

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale

WO 2015/155377 A1

(43) Date de la publication internationale
15 octobre 2015 (15.10.2015)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
F17C 13/00 (2006.01) F17C 13/12 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2015/097015
- (22) Date de dépôt international :
3 avril 2015 (03.04.2015)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1453115 8 avril 2014 (08.04.2014) FR
- (71) Déposant : GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ [FR/FR]; 1 route de Versailles, 78470 Saint Rémy Les Chevreuse (FR).
- (72) Inventeurs : BLEOMELEN, Mael; 1 rue de l'Eglise, 78460 Chevreuse (FR). JOLIVET, Pierre; 7 Rue du Pont Planté, 78850 Thiverval-Grignon (FR). PETITPAS, Mathieu; 125 rue Pierre Brosselette, 92500 Rueil-Malmaison (FR). GLORY, Julien; 35 avenue Léon Blum, 92160 Antony (FR). GONCALVES, Jean-Paul; 28 rue Jean Barrière, 33700 Mérignac (FR). OLLIVIER, Julien; 7 rue Saint Paul, 78470 Saint Rémy Les Chevreuse (FR).
- (74) Mandataire : THIBAUD, Jean-Baptiste; Loyer & Abel-lo, 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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), eurasien (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)

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : SEALED, HEAT-INSULATED VESSEL HOUSED IN A BUOYANT STRUCTURE

(54) Titre : CUVE ETANCHE ET THERMIQUEMENT ISOLANTE LOGEE DANS UN OUVRAGE FLOTTANT

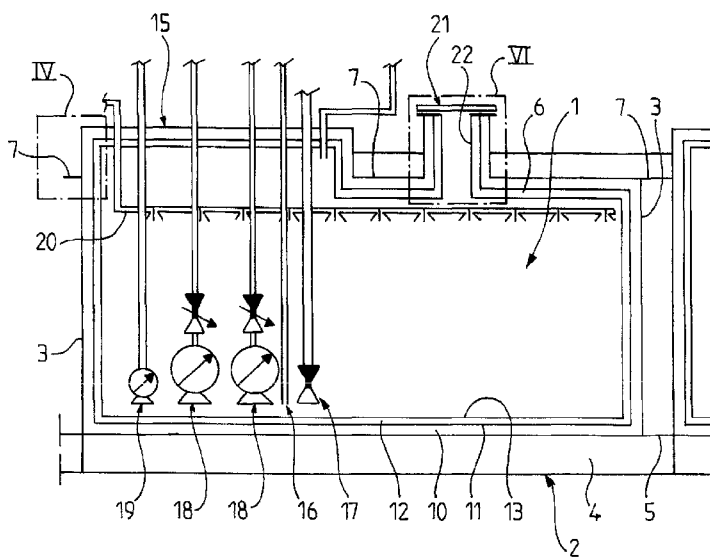


FIG.1

(57) Abstract : The present invention relates to a buoyant structure comprising a sealed, heat-insulated vessel (1). An upper supporting wall (7) supports a turret (15, 21) for transferring cargo handling devices (16, 22). The turret comprises a sealed inner wall forming a sheath (22) inserted through the opening of the upper supporting wall (7) and sealably connected to the main sealing diaphragm (13) of the upper vessel wall around the entirety of the sheath. Primary and secondary exhaust devices allow release of gas exhaust from the respective primary and secondary spaces of the turret. A gas tank, containing a tracer gas that is non-condensable and has a condensation temperature lower than the low temperature of the liquefied gas contained in the vessel, is connected by means of a control valve to either the primary exhaust device or the secondary exhaust device. A gas detector capable of detecting the tracer gas is in communication with the other exhaust device.

(57) Abrégé : Un ouvrage flottant comporte une cuve étanche

[Suite sur la page suivante]

WO 2015/155377 A1

**Publiée :**

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

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h)

et thermiquement isolante (1). Une paroi porteuse supérieure (7) porte une tourelle (15, 21) destinée à faire passer des équipements de manutention de cargaison (16, 22). La tourelle comporte une paroi étanche interne formant une gaine (22) engagée à travers l'ouverture de la paroi porteuse supérieure (7) et liée de manière étanche avec la membrane d'étanchéité primaire (13) de la paroi de cuve supérieure tout autour de la gaine. Un dispositif d'échappement primaire, respectivement secondaire, permet un échappement de gaz depuis l'espace primaire, respectivement secondaire, de la tourelle. Un réservoir de gaz contenant un gaz traceur incondensable ou présentant une température de condensation inférieure à la basse température du gaz liquéfié contenu dans la cuve est relié par l'intermédiaire d'une vanne de contrôle à l'un parmi le dispositif d'échappement primaire et le dispositif d'échappement secondaire. Un détecteur de gaz apte à détecter le gaz traceur, est en communication avec l'autre.

CUVE ETANCHE ET THERMIQUEMENT ISOLANTE LOGEE DANS UN OUVRAGE FLOTTANT

Domaine technique

L'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement
5 isolantes pour stocker un gaz liquéfié à basse température, et plus particulièrement
à des dispositifs et procédés pour détecter des fuites dans une membrane
d'étanchéité secondaire d'une telle cuve.

Arrière-plan technologique

10 Dans une cuve de navire méthanier, la paroi supérieure de la cuve
présente des structures appelées dôme vapeur et dôme liquide qui se présentent
sous la forme de deux tourelles ou cheminées faisant saillie sur une surface
extérieure de la paroi porteuse supérieure et destinées à faire passer des
équipements de manutention de cargaison pour manutentionner une phase liquide
15 et une phase vapeur du gaz liquéfié contenu dans la cuve.

En raison de cette géométrie, des méthodes de détection de fuites basées
sur l'observation de zones anormalement chaudes ou anormalement froides
peuvent être mises en échec, notamment à cause de l'influence des conditions
climatiques extérieures et parce que les champs de température dans et au
20 voisinage de ces tourelles sont trop complexes.

Résumé

Une idée à la base de l'invention est de fournir des dispositifs et procédés
pour détecter des fuites dans une cuve étanche et thermiquement isolante dans et
25 au voisinage de ces structures saillantes.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit un ouvrage flottant
comportant une coque incluant des parois porteuses définissant un espace
polyédrique à l'intérieur de la coque, l'ouvrage flottant comportant une cuve étanche
et thermiquement isolante logée dans l'espace polyédrique pour stocker un gaz
30 liquéfié à basse température,

dans laquelle une paroi porteuse supérieure de la coque présente une ouverture et porte une tourelle faisant saillie sur une surface extérieure de la paroi porteuse supérieure autour de l'ouverture, l'ouverture et la tourelle étant destinées à faire passer des équipements de manutention de cargaison pour manutentionner une

5 phase liquide et/ou une phase vapeur du gaz liquéfié contenu dans la cuve,

dans laquelle la cuve comporte une pluralité de parois de cuve fixées sur les parois porteuses de la coque,

dans laquelle une paroi de cuve supérieure comporte une structure multicouche fixée sur une surface intérieure de la paroi porteuse supérieure, la structure

10 multicouche étant formée d'une membrane d'étanchéité primaire destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve, une membrane d'étanchéité secondaire disposée entre la membrane d'étanchéité primaire et la paroi porteuse supérieure, une barrière isolante secondaire disposée entre la membrane d'étanchéité secondaire et la paroi porteuse supérieure et une barrière isolante

15 primaire disposée entre la membrane d'étanchéité secondaire et la membrane d'étanchéité primaire,

dans laquelle la tourelle comporte :

une paroi étanche interne formant une gaine engagée à travers l'ouverture de la paroi porteuse supérieure et liée de manière étanche avec la membrane

20 d'étanchéité primaire de la paroi de cuve supérieure tout autour de la gaine,

une paroi étanche externe disposée autour de la gaine à distance de la gaine parallèlement à la gaine, la paroi étanche externe étant liée de manière étanche à la paroi porteuse supérieure autour de l'ouverture,

une paroi de séparation agencée entre la paroi étanche externe et la paroi

25 étanche interne de la tourelle et divisant l'espace défini entre la paroi étanche externe et la paroi étanche interne de la tourelle en, d'une part, un espace secondaire communiquant à travers l'ouverture de la paroi porteuse supérieure avec la barrière isolante secondaire de la paroi de cuve supérieure disposée autour de l'ouverture et, d'autre part, un espace primaire communiquant à travers l'ouverture

30 de la paroi porteuse supérieure avec la barrière isolante primaire de la paroi de cuve supérieure disposée autour de l'ouverture,

un dispositif d'échappement primaire comportant une soupape de surpression primaire et une conduite d'échappement primaire communiquant directement avec l'espace primaire de la tourelle et traversant la paroi étanche externe de la tourelle

- pour permettre un échappement de gaz depuis l'espace primaire en réponse à une ouverture de la soupape de surpression primaire,
- un dispositif d'échappement secondaire comportant une soupape de surpression secondaire et une conduite d'échappement secondaire communiquant directement
- 5 avec l'espace secondaire de la tourelle et traversant la paroi étanche externe de la tourelle pour permettre un échappement de gaz depuis l'espace secondaire en réponse à une ouverture de la soupape de surpression secondaire,
- l'ouvrage flottant comportant en outre :
- un réservoir de gaz contenant un gaz traceur incondensable ou présentant une
- 10 température de condensation inférieure à la basse température du gaz liquéfié contenu dans la cuve, le réservoir de gaz étant relié par l'intermédiaire d'une vanne de contrôle à l'un parmi le dispositif d'échappement primaire, notamment la conduite d'échappement primaire, et le dispositif d'échappement secondaire, notamment la conduite d'échappement secondaire, et
- 15 un détecteur de gaz apte à détecter le gaz traceur, le détecteur de gaz étant en communication avec l'autre parmi le dispositif d'échappement primaire, notamment la conduite d'échappement primaire, et le dispositif d'échappement secondaire, notamment la conduite d'échappement secondaire.

Grâce à ces caractéristiques, il est possible de détecter un défaut

20 d'étanchéité entre l'espace primaire et l'espace secondaire de la tourelle et/ou entre la barrière isolante primaire et la barrière isolante secondaire de la paroi de cuve supérieure. De plus, l'utilisation des dispositifs d'échappement primaire et secondaire pour l'injection et la détection du gaz traceur rendent la mise en œuvre de la détection de fuite particulièrement simple.

25 Selon des modes de réalisation, un tel ouvrage flottant peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

Les dispositifs d'échappement peuvent être conçus de différentes manières. Selon un mode de réalisation, le dispositif d'échappement primaire ou secondaire comporte en outre une ligne de commande primaire ou secondaire qui

30 communique directement avec l'espace primaire ou secondaire de la tourelle et qui traverse la paroi étanche externe de la tourelle pour commander la soupape de surpression primaire ou secondaire en fonction de la pression régnant dans l'espace primaire ou secondaire, et dans lequel le réservoir de gaz est en communication directe avec la ligne de commande primaire ou secondaire.

Alternativement, le réservoir de gaz peut être relié directement à la conduite d'échappement primaire ou secondaire.

Selon un mode de réalisation, le dispositif d'échappement primaire ou secondaire comporte en outre une ligne de commande primaire ou secondaire qui
5 communique directement avec l'espace primaire ou secondaire de la tourelle et qui traverse la paroi étanche externe de la tourelle pour commander la soupape de surpression primaire ou secondaire en fonction de la pression régnant dans l'espace primaire ou secondaire, et dans lequel le détecteur de gaz est en communication directe avec la ligne de commande primaire ou secondaire.

10 Alternativement, le détecteur de gaz peut être relié directement à la conduite d'échappement primaire ou secondaire.

Selon un mode de réalisation, la tourelle est un dôme vapeur de la cuve, la gaine engagée à travers l'ouverture de la paroi porteuse supérieure étant une conduite collectrice reliée à un collecteur principal de vapeur de l'ouvrage flottant.

15 Grâce à ces caractéristiques, il est possible de détecter un défaut d'étanchéité entre l'espace primaire et l'espace secondaire du dôme vapeur et/ou entre la barrière isolante primaire et la barrière isolante secondaire de la paroi de cuve supérieure au voisinage du dôme vapeur.

Le dôme vapeur peut être conçu de différentes manières. De préférence
20 dans ce cas, la paroi de séparation de la tourelle forme une conduite de prélèvement primaire s'étendant parallèlement à la conduite collectrice dans l'espace défini entre la paroi étanche externe et la paroi étanche interne de la tourelle et présentant une extrémité intérieure débouchant dans la barrière isolante primaire de la paroi de cuve supérieure et une extrémité extérieure débouchant
25 directement dans le dispositif d'échappement primaire, l'espace primaire de la tourelle comportant l'espace intérieure de la conduite de prélèvement primaire.

Selon un autre mode de réalisation, la tourelle est un dôme liquide de la cuve comportant en outre une paroi de sommet disposée sur une extrémité supérieure de paroi étanche externe du dôme liquide et présentant une ouverture
30 alignée avec une zone centrale de l'ouverture de la paroi porteuse supérieure, la gaine formée par la paroi étanche interne du dôme liquide étant une membrane d'étanchéité primaire présentant un bord supérieur attaché de manière étanche sur un bord de la paroi de sommet tout autour de l'ouverture de la paroi de sommet.

Grâce à ces caractéristiques, il est possible de détecter un défaut d'étanchéité entre l'espace primaire et l'espace secondaire du dôme liquide et/ou entre la barrière isolante primaire et la barrière isolante secondaire de la paroi de cuve supérieure au voisinage du dôme liquide.

- 5 Le dôme liquide peut être conçu de différentes manières. De préférence dans ce cas, la paroi de séparation comporte une membrane d'étanchéité secondaire s'étendant tout autour de la gaine entre la paroi étanche externe et la gaine et présentant une extrémité intérieure raccordée de manière étanche à la membrane d'étanchéité secondaire de la paroi de cuve supérieure tout autour de la
- 10 gaine et une extrémité extérieure raccordée de manière étanche à la paroi de sommet tout autour de l'ouverture de la paroi de sommet du dôme liquide.

Selon un mode de réalisation, la cuve comporte les dispositions précitées à la fois sur le dôme liquide et le dôme vapeur pour pouvoir détecter des fuites dans ces deux zones de la cuve.

- 15 Selon un mode de réalisation, la paroi du dôme liquide comporte une structure multicouche fixée sur une surface intérieure de la paroi étanche externe, la structure multicouche étant formée de la membrane d'étanchéité primaire du dôme liquide, la membrane d'étanchéité secondaire du dôme liquide, une barrière isolante secondaire du dôme liquide disposée entre la membrane d'étanchéité secondaire et
- 20 la paroi étanche externe et une barrière isolante primaire disposée entre la membrane d'étanchéité secondaire et la membrane d'étanchéité primaire du dôme liquide.

- De préférence dans ce cas, l'ouvrage flottant comporte en outre une plaque de liaison disposée entre l'extrémité extérieure de la membrane d'étanchéité
- 25 secondaire du dôme liquide et la paroi de sommet, la plaque de liaison comportant une branche principale s'étendant parallèlement à la paroi étanche externe entre la paroi étanche externe et la gaine formée par la paroi étanche interne du dôme liquide, la branche principale comportant une extrémité supérieure attachée à la plaque de sommet et une extrémité inférieure se prolongeant par un rebord coudé
- 30 vers l'intérieur du dôme liquide par rapport à la branche principale, l'extrémité extérieure de la membrane d'étanchéité secondaire étant attachée de manière étanche sur le rebord,
- dans lequel la barrière isolante secondaire du dôme liquide comporte une garniture

fibreuse disposée entre la branche principale de la plaque de liaison et la paroi étanche externe, et dans lequel la conduite d'échappement secondaire débouche dans la garniture fibreuse.

- 5 Grâce à ces caractéristiques, la perte de charge induite par la garniture fibreuse dans la zone de l'espace secondaire où le gaz traceur est injecté ou prélevé est relativement faible, ce qui facilite la circulation du gaz traceur, notamment autour du dôme liquide.

Selon un mode de réalisation correspondant, la conduite d'échappement
10 primaire traverse la branche principale de la plaque de liaison et débouche dans la barrière isolante primaire entre la branche principale de la plaque de liaison et la membrane d'étanchéité primaire du dôme liquide.

De préférence, l'ouvrage flottant comporte en outre un système de distribution d'azote incluant un réservoir d'azote gazeux et un réseau de distribution,
15 le réseau de distribution comportant une conduite de distribution primaire s'étendant depuis un pont supérieur de l'ouvrage flottant à travers l'espace primaire du dôme liquide et à travers la barrière d'isolation primaire d'une paroi transversale de la cuve jusqu'à une zone de fond de la cuve, et une conduite de distribution secondaire s'étendant depuis le pont supérieur de l'ouvrage flottant à travers l'espace
20 secondaire du dôme liquide et à travers la barrière d'isolation secondaire de la paroi transversale de la cuve jusqu'à la zone de fond de la cuve.

Avantageusement, le système de distribution d'azote comporte en outre des moyens de régulation de pression pour réguler la pression régnant dans la barrière d'isolation primaire et la barrière d'isolation secondaire des parois de la
25 cuve au moyen des conduites de distribution primaire et secondaire.

Grâce à de tels moyens de régulation de pression, il est possible d'éviter d'endommager les barrières d'étanchéité par l'effet de surpressions accidentelles.

Selon un mode de réalisation, ces moyens de régulation de pression sont utilisés pour générer un écart de pression entre la zone où le gaz traceur est injecté
30 et la zone où le gaz traceur est recherché de manière à mettre plus rapidement en évidence les fuites ou défauts d'étanchéité.

Une telle cuve peut servir à stocker toutes sortes de gaz liquéfiés à pression atmosphérique, par exemple butane, propane, éthane, éthylène, méthane et autres. Selon un mode de réalisation, le gaz liquéfié contenu dans la cuve est du gaz naturel liquéfié (GNL), à savoir un gaz à forte teneur en méthane, stocké à une
5 température d'environ -162°C.

Différents corps chimiques peuvent être utilisés comme gaz traceur, notamment en fonction de la nature et de la température du gaz liquéfié stocké. Selon un mode de réalisation, convenant notamment pour une cuve de GNL, le gaz traceur est sélectionné parmi l'argon, l'hélium et leurs mélanges.

10 Selon un mode de réalisation, le réservoir de gaz traceur et/ou le détecteur de gaz sont fixés de manière amovible au dispositif d'échappement primaire ou secondaire. Grâce à ces caractéristiques, il est possible de démonter le réservoir de gaz traceur et/ou le détecteur de gaz de l'accès du dispositif d'échappement sur lequel il est fixé, par exemple une conduite ou une bride, de manière à libérer cet
15 accès du dispositif d'échappement pour un autre usage en dehors des phases où la détection de fuite est mise en œuvre.

L'invention fournit aussi un procédé d'exploitation d'un ouvrage flottant précité, comportant :

injecter le gaz traceur à travers l'un des dispositifs d'échappement primaire et
20 secondaire dans l'espace primaire ou secondaire de la tourelle sans dépasser la pression d'ouverture de la soupape de surpression primaire ou secondaire,
détecter le gaz traceur à travers l'autre des dispositifs d'échappement primaire et secondaire dans l'espace primaire ou secondaire de la tourelle, et
diagnostiquer une fuite dans la barrière d'étanchéité secondaire de la paroi
25 supérieure de cuve et/ou dans la paroi de séparation de la tourelle en réponse à la détection du gaz traceur.

Selon un mode de réalisation, le gaz traceur est injecté dans l'espace secondaire à travers le dispositif d'échappement secondaire et détecté dans l'espace primaire à travers le dispositif d'échappement primaire, le procédé
30 comportant en outre :

maintenir une pression totale plus élevée dans l'espace secondaire que dans l'espace primaire par injection d'azote gazeux dans l'espace secondaire, sans dépasser la pression d'ouverture de la soupape de surpression secondaire.

Une exploitation inverse est aussi possible, où le gaz traceur est injecté dans l'espace primaire à travers le dispositif d'échappement primaire et détecté dans l'espace secondaire à travers le dispositif d'échappement secondaire. Les niveaux de pression peuvent être inversés dans ce cas.

- 5 Selon un mode de réalisation, l'étape de diagnostiquer une fuite comporte l'une des mesures sélectionnée dans le groupe consistant à enregistrer la présence d'une fuite, mesurer une quantité ou une concentration du gaz traceur pour déterminer un débit de la fuite, et mesurer un retard temporel entre l'injection et la détection du gaz traceur pour déterminer une position de la fuite.
- 10 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.
- 15 Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé de chargement ou déchargement d'un tel ouvrage flottant, dans lequel on achemine du gaz liquéfié à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve étanche et thermiquement isolante.
- 20 Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour gaz liquéfié à basse température, le système comportant un ouvrage flottant précité, des canalisations isolées agencées de manière à relier la cuve étanche et thermiquement isolante à une installation de stockage flottante ou terrestre et une pompe pour entrainer un flux de produit liquide froid à travers les
- 25 canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

Certains aspects de l'invention partent de l'idée de limiter la distance à parcourir par le gaz traceur entre le point d'injection et le point de détection, de sorte que la détection des fuites dans la zone de la tourelle puisse être mise en œuvre

30 relativement rapidement et avec une quantité relativement faible de gaz traceur par rapport au volume de l'ensemble des parois de la cuve. Certains aspects de l'invention partent de l'idée de proposer un procédé de test pouvant être exécuté en

mer avec la cuve en froid, de manière à éviter d'immobiliser l'ouvrage flottant en cale sèche.

Brève description des figures

5 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.

- 10 • La figure 1 est un schéma fonctionnel d'une cuve de navire méthanier vue en coupe selon un axe longitudinal du navire.
- La figure 2 est un diagramme fonctionnel d'un dôme liquide de la cuve de la figure 1, vu de dessus.
- La figure 3 est une vue en perspective isométrique écorchée d'une paroi transversale délimitant un côté avant du dôme liquide de la figure 2.
- 15 • La figure 4 est une vue agrandie de la zone IV de la figure 1 selon un mode de réalisation
- La figure 5 est un diagramme fonctionnel d'un dôme vapeur de la cuve de la figure 1, vu de dessus.
- 20 • La figure 6 est une vue agrandie de la zone VI de la figure 1 selon un mode de réalisation
- La figure 7 est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

25

Description détaillée de modes de réalisation

En référence à la figure 1, on a représenté schématiquement une coupe longitudinale de la coque 2 d'un navire méthanier dans laquelle est disposée une cuve étanche et isolante 1 réalisée selon la technologie des cuves à membrane.

La cuve 1 est disposée entre deux cloisons transversales 3 généralement appelées « cofferdam » qui divisent l'espace intérieur de la coque en une pluralité de compartiments polyédriques destinés à accueillir chacun une cuve respective. Un navire peut ainsi comporter une ou plusieurs cuves similaires, comme esquissé 5 sur la droite de la figure 1.

La coque 2 est une double paroi délimitant un espace de ballast représenté au chiffre 4 pour la partie inférieure de la cuve. La cuve 1 est construite sur la paroi interne 5 de la coque 2 qui sert de paroi porteuse. La paroi supérieure 6 de la cuve 1 est similairement portée par une paroi porteuse supérieure 7 faisant partie de la 10 coque 2.

La cuve 1 présente une géométrie globalement polyédrique et toutes les parois de la cuve sont constituées d'une structure multicouche connue par ailleurs dans la technique des cuves à membrane. Il suffit de rappeler que cette structure multicouche comporte successivement une barrière isolante secondaire 10, une 15 membrane étanche secondaire 11, une barrière isolante primaire 12 et une membrane étanche primaire 13 qui contient directement le GNL stocké dans la cuve 1. Cette structure multicouche peut être réalisée selon diverses techniques, par exemple des techniques commercialisées par la société déposante sous le nom Mark III®.

20 La figure 1 met en évidence que la paroi porteuse supérieure 7 est interrompue en deux emplacements où la paroi de cuve forme une structure saillante en forme de tourelle ou de cheminée. La première tourelle est un dôme liquide 15 qui sert de point de pénétration pour divers équipements de manutention du GNL, à savoir dans l'exemple représenté une ligne de remplissage 16, une ligne 25 de pompage d'urgence 17, des lignes de déchargement liées à des pompes de déchargement 18, une ligne de pulvérisation 20 et une ligne d'alimentation liée à une pompe de pulvérisation 19. La deuxième tourelle est un dôme vapeur 21 qui sert de point de pénétration pour une conduite collectrice de vapeur 22. Le fonctionnement de ces équipements est connu par ailleurs.

30 En référence aux figures 2 à 4, on va maintenant décrire plus précisément des caractéristiques du dôme liquide 15. Les éléments analogues ou identiques à ceux de la figure 1 portent le même chiffre de référence augmenté de 100.

Comme mieux visible sur la figure 2, le dôme liquide présente une section carrée formée de quatre parois verticales similaires dans lesquelles on retrouve à chaque fois la structure multicouche précitée, à savoir paroi porteuse 103, barrière isolante secondaire 110, membrane étanche secondaire 111, barrière isolante primaire 112 et membrane étanche primaire 113.

Comme les membranes d'étanchéité 111 et 113 sont des éléments relativement fragiles qui ne sont pas conçus pour endurer des forces d'arrachement élevées, le dôme liquide est équipé d'un dispositif d'échappement primaire 25 pour protéger la membrane étanche primaire 113 contre les surpressions et d'un dispositif d'échappement secondaire 35 pour protéger la membrane étanche secondaire 111 contre les surpressions.

Plus précisément, le dispositif d'échappement primaire 25 comporte une conduite d'échappement I débouchant d'un côté à l'intérieur de la barrière isolante primaire 112 du dôme liquide et de l'autre côté dans un mât d'échappement vers l'atmosphère 30 disposé à l'extérieur sur le pont du navire. Une soupape de surpression 27 est agencée sur la conduite I, qui est fermée par défaut. La soupape 27 s'ouvre sous la commande d'un pilote de soupape 26 lorsque la pression totale dans la barrière isolante primaire 112 dépasse un niveau prédéfini, par exemple 30 mbar soit 3kPa. Le pilote de soupape 26 est relié à la pression de la barrière isolante primaire 112 par une ligne de commande N. Ainsi, la phase gazeuse présente dans la barrière isolante primaire 112 s'échappe automatiquement vers le mât d'échappement 30 lorsque sa pression dépasse le niveau prédéfini.

De la même manière, le dispositif d'échappement secondaire 35 comporte une conduite d'échappement K débouchant d'un côté à l'intérieur de la barrière isolante secondaire 110 du dôme liquide et de l'autre côté dans une ligne d'échappement vers l'atmosphère 40. Une soupape de surpression 37 est agencée sur la conduite K, qui est fermée par défaut. La soupape 37 s'ouvre sous la commande d'un pilote de soupape 36 lorsque la pression totale dans la barrière isolante secondaire 110 dépasse un niveau prédéfini, par exemple 30 mbar soit 3kPa. Le pilote de soupape 36 est relié à la pression de la barrière isolante secondaire 110 par une ligne de commande M. Ainsi, la phase gazeuse présente dans la barrière isolante secondaire 110 s'échappe automatiquement vers la ligne d'échappement 40 lorsque sa pression dépasse le niveau prédéfini. Les pressions d'ouverture des soupapes 27 et 37 peuvent être égales ou différentes.

Afin de détecter des fuites ou des défauts d'étanchéité dans la membrane étanche secondaire 111 au niveau du dôme liquide 15, un dispositif d'injection et de détection d'un gaz traceur est mis en œuvre dans le dôme liquide 15. Ce dispositif comporte un réservoir de gaz traceur 41 qui est relié à la ligne de commande M par
5 l'intermédiaire d'une vanne 42, de manière à pouvoir transférer du gaz traceur vers la barrière isolante secondaire 110 lorsque la vanne 42 est ouverte. Le gaz traceur est par exemple de l'argon ou de l'hélium ou tout autre gaz ou mélange de gaz qui ne risque pas de se liquéfier lors de l'exploitation.

Ce dispositif comporte également un détecteur de gaz 43 capable de
10 détecter le gaz traceur et relié à la conduite d'échappement I, de manière à pouvoir détecter la présence du gaz traceur dans la phase gazeuse présente dans la barrière isolante primaire 112.

Le principe fondamental de la détection est le suivant : étant donné que la membrane étanche secondaire 111 est censée isoler de manière étanche au gaz la
15 barrière isolante secondaire 110 de la barrière isolante primaire 112, une détection positive du gaz traceur dans la barrière isolante primaire 112 alors que ce gaz n'a été injecté que dans la barrière isolante secondaire 110 trahit nécessairement l'existence d'une fuite.

Alternativement, le réservoir 41 peut être branché sur la canalisation K
20 et/ou le détecteur 43 peut être branché sur la canalisation N sans changer le principe de fonctionnement.

La figure 2 montre aussi des lignes d'alimentation en azote qui pénètrent dans la cuve au niveau du dôme liquide pour permettre de contrôler la pression totale dans les barrières isolantes secondaire 110 et primaire 112. Ces lignes
25 d'alimentation proviennent d'un réservoir de diazote gazeux symbolisé au chiffre 45. Elles incluent une ligne d'azote secondaire V débouchant dans la barrière isolante secondaire 110 en bas de la cuve et une ligne d'azote primaire 44 qui se ramifie en une multitudes de lignes de distribution d'azote A, B, C, D, E, F, G, H, J, L débouchant toutes dans la barrière isolante primaire 112 en bas de la cuve.

30 La figure 3 montre d'autres précisions sur le cheminement possible des lignes d'alimentation en diazote gazeux dans la paroi de cuve. Elle montre notamment que ces lignes débouchent en bas de la cuve à assez grande distance du dôme liquide et du dôme vapeur. Les lignes d'alimentation en diazote gazeux

peuvent servir notamment à rendre inertes les parois de cuve et à régler la pression totale dans celles-ci, au moyen d'un système de régulation de pression qui est connu par ailleurs.

Ce système de régulation de pression peut être mis à profit pour améliorer le fonctionnement de la détection de fuite. Selon un mode de réalisation correspondant, la détection de fuite peut être mise en œuvre de la manière suivante :

- Injecter le gaz traceur dans l'espace secondaire 110 du dôme liquide
- Régler la pression à un niveau légèrement plus élevé dans l'espace secondaire 110 que dans l'espace primaire 112, de préférence sans atteindre la pression d'ouverture de la soupape d'échappement secondaire 37 pour éviter d'endommager la membrane secondaire 111. Ces deux étapes peuvent aussi être réalisées simultanément ou dans un autre ordre.
- Détecter la présence du gaz traceur dans l'espace primaire 112.

Grâce au léger écart de pression, le transfert du gaz traceur peut être accéléré ce qui permet de réduire la durée du test de détection de fuite. Par exemple, la pression dans la barrière primaire est réglée à 10mbar (100kPa) relatif et la pression dans la barrière secondaire est réglée à 17mbar (170kPa) relatif, soit un écart de 70kPa. Cet écart peut être plus élevé, par exemple jusqu'à 250kPa, pour accélérer la mise en œuvre du test. La durée complète du test peut ainsi être inférieure à 4 heures par dôme, et de préférence de l'ordre de 60 minutes.

Dans un mode non-représenté, les positions du détecteur de gaz 43 et du réservoir de gaz traceur 41 sont permutées et les écarts de pressions sont inversés.

Le détecteur de gaz peut être un analyseur de gaz disponible dans le commerce, fonctionnant selon toute technologie adaptée, par exemple par spectrométrie de masse ou autre. Pour raffiner le diagnostic des fuites, il est préférable de mesurer au cours du temps la concentration de gaz traceur présente dans l'espace primaire 112. Ainsi, la durée et la quantité de gaz traceur permettent d'obtenir des informations sur :

- L'existence d'une fuite, si le gaz traceur est détecté en quantité non négligeable,

- le débit de la ou des fuites par intégration de la quantité de gaz traceur au cours du temps,

- la localisation sur le dôme liquide de la ou des fuites, par mesure de l'instant de première détection du gaz traceur par rapport au temps de trajet dans
5 les barrières isolantes.

Etant donné que la paroi de cuve dans le dôme liquide présente un volume relativement petit par rapport à l'ensemble de la cuve, par exemple environ 2 m³, le test d'étanchéité peut être mis en œuvre avec un volume relativement petit de gaz traceur, par exemple environ 3 m³ d'argon.

10 La figure 4 montre d'autres détails de mise en œuvre du dôme liquide 15 dans un mode de réalisation utilisant la technologie Mark III®. Par mesure de concision une seule conduite a été représentée pour illustrer la canalisation K ou M du dispositif d'échappement secondaire 35 et une seule conduite a été représentée pour illustrer la canalisation N ou I du dispositif d'échappement primaire 25. De plus
15 ces conduites ont été représentées dans un même plan. Toutefois, ces canalisations sont bien au nombre de quatre dans une mise en œuvre réelle et il n'est pas nécessaire qu'elles soient dans un même plan, ce que montre la figure 2. De plus, il est possible de prévoir un ou plusieurs points d'injection du gaz traceur additionnels pour améliorer la vitesse d'exécution du test, notamment pour un dôme
20 liquide de grande taille. Ces points d'injection additionnels peuvent être répartis de manière régulière à la périphérie du dôme liquide 15.

Dans le dôme liquide 15 de la figure 4, la structure porteuse comporte une paroi porteuse verticale 103 appelée surbau qui s'élève au-dessus du pont 107 du navire et une paroi horizontale 46 au sommet de la paroi porteuse 103. La paroi
25 horizontale 46 s'étend tout autour du dôme liquide et supporte un couvercle de cuve 47. Le couvercle 47 est constitué essentiellement d'une paroi métallique de couvercle 48 et d'une isolation thermique 49 qui s'insère dans le sommet du dôme liquide.

La paroi horizontale 46 porte une plaque métallique 48 profilée en forme de
30 L qui est soudé sur la face intérieure de la paroi 46 et s'étend vers le bas. Des panneaux préfabriqués sont fixés à la paroi porteuse 103 pour former la barrière thermiquement isolante primaire, la barrière d'étanchéité secondaire et la barrière thermiquement isolante secondaire.

Dans la zone d'arrêt de la membrane secondaire 111, une nappe composite étanche souple 50 relie de manière étanche la nappe étanche du panneau préfabriqué au rebord coudé 51 de la plaque 48. Le collage de la nappe 50 sur le rebord 51 est réalisé à l'aide d'une colle appropriée, par exemple de type 5 polyuréthane.

Une garniture de laine de verre 52 est insérée entre la plaque métallique 48 et la paroi porteuse 103 pour prolonger la barrière isolante secondaire 110, qui est essentiellement réalisée en panneaux de mousse isolante. Une couche de mastic 53, par exemple en résine époxy, est écrasée entre la face inférieure du rebord 51 et le dernier panneau de mousse isolante pour fixer et positionner précisément le 10 panneau. Une deuxième couche de mastic 54, par exemple également en résine époxy, est portée par la face supérieure du rebord 51 et se trouve écrasée entre le rebord 51 et une poutre de bois 55 qui est disposée horizontalement le long de la plaque 48. La poutre 55 peut être boulonnée à la plaque 20. D'autres blocs de 15 mousse isolante 56 sont disposés entre le haut de la poutre 55 et la paroi horizontale 46 de la structure porteuse pour prolonger la barrière d'isolation primaire.

L'extrémité de la barrière d'étanchéité primaire 113 est fixée de manière étanche à la structure porteuse par soudage sur une pièce profilée 57 à section en 20 U qui est portée par l'extrémité de la paroi horizontale 46.

Dans ce mode de réalisation, la garniture de laine de verre 52 qui fait tout le tour du dôme liquide constitue une zone de passage privilégiée pour le gaz traceur ayant franchi une fuite, du fait de la faible perte de charge. Ainsi, il est possible de détecter des fuites à tout emplacement autour du dôme liquide même 25 avec un seul ou un petit nombre de points de détection du gaz.

Les méthodes décrites ci-dessus pour réaliser une détection de fuite dans un dôme liquide peuvent être mises en œuvre de manière analogue dans un dôme vapeur, comme il sera décrit maintenant en référence aux figures 5 et 6.

Comme mieux visible sur la figure 5, le dôme vapeur présente une section 30 circulaire dans laquelle on retrouve, au moins fonctionnellement, la structure multicouche précitée, à savoir paroi porteuse 203, barrière isolante secondaire 210, membrane étanche secondaire 211, barrière isolante primaire 212 et membrane étanche primaire 213.

Comme les membranes d'étanchéité 211 et 213 sont des éléments relativement fragiles qui ne sont pas conçus pour endurer des forces d'arrachement élevées, le dôme vapeur est équipé d'un dispositif d'échappement primaire 125 pour protéger la membrane étanche primaire 213 contre les surpressions et d'un
5 dispositif d'échappement secondaire 135 pour protéger la membrane étanche secondaire 211 contre les surpressions.

Plus précisément, le dispositif d'échappement primaire 125 comporte une conduite d'échappement Q débouchant d'un côté à l'intérieur de la barrière isolante primaire 212 du dôme vapeur et de l'autre côté dans le mât d'échappement vers
10 l'atmosphère 30 de la figure 2, comme symbolisé par la flèche 130 de la figure 5. Une soupape de surpression 127 est agencée sur la conduite Q, qui est fermée par défaut. La soupape 127 s'ouvre sous la commande d'un pilote de soupape 126 lorsque la pression totale dans la barrière isolante primaire 212 dépasse un niveau prédéfini, par exemple 30 mbar soit 3kPa. Le pilote de soupape 126 est relié à la
15 pression de la barrière isolante primaire 212 par une ligne de commande R. Ainsi, la phase gazeuse présente dans la barrière isolante primaire 212 s'échappe automatiquement vers le mât d'échappement 30 lorsque sa pression dépasse le niveau prédéfini.

De la même manière, le dispositif d'échappement secondaire 135 comporte
20 une conduite d'échappement S débouchant d'un côté à l'intérieur de la barrière isolante secondaire 210 du dôme vapeur et de l'autre côté dans une ligne d'échappement vers l'atmosphère 140. Une soupape de surpression 137 est agencée sur la conduite S, qui est fermée par défaut. La soupape 137 s'ouvre sous la commande d'un pilote de soupape 136 lorsque la pression totale dans la barrière
25 isolante secondaire 210 dépasse un niveau prédéfini, par exemple 30 mbar soit 3kPa. Le pilote de soupape 136 est relié à la pression de la barrière isolante secondaire 210 par une ligne de commande T. Ainsi, la phase gazeuse présente dans la barrière isolante secondaire 210 s'échappe automatiquement vers la ligne d'échappement 140 lorsque sa pression dépasse le niveau prédéfini. Les pressions
30 d'ouverture des soupapes 127 et 137 peuvent être égales ou différentes.

Afin de détecter des fuites ou des défauts d'étanchéité dans la membrane étanche secondaire 211 au niveau du dôme vapeur 21, un dispositif d'injection et de détection d'un gaz traceur est mis en œuvre. Ce dispositif comporte un réservoir de gaz traceur 141 qui est relié à la conduite d'échappement S par l'intermédiaire d'une

vanne 142, de manière à pouvoir transférer du gaz traceur vers la barrière isolante secondaire 210 lorsque la vanne 142 est ouverte. Le gaz traceur est par exemple de l'Argon ou de l'Hélium ou tout autre gaz ou mélange de gaz qui ne risque pas de se liquéfier lors de l'exploitation.

- 5 Ce dispositif comporte également un détecteur de gaz 143 capable de détecter le gaz traceur et relié à la conduite d'échappement Q, de manière à pouvoir détecter la présence du gaz traceur dans la phase gazeuse présente dans la barrière isolante primaire 212.

Pour le reste, le fonctionnement de la détection des fuites dans le dôme
10 vapeur est identique au cas du dôme liquide décrit plus haut.

La figure 6 montre d'autres détails de mise en œuvre du dôme vapeur 221 dans un mode de réalisation utilisant la technologie Mark III®. Les éléments analogues ou identiques à ceux de la figure 1 portent le même chiffre de référence augmenté de 200.

- 15 Par mesure de concision une seule conduite a été représentée pour illustrer la conduite S ou T du dispositif d'échappement secondaire 135. De plus, cette conduite a été représentée dans un même plan que les canalisations R et Q du dispositif d'échappement primaire 125. Toutefois, ces canalisations Q, R, S, T sont bien au nombre de quatre dans une mise en œuvre réelle et il n'est pas
20 nécessaire qu'elles soient dans un même plan, ce que montre la figure 5. De plus, il est possible de prévoir un ou plusieurs points d'injection du gaz traceur additionnels pour améliorer la vitesse d'exécution du test, notamment pour un dôme vapeur de grande taille. Ces points d'injection additionnels peuvent être répartis de manière régulière à la périphérie du dôme vapeur 221.

- 25 Dans le dôme vapeur 221 de la figure 6, la paroi porteuse supérieure 207 comporte une ouverture circulaire 31 autour de laquelle est soudé un fût 32 qui s'étend à l'extérieur de la paroi porteuse supérieure 207. Une conduite métallique collectrice de vapeurs 222 est ancrée à l'intérieur du fût 32 et est destinée à extraire les vapeurs produites par l'évaporation du fluide dans la cuve. A cet effet, la
30 conduite collectrice 222 traverse la paroi de cuve au centre de l'ouverture circulaire 31 ainsi que les membranes étanches 211 et 213 et les barrières isolantes 210 et 212 pour déboucher à l'intérieur de la cuve. Cette conduite collectrice 222 est notamment reliée à un collecteur de vapeur à l'extérieur de la cuve qui extrait cette

vapeur et de la transmet par exemple au dispositif de propulsion du navire pour alimenter la propulsion du navire ou à un dispositif de liquéfaction pour réintroduire ensuite le fluide dans la cuve.

La barrière d'étanchéité primaire 213 est reliée de manière étanche à la
5 conduite collectrice 222. De même, la barrière d'étanchéité secondaire 211 est
reliée de manière étanche à la conduite collectrice 222 sauf en deux passages 58 et
59 permettant au fluide présent entre les deux barrières d'étanchéité de circuler vers
des conduites de prélèvement 60 et 61. L'absence de la membrane étanche
secondaire à cet endroit est symbolisée par les traits interrompus dans les
10 passages 58 et 59. De cette manière, l'espace entre la barrière étanche secondaire
211 et la barrière étanche primaire 213 forme un espace primaire étanche relié aux
deux conduites d'échappement 60 et 61.

Par ailleurs, le fût 32 est relié de manière étanche à la paroi porteuse
supérieure 7 et à la conduite collectrice 222. La conduite collectrice comporte une
15 couche isolante 62 répartie uniformément sur sa portée extérieure qui présente un
diamètre inférieur à l'ouverture circulaire 31. De cette manière, l'espacement entre
la couche isolante 62 et l'ouverture circulaire 31 permet la circulation de gaz entre la
barrière isolante secondaire 210 et un espace intermédiaire 64 présent entre le fut
32 et la couche d'isolant 62, comme indiqué par la flèche 99. L'espace intermédiaire
20 et la barrière isolante secondaire 210 forment ainsi un espace étanche secondaire.

Les deux conduites de prélèvement 60 et 61 s'étendent parallèlement à la
conduite collectrice 222 dans la couche isolante 62 depuis l'extérieur du fût 32
jusqu'à l'espace étanche primaire. La conduite 61 débouche dans la conduite Q de
la figure 5 et permet de réaliser un passage entre l'espace étanche primaire et la
25 soupape de surpression non représentée. La conduite 60 débouche dans la
conduite R de la figure 5 et permet de réaliser un passage entre l'espace primaire et
le pilote de soupape non représenté. Deux autres conduites représentées par la
référence S, T sont soudées au fût 32 et débouchent à l'intérieur du fût 32 dans
l'espace étanche secondaire pour permettre elles aussi la gestion des fluides et la
30 mesure de pression dans l'espace étanche secondaire.

On notera que, dans le fût 32 du dôme vapeur 221, la structure de la paroi
de cuve n'est pas rigoureusement une structure multicouche telle qu'elle existe dans
les parois de la cuve, puisque l'espace primaire est ici limitée à la section de

passage de deux conduites de prélèvement 60 et 61 qui passent entièrement à l'intérieur de l'espace secondaire. Toutefois, la structure reste celle d'un espace primaire et d'un espace secondaire supposés être isolés l'un de l'autre par une séparation étanche au gaz, de sorte que les tests de détection des fuites décrits
5 plus haut gardent tout leur sens dans cette structure légèrement différente.

Les procédés de détection de fuite précités peuvent être mis en œuvre dans le dôme vapeur 221 de la figure 6 par injection du gaz traceur à travers la conduite S ou T et la détection du gaz traceur à travers la conduite Q ou R. Les flèches 63 de la figure 6 illustrent schématiquement le trajet du gaz traceur dans
10 l'espace intermédiaire 64 entre la conduite S ou T qui injecte le gaz traceur et la barrière isolante secondaire 210 de la paroi supérieure de cuve où il peut pénétrer.

D'autres détails d'implantation d'un dôme vapeur peuvent être trouvés dans la publication FR-A-2984454.

La technique décrite ci-dessus pour réaliser un dispositif de détection de
15 fuite dans une partie saillante de la paroi de cuve peut être utilisée dans différents types de réservoirs, par exemple pour constituer le dôme liquide ou le dôme vapeur d'un réservoir de GNL dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre.

En référence à la figure 7, une vue écorchée d'un navire méthanier
20 montre une cuve étanche et isolée 71 de forme générale prismatique montée dans la double coque 72 du navire. La paroi de la cuve 71 comporte une barrière étanche primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières isolante agencées respectivement entre la barrière
25 étanche primaire et la barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque 72.

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

La figure 7 représente un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 75, une conduite sous-marine 76 et une installation à terre 77. Le poste de chargement et de déchargement 75 est une

installation fixe off-shore comportant un bras mobile 74 et une tour 78 qui supporte le bras mobile 74. Le bras mobile 74 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 79 pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 73. Le bras mobile 74 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 78. Le poste de chargement et de déchargement 75 permet le chargement et le déchargement du méthanier 70 depuis ou vers l'installation à terre 77. Celle-ci comporte des cuves de stockage de gaz liquéfié 80 et des conduites de liaison 81 reliées par la conduite sous-marine 76 au poste de chargement ou de déchargement 75. La conduite sous-marine 76 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 75 et l'installation à terre 77 sur une grande distance, par exemple 5 km, ce qui permet de garder le navire méthanier 70 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et de déchargement.

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

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

L'usage du verbe « comporter », « comprendre » ou « inclure » et de ses formes conjuguées n'exclut pas la présence d'autres éléments ou d'autres étapes que ceux énoncés dans une revendication. L'usage de l'article indéfini « un » ou « une » pour un élément ou une étape n'exclut pas, sauf mention contraire, la présence d'une pluralité de tels éléments ou étapes.

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

REVENDICATIONS

1. Ouvrage flottant comportant une coque incluant des parois porteuses (3, 5, 7) définissant un espace polyédrique à l'intérieur de la coque, l'ouvrage flottant comportant une cuve étanche et thermiquement isolante (1) logée
- 5 dans l'espace polyédrique pour stocker un gaz liquéfié à basse température, dans laquelle une paroi porteuse supérieure (7, 107) de la coque présente une ouverture et porte une tourelle (15, 21, 221) faisant saillie sur une surface extérieure de la paroi porteuse supérieure autour de l'ouverture, l'ouverture et la tourelle étant destinées à faire passer des équipements de manutention de cargaison (16, 22,
- 10 222) pour manutentionner une phase liquide et/ou une phase vapeur du gaz liquéfié contenu dans la cuve,
- dans laquelle la cuve comporte une pluralité de parois de cuve fixées sur les parois porteuses de la coque,
- dans laquelle une paroi de cuve supérieure comporte une structure multicouche
- 15 fixée sur une surface intérieure de la paroi porteuse supérieure, la structure multicouche étant formée d'une membrane d'étanchéité primaire (13, 113, 213) destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve, une membrane d'étanchéité secondaire (11, 111, 211) disposée entre la membrane d'étanchéité primaire et la paroi porteuse supérieure, une barrière isolante secondaire (10, 110,
- 20 210) disposée entre la membrane d'étanchéité secondaire et la paroi porteuse supérieure et une barrière isolante primaire (12, 112, 212) disposée entre la membrane d'étanchéité secondaire et la membrane d'étanchéité primaire,
- dans laquelle la tourelle comporte :
- une paroi étanche interne formant une gaine (113, 222) engagée à travers
- 25 l'ouverture de la paroi porteuse supérieure (7, 107, 207) et liée de manière étanche avec la membrane d'étanchéité primaire (13, 213) de la paroi de cuve supérieure tout autour de la gaine,
- une paroi étanche externe (103, 32) disposée autour de la gaine à distance de la gaine parallèlement à la gaine, la paroi étanche externe étant liée de manière
- 30 étanche à la paroi porteuse supérieure autour de l'ouverture,
- une paroi de séparation (111, 60, 61) agencée entre la paroi étanche externe (103, 32) et la paroi étanche interne (113, 222) de la tourelle et divisant l'espace défini entre la paroi étanche externe et la paroi étanche interne de la tourelle en, d'une part, un espace secondaire (110, 62, 64) communiquant à travers l'ouverture

de la paroi porteuse supérieure avec la barrière isolante secondaire (10, 210) de la paroi de cuve supérieure disposée autour de l'ouverture et, d'autre part, un espace primaire (112, 60, 61) communiquant à travers l'ouverture de la paroi porteuse supérieure avec la barrière isolante primaire (12, 212) de la paroi de cuve

5 supérieure disposée autour de l'ouverture,

un dispositif d'échappement primaire (25, 125) comportant une soupape de surpression primaire (27, 127) et une conduite d'échappement primaire (I, Q) communiquant directement avec l'espace primaire de la tourelle et traversant la

10 l'espace primaire en réponse à une ouverture de la soupape de surpression primaire,

un dispositif d'échappement secondaire (35, 135) comportant une soupape de surpression secondaire (37, 137) et une conduite d'échappement secondaire (K, S) communiquant directement avec l'espace secondaire de la tourelle et traversant la

15 paroi étanche externe de la tourelle pour permettre un échappement de gaz depuis l'espace secondaire en réponse à une ouverture de la soupape de surpression secondaire,

l'ouvrage flottant comportant en outre :

un réservoir de gaz (41, 141) contenant un gaz traceur incondensable ou présentant

20 une température de condensation inférieure à la basse température du gaz liquéfié contenu dans la cuve, le réservoir de gaz étant relié par l'intermédiaire d'une vanne de contrôle (42, 142) à l'un parmi le dispositif d'échappement primaire et le dispositif d'échappement secondaire et

un détecteur de gaz (43, 143) apte à détecter le gaz traceur, le détecteur de gaz

25 étant en communication avec l'autre parmi le dispositif d'échappement primaire, notamment la conduite d'échappement primaire, et le dispositif d'échappement secondaire, notamment la conduite d'échappement secondaire.

2. Ouvrage flottant selon la revendication 1, dans lequel le dispositif d'échappement primaire ou secondaire comporte en outre une ligne de commande

30 primaire ou secondaire (M, N, R, T) qui communique directement avec l'espace primaire ou secondaire de la tourelle et qui traverse la paroi étanche externe de la tourelle pour commander la soupape de surpression primaire ou secondaire en fonction de la pression régnant dans l'espace primaire ou secondaire, et dans lequel

le réservoir de gaz (41, 141) est en communication directe avec la ligne de commande primaire ou secondaire.

3. Ouvrage flottant selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le dispositif d'échappement primaire ou secondaire comporte en outre une ligne de commande primaire ou secondaire (M, N, R, T) qui communique directement avec l'espace primaire ou secondaire de la tourelle et qui traverse la paroi étanche externe de la tourelle pour commander la soupape de surpression primaire ou secondaire en fonction de la pression régnant dans l'espace primaire ou secondaire, et dans lequel le détecteur de gaz (43, 143) est en communication directe avec la ligne de commande primaire ou secondaire.

4. Ouvrage flottant selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la tourelle est un dôme vapeur (221) de la cuve, la gaine engagée à travers l'ouverture de la paroi porteuse supérieure étant une conduite collectrice (22, 222) reliée à un collecteur principal de vapeur de l'ouvrage flottant, et dans lequel la paroi de séparation de la tourelle forme une conduite de prélèvement primaire (60, 61) s'étendant parallèlement à la conduite collectrice dans l'espace défini entre la paroi étanche externe (32) et la paroi étanche interne (222) de la tourelle et présentant une extrémité intérieure (58, 59) débouchant dans la barrière isolante primaire de la paroi de cuve supérieure et une extrémité extérieure (Q, R) débouchant directement dans le dispositif d'échappement primaire (125), l'espace primaire de la tourelle comportant l'espace intérieure de la conduite de prélèvement primaire.

5. Ouvrage flottant selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la tourelle est un dôme liquide (15) de la cuve comportant en outre une paroi de sommet (46) disposée sur une extrémité supérieure de paroi étanche externe (103) du dôme liquide et présentant une ouverture alignée avec une zone centrale de l'ouverture de la paroi porteuse supérieure, la gaine formée par la paroi étanche interne (113) du dôme liquide étant une membrane d'étanchéité primaire présentant un bord supérieur attaché de manière étanche sur un bord (57) de la paroi de sommet tout autour de l'ouverture de la paroi de sommet, et dans lequel la paroi de séparation comporte une membrane d'étanchéité secondaire (111) s'étendant tout autour de la gaine entre la paroi étanche externe et la gaine (113) et présentant une extrémité intérieure raccordée de manière étanche à la membrane d'étanchéité secondaire (11) de la paroi de cuve supérieure tout

autour de la gaine et une extrémité extérieure (50) raccordée de manière étanche à la paroi de sommet (46) tout autour de l'ouverture de la paroi de sommet du dôme liquide.

6. Ouvrage flottant selon la revendication 5, dans lequel la paroi du dôme liquide (15) comporte une structure multicouche fixée sur une surface intérieure de la paroi étanche externe, la structure multicouche étant formée de la membrane d'étanchéité primaire (113) du dôme liquide, la membrane d'étanchéité secondaire (111) du dôme liquide, une barrière isolante secondaire (110) du dôme liquide disposée entre la membrane d'étanchéité secondaire et la paroi étanche externe et une barrière isolante primaire (112) disposée entre la membrane d'étanchéité secondaire et la membrane d'étanchéité primaire du dôme liquide.

7. Ouvrage flottant selon la revendication 6, comportant en outre une plaque de liaison (48) disposée entre l'extrémité extérieure (50) de la membrane d'étanchéité secondaire du dôme liquide et la paroi de sommet (46), la plaque de liaison comportant une branche principale s'étendant parallèlement à la paroi étanche externe entre la paroi étanche externe et la gaine formée par la paroi étanche interne du dôme liquide, la branche principale comportant une extrémité supérieure attachée à la plaque de sommet (46) et une extrémité inférieure se prolongeant par un rebord (51) coudé vers l'intérieur du dôme liquide par rapport à la branche principale, l'extrémité extérieure (50) de la membrane d'étanchéité secondaire étant attachée de manière étanche sur le rebord (51), dans lequel la barrière isolante secondaire du dôme liquide comporte une garniture fibreuse (52) disposée entre la branche principale de la plaque de liaison (48) et la paroi étanche externe (103), et dans lequel la conduite d'échappement secondaire (K, M) débouche dans la garniture fibreuse.

8. Ouvrage flottant selon la revendication 7, dans lequel la conduite d'échappement primaire (N, I) traverse la branche principale de la plaque de liaison (48) et débouche dans la barrière isolante primaire entre la branche principale de la plaque de liaison et la membrane d'étanchéité primaire (113) du dôme liquide.

9. Ouvrage flottant selon l'une des revendications 5 à 8, comportant en outre un système de distribution d'azote incluant un réservoir d'azote gazeux (45) et un réseau de distribution, le réseau de distribution comportant une conduite

de distribution primaire (44, A-G, L, J) s'étendant depuis un pont supérieur de l'ouvrage flottant à travers l'espace primaire (112) du dôme liquide et à travers la barrière d'isolation primaire (12) d'une paroi transversale de la cuve jusqu'à une zone de fond de la cuve, et une conduite de distribution secondaire (V) s'étendant
5 depuis le pont supérieur de l'ouvrage flottant à travers l'espace secondaire (110) du dôme liquide et à travers la barrière d'isolation secondaire de la paroi transversale de la cuve jusqu'à la zone de fond de la cuve, et dans lequel le système de distribution d'azote comporte en outre des moyens de régulation de pression pour réguler la pression régnant dans la barrière d'isolation
10 primaire et la barrière d'isolation secondaire des parois de la cuve au moyen des conduites de distribution primaire et secondaire.

10. Ouvrage flottant selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel le gaz traceur est sélectionné parmi l'argon, l'hélium et leurs mélanges.

11. Ouvrage flottant selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel
15 le réservoir de gaz traceur (41, 141) est fixé de manière amovible au dispositif d'échappement primaire ou secondaire.

12. Procédé d'exploitation d'un ouvrage flottant selon l'une des revendications 1 à 11, comportant : injecter le gaz traceur à travers l'un des dispositifs d'échappement primaire et
20 secondaire (25, 125, 35, 135) dans l'espace primaire ou secondaire de la tourelle (15, 221) de l'ouvrage flottant selon l'une des revendications 1 à 11, sans dépasser la pression d'ouverture de la soupape de surpression primaire ou secondaire, détecter le gaz traceur à travers l'autre des dispositifs d'échappement primaire et secondaire (25, 125, 35, 135) dans l'espace primaire ou secondaire de la tourelle, et
25 diagnostiquer une fuite dans la barrière d'étanchéité secondaire (11, 211) de la paroi supérieure de cuve et/ou dans la paroi de séparation (111, 60, 61) de la tourelle en réponse à la détection du gaz traceur.

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel le gaz traceur est injecté dans l'espace secondaire à travers le dispositif d'échappement secondaire
30 (35, 135) et détecté dans l'espace primaire à travers le dispositif d'échappement primaire (25, 125), le procédé comportant en outre : maintenir une pression totale plus élevée dans l'espace secondaire (110, 210) que dans l'espace primaire (112, 212) par injection d'azote gazeux dans l'espace

secondaire, sans dépasser la pression d'ouverture de la soupape de surpression secondaire.

14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, dans lequel l'étape de diagnostiquer une fuite comporte l'une des mesures sélectionnée dans le groupe
5 consistant à enregistrer la présence d'une fuite, mesurer une quantité ou une concentration du gaz traceur pour déterminer un débit de la fuite, et mesurer un retard temporel entre l'injection et la détection du gaz traceur pour déterminer une position de la fuite.

15 15. Procédé de chargement ou déchargement d'un ouvrage flottant (70) selon l'une des revendications 1 à 11, dans lequel on achemine du gaz liquéfié 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 étanche et thermiquement isolante (71) de l'ouvrage flottant selon l'une des revendications 1 à 11.

15 16. Système de transfert pour gaz liquéfié à basse température, le système comportant un ouvrage flottant (70) selon l'une des revendications 1 à 11, des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) agencées de manière à relier la cuve étanche et thermiquement isolante (71) à une installation de stockage flottante ou terrestre (77) et une pompe pour entraîner un flux de produit liquide froid à travers
20 les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

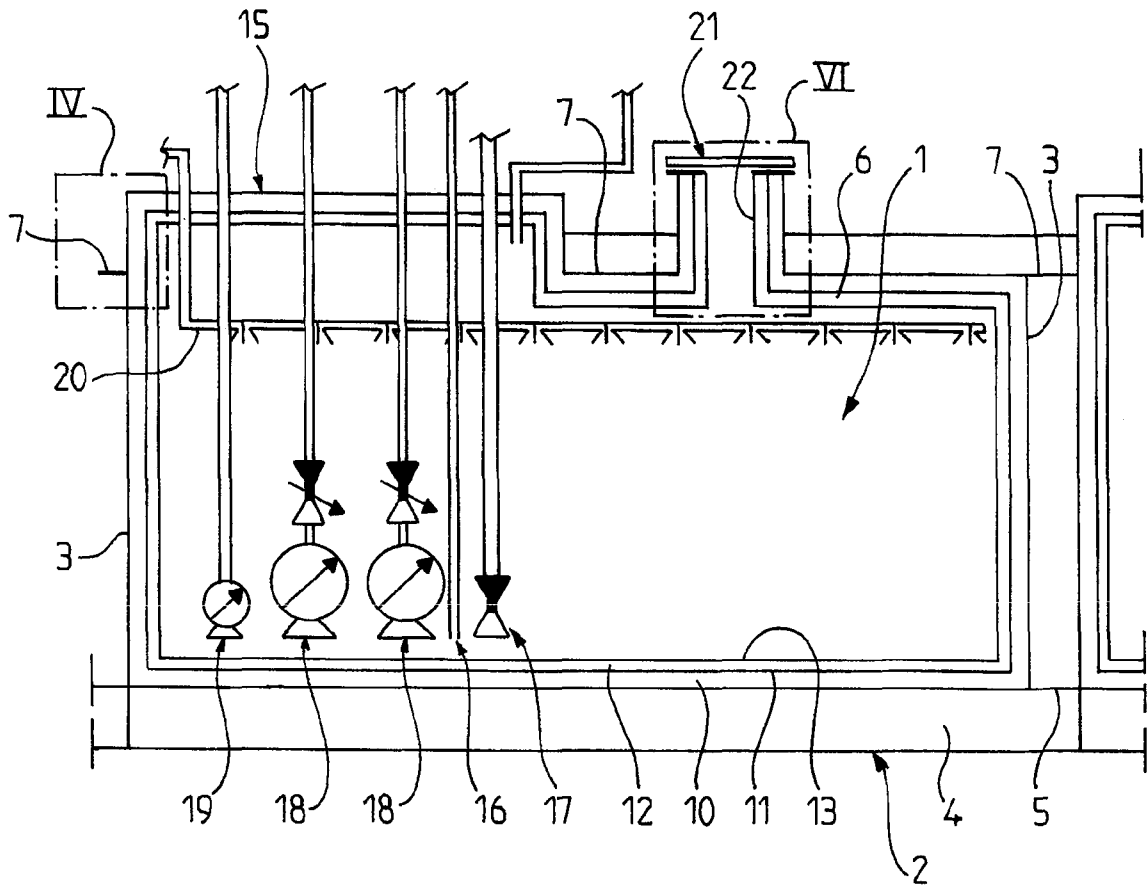


FIG.1

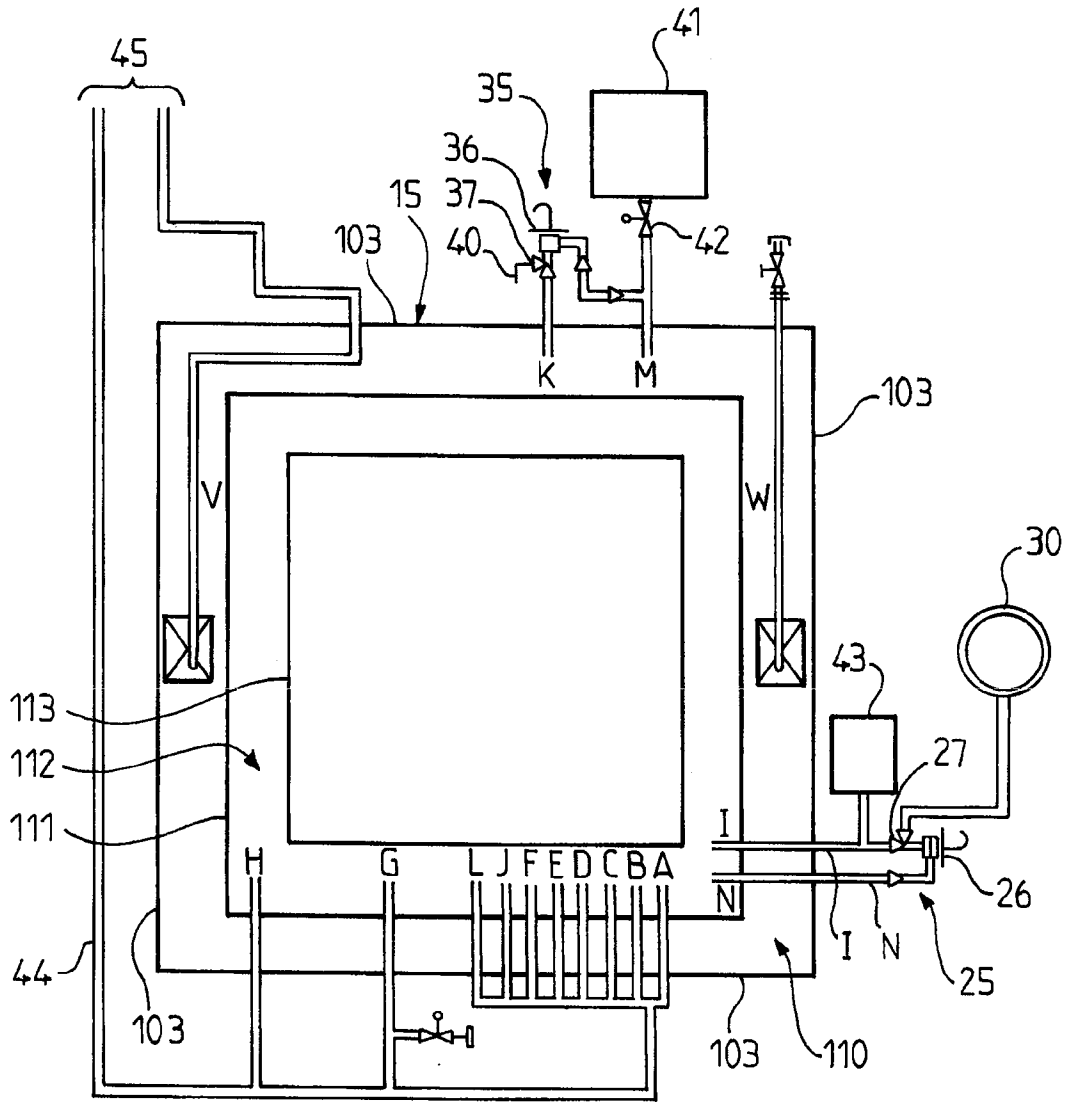


FIG. 2

4/7

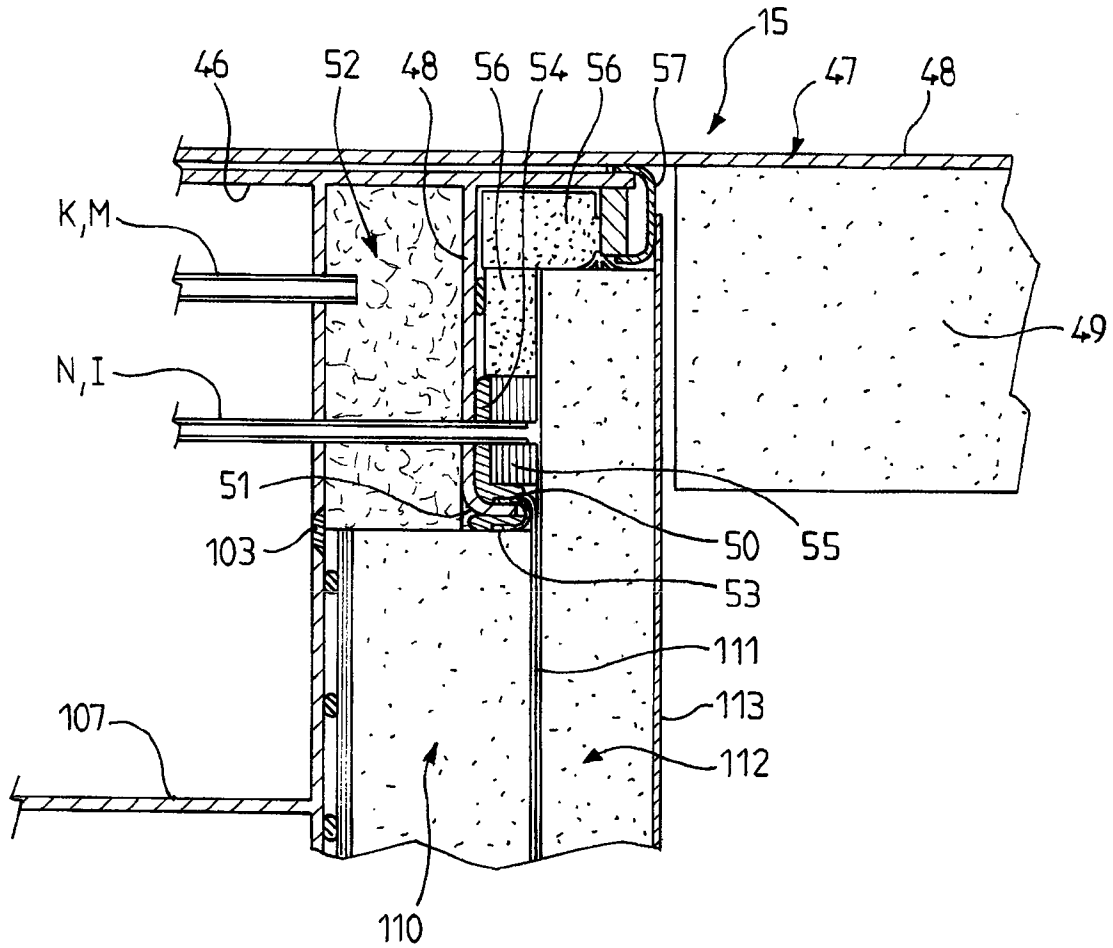


FIG.4

5/7

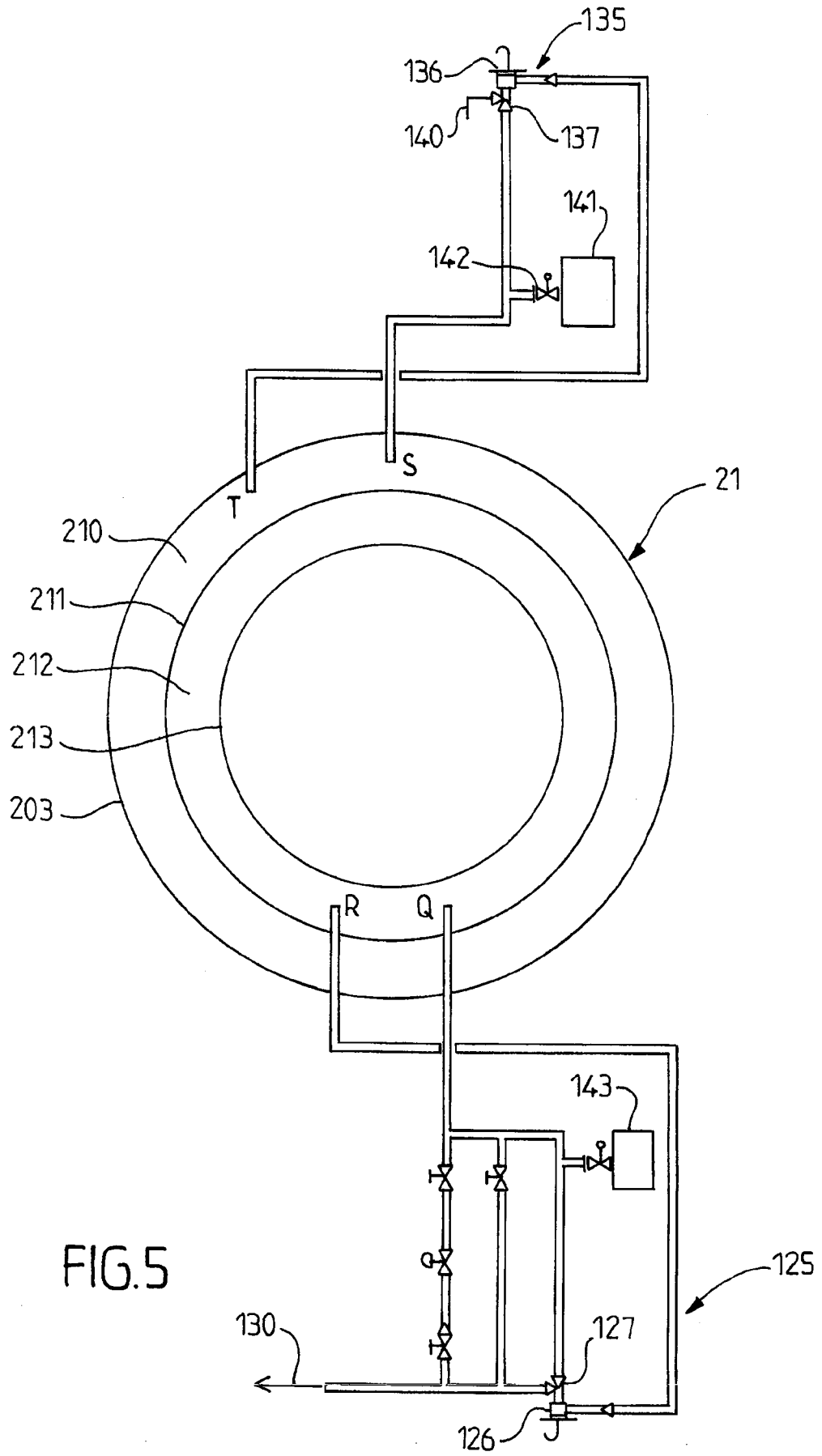


FIG.5

6/7

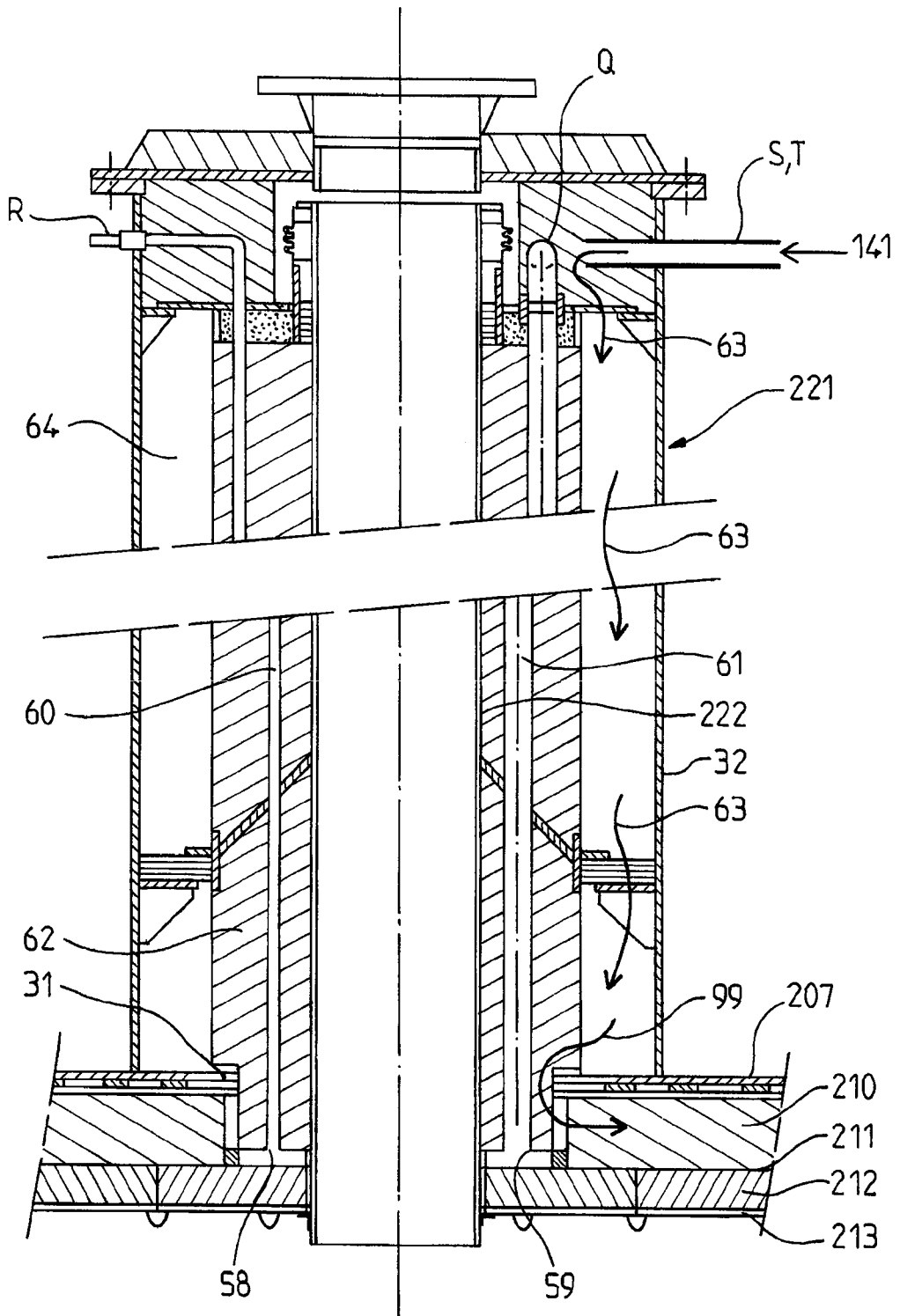


FIG. 6

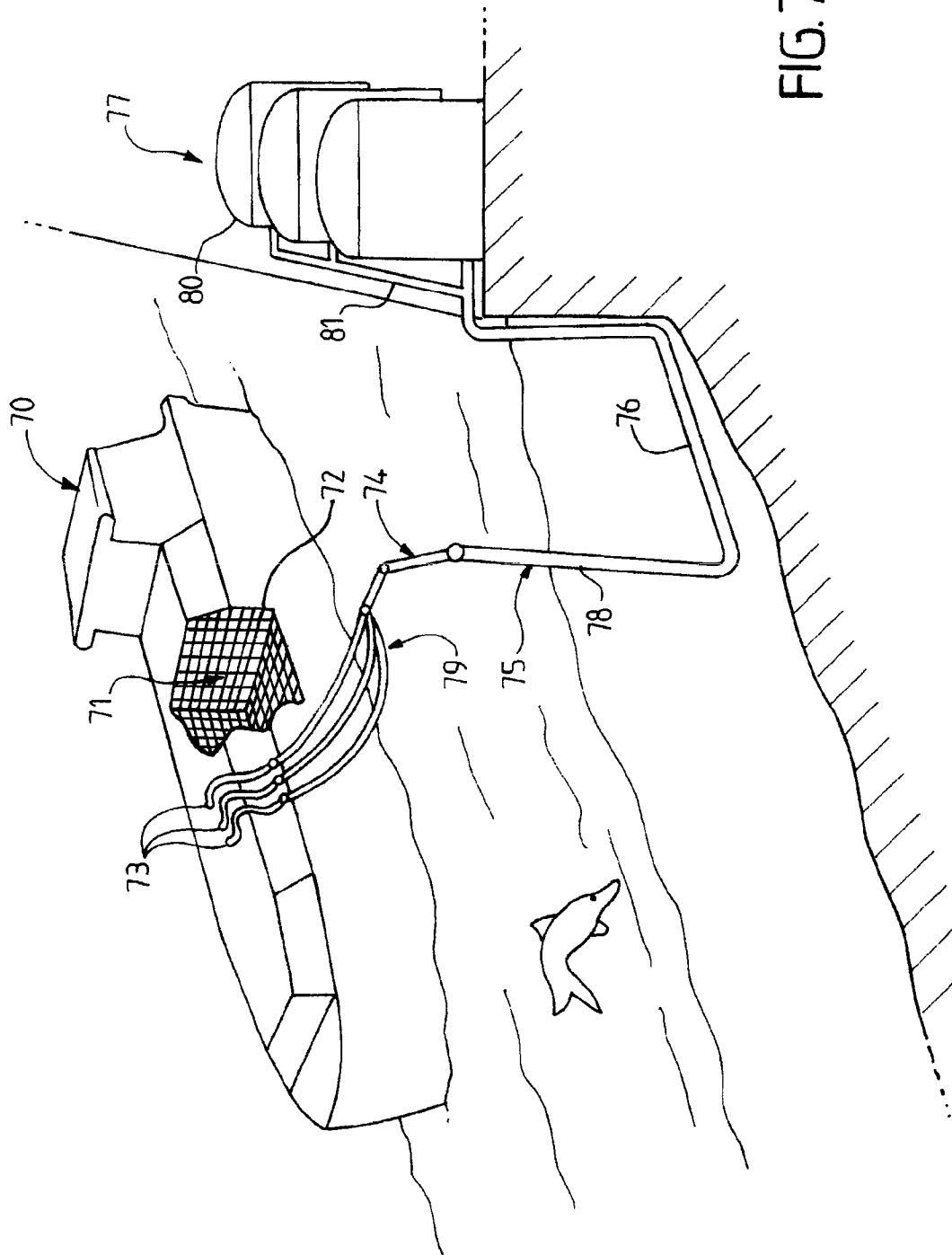


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/097015

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. F17C13/00 F17C13/12
 ADD.
 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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 517 802 A1 (GAZ TRANSPORT [FR]) 10 June 1983 (1983-06-10) the whole document	1-16
A	FR 2 984 454 A1 (GAZTRANSP ET TECHNIGAZ [FR]) 21 June 2013 (2013-06-21) the whole document	1
A	FR 2 960 640 A1 (GAZTRANSP ET TECHNIGAZ [FR]) 2 December 2011 (2011-12-02) the whole document	1

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 4 September 2015	Date of mailing of the international search report 15/09/2015
--	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Nicol, Boris
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/097015

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2517802	A1	10-06-1983	NONE
FR 2984454	A1	21-06-2013	CN 103998852 A 20-08-2014
		FR 2984454 A1	21-06-2013
		KR 20140105023 A	29-08-2014
		WO 2013093261 A1	27-06-2013
FR 2960640	A1	02-12-2011	FR 2960640 A1 02-12-2011
		WO 2011151564 A1	08-12-2011

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2015/097015

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F17C13/00 F17C13/12 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, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 517 802 A1 (GAZ TRANSPORT [FR]) 10 juin 1983 (1983-06-10) le document en entier -----	1-16
A	FR 2 984 454 A1 (GAZTRANSP ET TECHNIGAZ [FR]) 21 juin 2013 (2013-06-21) le document en entier -----	1
A	FR 2 960 640 A1 (GAZTRANSP ET TECHNIGAZ [FR]) 2 décembre 2011 (2011-12-02) le document en entier -----	1
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> 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 4 septembre 2015		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 15/09/2015
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/EP2015/097015

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2517802	A1	10-06-1983	AUCUN	

FR 2984454	A1	21-06-2013	CN 103998852 A	20-08-2014
			FR 2984454 A1	21-06-2013
			KR 20140105023 A	29-08-2014
			WO 2013093261 A1	27-06-2013

FR 2960640	A1	02-12-2011	FR 2960640 A1	02-12-2011
			WO 2011151564 A1	08-12-2011
