24,5 mm.

10           Notons que dans les modes de réalisation décrits ci-dessus, seuls les panneaux isolants primaires 14 sont équipés d'agencements (échancrures 33 et/ou évidements 38) permettant de limiter les dégradations de la tenue en fatigue de la membrane d'étanchéité primaire 6 puisque les panneaux isolants primaires 14 sont susceptibles d'être soumis à des phénomènes de dénivelés plus importants que les  
15   panneaux isolants secondaires 7. Toutefois, de manière alternative ou additionnelle, les panneaux isolants secondaires 7 peuvent également présenter de tels agencements, à savoir des rainures ménagées dans la plaque supérieure qui se prolongent par des échancrures et/ou des évidements ménagés, dans la plaque supérieure, le long des bords transversaux des panneaux isolants secondaires 7.

20           En référence à la figure 13, 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  
25   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  
30   connecteurs appropriées, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 71.

La figure 13 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  
5 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  
10 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  
15 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  
20 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.

25 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.

## REVENDICATIONS

1. Cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un gaz liquéfié comprenant une paroi (1) présentant successivement, dans une direction d'épaisseur de la paroi (1), depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière
- 5 thermiquement isolante (5) et une membrane d'étanchéité (6) reposant contre ladite barrière thermiquement isolante (5) ;
- la barrière thermiquement isolante (5) comportant au moins deux panneaux isolants (14) qui présentent chacun une plaque supérieure (19) définissant une surface de support (36) contre laquelle repose la membrane d'étanchéité (6), les plaques
- 10 supérieures (19) des panneaux isolants (14) présentant chacune une rainure (21) dans laquelle est monté un support de soudure (23), les rainures (21) des deux panneaux isolants (14) étant alignées et s'étendant selon une direction longitudinale; ledit support de soudure (23) s'étendant selon la direction longitudinale et comportant une aile de soudure (24) et une aile d'ancrage (25) inclinée par rapport à l'aile de
- 15 soudure (24) ; chaque rainure (21) débouchant au niveau de la surface de support (36) et présentant un retour (27) dans lequel est logée l'aile d'ancrage (25) du support de soudure (23), le retour (27) ménageant dans le panneau isolant (14) respectif, entre le retour (27) et la surface de support (36), une portion de retenue (28) contre laquelle est retenue l'aile d'ancrage (25) de manière à retenir le support de soudure
- 20 (23) sur ledit panneau isolant (14) ;
- la membrane d'étanchéité (6) comportant au moins deux virures (22) métalliques qui s'étendent parallèlement à la direction longitudinale, de part et d'autre du support de soudure (23), lesdites virures (22) présentant une portion médiane (29) reposant contre les surfaces de support (36) et deux bords relevés (30) qui s'étendent
- 25 parallèlement à la direction longitudinale et font saillie depuis la portion médiane (29) vers l'intérieur de la cuve, l'un des bords relevés (30) de chacune des deux virures (22) étant soudés sur l'aile de soudure (24) du support de soudure (23) ;
- ladite cuve étanche et thermiquement isolante étant caractérisée en ce qu'au moins la rainure (21) de l'un des deux panneaux isolants (14) présentant une extrémité en
- 30 regard de l'autre panneau isolant (14) qui se prolonge par une échancrure (33), ladite échancrure (33) débouchant au niveau de la surface de support (36) et étant ménagée au moins dans le prolongement, selon la direction longitudinale, de la

rainure (21) et de la portion de retenue (28), de sorte que le support de soudure (23) n'est pas retenu audit panneau isolant (14) dans la zone de ladite échancrure (33).

2. Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 1, dans laquelle les deux panneaux isolants (14) présentent chacun deux bords transversaux (32) qui sont perpendiculaires à la direction longitudinale, les bords transversaux (32) adjacents des deux panneaux isolants (14) étant espacés l'un de l'autre d'un interstice (31) qui présente une largeur selon la direction longitudinale qui est inférieure à 20 mm.

3. Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle les rainures (21) des deux panneaux isolants (14) sont espacées d'un intervalle  $i$  dont la dimension selon la direction longitudinale est comprise entre 20 et 70 mm.

4. Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle la rainure (21) de chacun des deux panneaux isolants (14) présente une extrémité en regard de l'autre panneau isolant (14) qui se prolonge par une échancrure (33) débouchant au niveau de la surface de support (36), chaque échancrure (33) étant ménagée au moins dans le prolongement, selon la direction longitudinale, de ladite rainure (21) et de la portion de retenue (28), de sorte que le support de soudure (23) n'est pas retenu au niveau de ladite échancrure (33).

5. Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle la ou chaque échancrure (33) présente une dimension  $n$  selon la direction longitudinale comprise entre 5 mm et 30 mm.

6. Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle la ou chaque échancrure (33) présente une profondeur  $p$  supérieure ou égale à celle des rainures (21).

7. Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle l'échancrure (33) présente un fond (34) et des parois latérales (35) reliant le fond (34) à la surface de support (36).

8. Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 7, dans laquelle le fond (34) de l'échancrure (33) présente une pente inclinée de sorte que la profondeur p de l'échancrure (33) diminue en direction de la rainure (21).

9. Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 7 ou 5 8, dans laquelle les parois latérales (35) de l'échancrure (33) se raccordent à la rainure par des chanfreins ou des congés (37).

10. Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans laquelle les deux panneaux isolants (14) présentent chacun deux bords transversaux (32) qui sont perpendiculaires à la direction 10 longitudinale, la plaque supérieure (19) de chacun des deux panneaux isolants (19) comportant, le long du bord transversal (32) dudit panneau isolant (14) qui est en regard de l'autre panneau isolant (14), un évidement (38), l'évidement (38) s'étendant perpendiculairement à la direction longitudinale d'un bout à l'autre dudit panneau isolant (14) de telle sorte que les virures (22) ne sont pas supportées par la surface 15 de support (36) le long dudit bord transversal (32) du panneau isolant (14).

11. Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 10, dans laquelle la ou chaque échancrure (33) débouche dans l'un des évidements (38).

12. Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 10 ou 11, dans laquelle les bords transversaux (32) adjacents des deux panneaux 20 isolants (14) sont espacés l'un de l'autre d'un interstice (31) qui présente une largeur selon la direction longitudinale qui est inférieure à 5 mm.

13. Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 12, dans laquelle la somme de la dimension longitudinale de l'évidement (38) de chacun des deux panneaux isolants (14) et de la largeur de l'interstice (31) ménagé entre les 25 panneaux isolants (14) est comprise entre 7 et 25 mm.

14. 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 13 disposée dans la double coque (72).

15. Système de transfert pour un fluide, le système comportant un 30 navire (70) selon la revendication 14, 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.

- 5            16.        Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon la revendication 14, 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 du navire (71).

1 / 6

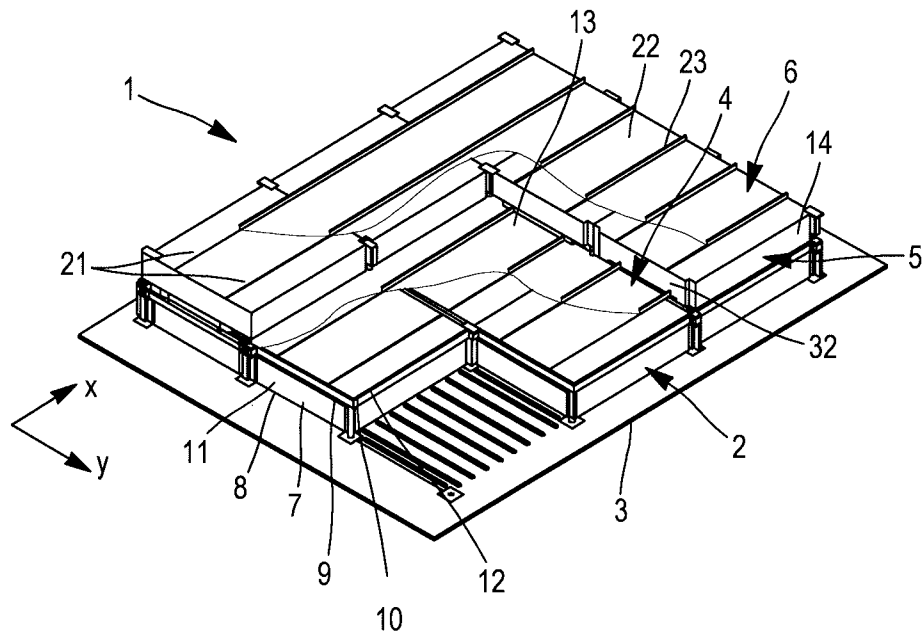


FIG. 1

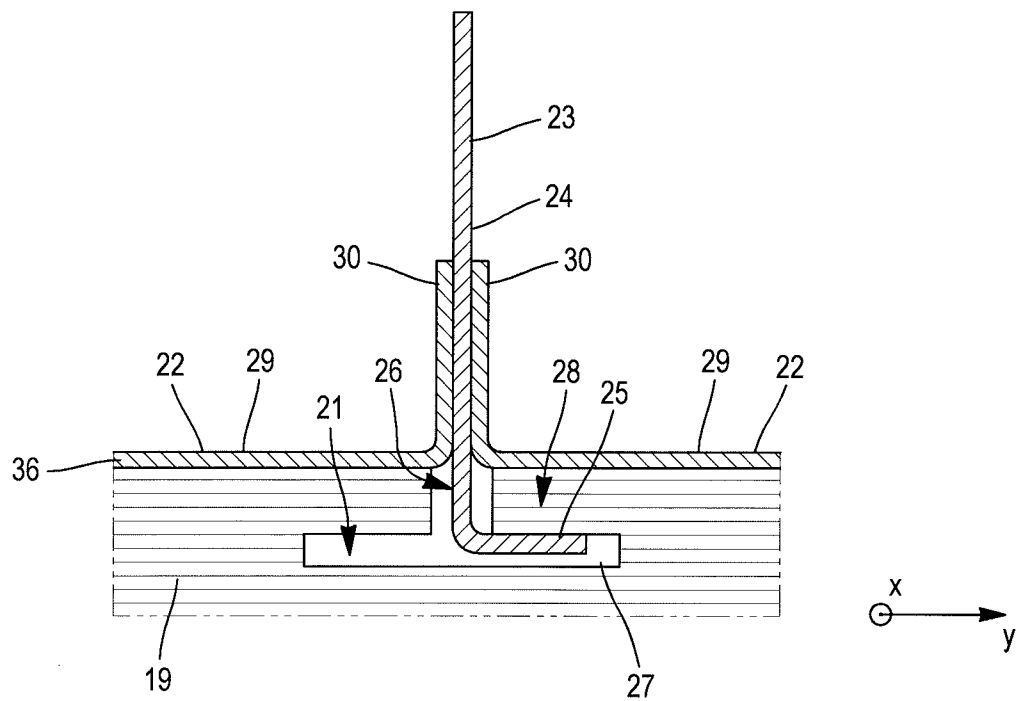


FIG. 2

2 / 6

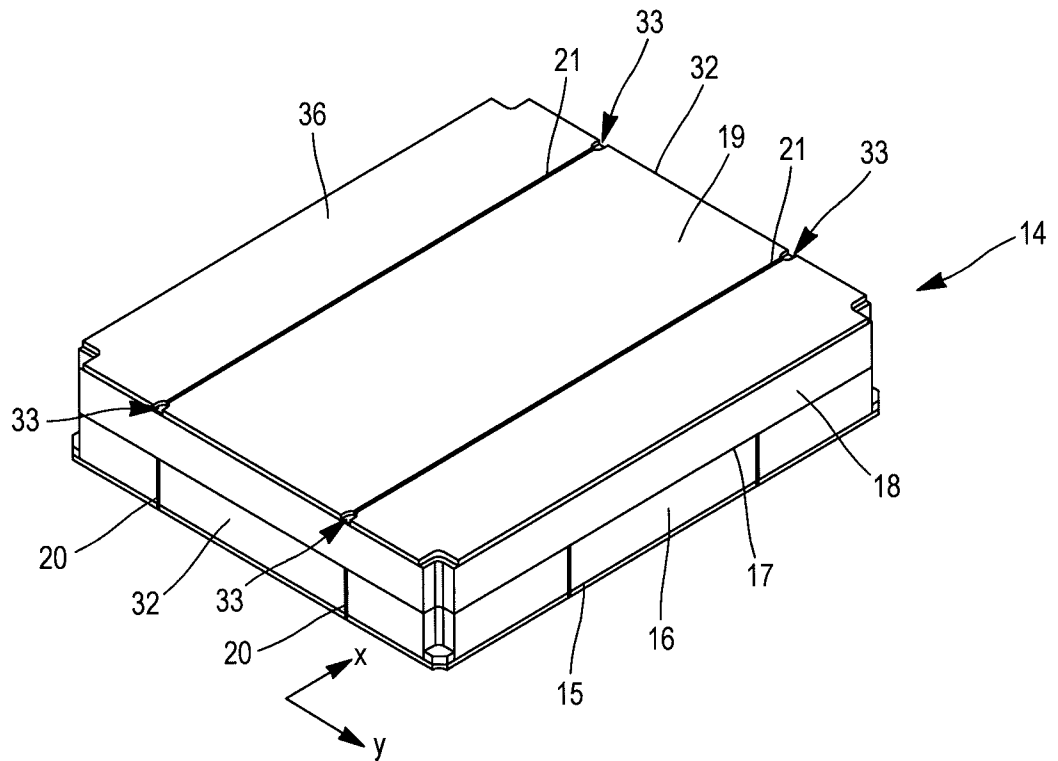


FIG. 3

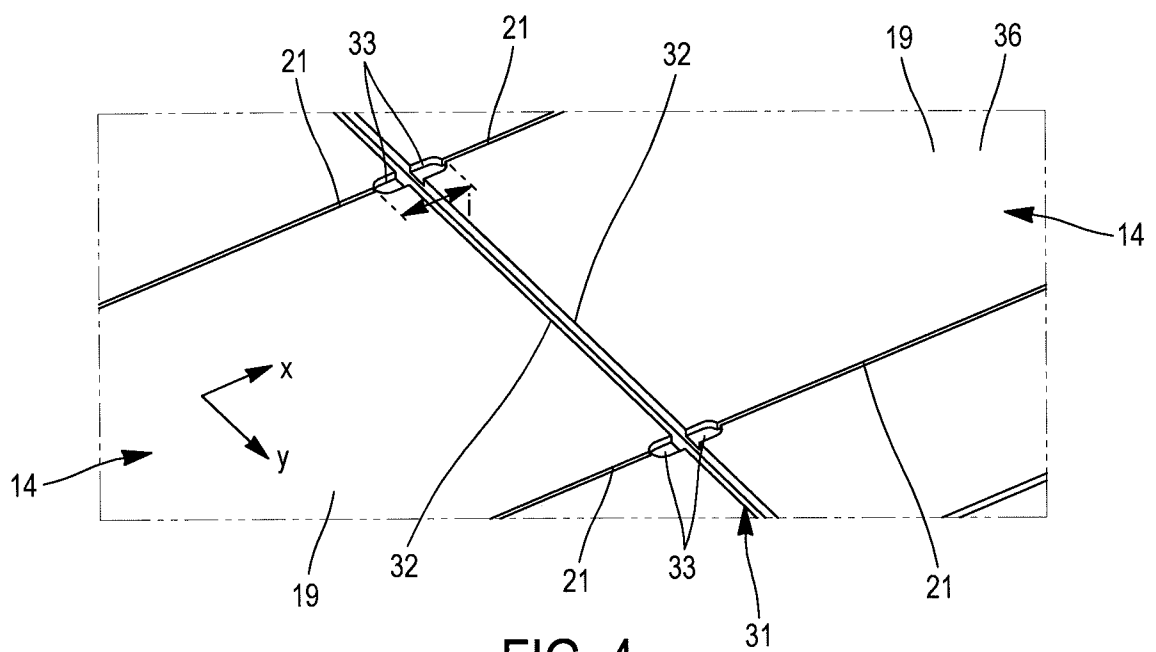


FIG. 4

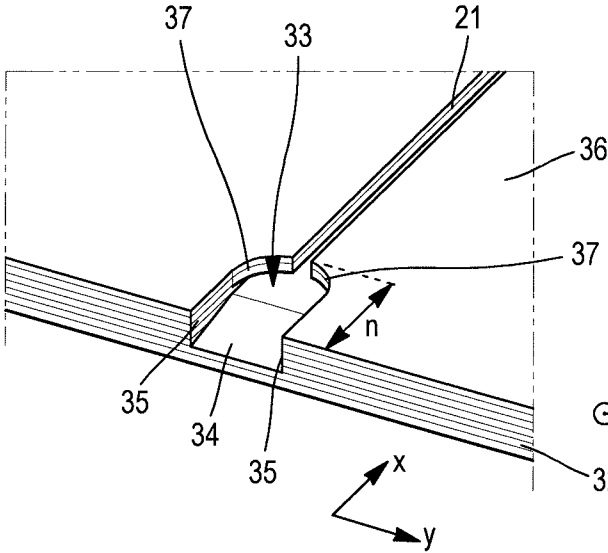


FIG. 5

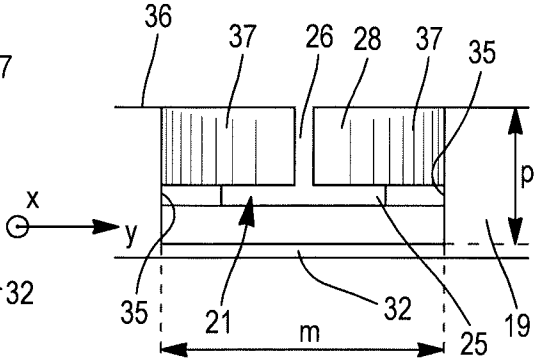


FIG. 6

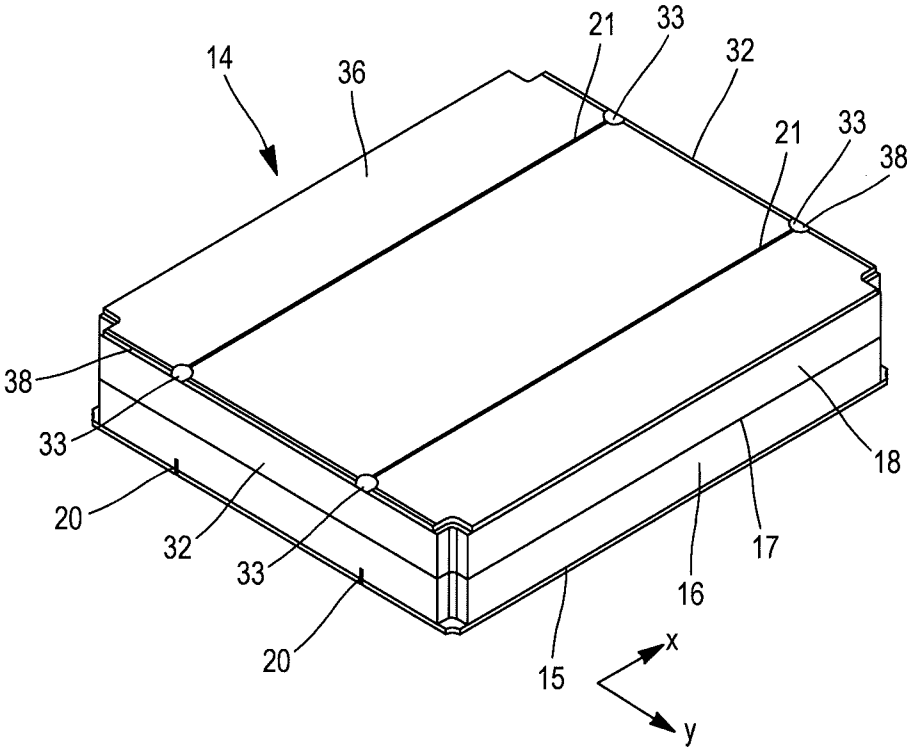
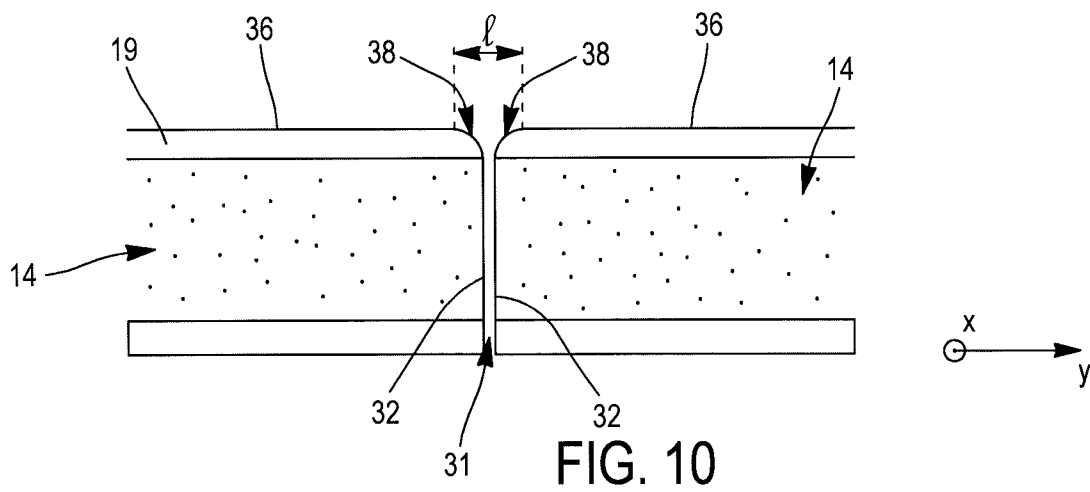
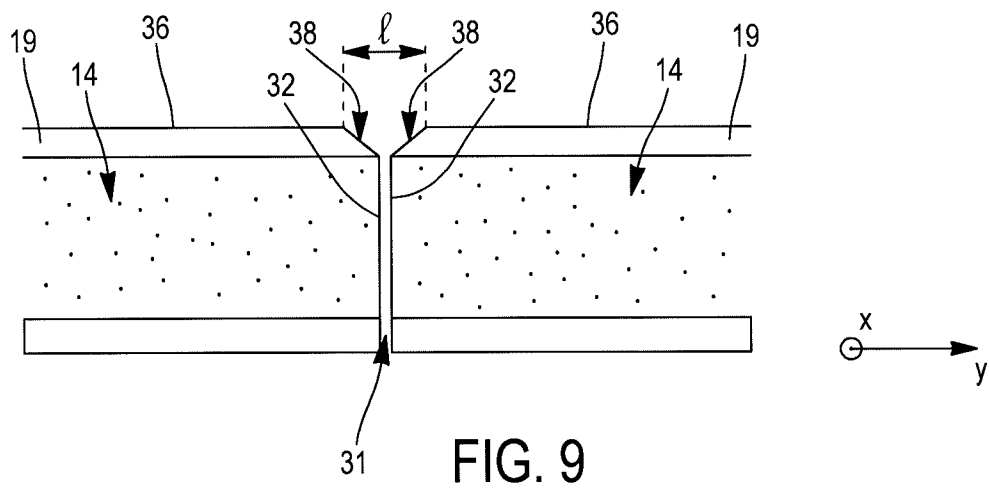
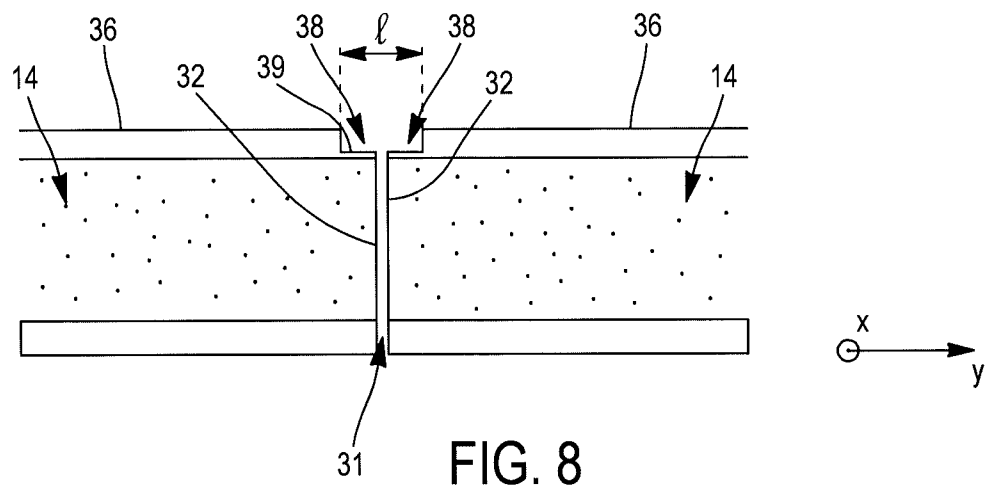


FIG. 11

4 / 6



5 / 6

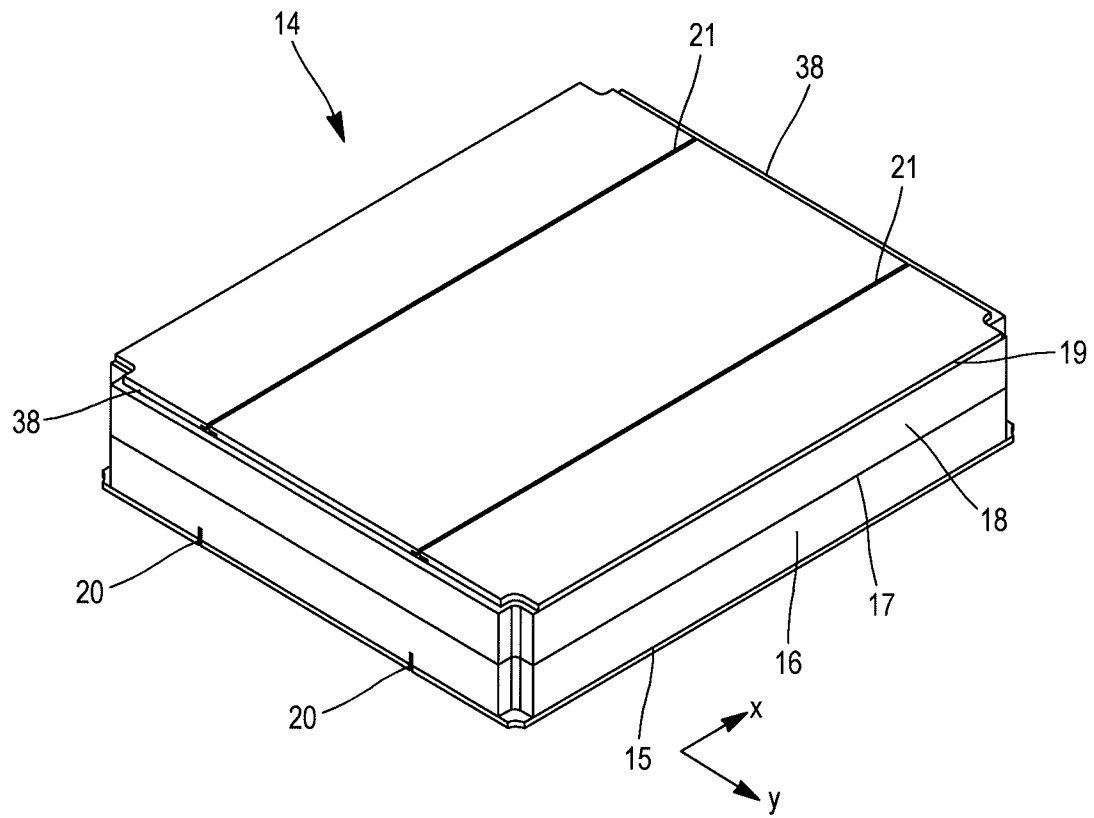


FIG. 11

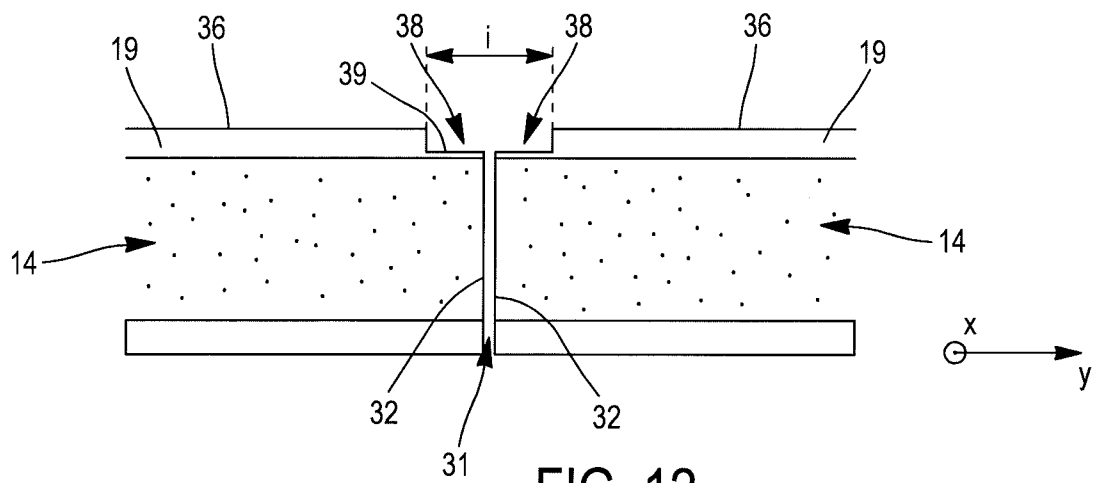


FIG. 12

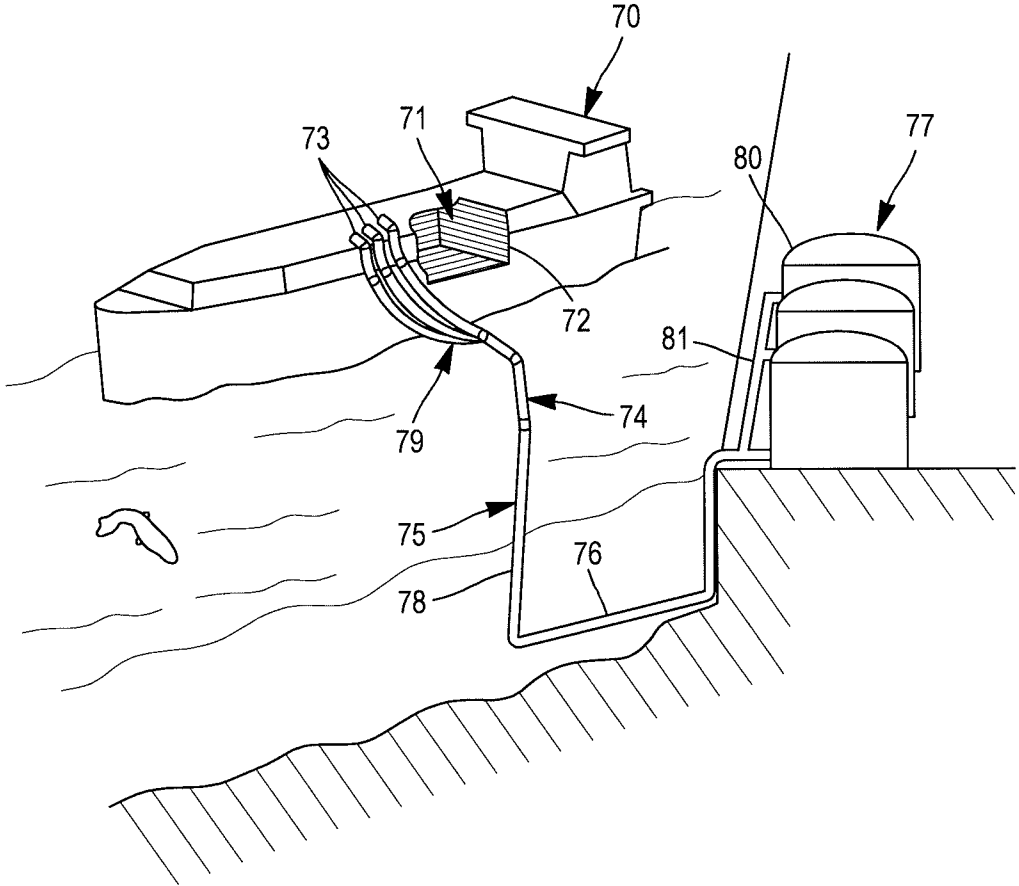


FIG. 13

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2019/050134

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****F17C 3/02**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F17C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages            | Relevant to claim No.  |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| X<br>A    | WO 8909909 A1 (GAZ TRANSPORT [FR]) 19 October 1989 (1989-10-19)<br>pages 9-12,15; figures 1,2 | 1-7,9,14-16<br>8,10-13 |
| A         | JP 2009006797 A (OSAKA GAS CO LTD) 15 January 2009 (2009-01-15)<br>figures 8,9                | 1-16                   |
| X<br>A    | FR 2413260 A1 (GAZ TRANSPORT [FR]) 27 July 1979 (1979-07-27)<br>pages 9-11; figures 1-10      | 1-6,10-16<br>7-9       |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

05 April 2019

Date of mailing of the international search report

16 April 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office  
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk  
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Nicol, Boris

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/FR2019/050134**

| Patent document<br>cited in search report |            |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |            |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|------------|----|--------------------------------------|
| WO                                        | 8909909    | A1 | 19 October 1989                      | EP                      | 0408596    | A1 | 23 January 1991                      |
|                                           |            |    |                                      | FR                      | 2629897    | A1 | 13 October 1989                      |
|                                           |            |    |                                      | WO                      | 8909909    | A1 | 19 October 1989                      |
| JP                                        | 2009006797 | A  | 15 January 2009                      | JP                      | 5039453    | B2 | 03 October 2012                      |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 2009006797 | A  | 15 January 2009                      |
| FR                                        | 2413260    | A1 | 27 July 1979                         | NONE                    |            |    |                                      |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2019/050134

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
INV. F17C3/02  
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
F17C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie*  | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents                                                                                                            | no. des revendications visées          |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| X<br>A<br>A | WO 89/09909 A1 (GAZ TRANSPORT [FR])<br>19 octobre 1989 (1989-10-19)<br>pages 9-12,15; figures 1,2<br>-----<br>JP 2009 006797 A (OSAKA GAS CO LTD)<br>15 janvier 2009 (2009-01-15)<br>figures 8,9<br>----- | 1-7,9,<br>14-16<br>8,10-13<br><br>1-16 |
| X<br>A      | FR 2 413 260 A1 (GAZ TRANSPORT [FR])<br>27 juillet 1979 (1979-07-27)<br>pages 9-11; figures 1-10<br>-----                                                                                                 | 1-6,<br>10-16<br>7-9                   |



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

5 avril 2019

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

16/04/2019

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Nicol, Boris

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2019/050134

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |    | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|----|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| WO 8909909                                      | A1 | 19-10-1989             | EP 0408596 A1                           | 23-01-1991             |
|                                                 |    |                        | FR 2629897 A1                           | 13-10-1989             |
|                                                 |    |                        | WO 8909909 A1                           | 19-10-1989             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| JP 2009006797                                   | A  | 15-01-2009             | JP 5039453 B2                           | 03-10-2012             |
|                                                 |    |                        | JP 2009006797 A                         | 15-01-2009             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| FR 2413260                                      | A1 | 27-07-1979             | AUCUN                                   |                        |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |