

⑫

**BREVET D'INVENTION**

**B1**

⑤④ CUVE ETANCHE ET THERMIQUEMENT ISOLANTE.

②② Date de dépôt : 07.08.17.

③③ Priorité :

⑥① Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ  
Société anonyme — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 08.02.19 Bulletin 19/06.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 30.08.19 Bulletin 19/35.

⑦② Inventeur(s) : BOYEAU MARC, HERRY MICKAEL  
et PHILIPPE ANTOINE.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

⑦③ Titulaire(s) : GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ  
Société anonyme.

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑦④ Mandataire(s) : LOYER & ABELLO.



### **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 fluide cryogénique.

- 5 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  $-162^{\circ}\text{C}$ . Ces cuves peuvent être installées à terre ou sur un ouvrage flottant. Dans le cas d'un ouvrage flottant, la cuve peut être destinée au transport de gaz naturel liquéfié ou à recevoir du gaz
- 10 naturel liquéfié servant de carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant.

### **Arrière-plan technologique**

Il est décrit dans le document WO2017006044 une cuve étanche et thermiquement isolante pour le stockage de gaz naturel liquéfié, intégrée dans une structure porteuse, telle que la double coque d'un navire destiné au transport de gaz

15 naturel liquéfié. La cuve comporte une structure multicouche présentant successivement, dans le sens de l'épaisseur, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire retenue à la structure porteuse, une membrane d'étanchéité secondaire reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire

20 reposant contre la membrane d'étanchéité secondaire et une membrane d'étanchéité primaire destinée à être en contact avec le gaz naturel liquéfié contenu dans la cuve.

La figure 1 représente une vue en coupe d'une cuve étanche et thermiquement isolante selon WO2017006044 au niveau d'un angle à  $135^{\circ}$  formé

25 par deux parois longitudinales de la cuve dans laquelle seule la barrière thermiquement isolante secondaire et la membrane d'étanchéité secondaire sont illustrées.

Dans une telle cuve, les barrières thermiquement isolantes secondaires des parois de cuve comportent une pluralité de panneaux isolants 102 de

30 dimensions standards juxtaposés contre une paroi porteuse plane respective de la structure porteuse. La fabrication de cette barrière thermiquement isolante secondaire se fait en juxtaposant les panneaux isolants 102 depuis une portion

centrale de la paroi de cuve correspondante jusqu'à un bord de ladite paroi de cuve, par exemple au niveau d'une arête 101 formée par la jonction des parois porteuses planes sur lesquelles sont ancrées les barrières thermiquement isolantes secondaire selon un angle de 135°.

5 La membrane d'étanchéité secondaire des parois de cuve est constituée d'une pluralité de tôles métalliques 103 aux dimensions standards juxtaposées et porté par la barrière thermiquement isolante secondaire. La membrane d'étanchéité secondaire comporte deux séries d'ondulations perpendiculaires faisant saillie vers l'extérieur de la cuve et permettant ainsi à la membrane d'étanchéité secondaire de  
10 se déformer sous l'effet des sollicitations thermiques générées par le fluide emmagasiné dans la cuve. Chaque tôle métallique 103 de la membrane d'étanchéité secondaire présente sensiblement une longueur et une largeur correspondant à celles des panneaux isolants 102 standards de la barrière thermiquement isolante secondaire et est disposée de manière décalée par rapport  
15 auxdits panneaux isolants 102 de telle sorte qu'elle s'étend à cheval sur quatre des panneaux isolants 102. Ces panneaux isolants 102 comportent sur une surface interne des rainures de manière à loger les ondulations des tôles métalliques 103. Il est ainsi possible de réaliser la barrière thermiquement isolante secondaire et la membrane d'étanchéité secondaire des parois de cuve à partir d'éléments  
20 standardisés, les panneaux isolants 102 et les tôles métalliques 103.

Au niveau de l'arête 101, la barrière thermiquement isolante secondaire comporte une structure d'angle. Cette structure d'angle comporte deux panneaux isolants d'angle 104 qui sont respectivement disposés contre la structure porteuse dans le prolongement des panneaux isolants 102 de l'une et l'autre des deux parois  
25 de cuves formant l'angle de la cuve au niveau de l'arête 101. Ces panneaux isolants d'angle 104 forment ensemble un coin de la barrière thermiquement isolante secondaire de la cuve. Chacun de ces deux panneaux isolants d'angle 104 porte sur sa face interne une tôle métallique d'angle 105 comportant une ondulation 106 parallèle à l'arête 101. Cette ondulation 106 est logée dans une rainure  
30 correspondante du panneau isolant d'angle 104 à une distance prédéfinie de l'arête 101. Ces tôles métalliques d'angle 105 sont reliées de manière étanche par une cornière d'angle 107 métallique au droit de l'arête 101. Ainsi, chaque panneau isolant d'angle 104 prolonge les panneaux isolants 102 d'une paroi de cuve respective et les tôles métalliques d'angle 105 portées par lesdits panneaux isolants

d'angle 104 sont situées sensiblement dans le même plan que les tôles métalliques 103 des membranes d'étanchéité secondaire desdites parois de cuve respectives.

Des ondulations 108 de l'une des séries d'ondulations de la membrane d'étanchéité secondaire des deux parois de cuve se développent parallèlement à l'arête 101, c'est-à-dire parallèlement à l'ondulation 106. Du fait de l'utilisation de tôles métalliques 103 standardisées, les ondulations 108 de la série d'ondulation de la membrane d'étanchéité secondaire parallèles à l'arête 101 sont séparées par un pas d'écartement régulier 109. En outre, l'écartement entre l'ondulation 106 et l'arête formée par la surface supérieure des panneaux isolants d'angle 104 est de préférence standardisée afin de faciliter la construction des panneaux isolant d'angle 104. Par exemple, cet écartement est sensiblement égal audit pas d'écartement régulier 109.

Cependant, du fait des tolérances de construction de la cuve, un interstice 110 séparant le dernier panneau isolant 102 du panneau isolant d'angle 104 varie d'une cuve à l'autre et ne peut pas être connu avant la construction de la cuve.

Afin de conserver l'étanchéité et la flexibilité de la membrane d'étanchéité secondaire au niveau de cet interstice 110 tout en rattrapant les différences d'espacement liées aux tolérances de construction de la cuve, une bande de liaison métallique 111 est soudée de manière étanche d'une part à une tôle métallique 103 portée par le panneau isolant 102 et, d'autre part, à la tôle métallique d'angle 105. Cette bande de liaison métallique 111 comporte une ondulation 112 parallèle aux ondulations 108 et séparée d'une ondulation 108 adjacente du pas d'écartement régulier 109.

La bande de liaison 111 et la tôle métallique d'angle 105 permettent de s'adapter aux dimensions de la cuve et de rattraper les éventuels espacements liés aux tolérances de construction de la cuve. Cependant, du fait de la variation possible de l'interstice 110, une distance 113 séparant l'ondulation 112 de la bande de liaison métallique 111 et l'ondulation 106 de la tôle métallique d'angle 105 ne peut pas être connue à l'avance et ne peut pas être non plus maintenue égale au pas d'écartement régulier 109.

Cette bande de liaison 111 comporte également une série d'ondulations (non représentées) perpendiculaires à l'arête 101. Ces ondulations prolongent les ondulations de la série d'ondulations de la paroi de cuve se développant

perpendiculairement à l'arête 101. Les tôles métalliques d'angle 105 et la cornière d'angle 107 comportent également des ondulations perpendiculaires à l'arête 101 afin de relier de manière étanche et continue les ondulations perpendiculaires à l'arête 101 des membranes d'étanchéité secondaires des deux parois de cuve  
5 formant l'angle à 135°.

La bande de liaison métallique 111 et la tôle métallique d'angle 105 permettent ainsi de conserver une étanchéité et une bonne flexibilité dans l'angle de la cuve tout en permettant l'utilisation des tôles métalliques 103 standardisées, facilitant ainsi la construction de la membrane d'étanchéité secondaire sur lesdites  
10 parois de cuve.

Toutefois, ces parois de cuves formant un angle à 135° sont également jointives d'une paroi de cuve transversale se développant perpendiculairement à l'arête 101. Afin de faciliter la fabrication de la membrane d'étanchéité secondaire sur cette paroi de cuve transversale, il est souhaitable d'utiliser également pour la  
15 construction de la membrane d'étanchéité secondaire de ladite paroi de cuve transversale les tôles métalliques 103 standardisées. En outre, il est nécessaire de conserver la meilleure flexibilité possible de la membrane d'étanchéité secondaire dans un angle de cuve formé par la jonction entre la paroi transversale et une paroi longitudinale de la cuve.

## 20 **Résumé**

Une idée à la base de l'invention est de permettre la réalisation d'une cuve étanche et thermiquement isolante de manière simple et rapide. En particulier, une idée à la base de l'invention est de permettre l'utilisation d'éléments standardisés pour la fabrication des parois de cuve tout en offrant une bonne étanchéité et une  
25 bonne flexibilité de la membrane d'étanchéité secondaire au niveaux des angles de la cuve, y compris au niveau d'un angle de la cuve formé par la jonction entre une paroi transversale de la cuve et une paroi longitudinale de la cuve.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et thermiquement isolante intégrée dans une structure porteuse, la structure porteuse  
30 comportant une première paroi porteuse plane et une deuxième paroi porteuse plane formant conjointement une arête de la structure porteuse,

la cuve comportant une première paroi de cuve ancrée sur la première paroi porteuse et une deuxième paroi de cuve ancrée sur la deuxième paroi porteuse,

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

la membrane d'étanchéité de la première paroi de cuve comportant une première série d'ondulations parallèles se développant perpendiculairement à l'arête et espacées selon un pas d'écartement régulier le long de l'arête, la membrane d'étanchéité de la deuxième paroi de cuve comportant une deuxième série d'ondulations parallèles se développant perpendiculairement à l'arête et espacées selon ledit pas d'écartement régulier le long de l'arête, chaque ondulation de la première série d'ondulation étant situé dans le prolongement d'une ondulation correspondante de la deuxième série d'ondulation,

la membrane d'étanchéité de la première paroi de cuve comportant en outre une ondulation singulière se développant parallèlement aux ondulations de la première série d'ondulation, cette ondulation singulière étant adjacente à la première série d'ondulations et espacée d'une dernière ondulation de la première série d'ondulations par un écartement singulier différent du pas d'écartement régulier,

la membrane d'étanchéité de la deuxième paroi de cuve comportant en outre une ondulation singulière parallèle à la deuxième série d'ondulations et située dans le prolongement de l'ondulation singulière de la première paroi de cuve, l'ondulation singulière de la deuxième paroi de cuve étant reliée de manière continue à l'ondulation singulière de la première paroi de cuve au niveau de l'arête, ladite ondulation singulière de la deuxième paroi de cuve s'étendant sur une portion de la deuxième paroi de cuve et comportant un premier capuchon de fermeture d'onde pour fermer de manière étanche l'ondulation singulière de la deuxième paroi de cuve à distance de l'arête,

la deuxième série d'ondulations comportant une ondulation correspondante de la dernière ondulation de la première série d'ondulations et une ondulation ultérieure appartenant à la deuxième série d'ondulations et décalée de l'ondulation singulière de la deuxième paroi de cuve dans la direction de l'arête du fait de l'écartement singulier, ladite ondulation ultérieure de la deuxième série d'ondulations comportant

un deuxième capuchon de fermeture fermant de manière étanche ladite ondulation ultérieure de la deuxième série d'ondulations.

Une telle cuve étanche et thermiquement isolante permet de réaliser une  
 5 jonction entre les ondulations de la première paroi de cuve et les ondulations de la deuxième paroi de cuve de façon simple et rapide. En particulier, dans une telle cuve, la liaison entre des ondulations de la première paroi de cuve et des ondulations de la deuxième paroi de cuve perpendiculaires à l'arête qui ne  
 10 présentent pas un écartement le long de l'arête uniformément identique sur les deux parois de cuve pourrait être en partite standardisée. En effet, une telle cuve pourrait utiliser des capuchons de fermeture standardisés pour interrompre les ondulations présentant un décalage, de tels capuchons de fermeture pouvant être utilisés quel que soit le décalage entre les ondulations le long de l'arête.

En outre, l'interruption de l'onde singulière de la deuxième paroi de cuve à  
 15 distance de l'arête permet de conserver une flexibilité de la membrane d'étanchéité au niveau de l'arête malgré la présence d'un décalage selon une direction parallèle à l'arête entre l'ondulation singulière et l'ondulation ultérieure. En particulier, cette interruption de l'onde singulière à distance de l'arête permet de s'affranchir des sollicitations liées aux contraintes présentes sur la première paroi et au niveau de  
 20 l'arête, c'est-à-dire de conserver un pas d'écartement régulier dans les zones les plus sollicitées mécaniquement afin de conserver une bonne flexibilité de la membrane dans lesdites zones sollicitées.

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

25 Selon un mode de réalisation, l'arête s'étend selon une direction de largeur de la structure porteuse, la deuxième paroi porteuse présentant une dimension plus grande que la première paroi porteuse selon ladite direction de largeur de sorte que la deuxième paroi de cuve présente une dimension plus grande que la première paroi de cuve selon ladite direction de largeur.

30 Selon un mode de réalisation, chaque ondulation de la première série d'ondulation est située dans un plan perpendiculaire à l'arête commun avec l'ondulation correspondante de la deuxième série d'ondulations.

Selon un mode de réalisation, le premier capuchon de fermeture d'onde et le deuxième capuchon de fermeture d'onde sont espacés l'un de l'autre d'une distance inférieure au pas d'écartement régulier.

- 5 Selon un mode de réalisation, le premier capuchon de fermeture d'onde et le deuxième capuchon de fermeture d'onde sont disposés à une distance de l'arête prise selon une direction perpendiculaire à l'arête sensiblement égale

Grâce à ces caractéristiques, la membrane d'étanchéité conserve une bonne flexibilité au niveau des capuchons de fermeture d'onde.

- 10 Selon un mode de réalisation, la structure porteuse comporte une troisième paroi porteuse plane formant avec la première paroi porteuse plane une deuxième arête de la structure porteuse parallèle auxdites ondulations de la première série d'ondulations, l'ondulation singulière de la première paroi de cuve étant parallèle à ladite deuxième arête, la barrière thermiquement isolante formant au droit de la deuxième arête de la structure porteuse une arête supérieure parallèle à ladite
- 15 deuxième arête de la structure porteuse, l'ondulation singulière de la première paroi de cuve étant agencée à une distance prédéfinie de l'arête supérieure .

Selon un mode de réalisation, la distance prédéfinie séparant l'arête supérieure de l'ondulation singulière de la première paroi de cuve est égale au pas d'écartement régulier.

- 20 Selon un mode de réalisation, les ondulations de la première série d'ondulations s'étendent sur tout la première paroi de cuve dans la direction perpendiculaire de l'arête et les ondulations de la deuxième série d'ondulations prolongeant une ondulation de la première série d'ondulations s'étendent sur toute la deuxième paroi de cuve dans la direction perpendiculaire à l'arête.

- 25 Selon un mode de réalisation, l'écartement singulier est inférieur au pas d'écartement régulier.

Selon un mode de réalisation, l'écartement singulier est supérieur au pas d'écartement régulier.

- 30 Grâce à ces caractéristiques, la membrane étanche présente une bonne flexibilité malgré les interruptions d'ondulations.

Selon un mode de réalisation, chaque paroi de cuve comporte en outre une barrière thermiquement isolante primaire reposant contre la membrane d'étanchéité



et une membrane d'étanchéité primaire portée par la barrière thermiquement isolante primaire et destinée à être en contact avec un fluide contenu dans la cuve.

Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité de la première paroi de cuve et la membrane d'étanchéité de la deuxième paroi de cuve  
5 comportent en outre des ondulations parallèles à l'arête de la structure porteuse.

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  
10 stockage déporté (FPSO) et autres.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit également un navire pour le transport d'un produit liquide froid comporte une double coque et une cuve précitée disposée dans la double coque.

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

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant le navire précité, des  
20 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 flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

### **Brève description des figures**

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

- La figure 1 est une vue partielle en coupe d'une cuve étanche et  
30 thermiquement isolante selon l'art antérieur.
- La figure 2 est une vue schématique en perspective d'un coin de cuve étanche et thermiquement isolante entre deux parois

longitudinales et une paroi transversale de la cuve dans laquelle seule la membrane d'étanchéité secondaire est illustrée.

- La figure 3 est une vue en perspective schématique d'un capuchon de fermeture d'onde.
- 5       • La figure 4 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**

La figure 2 illustre un coin d'une cuve étanche et thermiquement isolante  
 10 entre une première paroi 1 de la cuve, une deuxième paroi 2 de la cuve et une troisième paroi 3 de la cuve. Une telle cuve est autoporteuse et peut notamment présenter une forme parallélépipédique, prismatique, sphérique, cylindrique ou multi-lobique.

La première paroi 1 et la troisième paroi 3 sont des parois longitudinales de  
 15 la cuve et forment conjointement un angle de  $135^\circ$ . En outre, la deuxième paroi 2 forme conjointement avec la première paroi un angle de  $90^\circ$ . De même, la deuxième paroi 2 forme avec la troisième paroi un angle de  $90^\circ$ .

Ces parois de cuve 1, 2 et 3 peuvent présenter une structure multicouche comportant une barrière thermiquement isolante ancrée sur une paroi porteuse  
 20 plane d'une structure porteuse, et une membrane d'étanchéité portée par la barrière thermiquement isolante, et éventuellement une barrière thermiquement isolante primaire portée par la membrane d'étanchéité et une membrane d'étanchéité primaire portée par la barrière thermiquement isolante primaire et destinée à être en contact avec un liquide cryogénique contenu dans la cuve, tel que du Gaz Naturel  
 25 Liquéfié (GNL) ou autre. Ces parois de cuve 1, 2 et 3 sont par exemple réalisées à l'aide d'éléments standardisés tels que décrits ci-dessus en regard de la figure 1. Ainsi, par exemple, les barrières thermiquement isolantes secondaire et primaire de chaque paroi de cuve peut être réalisée à partir de blocs isolants tels que décrits dans le document WO2017/006044 juxtaposés en partant d'une portion centrale de  
 30 la paroi de cuve correspondante. De même, les membranes d'étanchéité secondaire et primaire peuvent être réalisées à l'aide de tôles métalliques standardisées et présentant des séries d'ondulations perpendiculaires permettant d'absorber les contraintes de la membrane d'étanchéité. A titre d'exemple, des

panneaux isolants et des tôles métalliques peuvent être réalisées de façon analogue aux éléments correspondants décrits dans les documents WO14057221 ou, FR2691520.

Sur la figure 2, seule la membrane d'étanchéité secondaire est illustrée schématiquement. Ainsi, la figure 2 illustre une arête 4 formée par la membrane d'étanchéité secondaire au niveau de la jonction entre la première paroi de cuve 1 et la troisième paroi de cuve 3, une arête 5 formée par la membrane d'étanchéité secondaire au niveau de la jonction entre la première paroi de cuve 1 et la deuxième paroi de cuve 2, et une arête 6 formée par la membrane d'étanchéité secondaire au niveau de la jonction entre la deuxième paroi de cuve 2 et la troisième paroi de cuve 3. En outre, seules des ondulations s'étendant longitudinalement dans la cuve sont illustrée sous forme de traits continus, étant entendu que ces ondulations peuvent prendre différentes formes comme par exemple être tournées vers l'extérieur ou vers l'intérieur, présenter des hauteurs différentes ou autre. Par ailleurs, les soudures entre les différents éléments de la membrane d'étanchéité secondaire sont illustrées sur la figure 2 sous la forme de traits pointillés. Ainsi, sur cette figure 2 sont délimitées par des traits en pointillés deux tôles métalliques 22 sur la deuxième paroi de cuve 2, des bandes de liaison métalliques 23 sur la première paroi de cuve 1 et sur la deuxième paroi de cuve et des tôles métalliques d'angle 24 sur la première paroi de cuve 1 et sur la deuxième paroi de cuve 2.

La première paroi de cuve 1 et la troisième paroi de cuve 3 peuvent être formées de façon analogue aux parois de cuves décrites en regard de la figure 1. Ainsi, la membrane d'étanchéité secondaire de la première paroi de cuve 1 présente une première série d'ondulations 7 se développant parallèlement à l'arête 4 et donc perpendiculairement à l'arête 5. Ces ondulations 7 sont espacées d'un pas d'écartement régulier 8. Un tel pas d'écartement régulier 8 est par exemple de l'ordre de 340mm. En outre, la membrane d'étanchéité secondaire de la première paroi de cuve 1 comporte une ondulation singulière 9 espacée de l'arête 4 d'un pas d'écartement 80, ce pas d'écartement 80 pouvant être par exemple égal ou distinct dudit pas d'écartement régulier 8. Cette ondulation singulière 9 est espacée d'une dernière ondulation 10 de la première série d'ondulations 7 d'un pas d'écartement singulier 11 distinct du pas d'écartement régulier 8. Ce pas d'écartement singulier 11 est par exemple de 340mm plus ou moins une distance x déterminée par les

tolérances de fabrication de la cuve, cette distance  $x$  étant variable d'une cuve à l'autre. Cette distance  $x$  est par exemple de l'ordre de 40mm mais peut être inférieure, le pas d'écartement singulier 11 étant ainsi de par exemple de 340mm plus ou moins 40mm.

- 5 De même, la deuxième paroi de cuve 2 peut être formée de façon analogue aux première et troisième parois de cuve 1, 3. Ainsi, la membrane d'étanchéité secondaire de la deuxième paroi de cuve 2 comporte une deuxième série d'ondulations 12 séparées du pas d'écartement régulier 8 et perpendiculaires à l'arête 5. La membrane d'étanchéité secondaire de la deuxième paroi de cuve 2  
10 comporte également une troisième série d'ondulations 13 perpendiculaires aux ondulations 12 de la deuxième série d'ondulations, c'est-à-dire parallèles à l'arête 5.

- Afin de présenter une bonne flexibilité au niveau de l'arête 5, les ondulations 7, 9 de la première paroi de cuve 1 sont prolongées jusqu'à l'arête 5. Les ondulations 7, 9 de la première paroi de cuve 1 s'étendent de préférence sur  
15 toute la longueur, prise selon une direction perpendiculaire à l'arête 5, de la cuve. Ces ondulations 7, 9 sont par exemple prolongées par des portions d'ondulations présentes sur une tôle métallique d'angle 24 portée par des panneaux isolants d'angle (non représentés) de la première paroi de cuve 1 au niveau de l'angle à 90°, comme décrit ci-dessus en regard de la figure 1.

- 20 En outre, pour faciliter le montage de la cuve, la portion centrale de la première paroi de cuve 1 utilisée comme référence pour le positionnement des panneaux isolants de la barrière thermiquement isolante secondaire de la première paroi de cuve 1 est également utilisée comme référence pour le positionnement des panneaux isolants de la barrière thermiquement isolante secondaire de la deuxième  
25 paroi de cuve 2. Ainsi, les ondulations 7 de la première série d'ondulation 7 de la membrane d'étanchéité secondaire sont agencées de façon coplanaire avec des ondulations correspondantes de la deuxième série d'ondulations 12 de la deuxième paroi de cuve 2.

- Afin d'assurer une bonne flexibilité de la membrane d'étanchéité  
30 secondaire au niveau de l'arête 5, les ondulations 7 de la première série d'ondulations 7 sont reliées de manière continue et étanche aux ondulations 12 correspondantes de la deuxième série d'ondulations 12. Typiquement, les ondulations 12 de la deuxième série d'ondulations 12 qui sont coplanaires avec des

ondulations 7 de la première série d'ondulations 7 sont prolongées jusqu'à l'arête 5 par une portion d'ondulation portée par une tôle métallique d'angle 24 de la deuxième paroi de la cuve 2. Les portions d'ondulations des tôles métalliques d'angles de la première paroi de cuve et de la deuxième paroi de cuve sont reliées  
 5 ensembles par une ondulation présente dans la cornière d'angle reliant lesdites tôles métalliques d'angle, de façon analogue à la façon décrite ci-dessus en regard de la figure 1. Ainsi, la dernière ondulation 10 de la première série d'ondulations 7 est prolongée sur la deuxième paroi de cuve 2 par une ondulation correspondante 14 de la deuxième série d'ondulations 12.

10 Cependant, comme illustré sur la figure 2, la deuxième paroi de cuve 2 se développe selon une direction transversale de la cuve, c'est-à-dire parallèle à l'arête 5, sur une distance plus importante que la première paroi de cuve 1. En effet, la première paroi de cuve 1 est interrompue selon cette direction par la troisième paroi de cuve 3 mais la deuxième paroi de cuve 2 continue selon cette direction en  
 15 formant l'angle à  $90^\circ$  entre la deuxième paroi de cuve 2 et la troisième paroi de cuve 3. Ainsi, une ondulation ultérieure 15 de la deuxième série d'ondulation 12 est espacée de l'ondulation 14 prolongeant la dernière ondulation 10 de la première série d'ondulation 7 du pas d'écartement régulier 8. Or, la dernière ondulation 10 de la première série d'ondulation 7 est espacée de l'ondulation singulière 9 de la  
 20 première paroi de cuve 1 du pas d'écartement singulier 11 distinct du pas d'écartement régulier 8. Dès lors, l'ondulation singulière 9 de la première paroi de cuve 1 et l'ondulation ultérieure 15 de la deuxième série d'ondulations 12 ne sont pas coplanaires. Il n'est donc pas possible de prolonger de façon continue et étanche l'ondulation singulière 9 de la première paroi de cuve 1 par l'ondulation  
 25 ultérieure 15 de la deuxième série d'ondulation 12 de façon analogue au prolongement des ondulations 7 de la première série d'ondulations 7 par les ondulations 12 correspondantes de la deuxième série d'ondulations 12.

Afin de présenter une bonne flexibilité au niveau de l'arête 5, l'ondulation singulière 9 de la première paroi de cuve 1 est prolongée par une ondulation  
 30 singulière 16 de la deuxième paroi de cuve 2. Pour cela, la cornière d'angle présente une ondulation perpendiculaire à l'angle à  $90^\circ$  prolongeant l'ondulation singulière 9 de la première paroi de cuve 1. En outre, la tôle métallique d'angle 24 de la deuxième paroi de cuve 2 présente une portion d'ondulation singulière 17 se développant perpendiculairement à l'arête 5 et coplanaire de l'ondulation singulière

9 de la première paroi de cuve 1. Cette portion d'ondulation singulière 17 prolonge l'ondulation de la cornière d'angle et donc prolonge de façon continue et étanche l'ondulation singulière 9 de la première paroi de cuve 1 sur la deuxième paroi de cuve 2.

- 5 L'ondulation singulière 16 de la deuxième paroi de cuve 2 comporte en outre un premier capuchon de fermeture 18. Ce premier capuchon de fermeture 18 prolonge et termine la portion d'ondulation singulière 17 de la tôle métallique d'angle 24 de la deuxième paroi de cuve 2.

Un tel capuchon de fermeture 18 peut être réalisé de différentes manières.

- 10 Ainsi, dans le cadre d'une ondulation singulière 16 faisant saillie vers l'intérieur de la cuve, le capuchon de fermeture selon un mode de réalisation peut prendre la forme illustrée sur la figure 3. Cependant, si l'ondulation singulière 16 présente une autre géométrie, la géométrie du capuchon de fermeture 18 peut être adaptée en conséquence pour fermer l'ondulation singulière 16 en prenant par exemple une
- 15 section et/ou une orientation dans la cuve identiques à la section et/ou l'orientation de ladite ondulation singulière dans la cuve.

- Ce premier capuchon de fermeture 18 tel qu'illustré sur la figure 3 comporte une portion supérieure 19 en forme de demi-dôme fermant la portion d'ondulation singulière 17 avec laquelle il est fixé de manière étanche, par exemple
- 20 par soudure à recouvrement. Une plaque de fixation 20 entoure la base de la portion supérieure 19 et est soudée de manière étanche sur une tôle métallique 22 adjacente à la tôle métallique d'angle 24, typiquement sur la bande de liaison métallique 23 reliant les tôles métalliques de la membrane d'étanchéité secondaire de la deuxième paroi de cuve et la tôle métallique d'angle 24. La plaque de fixation
- 25 20 comporte avantageusement un décrochage en direction de la tôle métallique d'angle 24 afin de souder à recouvrement ladite plaque de fixation 20 sur ladite tôle métallique d'angle 24.

- Le prolongement de l'ondulation singulière 9 de la première paroi de cuve 1 par l'ondulation singulière 16 de la deuxième paroi de cuve 2 et l'interruption de
- 30 ladite onde singulière 16 à distance de l'arête 5 permet de conserver une bonne flexibilité de la membrane d'étanchéité secondaire au niveau de l'arête 5. Cette flexibilité est particulièrement avantageuse car les contraintes liées aux sollicitations thermiques et aux charges hydrodynamiques et statiques présentes à l'usage dans

la cuve au niveau de l'arête 5 sont importantes. En outre, l'interruption de l'onde singulière 16 par le premier capuchon de fermeture 18 soudé sur la bande de liaison métallique 23 permet de reporter la perte de flexibilité liée à l'interruption de ladite ondulation singulière 16 au-delà de la tôle métallique d'angle 24, qui est également

5 fortement sollicitée à l'usage dans la cuve. En outre, le prolongement de l'ondulation singulière 9 de la première paroi de cuve 1 sur la deuxième paroi de cuve 2 permet de ne pas interrompre l'ondulation singulière 9 de la première paroi de cuve 1. Les parois de cuves longitudinales, c'est-à-dire les parois de cuve formant un angle de 135° entre elles, étant soumises à des contraintes importantes à l'usage, il est

10 particulièrement avantageux que la membrane d'étanchéité secondaire présente une ondulation singulière 9 sur toute la longueur de la première paroi de cuve 1.

L'ondulation ultérieure 15 de la deuxième série d'ondulation 12 est interrompue par un deuxième capuchon de fermeture 21. Ce deuxième capuchon de fermeture 21 est analogue au premier capuchon de fermeture 18 et l'ondulation

15 ultérieure 15 est interrompue à distance de l'arête 5. Le deuxième capuchon de fermeture 21 interrompt l'ondulation ultérieure 15 par exemple en étant soudé sur la bande de liaison métallique 23.

Lorsque le pas d'écartement régulier 8 est proche du pas d'écartement singulier 11, le premier capuchon de fermeture 18 et le deuxième capuchon de

20 fermeture 21 peuvent être soudés avec recouvrement de leur plaque de fixation respective de sorte que l'ondulation ultérieure 15 et l'ondulation singulière 16 de la deuxième paroi de cuve 2 soient les plus longues possibles selon une direction perpendiculaire à l'arête 5, offrant ainsi une bonne flexibilité à la membrane d'étanchéité secondaire de la deuxième paroi de cuve.

25 Le premier capuchon de fermeture 18 et le deuxième capuchon de fermeture 21 sont des pièces simples à réaliser. En outre, ces pièces peuvent être réalisées de façon standardisées et utilisées dans toutes les cuves, quelles que soient les tolérances de fabrication et le pas d'écartement singulier 11. Ainsi, une telle cuve étanche et thermiquement isolante est simple à réaliser malgré les

30 imprévisibles liés aux tolérances de fabrication de la cuve.

Les techniques décrites ci-dessus peuvent être utilisées pour réaliser une cuve présentant une seule barrière thermiquement isolante et une seule membrane étanche, ou pour constituer une cuve à double membrane pour gaz naturel liquéfié

(GNL) dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre. Dans ce contexte, on peut considérer que la membrane étanche illustrée sur les figures précédentes est une membrane étanche secondaire, et qu'une barrière isolante primaire ainsi qu'une membrane étanche  
 5 primaire, non représentées, peuvent encore être ajoutées sur cette membrane étanche secondaire. De cette manière, ces techniques peuvent également être appliquées aux cuves présentant une pluralité de barrières thermiquement isolantes et de membranes étanches superposées.

Dans ce dernier cas, la barrière thermiquement isolante primaire reposant  
 10 sur la membrane d'étanchéité secondaire ainsi que la membrane d'étanchéité primaire reposant sur la barrière thermiquement isolante primaire peuvent être réalisées de nombreuses manières. Ainsi, la barrière thermiquement isolante primaire peut être réalisée de façon analogue à la barrière thermiquement isolante  
 15 d'étanchéité secondaire. De même, la membrane d'étanchéité primaire peut être réalisée à partir des tôles métalliques standardisées.

En référence à la figure 4, 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  
 20 primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières isolante agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche  
 25 secondaire et la double coque 72.

De manière connue en soi, des canalisations de  
 chargement/déchargement 73 disposées sur le pont supérieur du navire peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriées, à un terminal maritime ou  
 portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 71.

La figure 4 représente un exemple de terminal maritime comportant un  
 30 poste de chargement et de déchargement 75, une conduite sous-marine 76 et une installation à terre 77. Le poste de chargement et de déchargement 75 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 74 et une tour 78 qui supporte le bras mobile 74. Le bras mobile 74 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 79



pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 73. Le bras mobile 74 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 78. Le poste de chargement et de déchargement 75 permet le chargement et le déchargement du méthanier 70 depuis ou vers l'installation à terre 77. Celle-ci comporte des cuves de stockage de gaz liquéfié 80 et des conduites de liaison 81 reliées par la conduite sous-marine 76 au poste de chargement ou de déchargement 75. La conduite sous-marine 76 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 75 et l'installation à terre 77 sur une grande distance, par exemple 5 km, ce qui permet de garder le navire méthanier 70 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et de déchargement.

Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz liquéfié, on met en œuvre des pompes embarquées dans le navire 70 et/ou des pompes équipant l'installation à terre 77 et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de déchargement 75.

Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec plusieurs modes de réalisation particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

Dans un mode de réalisation non illustré, la cuve étanche et thermiquement isolante ne comporte qu'une barrière thermiquement isolante et une membrane d'étanchéité, par exemple réalisées de façon analogue à la barrière thermiquement isolante secondaire et la membrane d'étanchéité secondaire décrites ci-dessus en regard de la figure 2.

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 intégrée dans une structure porteuse, la structure porteuse comportant une première paroi porteuse plane et une deuxième paroi porteuse plane formant conjointement une arête de la structure porteuse,

la cuve comportant une première paroi de cuve (1) ancrée sur la première paroi porteuse et une deuxième paroi de cuve (2) ancrée sur la deuxième paroi porteuse, chaque paroi de cuve (1, 2) présentant une structure multicouche comportant successivement, dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante retenue contre la paroi porteuse correspondante et une membrane d'étanchéité portée par la barrière thermiquement isolante,

la membrane d'étanchéité de la première paroi de cuve (1) comportant une première série d'ondulations (7, 10) parallèles se développant perpendiculairement à l'arête et espacées selon un pas d'écartement régulier (8) le long de l'arête, la membrane d'étanchéité de la deuxième paroi de cuve (2) comportant une deuxième série d'ondulations (12, 14, 15) parallèles se développant perpendiculairement à l'arête et espacées selon ledit pas d'écartement régulier (8) le long de l'arête, chaque ondulation (7, 10) de la première série d'ondulation (7, 10) étant situé dans le prolongement d'une ondulation (12, 14) correspondante de la deuxième série d'ondulation (12, 14, 15),

la membrane d'étanchéité de la première paroi de cuve (1) comportant en outre une ondulation singulière (9) se développant parallèlement aux ondulations (7, 10) de la première série d'ondulation (7, 10), cette ondulation singulière (9) étant adjacente à la première série d'ondulations (7, 10) et espacée d'une dernière ondulation (10) de la première série d'ondulations (7, 10) par un écartement singulier (11) différent du pas d'écartement régulier (8),

la membrane d'étanchéité de la deuxième paroi de cuve (2) comportant en outre une ondulation singulière (16) parallèle à la deuxième série d'ondulations (12, 14, 15) et située dans le prolongement de l'ondulation singulière (9) de la première paroi de cuve (1), l'ondulation singulière (16) de la deuxième paroi de cuve (2) étant reliée de manière continue à l'ondulation singulière (9) de la première paroi de cuve (1) au niveau de l'arête, ladite ondulation singulière (16) de la deuxième paroi de cuve (2)

s'étendant sur une portion de la deuxième paroi de cuve (2) et comportant un premier capuchon de fermeture d'onde (18) pour fermer de manière étanche l'ondulation singulière (16) de la deuxième paroi de cuve (2) à distance de l'arête, la deuxième série d'ondulations (12, 14, 15) comportant une ondulation correspondante (14) de la dernière ondulation (10) de la première série d'ondulations (7, 10) et une ondulation ultérieure (15) appartenant à la deuxième série d'ondulations (12, 14, 15) et décalée de l'ondulation singulière (16) de la deuxième paroi de cuve (2) dans la direction de l'arête du fait de l'écartement singulier (11), ladite ondulation ultérieure (15) de la deuxième série d'ondulations (12, 14, 15) comportant un deuxième capuchon de fermeture (21) fermant de manière étanche ladite ondulation ultérieure (15) de la deuxième série d'ondulations (12, 14, 15).

2. Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 1, dans laquelle l'arête s'étend selon une direction de largeur de la structure porteuse, la deuxième paroi porteuse présentant une dimension plus grande que la première paroi porteuse selon ladite direction de largeur de sorte que la deuxième paroi de cuve (2) présente une dimension plus grande que la première paroi de cuve (1) selon ladite direction de largeur.

3. Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une des revendications 1 à 2, dans laquelle le premier capuchon de fermeture d'onde (18) et le deuxième capuchon de fermeture d'onde (21) sont espacés l'un de l'autre d'une distance inférieure au pas d'écartement régulier (8).

4. Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle le premier capuchon de fermeture d'onde (18) et le deuxième capuchon de fermeture d'onde (21) sont disposés à une distance de l'arête prise selon une direction perpendiculaire à l'arête sensiblement égale.

5. Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle la structure porteuse comporte une troisième paroi porteuse plane formant avec la première paroi porteuse plane une deuxième arête de la structure porteuse parallèle auxdites ondulations de la première série d'ondulations (7, 10), l'ondulation singulière (9) de la première paroi de cuve (1) étant parallèle à ladite deuxième arête, la barrière thermiquement isolante formant au droit de la deuxième arête de la structure porteuse une arête supérieure (4)

parallèle à ladite deuxième arête de la structure porteuse, l'ondulation singulière (9) de la première paroi de cuve (1) étant agencée à une distance prédéfinie de l'arête supérieure (4).

6. Cuve étanche et thermiquement isolante selon la revendication 5, dans laquelle la distance prédéfinie séparant l'arête supérieure (4) de l'ondulation singulière (9) de la première paroi de cuve est égale au pas d'écartement régulier (8).

7. Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une des revendications 1 à 6, dans laquelle les ondulations (7, 10) de la première série d'ondulations (7, 10) s'étendent sur tout la première paroi de cuve dans la direction perpendiculaire de l'arête et les ondulations (12, 14) de la deuxième série d'ondulations (12, 14, 15) prolongeant une ondulation (7, 10) de la première série d'ondulations (7, 10) s'étendent sur toute la deuxième paroi de cuve (2) dans la direction perpendiculaire à l'arête.

8. Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle l'écartement singulier (11) est inférieur au pas d'écartement régulier (8).

9. Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle l'écartement singulier (11) est supérieur au pas d'écartement régulier (8).

10. Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle chaque paroi de cuve (1, 2, 3) comporte en outre une barrière thermiquement isolante primaire reposant contre la membrane d'étanchéité et une membrane d'étanchéité primaire portée par la barrière thermiquement isolante primaire et destinée à être en contact avec un fluide contenu dans la cuve.

11. Cuve étanche et thermiquement isolante selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle la membrane d'étanchéité de la première paroi de cuve (1) et la membrane d'étanchéité de la deuxième paroi de cuve (2) comportent en outre des ondulations parallèles à l'arête de la structure porteuse.

12. Navire (70) pour le transport d'un produit liquide froid, le navire comportant une double coque (72) formant ladite structure porteuse et une cuve (71) selon l'une des revendications 1 à 11 disposée dans la double coque.

13. Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon  
5 la revendication 12, dans lequel on achemine un produit liquide froid 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).

14. Système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant un navire (70) selon la revendication 12, des canalisations isolées (73,  
10 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 flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

FIG.2

2/2

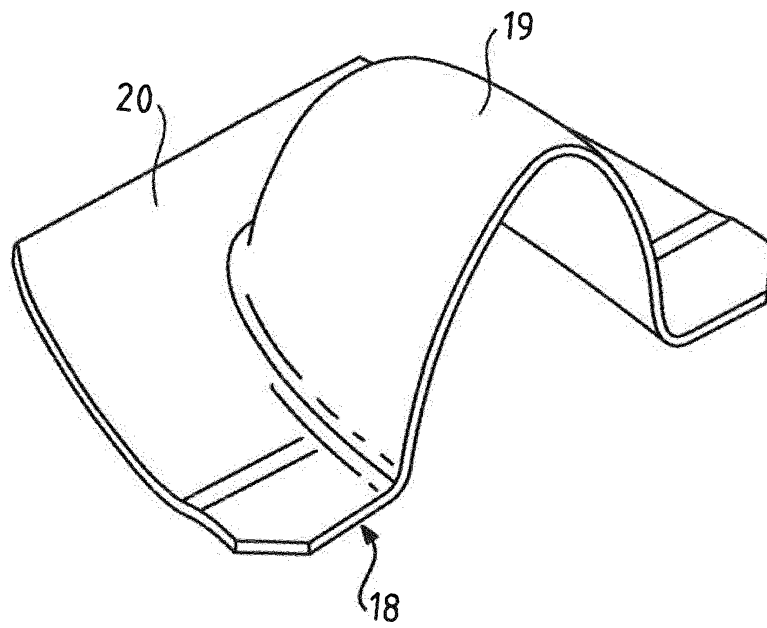


FIG. 3

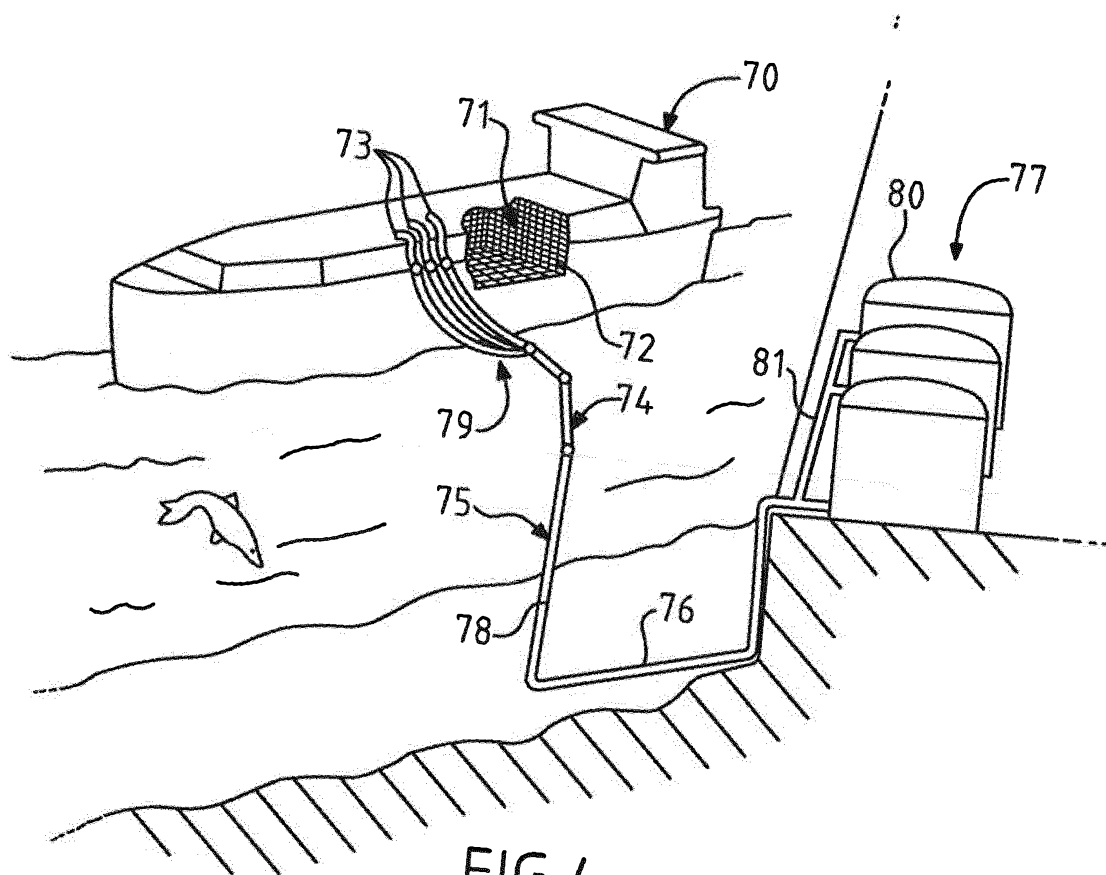


FIG. 4

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.



**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL**

WO 2014/167228 A2 (GAZTRANSP ET TECHNIGAZ [FR]) 16 octobre 2014 (2014-10-16)

KR 2017 0042873 A (DAEWOO SHIPBUILDING &amp; MARINE [KR]) 20 avril 2017 (2017-04-20)

KR 2016 0009744 A (SAMSUNG HEAVY IND [KR]) 27 janvier 2016 (2016-01-27)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT