

(19)



(11)

EP 3 129 700 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

19.12.2018 Bulletin 2018/51

(51) Int Cl.:

F17C 13/00 ^(2006.01) **F17C 13/12** ^(2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/EP2015/097015

(21) Numéro de dépôt: **15715321.4**

(22) Date de dépôt: **03.04.2015**

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2015/155377 (15.10.2015 Gazette 2015/41)

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

VERSIEGELTES WÄRMEGEDÄMMTES GEFÄSS IN EINER SCHWIMMENDEN STRUKTUR

SEALED, HEAT-INSULATED VESSEL HOUSED IN A BUOYANT STRUCTURE

(84) Etats contractants désignés:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **08.04.2014 FR 1453115**

(43) Date de publication de la demande:

15.02.2017 Bulletin 2017/07

(73) Titulaire: **GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ**

78470 Saint-Rémy-lès-Chevreuse (FR)

(72) Inventeurs:

- **BLEOMELEN, Mael**
78720 Saint-Forget (FR)
- **JOLIVET, Pierre**
78850 Thiverval-Grignon (FR)

• **PETITPAS, Mathieu**
78160 MARLY LE ROY (FR)

• **GLORY, Julien**
92160 Antony (FR)

• **GONCALVES, Jean-Paul**
33700 Mérignac (FR)

• **OLLIVIER, Julien**
78114 Magny les Hameaux (FR)

(74) Mandataire: **Loyer & Abello**

9, rue Anatole de la Forge
75017 Paris (FR)

(56) Documents cités:

FR-A1- 2 517 802 FR-A1- 2 960 640
FR-A1- 2 984 454

EP 3 129 700 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Domaine technique

[0001] L'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement 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

[0002] 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 et une phase vapeur du gaz liquéfié contenu dans la cuve.

[0003] 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 voisinage de ces tourelles sont trop complexes.

[0004] Il est connu du document FR2517802A1 une cuve destinée au stockage d'un gaz liquéfié comportant une détection de fuite et un procédé de détection de fuite correspondant au moyen d'un gaz traceur.

Résumé

[0005] 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 au voisinage de ces structures saillantes.

[0006] 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 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 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 multicou-

che 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 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 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 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 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 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 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 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.

[0007] Grâce à ces caractéristiques, il est possible de détecter un défaut 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 oeuvre de la détection de fuite particulièrement simple.

[0008] Selon des modes de réalisation, un tel ouvrage flottant peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

[0009] 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 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.

[0010] Alternativement, le réservoir de gaz peut être relié directement à la conduite d'échappement primaire ou secondaire.

[0011] Selon un mode de réalisation, le dispositif d'échappement primaire ou secondaire comporte en outre une ligne de commande primaire ou secondaire 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 est en communication directe avec la ligne de commande primaire ou secondaire.

[0012] Alternativement, le détecteur de gaz peut être relié directement à la conduite d'échappement primaire ou secondaire.

[0013] 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.

[0014] 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.

[0015] Le dôme vapeur peut être conçu de différentes manières. De préférence 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 directement dans le dispositif d'échappement primaire, l'espace primaire de la tourelle comportant l'espace intérieure de la conduite de prélèvement primaire.

[0016] 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 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.

[0017] 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.

[0018] 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 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.

[0019] 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.

[0020] 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 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.

[0021] 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 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 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.

[0022] 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.

[0023] Selon un mode de réalisation correspondant, la conduite d'échappement 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.

[0024] 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, 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 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.

[0025] 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 cuve au moyen des conduites de distribution primaire et secondaire.

[0026] 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.

[0027] 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 et la zone où le gaz traceur est recherché de manière à mettre plus rapidement en évidence les fuites ou défauts d'étanchéité.

[0028] Une telle cuve peut servir à stocker toutes sor-

tes 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 température d'environ -162°C.

[0029] 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.

[0030] 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 accès du dispositif d'échappement pour un autre usage en dehors des phases où la détection de fuite est mise en oeuvre.

[0031] 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 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 supérieure de cuve et/ou dans la paroi de séparation de la tourelle en réponse à la détection du gaz traceur.

[0032] 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 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.

[0033] 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.

[0034] Selon un mode de réalisation, l'étape de diagnostiquer une fuite comporte l'une des mesures sélectionnées dans le groupe consistant à enregistrer la présence d'une fuite, mesurer une quantité ou une concen-

tration 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.

[0035] 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 déportée (FPSO) et autres.

[0036] 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.

[0037] 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 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.

[0038] 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 oeuvre 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

[0039] 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 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.

- 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.
- 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.

Description détaillée de modes de réalisation

[0040] 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.

[0041] 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 sur la droite de la figure 1.

[0042] 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 coque 2.

[0043] 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 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®.

[0044] 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 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 pé-

nérotation pour une conduite collectrice de vapeur 22. Le fonctionnement de ces équipements est connu par ailleurs.

[0045] 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.

[0046] 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.

[0047] 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.

[0048] 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.

[0049] 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.

[0050] 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 oeuvre dans le dôme liquide 15. Ce dispositif comporte un réservoir de gaz traceur 41 qui est relié à la ligne de commande M par 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.

[0051] Ce dispositif comporte également un détecteur de gaz 43 capable de 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.

[0052] 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 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.

[0053] Alternativement, le réservoir 41 peut être branché sur la canalisation K et/ou le détecteur 43 peut être branché sur la canalisation N sans changer le principe de fonctionnement.

[0054] 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 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 multitude 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.

[0055] 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.

[0056] 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 oeuvre 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.

[0057] 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 oeuvre 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.

[0058] 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.

[0059] 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 les barrières isolantes.

[0060] 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 oeuvre avec un volume relativement petit de gaz traceur, par exemple environ 3 m³ d'argon.

[0061] La figure 4 montre d'autres détails de mise en oeuvre 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 ces conduites ont été représentées

dans un même plan. Toutefois, ces canalisations sont bien au nombre de quatre dans une mise en oeuvre 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 liquide de grande taille. Ces points d'injection additionnels peuvent être répartis de manière régulière à la périphérie du dôme liquide 15.

[0062] 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 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.

[0063] La paroi horizontale 46 porte une plaque métallique 48 profilée en forme de L qui est soudée 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.

[0064] 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 polyuréthane.

[0065] 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 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 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.

[0066] 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 U qui est portée par l'extrémité de la paroi horizontale 46.

[0067] 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 avec

un seul ou un petit nombre de points de détection du gaz.

[0068] Les méthodes décrites ci-dessus pour réaliser une détection de fuite dans un dôme liquide peuvent être mises en oeuvre de manière analogue dans un dôme vapeur, comme il sera décrit maintenant en référence aux figures 5 et 6.

[0069] Comme mieux visible sur la figure 5, le dôme vapeur présente une section 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.

[0070] 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 dispositif d'échappement secondaire 135 pour protéger la membrane étanche secondaire 211 contre les surpressions.

[0071] 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 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 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.

[0072] De la même manière, le dispositif d'échappement secondaire 135 comporte 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 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 d'ouverture des soupapes 127 et 137 peuvent être égales ou différentes.

[0073] 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 oeuvre. 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.

[0074] 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.

[0075] Pour le reste, le fonctionnement de la détection des fuites dans le dôme vapeur est identique au cas du dôme liquide décrit plus haut.

[0076] La figure 6 montre d'autres détails de mise en oeuvre 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.

[0077] 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 oeuvre réelle et il n'est pas 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.

[0078] 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 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.

[0079] La barrière d'étanchéité primaire 213 est reliée de manière étanche à la 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 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.

[0080] 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 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 fût 32 et la couche d'isolant 62, comme indiqué par la flèche 99. L'espace intermédiaire et la barrière isolante secondaire 210 forment ainsi un espace étanche secondaire.

[0081] 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 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 mesure de pression dans l'espace étanche secondaire.

[0082] 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 plus haut gardent tout leur sens dans cette structure légèrement différente.

[0083] Les procédés de détection de fuite précités peuvent être mis en oeuvre 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 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.

[0084] D'autres détails d'implantation d'un dôme vapeur peuvent être trouvés dans la publication FR-A-2984454.

[0085] La technique décrite ci-dessus pour réaliser un dispositif de détection de 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.

[0086] En référence à la figure 7, une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve étanche et isolée 71 de forme générale prismatique montée dans la double coque 72 du navire. La paroi de la cuve 71 comporte une barrière étanche primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières isolantes agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque 72.

[0087] 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 portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 71.

[0088] 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.

[0089] Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz liquéfié, on met en oeuvre 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.

[0090] 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, telle que définie par les revendications.

[0091] 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.

[0092] 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 dans l'espace polyédrique pour stocker un gaz liquéfié à basse température, dans lequel 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, 222) pour manutentionner une phase liquide et/ou une phase vapeur du gaz liquéfié contenu dans la cuve, dans lequel la cuve comporte une pluralité de parois de cuve fixées sur les parois porteuses de la coque, dans lequel une paroi de cuve supérieure comporte une structure multicouche 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, 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, l'ouvrage flottant comportant en outre un dispositif d'échappement primaire (25, 125) comportant une conduite d'échappement primaire (I, Q), un dispositif d'échappement secondaire (35, 135) comportant une conduite d'échappement secondaire (K, S), un réservoir de gaz (41, 141) contenant un gaz tra-

ceur incondensable ou présentant une température de condensation inférieure à la basse température du gaz liquéfié contenu dans la cuve, un détecteur de gaz un détecteur de gaz (43, 143) apte à détecter un gaz traceur,

caractérisé en ce que la tourelle comporte :

une paroi étanche interne formant une gaine (113, 222) engagée à travers 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 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 supérieure disposée autour de l'ouverture,

le dispositif d'échappement primaire (25, 125) comportant une soupape de surpression primaire (27, 127), la conduite d'échappement primaire (I, Q) 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, le dispositif d'échappement secondaire (35, 135) comportant une soupape de surpression secondaire (37, 137), la conduite d'échappement secondaire (K, S) communiquant directement 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, 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 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'échappe-

ment 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 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. 5
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. 10
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. 20
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 25

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. 30
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. 35
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. 40

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 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 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 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 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 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 (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 pri-

maire (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 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. 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.

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 les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

Patentansprüche

1. Schwimmende Struktur umfassend eine Hülle, welche Tragwände (3, 5, 7) einschließt, welche einen polyedrischen Bereich im Inneren der Hülle definieren, wobei die schwimmende Struktur ein dichtes und wärmeisolierendes Gefäß (1) umfasst, welches in dem polyedrischen Bereich angeordnet ist, um Flüssiggas bei niedrigen Temperaturen zu speichern, wobei eine obere Tragwand (7, 107) der Hülle eine Öffnung aufweist und einen Aufbau (15, 21, 221) trägt, welcher auf einer äußeren Oberfläche der Tragwand um die Öffnung herum hervorsteht, wobei die Öffnung und der Aufbau dazu geeignet sind, Ladungshandhabungsvorrichtungen durchzulassen (16, 22, 222), um eine Flüssig- und/oder Dampfphase des in dem Gefäß enthaltenen Flüssiggases zu handhaben, wobei das Gefäß eine Vielzahl von Gefäßwänden umfasst, welche auf den Tragwänden der Hülle angebracht sind, wobei eine obere Gefäßwand eine mehrschichtige Struktur umfasst, welche auf einer inneren Oberflä-

che der oberen Tragwand angebracht ist, wobei die mehrschichtige Struktur aus einer primären Abdichtungsmembran (13, 113, 213) besteht, welche dazu bestimmt ist, mit dem in dem Gefäß enthaltenen Flüssiggas in Kontakt zu treten, wobei eine sekundäre Abdichtungsmembran (11, 111, 211) zwischen der primären Abdichtungsmembran und der oberen Tragwand angeordnet ist, wobei eine sekundäre Isolationssperre (10, 110, 210) zwischen der sekundären Abdichtungsmembran und der oberen Tragwand angeordnet ist und eine primäre Isolationssperre (12, 112, 212) zwischen der sekundären Abdichtungsmembran und der primären Abdichtungsmembran angeordnet ist,

wobei die schwimmende Struktur weiterhin umfasst eine primäre Absaugvorrichtung (25, 125), welche eine primäre Absaugleitung (I, Q) umfasst, eine sekundäre Absaugvorrichtung (35, 135), welche eine sekundäre Absaugleitung (K, S) umfasst, einen Gasspeicher (41, 141), welcher ein nicht kondensierbares Spürgas oder ein Spürgas, welches eine niedrigere Kondensationstemperatur als die niedrige Temperatur des in dem Gefäß befindlichen Flüssiggases aufweist, enthält,

einen Gasmelder (43, 143), welcher dazu geeignet ist, ein Spürgas zu erkennen,

dadurch gekennzeichnet, dass der Aufbau umfasst:

eine innere dichte Wand, welche eine Ummantelung (113, 222) bildet, welche durch die Öffnung der oberen Tragwand (7, 107, 207) eingebracht und in dichter Weise mit der primären Abdichtungsmembran (13, 213) der oberen Gefäßwand um die Ummantelung herum verbunden ist,

eine äußere dichte Wand (103, 32), welche um die Ummantelung herum in Beabstandung und parallel zur Ummantelung angeordnet ist, wobei die äußere dichte Wand in dichter Weise mit der oberen Tragwand um die Öffnung herum verbunden ist,

eine Trennwand (111, 60, 61), welche zwischen der äußeren dichten Wand (103, 32) und der inneren dichten Wand (113, 222) des Aufbaus angeordnet ist und den vorgegebenen Bereich zwischen der äußeren dichten Wand und der inneren dichten Wand des Aufbaus zum einen in einen sekundären Bereich (110, 62, 64), welcher durch die Öffnung der Tragwand mit der sekundären Isolationssperre (10, 210) der oberen Gefäßwand, welche um die Öffnung herum angeordnet ist, in Verbindung steht, und zum anderen in einen primären Bereich (112, 60, 61), welcher durch die Öffnung der oberen Tragwand mit der primären Isolationssperre (12, 212) der oberen Gefäßwand, welche um die Öffnung herum angeordnet ist, in Verbindung steht,

teilt,

wobei die primäre Absaugvorrichtung (25, 125) ein primäres Überdruckventil (27, 217) umfasst, wobei die primäre Absaugleitung (I, Q) unmittelbar mit dem primären Bereich des Aufbaus in Verbindung steht und die äußere dichte Wand des Aufbaus durchquert, um eine Ausleitung des Gases vom primären Bereich in Reaktion auf die Öffnung des primären Überdruckventils zu ermöglichen,

wobei die sekundäre Absaugvorrichtung (35, 135) ein sekundäres Überdruckventil (37, 137) umfasst, wobei die sekundäre Absaugleitung (K, S) unmittelbar mit dem sekundären Bereich des Aufbaus in Verbindung steht und die äußere dichte Wand des Aufbaus durchquert, um eine Ausleitung des Gases vom sekundären Bereich als Reaktion auf eine Öffnung des sekundären Überdruckventils zu ermöglichen, wobei der Gasspeicher mittels eines Regelventils (42, 142) mit einer der primären Absaugvorrichtung oder der sekundären Absaugvorrichtung verbunden ist und der Gasmelder mit der anderen primären Absaugvorrichtung, nämlich der primären Absaugleitung, oder der anderen sekundären Absaugvorrichtung, nämlich der sekundären Absaugleitung, verbunden ist.

2. Schwimmende Struktur gemäß Anspruch 1, wobei die primäre oder sekundäre Absaugvorrichtung weiterhin umfasst eine primäre oder sekundäre Steuerleitung (M, N, R, T), die unmittelbar mit dem primären oder sekundären Bereich des Aufbaus in Verbindung steht und die die dichte äußere Wand des Aufbaus durchquert, um das primäre oder sekundäre Überdruckventil in Abhängigkeit des im primären oder sekundären Bereich herrschenden Drucks zu steuern, und wobei der Gasspeicher (41, 141) in unmittelbarer Verbindung mit der primären oder sekundären Steuerleitung steht.
3. Schwimmende Struktur gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die primäre oder sekundäre Absaugvorrichtung weiterhin eine primäre oder sekundäre Steuerleitung (M, N, R, T) umfasst, welche unmittelbar mit dem primären oder sekundären Bereich des Aufbaus in Verbindung steht und welche die äußere dichte Wand des Aufbaus durchquert, um das primäre oder sekundäre Überdruckventil in Abhängigkeit des im primären oder sekundären Bereich herrschenden Drucks zu steuern, und wobei der Gasmelder (43, 143) in unmittelbarer Verbindung mit der primären oder sekundären Steuerleitung steht.
4. Schwimmende Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Aufbau ein Dampfdom (221) ist, wobei die durch die Öffnung der oberen Tragwand eingebrachte Ummantelung eine Sammelleitung (22, 222) ist, welche mit einem zentralen

Dampfkollektor der schwimmenden Struktur verbunden ist,

und wobei die Trennwand des Aufbaus eine primäre Entnahmeleitung (60, 61) bildet, welche sich parallel zur Sammelleitung in dem Bereich zwischen der äußeren dichten Wand (32) und der inneren dichten Wand (222) des Aufbaus erstreckt, und welche einen inneren Endabschnitt (58, 59), welcher in der primären Isolationssperre der oberen Gefäßwand mündet, und einen äußeren Endabschnitt (Q, R), welcher unmittelbar in der ersten Absaugvorrichtung (125) mündet, aufweist, wobei der primäre Bereich des Aufbaus den inneren Bereich der primären Entnahmeleitung umfasst.

5. Schwimmende Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Aufbau eine Flüssigkeitskuppel (15) des Gefäßes ist, welche weiterhin eine obere Wand (46) umfasst, welche auf einem oberen Endabschnitt der äußeren dichten Wand (103) der Flüssigkeitskuppel angeordnet ist und eine zum Mittelpunkt der Öffnung der oberen Tragwand lotrechte Öffnung aufweist, wobei die durch die dichte innere Wand (113) der Flüssigkeitskuppel geformte Ummantelung eine primäre Abdichtungsmembran ist, welche einen oberen Rand aufweist, welcher in dichter Weise mit einem Rand (57) der oberen Wand um die Öffnung der oberen Wand herum verbunden ist, und wobei die Trennwand eine sekundäre Abdichtungsmembran (111) umfasst, welche sich um die Ummantelung herum zwischen der äußeren dichten Wand und der Ummantelung erstreckt, und einen inneren Endabschnitt, welcher in dichter Weise mit der sekundären Abdichtungsmembran (11) der oberen Gefäßwand um die Ummantelung herum verbunden ist, und einen äußeren Endabschnitt (50), welcher in dichter Weise mit der oberen Wand (46) um die Öffnung der oberen Wand der Flüssigkeitskuppel herum verbunden ist, aufweist.

6. Schwimmende Struktur gemäß Anspruch 5, wobei die Wand der Flüssigkeitskuppel (15) eine mehrschichtige Struktur umfasst, welche auf einer inneren Oberflächen der äußeren dichten Wand angebracht ist, wobei die mehrschichtige Struktur gebildet ist aus der primären Abdichtungsmembran (113) der Flüssigkeitskuppel, der sekundären Abdichtungsmembran (111) der Flüssigkeitskuppel, der sekundären Isolationssperre (110) der Flüssigkeitskuppel, welche zwischen der sekundären Abdichtungsmembran und der äußeren dichten Wand angeordnet ist, und einer primären Isolationssperre (112), welche zwischen der sekundären Abdichtungsmembran und der primären Abdichtungsmembran der Flüssigkeitskuppel angeordnet ist.

7. Schwimmende Struktur gemäß Anspruch 6, umfassend weiterhin eine Verbindungsplatte (48), welche

zwischen dem äußeren Endabschnitt (50) der sekundären Abdichtungsmembran der Flüssigkeitskuppel und der oberen Wand (46) angeordnet ist, wobei die Verbindungsplatte einen Hauptbereich umfasst, welcher sich parallel zur äußeren dichten Wand zwischen der äußeren dichten Wand und der durch die innere dichte Wand der Flüssigkeitskuppel gebildeten Ummantelung erstreckt, wobei der Hauptbereich einen oberen Endabschnitt umfasst, welcher auf der oberen Wand (46) angebracht ist, und einen unteren Endabschnitt, welcher durch einen gebogenen Rand (51) im Verhältnis zum Hauptbereich zum Inneren der Flüssigkeitskuppel verlängert wird, wobei der äußere Endabschnitt (50) der sekundären Abdichtungsmembran in dichter Weise mit dem Rand (51) verbunden ist, wobei die sekundäre Isolationssperre der Flüssigkeitskuppel eine faserige Füllung (52) umfasst, welche zwischen dem Hauptbereich der Verbindungsplatte (48) und der äußeren dichten Wand (103) angebracht ist, und wobei die sekundäre Absaugleitung (K, M) in die faserige Füllung mündet.

8. Schwimmende Struktur gemäß Anspruch 7, wobei die primäre Absaugleitung (N, I) den Hauptbereich der Verbindungsplatte (48) durchquert und in der primären Isolationssperre zwischen dem Hauptbereich der Verbindungsplatte und der primären Abdichtungsmembran (113) der Flüssigkeitskuppel mündet.

9. Schwimmende Struktur gemäß einem der Ansprüche 5 bis 8, umfassend weiterhin ein System zur Verteilung von Stickstoff, welches ein Speicher für gasförmigen Stickstoff (45) und ein Verteilungsnetz beinhaltet, wobei das Verteilungsnetz eine primäre Verteilungsleitung (44, A-G, L, J), welche sich von einem oberen Bereich der schwimmenden Struktur ausgehend durch den primären Bereich (112) der Flüssigkeitskuppel und durch die primäre Isolationssperre (12) einer transversalen Wand des Gefäßes bis zu einem Bodenbereich des Gefäßes erstreckt, und eine sekundäre Verteilungsleitung (V), welche sich von dem oberen Bereich der schwimmenden Struktur ausgehend durch den sekundären Bereich (110) der Flüssigkeitskuppel und durch die sekundäre transversale Wand des Gefäßes bis zum Bodenbereich des Gefäßes erstreckt, umfasst, und wobei das System zur Verteilung von Stickstoff weiterhin Druckregulierungsmittel umfasst, um den Druck, welcher in der primären Isolationssperre und der sekundären Isolationssperre der Gefäßwände herrscht, mittels primären und sekundären Verteilungsleitungen zu regeln.

10. Schwimmende Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Spürgas ausgewählt ist aus

Argon, Helium und deren Mischungen.

11. Schwimmende Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der Speicher des Spürgases (41, 141) entfernbar auf der primären oder sekundären Absaugvorrichtung angebracht ist. 5
12. Verfahren zur Verwendung einer schwimmenden Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 umfassend: 10
Injizieren des Spürgases durch eine der primären und sekundären Absaugvorrichtungen (25, 125, 35, 135) in den primären oder sekundären Bereich des Aufbaus (15, 221) der schwimmenden Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, ohne den Öffnungsdruck des primären oder sekundären Überdruckventils zu überschreiten, Erkennen des Spürgases durch die anderen der primären oder sekundären Absaugvorrichtungen (25, 125, 35, 135) in dem primären oder sekundären Bereich des Aufbaus, und Diagnostizieren eines Lecks in der sekundären Isolationsperre (11, 211) der oberen Gefäßwand und/oder in der Trennwand (111, 60, 61) des Aufbaus als Reaktion auf die Detektion durch den Gasmelder. 15
13. Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei das Spürgas in den sekundären Bereich durch die sekundäre Absaugvorrichtung (35, 135) injiziert wird und in dem primären Bereich durch die primäre Absaugvorrichtung (25, 125) erkannt wird, das Verfahren umfassend weiterhin:
Aufrechterhalten eines Gesamtdrucks, welcher in dem sekundären Bereich (110, 210) höher ist als in dem primären Bereich (112, 212), durch Injektion des gasförmigen Stickstoffs in den sekundären Bereich, ohne den Öffnungsdruck des sekundären Überdruckventils zu überschreiten. 20
14. Verfahren gemäß Anspruch 12 oder 13, wobei der Schritt des Diagnostizierens eines Lecks eine der Maßnahmen ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Registrieren eines Lecks, Messen einer Quantität oder einer Konzentration des Spürgases, um die Durchflussmenge des Lecks zu bestimmen, und Messen einer Zeitverzögerung zwischen der Injektion und dem Erkennen des Spürgases, um die Stelle des Lecks zu bestimmen, umfasst. 25
15. Verfahren zur Be- oder Entladung einer schwimmenden Struktur (70) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei ein Flüssiggas von oder zu einer erdverbunden Speicheranlage (77) zu oder von dem dichten und wärmeisolierende Gefäß (71) der schwimmenden Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 durch isolierte Rohrleitungen (73, 79, 76, 81) geleitet 30

wird.

16. Transfersystem für tiefkaltes Flüssiggas, wobei das System eine schwimmende Struktur (70) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, isolierte Rohrleitungen (73, 79, 76, 81), welche so angeordnet sind, dass sie das dichte und wärmeisolierende Gefäß (71) mit einer schwimmenden oder erdverbundenen Speicheranlage (77) verbinden, sowie eine Pumpe umfasst, um einen Strom kalter Flüssigkeit durch isolierte Rohrleitungen von oder zu der schwimmenden oder erdverbundenen Speicheranlage zu oder von dem dichten und wärmeisolierenden Gefäß zu leiten. 35

Claims

1. A floating structure comprising a hull including bearing walls (3, 5, 7) defining a polyhedral space inside the hull, the floating structure comprising a sealed and thermally insulated tank (1) housed in the polyhedral space to store a low-temperature liquefied gas, 40
in which an upper bearing wall (7, 107) of the hull has an opening and bears a turret-like cargo tank dome (15, 21, 221) projecting from an exterior surface of the upper bearing wall around the opening, the opening and the turret-like cargo tank dome being intended for the passage of cargo handling equipment (16, 22, 222) for handling a liquid phase and/or a vapor phase of the liquefied gas contained in the tank, 45
in which the tank comprises a plurality of tank walls fixed to the bearing walls of the hull, in which an upper tank wall comprises a multilayer structure fixed to an interior surface of the upper bearing wall, the multilayer structure being formed of a primary sealing membrane (13, 113, 213) intended to be in contact with the liquefied gas contained in the tank, a secondary sealing membrane (11, 111, 211) arranged between the primary sealing membrane and the upper bearing wall, a secondary insulating barrier (10, 110, 210) positioned between the secondary sealing membrane and the upper bearing wall, and a primary insulating barrier (12, 112, 212) positioned between the secondary sealing membrane and the primary sealing membrane, 50
the floating structure further comprising a primary venting device (25, 125) comprising a primary venting pipe (I, Q), a secondary venting device (35, 135) comprising a secondary venting pipe (K, S), a gas reservoir (41, 141) containing a tracer gas that is non-condensable or that has a condensation temperature below the low temperature of the liquefied gas contained in the tank, 55
a gas detector (43, 143) able to detect the tracer gas,

characterized in that the turret-like cargo tank dome comprises:

an internal fluidtight wall forming a sheath (113, 222) engaged through the opening of the upper bearing wall (7, 107, 207) and connected in a fluidtight manner to the primary sealing membrane (13, 213) of the upper tank wall all around the sheath,
 an external fluidtight wall (103, 32) arranged around the sheath some distance from the sheath parallel to the sheath, the external fluidtight wall being connected in fluidtight manner to the upper bearing wall around the opening,
 a dividing wall (111, 60, 61) arranged between the external fluidtight wall (103, 32) and the internal fluidtight wall (113, 222) of the turret-like cargo tank dome and dividing the space defined between the external fluidtight wall and the internal fluidtight wall of the turret-like cargo tank dome into, on the one hand, a secondary space (110, 62, 64) communicating through the opening of the upper bearing wall with the secondary insulating barrier (10, 210) of the upper tank wall arranged around the opening and, on the other hand, a primary space (112, 60, 61) communicating through the opening of the upper bearing wall with the primary insulating barrier (12, 212) of the upper tank wall positioned around the opening,

the primary venting device (25, 125) comprising a primary overpressure relief valve (27, 127), the primary venting pipe (I, Q) communicating directly with the primary space of the turret-like cargo tank dome and passing through the external fluidtight wall of the turret-like cargo tank dome in order to allow gas to be vented from the primary space in response to an opening of the primary overpressure relief valve, the secondary venting device (35, 135) comprising a secondary overpressure relief valve (37, 137), the secondary venting pipe (K, S) communicating directly with the secondary space of the turret-like cargo tank dome and passing through the external fluidtight wall of the turret-like cargo tank dome to allow gas to be vented from the secondary space in response to an opening of the secondary overpressure relief valve,
 the gas reservoir being connected via a control valve (42, 142) to one of the venting devices that are the primary venting device and the secondary venting device, and
 the gas detector being in communication with the other of the venting devices that are the primary venting device, notably the primary venting pipe, and the secondary venting device, notably the secondary venting pipe.

2. The floating structure as claimed in claim 1, in which the primary or secondary venting device further comprises a primary or secondary control line (M, N, R, T) which communicates directly with the primary or secondary space of the turret-like cargo tank dome and which passes through the external fluidtight wall of the turret-like cargo tank dome to control the primary or secondary overpressure relief valve according to the pressure prevailing in the primary or secondary space, and in which the gas reservoir (41, 141) is in direct communication with the primary or secondary control line.
3. The floating structure as claimed in claim 1 or 2, in which the primary or secondary venting device further comprises a primary or secondary control line (M, N, R, T) which communicates directly with the primary or secondary space of the turret-like cargo tank dome and which passes through the external fluidtight wall of the turret-like cargo tank dome to control the primary or secondary overpressure relief valve according to the pressure prevailing in the primary or secondary space, and in which the gas detector (43, 143) is in direct communication with the primary or secondary control line.
4. The floating structure as claimed in one of claims 1 to 3, in which the turret-like cargo tank dome is a vapor dome (221) of the tank, the sheath engaged through the opening of the upper bearing wall being a collecting pipe (22, 222) connected to a main vapor manifold of the floating structure, and in which the dividing wall of the turret-like cargo tank dome forms a primary withdrawing pipe (60, 61) running parallel to the collecting pipe in the space defined between the external fluidtight wall (32) and the internal fluidtight wall (222) of the turret-like cargo tank dome and having an interior end (58, 59) opening into the primary insulating barrier of the upper tank wall and an exterior end (Q, R) opening directly into the primary venting device (125), the primary space of the turret-like cargo tank dome comprising the interior space of the primary withdrawing pipe.
5. The floating structure as claimed in one of claims 1 to 3, in which the turret-like cargo tank dome is a liquid dome (15) of the tank, further comprising a top wall (46) positioned over an upper end of the external fluidtight wall (103) of the liquid dome and having an opening aligned with a central zone of the opening of the upper bearing wall, the sheath formed by the internal fluidtight wall (113) of the liquid dome being a primary sealing membrane having an upper edge attached in fluidtight manner to an edge (57) of the top wall all around the opening of the top wall, and in which the dividing wall comprises a secondary sealing membrane (111) extending all around the sheath between the external fluidtight wall and the

sheath (113) and having an interior end connected in fluidtight manner to the secondary sealing membrane (11) of the upper tank wall all around the sheath and an exterior end (50) connected in fluidtight manner to the top wall (46) all around the opening of the top wall of the liquid dome.

6. The floating structure as claimed in claim 5, in which the wall of the liquid dome (15) comprises a multilayer structure fixed to an interior surface of the external fluidtight wall, the multilayer structure being formed of the primary sealing membrane (113) of the liquid dome, the secondary sealing membrane (111) of the liquid dome, a secondary insulating barrier (110) of the liquid dome positioned between the secondary sealing membrane and the external fluidtight wall and a primary insulating barrier (112) positioned between the secondary sealing membrane and the primary sealing membrane of the liquid dome.

7. The floating structure as claimed in claim 6, further comprising a connecting plate (48) positioned between the exterior end (50) of the secondary sealing membrane of the liquid dome and the top wall (46), the connecting plate comprising a main leg running parallel to the external fluidtight wall between the external fluidtight wall and the sheath formed by the internal fluidtight wall of the liquid dome, the main leg comprising an upper end attached to the top wall (46) and a lower end extended by a flange (51) bent over toward the inside of the liquid dome with respect to the main leg, the exterior end (50) of the secondary sealing membrane being attached in a fluidtight manner to the flange (51), in which the secondary insulating barrier of the liquid dome comprises a fibrous filling (52) placed between the main leg of the connecting plate (48) and the external fluidtight wall (103), and in which the secondary venting pipe (K, M) opens into the fibrous filling.

8. The floating structure as claimed in claim 7, in which the primary venting pipe (N, I) passes through the main leg of the connecting plate (48) and opens into the primary insulating barrier between the main leg of the connecting plate and the primary sealing membrane (113) of the liquid dome.

9. The floating structure as claimed in one of claims 5 to 8, further comprising a nitrogen distribution system including a gaseous-nitrogen reservoir (45) and a distribution network, the distribution network comprising a primary distribution pipe (44, A-G, L, J) extending from an upper deck of the floating structure through the primary space (112) of the liquid dome and through the primary insulating barrier (12) of a transverse wall of the tank as far as a bottom zone

of the tank, and a secondary distribution pipe (V) extending from the upper deck of the floating structure through the secondary space (110) of the liquid dome and through the secondary insulating barrier of the transverse wall of the tank as far as the bottom zone of the tank, and

in which the nitrogen distribution system further comprises pressure regulating means for regulating the pressure prevailing in the primary insulating barrier and the secondary insulating barrier of the walls of the tank by means of the primary and secondary distribution pipes.

10. The floating structure as claimed in one of claims 1 to 9, in which the tracer gas is selected from argon, helium and mixtures thereof.

11. The floating structure as claimed in one of claims 1 to 10, in which the tracer gas reservoir (41, 141) is fixed removably to the primary or secondary venting device.

12. A method for operating a floating structure as claimed in one of claims 1 to 11, involving:

injecting the tracer gas through one of the primary and secondary venting devices (25, 125, 35, 135) into the primary or secondary space of the turret-like cargo tank dome (15, 221) of the floating structure as claimed in one of claims 1 to 11 without exceeding the pressure at which the primary or secondary overpressure relief valve opens, detecting the tracer gas through the other of the primary and secondary venting devices (25, 125, 35, 135) in the primary or secondary space of the turret-like cargo tank dome and diagnosing a leak in the secondary sealing barrier (11, 211) of the tank upper wall and/or in the turret-like cargo tank dome dividing wall (111, 60, 61) in response to the detection of the tracer gas.

13. The method as claimed in claim 12, in which the tracer gas is injected into the secondary space through the secondary venting device (35, 135) and is detected in the primary space through the primary venting device (25, 125), the method further involving: maintaining a higher total pressure in the secondary space (110, 210) than in the primary space (112, 212) by injecting gaseous nitrogen into the secondary space, without exceeding the pressure at which the secondary overpressure relief valve opens.

14. The method as claimed in claim 12 or 13, in which the step of diagnosing a leak comprises one of the measures selected from the group involving logging the presence of a leak, measuring a quantity or concentration of the tracer gas in order to determine a

flow rate of the leak, and measuring a time delay between the injection and detection of the tracer gas in order to determine a position of the leak.

15. A method for the loading of, or offloading from, a floating structure (70) as claimed in one of claims 1 to 11, in which liquefied gas is brought through insulated pipelines (73, 79, 76, 81) from or to a floating or on-shore storage facility (77) to or from the sealed and thermally insulated tank (71) of the floating structure as claimed in one of claims 1 to 11. 5 10
16. A transfer system for low-temperature liquefied gas, the system comprising a floating structure (70) as claimed in one of claims 1 to 11, insulated pipelines (73, 79, 76, 81) designed to connect the sealed and thermally insulated tank (71) to a floating or on-shore storage facility (77) and a pump for driving a flow of cold liquid product through the insulated pipelines from or to the floating or on-shore storage facility to or from the sealed and thermally insulated tank. 15 20

25

30

35

40

45

50

55

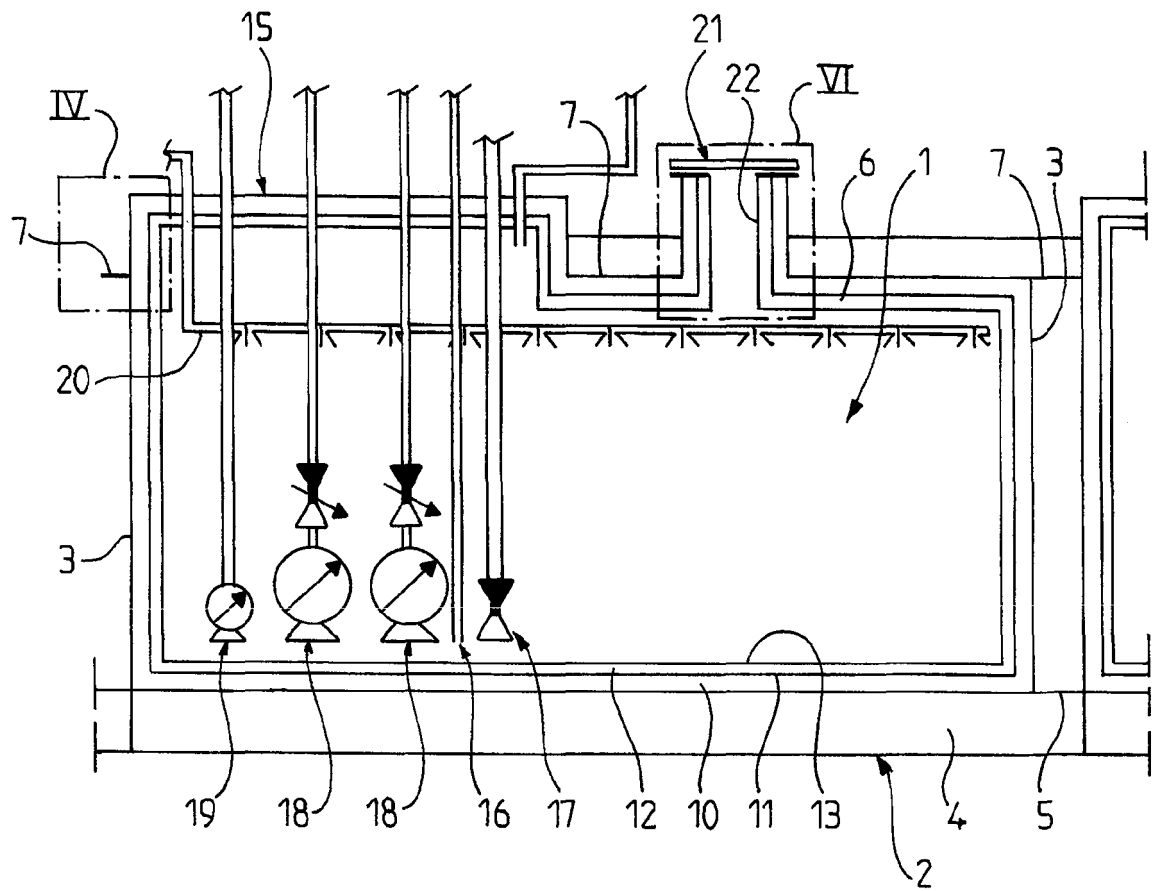


FIG.1

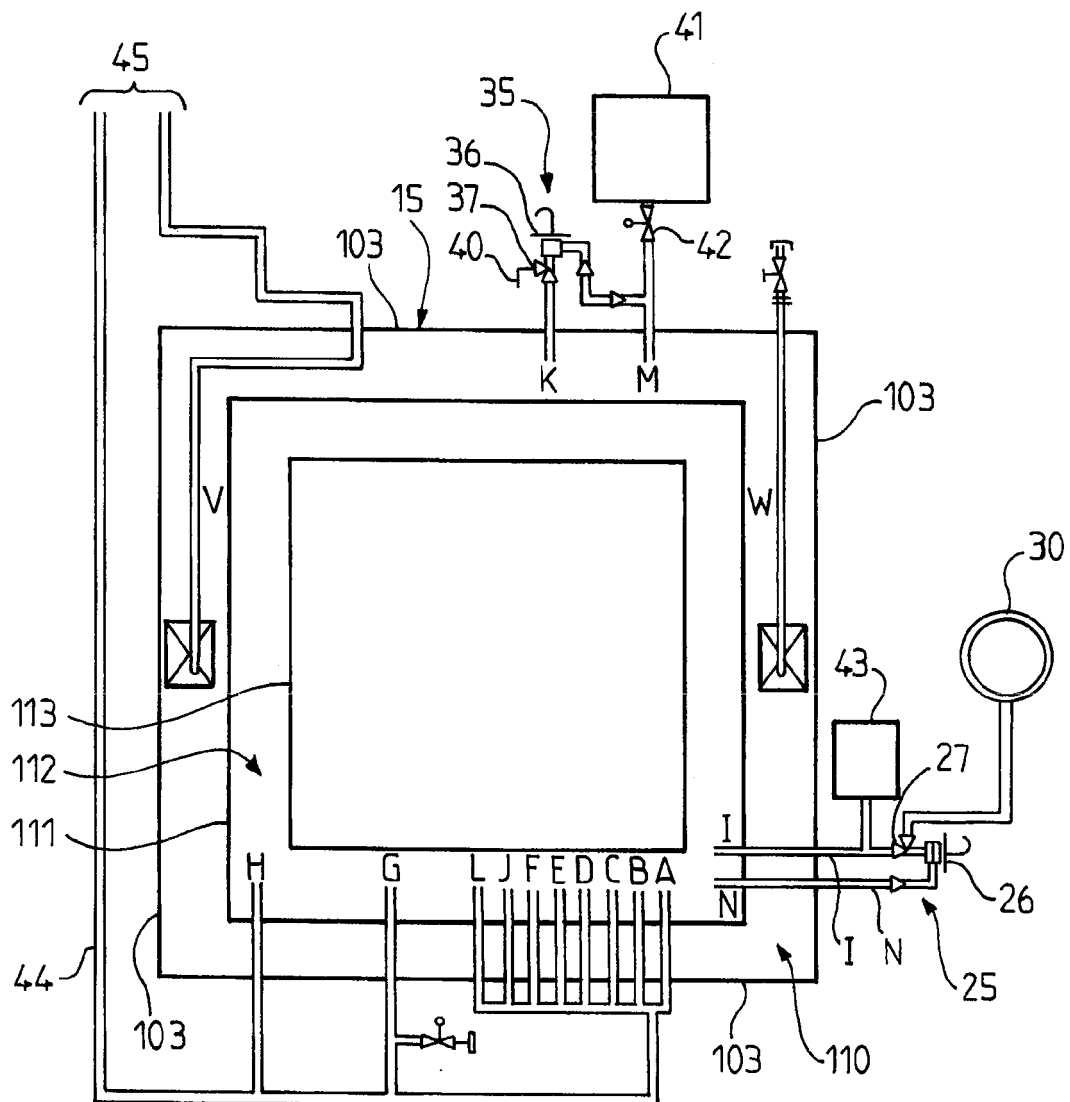


FIG. 2

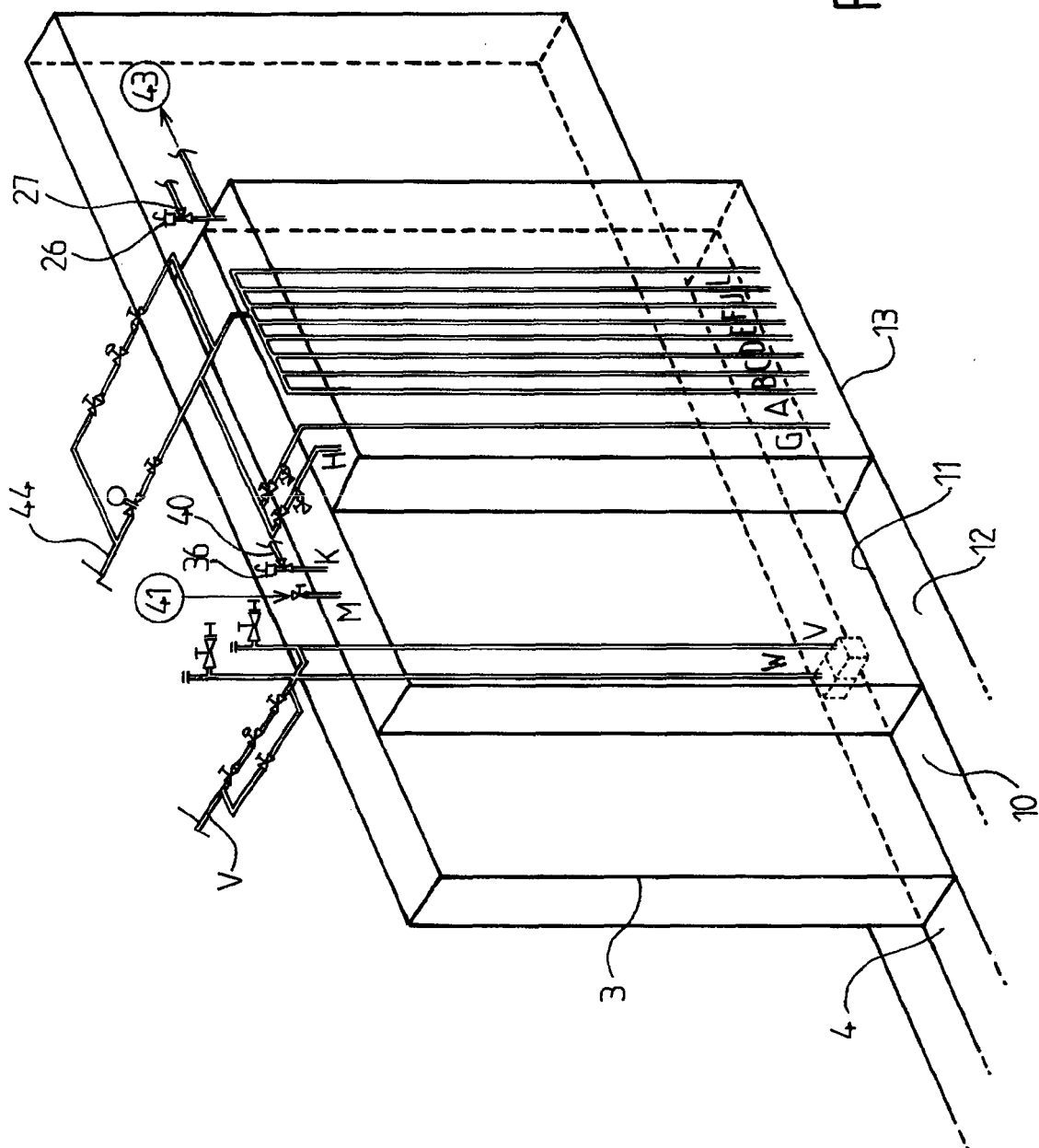


FIG. 3

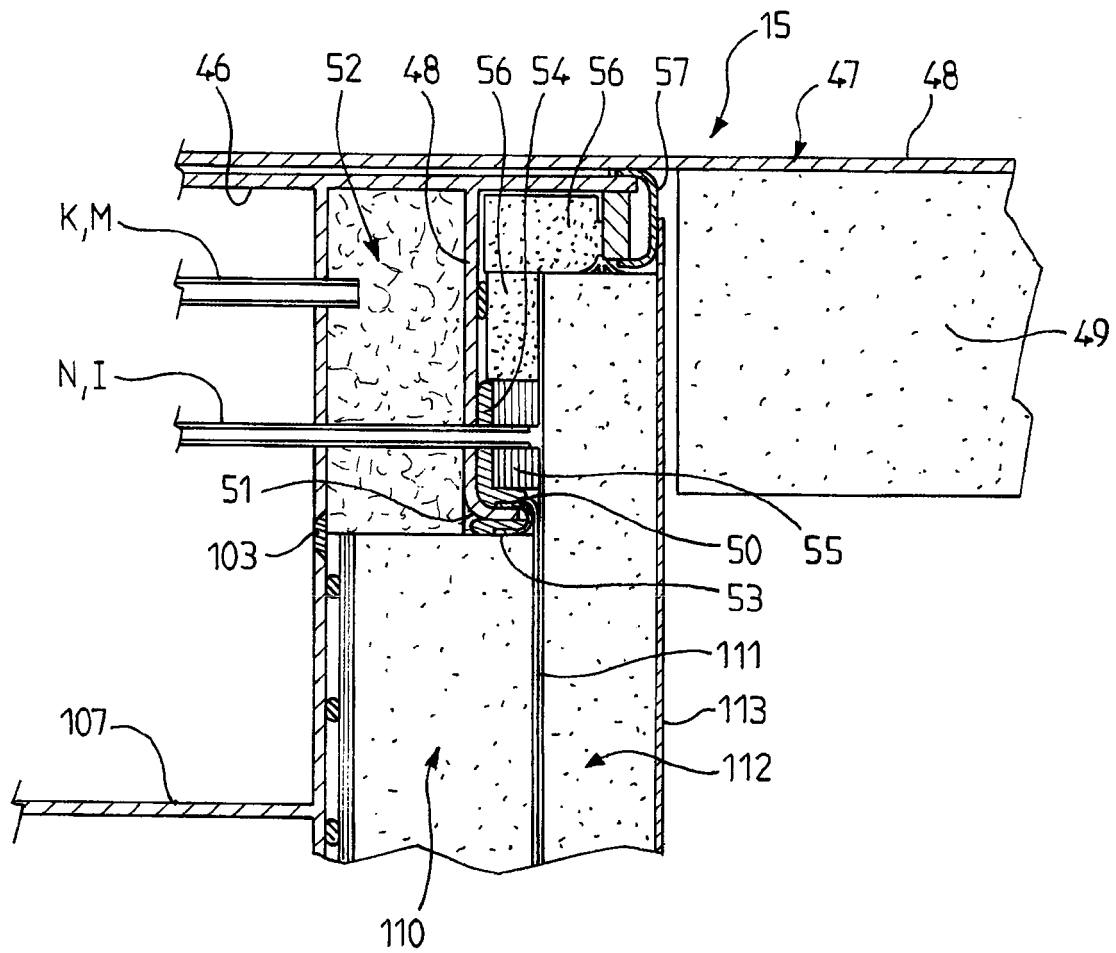
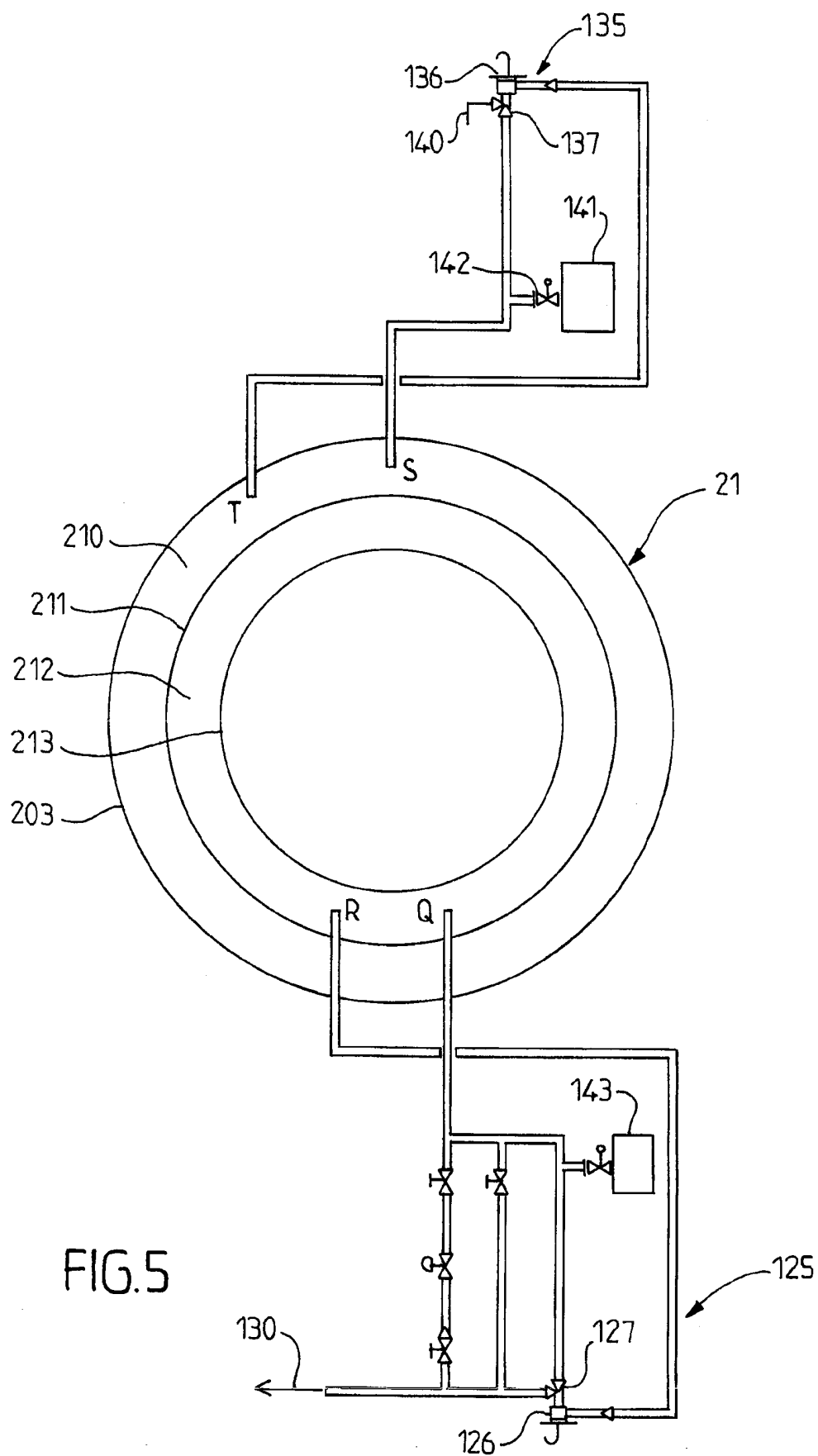


FIG.4



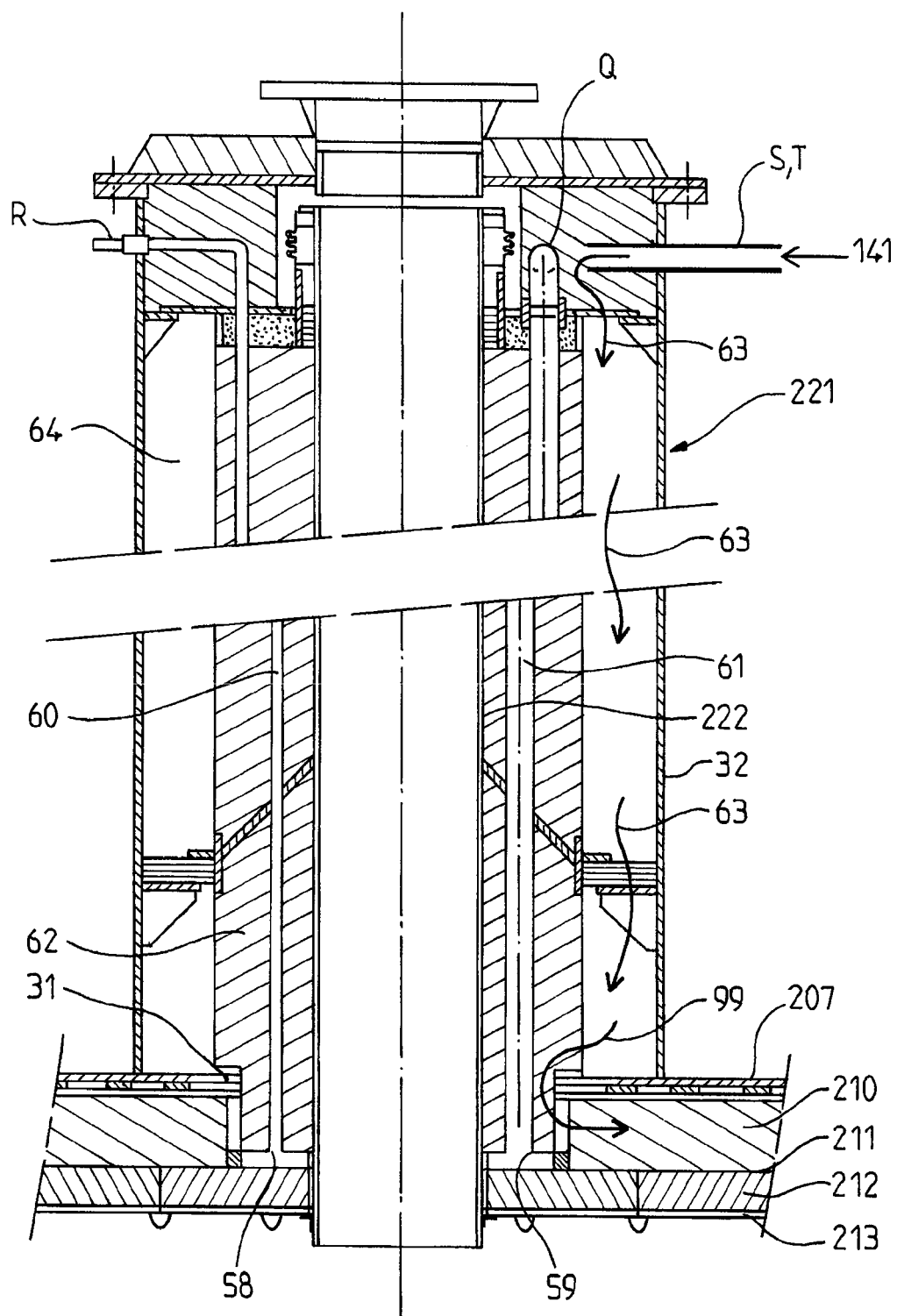


FIG. 6

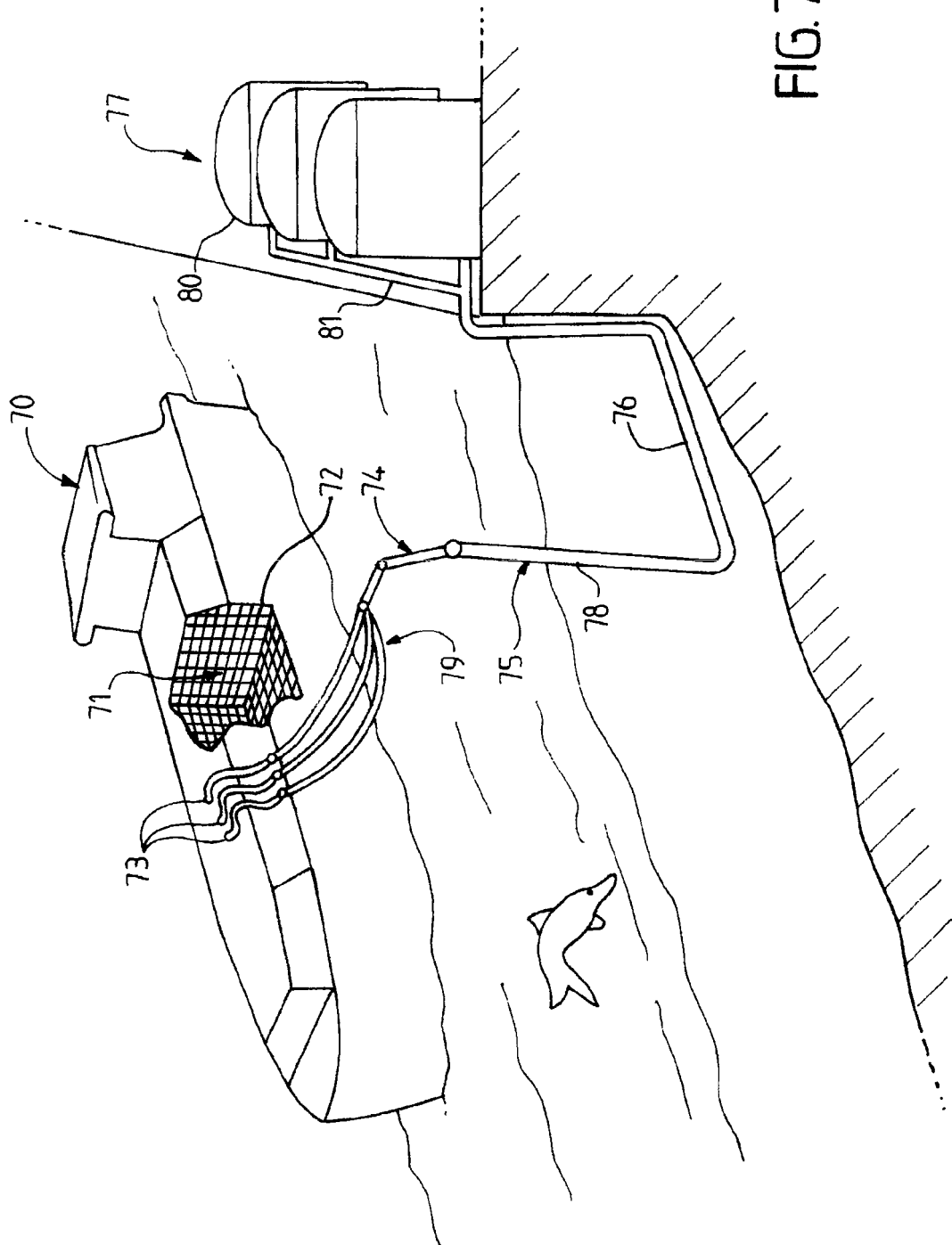


FIG. 7

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2517802 A1 [0004]
- FR 2984454 A [0084]