

SUPPORT INSTALLE EN MER EQUIPE DE RESERVOIRS EXTERNES

La présente invention concerne un support installé en mer, soit en mer ouverte, soit en zone protégée, telle un port, de manière fixe ou flottant, c'est-à-dire reposant ou respectivement ancré au fond de la mer, comprenant une installation de traitement de liquide dangereux et/ou corrosif, de préférence du gaz naturel liquéfié (GNL), sur le pont dudit support et au moins une cuve de stockage de dit liquide intégré au sein de la coque dudit support sous ledit pont.

Ce type de support peut être en particulier une barge de traitement et de stockage de GNL de type FPSO ou FSRU ou un navire, notamment avec une coque et des cuves de stockage en acier ou en béton tel que décrit dans WO 01/30648, comme explicité ci-après.

Le gaz naturel à base de méthane est soit un sous-produit des champs pétroliers, produit en quantité faible ou moyenne, en général associé à du pétrole brut, soit un produit majeur dans le cas des champs de gaz, où il est alors en combinaison avec d'autres gaz, principalement des alcanes en C-2 à C-4, du CO₂, de l'azote, et des traces d'autres gaz. Plus généralement, le gaz naturel comporte majoritairement du méthane, de préférence au moins 85% de méthane, les autres principaux constituants étant choisis parmi l'azote et des alcanes en C-2 à C-4 à savoir de l'éthane, du propane, du butane.

Lorsque le gaz naturel est associé en faible quantité à du pétrole brut, il est en général traité et séparé, puis utilisé sur place comme carburant dans des chaudières, des turbines à gaz ou des moteurs à piston pour produire de l'énergie électrique et des calories utilisées dans les processus de séparation ou de production.

Lorsque les quantités de gaz naturel sont importantes, voire considérables, on cherche à le transporter de manière à pouvoir les utiliser dans des régions éloignées, en général sur d'autres continents

et, pour ce faire, la méthode préférée est de le transporter à l'état de liquide cryogénique (-165°C) sensiblement à la pression atmosphérique ambiante. Des navires de transport spécialisés appelés « méthaniers » possèdent des cuves de très grandes dimensions et
5 présentant une isolation extrême de manière à limiter l'évaporation pendant le voyage.

Sur les champs pétroliers en mer ouverte, situés à grande distance de la côte, les produits pétroliers tel que le pétrole ou le gaz sont en général récupérés, traités et stockés à bord d'un dit support
10 flottant notamment du type appelé FPSO (« Floating-Production-Storage-Offloading »), c'est à dire support flottant de production, de stockage et de déchargement. Les produits pétroliers tel que pétrole et/ou gaz sont alors transférés vers des navires enleveurs qui viennent régulièrement, par exemple toutes les semaines, pour
15 récupérer la production du champ et l'exporter vers les lieux de consommation.

Lorsqu'il s'agit de transfert de gaz liquéfié de type GNL à -165°C, les dispositifs de transfert comportent au moins une conduite de liaison aller pour le gaz liquéfié, et une conduite de liaison de
20 retour, en général de diamètre plus faible, pour évacuer le gaz des cuves du navire enleveur au fur et à mesure du remplissage par le GNL, en particulier du gaz méthane, de manière à le reliquéfier à bord du FPSO comme décrit ci-après en référence à la figure 1A.

Un autre domaine technique est celui du stockage en mer de
25 GNL près d'un site d'utilisation, par exemple pour expédier le gaz sur le continent après l'avoir regazéifié, ou encore le transformer sur place, à bord du support flottant, en énergie électrique pour réexpédier ladite électricité dans le réseau local à terre. Dans ce cas, le navire vient décharger sa cargaison de GNL et le support flottant
30 est appelé « FSRU » (Floating Storage Regaseification Unit), c'est à dire unité flottante de stockage et de regazéification comme décrit ci-après en référence à la figure 1B.

On entend ici plus particulièrement par « installation de traitement » s'agissant de GNL, toute installation de liquéfaction du gaz naturel en GNL, toute installation de régazéification du GNL et/ou toute installation de transfert de GNL entre ledit support et un navire
5 enleveur de stockage de GNL de type méthanier disposé à couple ou en tandem à côté dudit support.

Des installations de traitement de ce type comportent des moyens ou composants tels que pompes, conduites de circulation, compresseurs, échangeurs de chaleur, dispositifs de détente, en
10 général des turbines de décompression, échangeurs cryogénique, réservoirs et des conduites de liaison et éléments de raccordement entre ces différents dispositifs.

Des fuites du liquide traité et stocké, notamment de gaz liquéfié GNL le cas échéant, peuvent se produire soit au niveau de vannes, de
15 pompes, d'échangeurs, de réservoirs ou de conduites, soit, plus particulièrement, au niveau des joints des éléments de raccords ou desdits composants, soit encore par rupture d'un ou plusieurs de ces divers composants.

Les fuites de GNL sont particulièrement dangereuses pour trois
20 raisons :

1. Le GNL répandu se gazéifie rapidement au contact de l'air et des surfaces solides, et en se mélangeant à l'air ambiant crée un mélange hautement dangereux car explosible en présence de la moindre étincelle ou du
25 moindre point chaud.
2. Les équipements véhiculant ou contenant du GNL (-165°C) sont réalisés dans des matériaux résistant à ces températures cryogéniques, en général des aciers à base de nickel ou encore de l'invar. Ces aciers spéciaux sont
30 très coûteux et en général ne sont pas utilisés pour les éléments de supportage ou pour la structure du

5 FPSO pour lesquels on utilise en général des aciers courants. Mais, ces aciers courants deviennent cassants au contact de très basses températures et perdent leurs résistance mécanique, ce qui risque de conduire à la rupture d'éléments de structure, voire du pont du FPSO dans le cas d'une fuite importante directement sur ledit pont, si les endroits critiques ne sont pas protégés par des matériaux isolants, qui eux résistent très bien aux températures cryogéniques.

10 3. Le contact entre le GNL et l'eau de mer présente un grand danger, car le réchauffage brutal du GNL (-165°C) par de l'eau de mer à 10-20°C en présence d'air, donc d'oxygène crée des risques très importants d'explosion instantanée.

15 Le but de la présente invention est de remédier aux conséquences liées à ces problèmes de fuites de liquide, notamment de gaz liquéfié, sur le pont de tels supports en mer.

Pour ce faire la présente invention fournit un support installé en mer, de manière fixe ou flottant, comprenant une installation de traitement de premier liquide dangereux et/ou corrosif, de préférence
20 du gaz naturel liquéfié (GNL), sur le pont dudit support, et au moins une cuve de stockage de dit premier liquide, de préférence de GNL intégrée au sein de la coque dudit support sous ledit pont caractérisé en ce qu'il comprend au moins un réservoir situé à l'extérieur dudit support et situé au moins en partie, de préférence entièrement, en
25 contrebas du pont dudit support sur lequel repose ladite installation, ledit réservoir étant fixé audit support, de préférence de manière réversible, ledit pont comprenant ou supportant des premiers moyens de transfert aptes à permettre le transfert vers ledit réservoir, de liquide de fuite s'écoulant d'une partie au moins de ladite installation,
30 notamment en cas de fuite.

Ces premiers moyens de transfert peuvent comprendre des

structures formant gouttières et éventuellement des éléments de conduites et/ou moyens de pompage de liquide.

Le positionnement et la fixation réversible de réservoirs à l'extérieur du support selon la présente invention présente les
5 avantages de :

- pouvoir fabriquer ledit support dans une cale sèche de dimension standard en largeur ou longueur, c'est-à-dire sans nécessiter de cale sèche surdimensionnée ce qui est avantageux car la taille des cales sèches est un facteur très limitant pour la taille de
10 supports et donc aussi les capacités de stockage des cuves qu'ils contiennent, et

- pouvoir fabriquer desdits réservoirs séparément, le cas échéant à plus grande proximité du site en mer que ladite cale sèche dans laquelle le support aura été fabriqué, et de fixer lesdits
15 réservoirs sur ledit support avant remorquage sur site de celui-ci ou sur site après remorquage et ancrage ou dépose sur le fond marin, dudit support, et surtout

- améliorer la sécurité à bord dudit support au regard des risques d'incident et/ou explosion, notamment en évacuant rapidement
20 le liquide de fuite en dehors dudit support, puis vidangeant ledit réservoir de manière à remettre le plus rapidement possible l'ensemble des installations en sécurité maximale.

Plus particulièrement, les dits premiers moyens de transfert de liquide de fuite comprennent au moins un dispositif collecteur de dit
25 liquide de fuite s'étendant depuis dessous une dite partie au moins de l'installation jusqu'au-dessus d'un premier orifice supérieur dudit réservoir, ledit dispositif collecteur étant apte à recueillir ledit liquide de fuite s'écoulant de ladite partie de l'installation et le diriger par simple gravité vers ledit premier orifice supérieur dudit réservoir situé
30 en contrebas dudit dispositif collecteur.

On comprend que la mise en œuvre desdits premiers moyens de transfert évite tout contact de liquide de fuite avec le pont du support entre autre et plus généralement toute la structure du support d'une part et d'autre part évite un contact prolongé avec l'air atmosphérique.

La présente invention consiste donc avantageusement essentiellement à collecter les écoulements de fuite et les diriger vers des réservoirs externes, c'est-à-dire situés à l'extérieur de la barge, et en contrebas, de manière à ce que les écoulements se fassent naturellement par simple gravité et le plus rapidement possible et sans contact avec la structure du support notamment le pont et sans contact prolongé avec la base des installations de traitement, limitant de ce fait la quantité de GNL qui risque de se vaporiser en créant un mélange gazeux explosif au contact de l'air ambiant.

Plus particulièrement encore, ledit réservoir est fixé de manière réversible contre un bordé dudit support.

On entend ici par « bordé dudit support », les parois latérales longitudinales, aussi bien que les parois transversales avant (proue) et arrière (poupe).

Dans ce cas, des moyens de fixation réversible du réservoir sur la coque pourront être constitués de simples crochets permettant de suspendre ledit réservoir à des œillets contre ledit bordé. Et, lesdits premiers moyens de transfert peuvent comprendre un dit pont incliné en pente descendante depuis l'axe médian longitudinale XX' dudit pont vers le bordé dudit support contre lequel est fixé ledit réservoir ou une gouttière inclinée.

En effet, en général, le pont est lui-même incliné en pente douce de 1 à 2% descendante vers les bords longitudinaux latéraux du support et aptes à permettre l'écoulement d'un liquide vers une évacuation au niveau des et au-dessus des bordés longitudinaux

latéraux. Toutefois cette pente peut être insuffisante pour induire un écoulement rapide.

De préférence, les dits premiers moyens de transfert de liquide de fuite comprennent un dispositif collecteur de liquide comprenant au moins un élément de platelage rapporté par-dessus ledit pont, ledit élément de platelage comprenant une structure plane centrale inclinée de préférence bordé latéralement par des rebords latéraux, l'inclinaison (α_2) de ladite structure plane centrale dudit élément de platelage étant supérieure à celle (α_1) dudit pont le cas échéant, de préférence d'une inclinaison (α_2) de 1 à 5%, de préférence de 2 à 4%.

Lorsque ledit réservoir est fixé contre un bordé du support, on comprend que ledit élément de platelage présente une inclinaison avec un point le plus haut du côté du platelage le plus proche dudit axe longitudinal médian XX' dudit support et le point le plus bas du côté du platelage le plus proche dudit bordé.

Plus particulièrement, le support selon l'invention comprend :

- une pluralité d'éléments de dit platelage, l'ensemble des dits éléments de platelage recouvrant de préférence toute la surface de la partie pont supportant une dite installation de traitement présentant des risques de fuite de GNL, et

- une pluralité de réservoirs, chaque dit élément de platelage coopérant avec au moins un dit réservoir.

On comprend que par « élément de platelage coopérant avec un dit réservoir », on entend que ledit réservoir est apte à recueillir dudit liquide de s'écoulant de ladite partie de l'installation située au-dessus dudit élément de platelage, ledit élément de platelage le dirigeant par simple gravité vers ledit premier orifice supérieur dudit réservoir situé en contrebas de l'extrémité inférieure dudit élément de platelage, de

préférence par l'intermédiaire d'un premier élément de conduite de transfert.

Une pluralité de réservoirs peuvent ainsi être installés sur les parois de la coque de bâbord et tribord, et le cas échéant sur les
5 parois arrière et avant, chacun d'entre eux collectant le liquide provenant d'un ou de plusieurs éléments de platelage recouvrant une surface restreinte de pontée.

Avantageusement, les parois ou les surfaces dudit dispositif collecteur susceptibles d'être en contact avec ledit liquide de fuite
10 qu'il collecte, notamment la surface supérieure de la partie centrale dudit platelage, sont constituées ou respectivement recouvertes d'une couche de matériau résistant à des températures cryogéniques (inférieur ou égale à -160°C) dudit liquide de fuite tel que du GNL, notamment un matériau composite tel que le sandwich Chartek®-
15 Intertherm® 7050 commercialisé par la société International (UK) du groupe AKZO-NOBEL, plus particulièrement apte à permettre une isolation thermique cryogénique du GNL à -165°C .

Plus particulièrement encore, ledit support selon l'invention comprend des moyens d'accrochage aptes à fixer une pluralité de dit
20 réservoirs le long de ses bordés et chaque dit réservoir présente un volume de pas plus de 300 m^3 , de préférence de 50 à 300 m^3 .

Des réservoirs de ce volume peuvent être fabriqués avec une structure relativement plus légère que celle des cuves internes, car on ne recherche pas un niveau d'isolation élevé, mais plutôt un transfert
25 thermique limité à travers la paroi autorisant une vaporisation rapide du GNL récupéré, sans toutefois que la structure métallique du réservoir ou de ses supports ne descende en dessous -20 à -40°C , ce qui risquerait de conduire à une rupture fragile du métal de ladite structure.

30 Plus particulièrement encore, ledit réservoir est de forme cylindrique allongée d'axe longitudinal vertical (YY') avec une partie

seulement dudit réservoir immergée notamment à section transversale horizontale, carrée et rectangulaire ou circulaire.

On entend ici par « axe vertical » que ledit axe du réservoir est sensiblement perpendiculaire à l'axe longitudinal horizontal XX' du support et sensiblement perpendiculaire au niveau de la mer lorsque la mer est plate.

Ledit réservoir reste en partie immergé même lorsqu'il est vide et une partie du réservoir reste au-dessus du niveau de la mer lorsque ledit réservoir est plein.

La forme allongée verticale des réservoirs est avantageuse par comparaison avec des réservoirs de plus grande dimension horizontale en ce que une vidange du GNL par pompage laissera en fin de phase de pompage un reliquat de GNL proportionnel à la section horizontale dudit réservoir, donc plus faible que dans le cas de grande dimension horizontale. Dans le cas de grande dimension horizontale, on disposera avantageusement un fond de réservoir en pente, et l'on placera le dispositif de pompage au point le plus bas.

Dans une première variante de réalisation, ledit réservoir comprend un fonds constitué par la surface supérieure d'un flotteur interne au réservoir de forme ajustée contre le pourtour interne de la paroi latérale cylindrique dudit réservoir, l'extrémité inférieure de ladite paroi latérale cylindrique définissant une ouverture inférieure de telle sorte que ladite paroi latérale cylindrique est remplie d'eau de mer en dessous dudit flotteur et apte à se déplacer verticalement par rapport audit flotteur.

On comprend que ledit flotteur reste toujours au niveau de la surface de l'eau et donc que la paroi latérale du réservoir se déplace verticalement en fonction du niveau de la ligne de flottaison du support laquelle est fonction du taux de remplissage desdites cuves et du ou desdits réservoirs.

Ce mode de réalisation est avantageux en ce qu'il permet de mettre en œuvre une structure de réservoir encore plus légère du fait que la paroi latérale n'a pas à résister à la pression hydrostatique de l'eau de mer environnant, ni à la poussée d'Archimède qui s'exerce sur
5 un réservoir présentant une paroi de fond fixe et étanche.

Dans une deuxième variante de réalisation, ledit réservoir comprend une paroi de fonds fixe étanche à l'extrémité inférieure de sa paroi latérale cylindrique.

De préférence, les parois dudit réservoir sont isolées
10 thermiquement, de préférence isolé intérieurement, notamment avec de la mousse de polyuréthane. Cette isolation thermique vise à limiter le transfert thermique dû au réchauffement du GNL afin de maintenir la température des parois en acier du réservoir, notamment les parois latérales situées au-dessus du niveau de la mer, à une
15 température supérieure à la température de rupture fragile dudit acier, notamment à une température supérieure à -10°C. A défaut, ledit transfert thermique risquerait de refroidir les éléments de structure en acier du réservoir en dessous d'une température où l'acier présente des risques de rupture fragile, c'est à dire en dessous
20 de -20 à -40°C.

Avantageusement, ledit réservoir comprend ou coopère avec des seconds moyens de transfert comprenant une pompe et une deuxième conduite de liaison aptes à transférer ledit liquide de fuite contenu dans ledit réservoir vers une cuve, de préférence une dite cuve au
25 sein de la coque dudit support.

En particulier, ledit réservoir possède une conduite interne descendant jusqu'au fond, cette dernière étant reliée à une pompe permettant de vidanger ledit réservoir et de renvoyer le gaz liquéfié vers une cuve de stockage du support flottant.

30 Avantageusement encore, ledit réservoir comprend en outre des moyens de chauffage dudit liquide contenu dans ledit réservoir, de

préférence les dits moyens de chauffage étant des moyens de chauffage par effet joule, de préférence encore lesdits moyens de chauffage étant intégrés dans ou contre ladite paroi latérale cylindrique du réservoir ou sa couche d'isolation thermique.

5 Plus particulièrement, un dispositif de chauffage est un dispositif par chauffage électrique ou par circulation d'eau chaude ou de vapeur. Dans le cas où on vidange par pompage de la phase liquide, ledit dispositif de chauffage est avantageusement situé en partie basse du réservoir, et permet donc, après vidange, de finaliser
10 la purge complète dudit réservoir, par vaporisation du reliquat et élimination du gaz méthane vers une torchère, ou simplement à l'air libre.

Dans le cas où il n'y a pas de dispositif de vidange par pompage, on dispose avantageusement ledit dispositif de chauffage
15 sur toute ou partie de la hauteur de la paroi du réservoir, et le cas échéant sur le fond dudit réservoir.

Plus particulièrement, ledit réservoir comprend en outre un deuxième orifice supérieur d'évacuation de gaz, au niveau de la partie supérieure d'une paroi latérale ou paroi supérieure formant couvercle
20 du réservoir, apte à permettre l'évacuation en dehors du réservoir du liquide qu'il contient après évaporation de celui-ci, de préférence à l'aide d'une troisième conduite de liaison vers une torchère de combustion ou vers le ciel de gaz d'une dite cuve au sein de la coque, ou à l'air libre.

25 Plus particulièrement encore, ledit réservoir comprend ou est apte à coopérer avec un dispositif d'injection d'agent moussant, de préférence au niveau d'un troisième orifice supérieur, au niveau de la partie supérieure d'une paroi latérale ou paroi supérieure formant couvercle du réservoir. Cette injection d'agent moussant vise à créer
30 un milieu inerte à l'intérieur du réservoir lorsque le réservoir commence à se remplir de GNL. En d'autres termes, on injecte ledit

agent moussant lorsqu'une fuite est détectée dans ladite installation. De préférence, lesdits réservoirs sont remplis initialement d'un gaz inerte tel que de l'azote.

De préférence, ledit support selon l'invention est un support
5 flottant ancré en mer, ou reposant au fond de la mer, supportant une unité de liquéfaction de GNL et/ou de regazéification de GNL et production d'électricité, ledit liquide étant du GNL.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lumière de la description détaillée qui va suivre de
10 un ou plusieurs modes de réalisation particuliers en référence aux figures suivantes dans lesquelles :

- La figure 1A représente en vue de côté un support flottant de type FPSO supportant une unité de traitement 1b sur pont 1a, ladite unité de traitement 1b comprenant des équipements de liquéfaction 1-
15 2 de GNL et des moyens de transfert de GNL entre ledit support flottant 1 et un navire enleveur 15 ; et

- La figure 1B représente en vue de côté un support reposant au fond de la mer 12 de type FSRU comprenant une unité de traitement 1b sur son pont 1a, ladite unité de traitement comprenant
20 des équipements de regazéification et de production d'électricité 1-3 et des moyens de transfert de GNL 1-1 vers un navire enleveur 15 ; et

- La figure 2 représente en vue de dessus un support flottant de type FPSO selon la figure 1 ; et

- La figure 3 représente une vue en coupe dans un plan
25 transversal vertical perpendiculaire à la direction longitudinale XX' dudit support flottant au niveau d'un platelage 4-1 et réservoir 3 selon la présente invention, ledit réservoir comprenant selon une première variante un fond plein fermé de manière étanche 3b, et

- Les figures 3A, 3B et 3C représentent une seconde variante de réalisation d'un réservoir selon l'invention comprenant une ouverture inférieure 3-4 et un flotteur interne 6 dont la surface supérieure 6a délimite un volume interne variable dudit réservoir ; et

- 5 - La figure 4 représente une vue en coupe selon AA d'un élément de platelage 4-1 de la figure 3A.

Sur la figure 1A, le support flottant de type FPSO 1 est ancré au fond de la mer 12 par des lignes d'ancrage 10a. Il reçoit du gaz naturel extrait au niveau de puits au fond de mer par l'intermédiaire de conduites de liaison fond-surface 10b de production. Il comporte
10 des cuves 2 de stockage de GNL 2a ainsi que des conduites de transfert 1-1a ici en phase de déchargement vers un navire, dénommé ici navire enleveur 15 de type méthanier, en configuration dite en tandem. Ledit FPSO 1 possède des équipements de traitement et de
15 liquéfaction de gaz naturel 1-2 et des cuves 2 de stockage de GNL intégrés au sein de la coque 1e. Ledit FPSO est équipé d'un dispositif de stockage et de guidage 1-1 de conduite flexible de transfert 1-1a pour le déchargement du GNL vers le navire enleveur 15.

Sur les figures 1 et 2, on a représenté un support flottant de
20 type FPSO comprenant 4 réservoirs 3 cylindriques d'axe vertical YY' à section transversale horizontale carrée sur un premier bordé latéral 1c de la coque 1e fixé chacun de manière réversible avec des moyens d'accrochage réversibles 5 respectivement contre chaque dit bordé 1c. 3 réservoirs 3 sur chaque bordé 1c recueillent du liquide de fuite 2a' provenant de l'installation de traitement 1b reposant sur le pont 1a du support flottant. Plus précisément chacun de ces 6 réservoirs 3 reçoit du liquide de fuite 2a' récolté au niveau d'un élément de platelage 4-1 récoltant le liquide de fuite provenant d'une partie de ladite installation 1b. La partie du pont 1a supportant l'unité de liquéfaction
25 1-2 est donc ici recouverte par un ensemble de 6 éléments de platelage 4-1 recouvrant toute ladite partie surface de pont susceptible de recevoir du liquide de fuite provenant de ladite unité
30

de liquéfaction 1-2 avec 3 éléments de platelage 4-1 déversant le liquide vers chacun desdits bordés 1c opposés de manière à pouvoir déverser le liquide de fuite 2a' dans respectivement un réservoir 3 pour chaque élément de platelage 4-1. Un septième élément de platelage 4-1 recouvre la partie arrière de la surface du pont 1a supportant le dispositif de stockage et de guidage 1-1 de conduite de transfert 1-1a disposé à proximité de la paroi arrière 1d de la coque 1g, apte à déverser le liquide de fuite provenant de l'installation 1-1 vers un des bordés 1c équipé d'une quatrième réservoir de forme similaire.

Sur la figure 1B, le support 1 de type FSRU repose sur fond de la mer 12. Il comporte une installation 1b comprenant une unité de regazéification de GNL et de production d'électricité 1-3 incluant un poste de transformation pour expédition du courant électrique vers la terre. Le support 1 comporte des cuves de stockage 2 de GNL. Elles sont ici en phase de chargement depuis un navire de type méthanier 15, dénommé ici navire d'approvisionnement, en configuration dite en tandem, ledit support 1 étant équipé aussi d'un dispositif de stockage et de guidage 1-1 de conduite flexible de transfert 1-1a pour le chargement du GNL depuis un navire d'approvisionnement 15.

Sur les figures 1A et 1B, le support 1 comprend 3 cuves de stockage 2 sensiblement parallélépipédiques disposées côte à côte successivement dans la direction longitudinale XX' et s'étendant sur toute la largeur du support flottant à l'intérieur de sa coque 1e dans la direction transversale perpendiculaire horizontalement à la direction XX'.

Sur la figure 3, les parois en acier des cuves 2 sont recouvertes d'une couche d'isolation thermique interne 2a-1 constituée de mousse de polyuréthane et d'une membrane interne en contact avec le GNL en acier inox de faible épaisseur, résistant aux températures cryogéniques, de sorte que ces cuves peuvent être considérées comme des cuves cryogéniques aptes à maintenir le GNL 2a qu'elles

contiennent à l'état liquide. De même les réservoirs externes 3 se présentent des parois en acier équipées sur leur face interne de même matériau d'isolation thermique 3-5 de sorte que lesdits réservoirs peuvent également être considérés comme des réservoirs
5 cryogéniques aptes à contenir du GNL à l'état liquide à -165°C avec cependant un niveau d'isolation beaucoup plus faible, de manière à favoriser la vaporisation du GNL, sans toutefois que les éléments de structure desdits réservoirs n'atteignent des températures plus basses que -20 à -40°C , de manière à éviter les ruptures fragiles desdits
10 éléments de structure. Ainsi, dans cette même figure, la portion inférieure du réservoir (parois et fond) en contact permanent avec l'eau de mer pourra présenter un niveau d'isolation faible, car il n'y aura pas de risques que la température de la structure inférieure ne descende en dessous de -20°C , en raison du contact direct et
15 permanent avec l'eau de mer à $10-20^{\circ}\text{C}$. Par contre la portion supérieure émergée de manière permanente ou non (variations de tirant d'eau en fonction du chargement) est en contact avec l'air ambiant, lui aussi à $10-20^{\circ}\text{C}$. Du fait que les échanges thermiques avec l'air sont plus faible qu'avec un contact avec de l'eau de mer, il
20 conviendra de disposer un système d'isolation plus performant de manière à ce que les échanges thermiques à travers ledit système d'isolation ne conduisent pas à un refroidissement des éléments de structure tel que leur température descende en dessous de -20 à -40°C , évitant de ce fait les ruptures fragiles de l'acier desdites
25 structures.

Les parois externes latérales 1c et 1d ainsi que la paroi inférieure de fond 1e et le pont 1a délimitant la coque 1g constituent la « poutre navire », c'est à dire la structure résistante globale 1f du support flottant.

30 Sur la figure 3, le plan du pont 1a est montré comme étant incliné en pente descendante depuis l'axe médian horizontal XX' du support et du pont vers les bordés 1c constituant les parois latérales

longitudinales de la coque d'un angle α_1 d'environ 1 degré. La paroi supérieure ou couvercle 3c des réservoirs est légèrement en contre bas de l'extrémité supérieure des bordés 1c. Les parois latérales cylindriques 3a verticales des réservoirs 3 présentent une face latérale 3a-1 comprenant 2 crochets 5-1 disposés en partie supérieure et en partie basse aptes à être suspendus à des pièces présentant une forme creuse complémentaire auxdits crochets ou gonds 5-2 appliqués contre la face externe desdits bordés 1c de manière à ce que ledit réservoir puisse y être suspendu et ainsi accroché de manière réversible lorsque les crochets 5-1 coopèrent avec lesdites pièces 5-2.

La collecte et le transfert du liquide de fuite 2a' depuis l'installation de traitement 1b vers l'intérieur du réservoir 3 se fait à l'aide d'un dispositif de collecte constitué d'une pluralité d'élément de platelage 4-1. Chaque élément de platelage 4-1 comprend une structure porteuse en acier ou en caillebotis 4a recouverte d'une couche de matériau composite résistant et isolant 4a-1, par exemple un sandwich Chartek®-Intertherm® 7050 de la société International (UK) du groupe AKZO-NOBEL. La partie centrale 4a-1 est inclinée d'un angle α_2 correspondant à une pente de 1 à 5%, de préférence de 2 à 4% par rapport à l'horizontale. Elle est fixée par-dessus le pont 1a, en pente descendante depuis l'extrémité du platelage la plus proche de l'axe médian longitudinal XX' vers l'extrémité du platelage la plus basse arrivant au-delà du bordé 1c c'est-à-dire vers l'extérieur du support flottant 1 jusqu'au-dessus d'une première ouverture supérieure 3-1 à travers le couvercle 3c du réservoir 3. La canalisation du liquide de fuite s'écoulant sur le platelage 4-1 à son extrémité basse vers ladite première ouverture 3-1 du réservoir se fait à l'aide d'un dispositif 4-2 comprenant une petite chambre supérieure 4-2a et un élément de conduite inférieur 4-2b permettant au liquide de fuite 2a' de s'écouler à l'intérieur du réservoir 3.

Les réservoirs 3 sont avantageusement installés sur la coque 1g après mise à l'eau de la coque sur le chantier naval, mais avant remorquage sur site en mer. Dans le cas de remorquage sur de très

grandes distances tel que plusieurs milliers de km, ils peuvent être avantageusement installés seulement après l'arrivée sur site et être fabriqués dans un chantier à plus grande proximité du site.

En vue de dessus tel que représenté sur la figure 2 chaque
5 élément de platelage coopérant avec au moins un réservoir 3 présente une forme trapézoïdale avec un rétrécissement de ses rebords latéraux 4b en direction de la partie 4-2 du dispositif de collecte et de transfert vers le réservoir 3. On comprend que les rebords 4b visent à empêcher que le liquide de fuite quitte la partie centrale du platelage
10 4a et canalise l'écoulement du liquide de fuite vers le réservoir 3 par le rétrécissement de la largeur de la partie centrale 4a vers le bordé.

Sur la figure 4 on a représenté en coupe selon le plan AA de la figure 3A un élément de platelage 4-1 comportant une structure support en acier 4a, un matériau composite résistant et isolant 4a-1 et
15 des bords relevés 4b pour canaliser le GNL vers le réservoir situé en contrebas.

Les éléments de platelage 4-1 forment donc des gouttières recueillant et canalisant les liquides de fuite de l'installation de traitement 1d vers et jusque l'orifice supérieur 3-1 des réservoirs 3.

20 Une fois la ou les fuites maîtrisées, les réservoirs 3 sont remplis de liquide de fuite 2a' à des niveaux variables, on cherche alors à les vider le plus rapidement possible, de manière à remettre l'ensemble des installations à un niveau de sécurité maximal. Plusieurs variantes sont possibles. Selon une première variante de réalisation, on met en
25 œuvre des seconds moyens de transfert 8 comprenant une pompe 8-1 permettant de faire circuler le liquide de fuite 2a' à l'intérieur d'une seconde conduite de liaison 8-2 s'étendant depuis la proximité du fond 3b du réservoir jusque et à travers le couvercle 3c et s'étendant au-delà par exemple en direction et jusqu'au ciel de gaz 2a-1 d'une cuve
30 2 de stockage de GNL.

Dans une seconde variante de réalisation, on regazéifie si

nécessaire le liquide 2a' à l'aide d'un dispositif de chauffage 9 qui peut être immergé dans le liquide de fuite 2a' à l'intérieur du réservoir 3 ou incorporé contre la paroi latérale du réservoir 3 et/ou dans ou contre la couche d'isolation thermique interne 3-5 du réservoir 3. Une fois regazéifié, le GNL 2a' peut s'évacuer à travers un troisième élément de conduite 3-6 passant à travers une deuxième ouverture supérieure 3-2 du couvercle 3c du réservoir 3. Le troisième élément de conduite 3-6 permet ainsi l'évacuation du gaz, soit simplement dans l'atmosphère, soit vers une torchère de combustion 14 installée à une extrémité du support flottant comme représenté sur la figure 2, par le biais de conduites non représentées. Même en l'absence de mise en œuvre du dispositif de chauffage 9, la deuxième ouverture 3-2 et deuxième élément de conduite 3-6 permettent d'évacuer le gaz soit à l'air libre, soit vers la torchère, comme expliqué précédemment.

Dans le mode de réalisation de la figure 3, le réservoir 3 comporte une partie qui reste toujours immergée représentant une hauteur de $\frac{1}{4}$ à $\frac{3}{4}$ de la hauteur H du réservoir 3 à partir de son fond 3b, plus particulièrement de $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ de la hauteur H du réservoir 3 à partir de son fond 3b, c'est-à-dire en dessous du niveau de la mer 11. On comprend que la hauteur H varie en fonction de la hauteur de la ligne de flottaison de la coque laquelle varie selon que les cuves 2 sont vides (ligne de flottaison à environ $\frac{1}{4}$ de la hauteur du réservoir au-dessus de sa paroi de fond 3b) ou que les cuves 2 sont pleines de liquide 2a (ligne de flottaison à environ $\frac{1}{4}$ de la hauteur du réservoir en dessous de sa paroi supérieure 3c ou environ $\frac{3}{4}$ au-dessus de la paroi de fond 3b). Dans ce mode de réalisation, la poussée d'Archimède s'exerce sur l'intégralité du volume de réservoir immergé, et de plus, la structure dudit réservoir doit résister à la pression, plus particulièrement dans sa partie basse. Ainsi, les points d'accrochage doivent résister à des efforts principalement dirigés vers le bas dans le cas où le réservoir est plein de liquide de fuites et où le FPSO est partiellement ou complètement vide, et à des efforts dirigés vers le haut lorsque le réservoir est vide et que le FPSO est complètement

plein.

Sur les figures 3A, 3B et 3C, on a représenté un second mode de réalisation de réservoir 3 dans lequel l'extrémité inférieure de la paroi latérale cylindrique 3a définit une ouverture inférieure 3-4 du réservoir. Dans ce second mode de réalisation le réservoir 3 renferme un flotteur 6 dont la surface supérieure 6a délimite la paroi inférieure du réservoir, étant entendu toutefois que le flotteur 6 présente une forme, notamment sensiblement parallélépipédique, et un contour, notamment sensiblement de section carrée, ajusté à celui de la surface interne de la paroi latérale cylindrique 3a de manière à pouvoir autoriser un coulisement vertical du réservoir 3 autour du flotteur 6 lequel flotteur présente une flottabilité de manière à rester en permanence sensiblement au niveau de la surface supérieure 11 de la mer. Ainsi la hauteur H de la partie immergée du réservoir 3 varie en fonction de la hauteur de la ligne de flottaison du support flottant, entre une valeur maximale H_1 correspondant à un FPSO dont les cuves sont pleines (figure 3B) et une valeur minimale H_2 correspondant à un FPSO dont les cuves sont vides (figure 3C). La partie du réservoir entre la sous-face 6b du flotteur 6 et l'ouverture inférieure 3-4 du réservoir 3 est remplie d'une hauteur d'eau de mer 13 variable. Ce second mode de réalisation présente l'avantage que le volume vide éventuel du réservoir est toujours situé au-dessus du niveau de la mer 11 de sorte que la structure des parois latérales du réservoir peut présenter une résistance mécanique relativement réduite n'ayant pas à résister à la pression hydrostatique de l'eau de mer contrairement au premier mode de réalisation de la figure 3 dans lequel il peut se trouver qu'une partie du volume interne vide du réservoir 3 soit immergé et doivent résister à la pression hydrostatique. De même, les efforts sur les éléments de fixation ne sont plus alternés en fonction du remplissage du FPSO et l'on peut considérer que les efforts dans la structure du réservoir et de ses supports sont sensiblement constants. En pratique, quel que soit la forme de la section horizontale intérieure du réservoir, le contour extérieur du

flotteur correspond à cette forme de la section interne du réservoir, étant entendu qu'un jeu, de préférence régulier, par exemple de quelques centimètres, existe entre ledit flotteur et ladite paroi interne dudit réservoir, sur toute la périphérie dudit flotteur.

5 L'inconvénient de ce deuxième mode de réalisation des figures 3A à 3C est que le cas échéant, la partie disponible du volume interne du réservoir 3 a tendance à diminuer dans la mesure du vidage des cuves de stockage 2. Dans ce cas, la mise en œuvre des seconds
10 moyens de transfert 8 ou moyens d'évacuation 3-6 est plus particulièrement avantageuse.

Le flotteur 6 est avantageusement constitué de façon connue de mousses syntactiques compte tenu de leurs résistances mécaniques importantes et de leur excellent comportement aux températures cryogéniques (-165°C).

15 Du fait que le GNL présente une température négative d'environ -165° C, lorsqu'il tombe sur la surface supérieure 6a du flotteur, l'anneau d'eau de mer situé entre la périphérie du flotteur 6 et la paroi du réservoir, gèle quasi instantanément et se transforme en glace et vient alors bloquer ledit flotteur 6 contre la paroi latérale
20 cylindrique 3a du réservoir et de ce fait rend étanche le fond du réservoir, empêchant de ce fait ledit flotteur de s'enfoncer dessous le niveau de la mer 11 sous l'effet du poids de liquide de fuite 2a' qu'il supporte.

Avantageusement encore, les réservoirs 3 sont munis d'une
25 troisième ouverture 3-3 en partie haute de leurs parois latérales cylindriques 3a permettant l'introduction par un élément de conduite 3-7 à l'intérieur du réservoir d'agent moussant inerte en provenance d'un générateur de mousse non représenté. Ainsi, en cas de fuite dans l'installation 1b, dès que le réservoir commence à se remplir, on
30 actionne le générateur de mousse de manière à confiner le GNL et limiter les introductions d'air, l'oxygène de l'air présentant des risques

d'explosion ou d'incendie en mélange avec le gaz naturel. La présence de cette mousse ne gêne en rien la vaporisation du GNL ni l'évacuation du gaz vers l'extérieur du réservoir comme décrit précédemment. Des agents moussants appropriés sont du type mousse
5 de lutte contre l'incendie connue de l'homme de l'Art (en anglais « fire fighting foam ») commercialisé par la Société ANGUS FIRE (UK).

On comprend que lesdites première, deuxième, troisième ouvertures 3-1, 3-2 et 3-3 sont avantageusement équipées d'un dispositif d'obturation à volonté tel qu'un clapet.

10 Les dispositifs de transfert et de collecte des liquides de fuite 2a' décrits ci-dessus permettent de collecter et d'éliminer rapidement le liquide de fuite 2a', l'élimination pouvant se faire de manière contrôlée et à volonté dans les différents moyens de transfert et d'évacuation décrits ci-dessus sous forme liquide ou gazeuse de façon
15 à éviter tous risques d'explosion ou d'incendie, et remettre le plus rapidement possible les installations en configuration de sécurité maximale.

Le volume de chacun desdits réservoirs est dimensionné en fonction des volumes de GNL concernant la zone couverte par les
20 dispositifs de collecte reliés au dit réservoir. On considérera ainsi :

- d'une part le volume des contenants concernés (tuyauteries, réservoirs, pompes, ...) situé entre des vannes amont et des vannes aval, et
- d'autre part le volume de production courant durant une
25 période de temps correspondant au début de l'incident de fuite et la fermeture effective de toutes les vannes amont et aval concernées, c'est à dire en général plusieurs minutes.

Ainsi, le volume de chacun des réservoirs sera fonction de sa localisation par rapport à l'installation, et pourra varier dans des
30 proportions importantes, par exemple de 50 à 300m³.

On a décrit des réservoirs présentant en partie haute un couvercle à travers lequel passent des conduites d'amenée de GNL ou de mousse, et des conduites d'évacuation de gaz ; mais, dans une version simplifiée, ledit réservoir ne présente pas de couvercle. Il est
5 alors impératif, dès qu'une fuite se produit, de remplir de mousse ledit réservoir, de manière à confiner le GNL, l'évaporation dudit GNL se faisant alors directement à l'air libre, à travers l'épaisseur d'une couche de dite mousse.

REVENDICATIONS

1. Support (1) installé en mer, de manière fixe ou flottant, comprenant une installation de traitement (1b) de premier liquide dangereux et/ou corrosif (2a), de préférence du gaz naturel liquéfié (GNL), sur le pont (1a) dudit support, et au moins une cuve (2) de
5 stockage de dit premier liquide (2a), de préférence de GNL intégrée au sein de la coque (1g) dudit support sous ledit pont (1a) **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins un réservoir (3) situé à l'extérieur dudit support et situé au moins en partie, de préférence
10 entièrement, en contrebas du pont (1a) dudit support sur lequel repose ladite installation, ledit réservoir étant fixé audit support, de préférence de manière réversible (5), ledit pont comprenant ou supportant des premiers moyens de transfert (4) aptes à permettre le transfert vers ledit réservoir, de liquide de fuite (2a') s'écoulant d'une
15 partie au moins de ladite installation, notamment en cas de fuite.

2. Support selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les dits premiers moyens de transfert de liquide de fuite comprennent au moins un dispositif collecteur (4-1) de dit liquide de fuite s'étendant depuis dessous une dite partie au moins de l'installation (1b)
20 jusqu'au-dessus d'un premier orifice supérieur (3-1) dudit réservoir, ledit dispositif collecteur étant apte à recueillir ledit liquide de fuite (2a') s'écoulant de ladite partie de l'installation et le diriger par simple gravité vers ledit premier orifice supérieur dudit réservoir situé en contrebas dudit dispositif collecteur.

25 3. Support selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** ledit réservoir est fixé de manière réversible contre un bordé (1c, 1d) dudit support.

4. Support selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** lesdits premiers moyens de transfert (4) de liquide de fuite
30 comprennent un dispositif collecteur de liquide comprenant au moins un élément de platelage (4-1) rapporté par-dessus ledit pont, ledit

élément de platelage comprenant une structure plane centrale inclinée (4a) de préférence bordé latéralement par des rebords latéraux (4b), l'inclinaison (α_2) de ladite partie plane centrale (4a) dudit élément de platelage étant supérieure à celle (α_1) dudit pont le cas échéant, de
5 préférence d'une inclinaison (α_2) de 1 à 5%, de préférence de 2 à 4%.

5. Support selon la revendication 2 et l'une des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce que** les parois ou les surfaces dudit dispositif collecteur susceptibles d'être en contact avec ledit liquide de fuite
10 qu'il collecte sont constituées ou respectivement recouvertes d'une couche de matériau résistant à des températures cryogéniques (4a-1), notamment un matériau composite.

6. Support selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce qu'il comprend :**

15 - une pluralité d'éléments de dit platelage (4-1), l'ensemble des dits éléments de platelage recouvrant au moins toute la surface de la partie pont supportant une dite installation de traitement (1b), et

- une pluralité de réservoirs (3), chaque dit élément de platelage (4-1) coopérant avec un dit réservoir.

20 7. Support selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'il** comprend des moyens d'accrochage (5,51 – 52) aptes à fixer une pluralité de dit réservoirs le long de ses bordés (1c) et lesdits réservoirs ont un volume de pas plus de 300 m³, de préférence de 50 à 300 m³.

25 8. Support selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** ledit réservoir est de forme cylindrique allongée d'axe longitudinal vertical (YY') avec une partie seulement dudit réservoir (3) immergée (13).

9. Support selon la revendications 1 à 8, **caractérisé en ce**
30 **que** ledit réservoir comprend un fonds (3b) constitué par la surface

supérieure (6a) d'un flotteur (6) interne au réservoir de forme ajustée contre le pourtour interne de la paroi latérale cylindrique (3a) dudit réservoir, l'extrémité inférieure de ladite paroi latérale cylindrique (3a) définissant une ouverture inférieure (3-4) de telle sorte que
5 ladite paroi latérale cylindrique (3a) est remplie d'eau de mer (13) en dessous dudit flotteur et apte à se déplacer verticalement par rapport audit flotteur.

10 10. Support selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** ledit réservoir comprend une paroi de fonds (3b) fixe étanche à l'extrémité inférieure de sa paroi latérale cylindrique (3a).

11. Support selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** les parois dudit réservoir sont isolées thermiquement (3-5), de préférence isolé intérieurement.

15 12. Support selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que ledit réservoir comprend ou coopère avec des seconds moyens de transfert (8) comprenant une pompe (8-1) et une deuxième conduite de liaison (8-2) aptes à transférer ledit liquide de fuite contenu dans ledit réservoir vers un cuve, de préférence une dite cuve (2) au sein de la coque dudit support.

20 13. Support selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** ledit réservoir comprend en outre des moyens de chauffage (9) dudit liquide contenu dans ledit réservoir, de préférence lesdits moyens de chauffage étant des moyens de chauffage par effet joule, de préférence encore lesdits moyens de chauffage étant intégrés dans
25 ou contre ladite paroi latérale cylindrique (3a) du réservoir ou sa couche d'isolation thermique (3-5).

14. Support selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** ledit réservoir comprend en outre un deuxième orifice supérieur d'évacuation de gaz (3-2), au niveau de la partie supérieure
30 d'une paroi latérale (3a) ou paroi supérieure formant couvercle (3c) du réservoir, apte à permettre l'évacuation en dehors du réservoir du

liquide qu'il contient après évaporation de celui-ci, de préférence à l'aide d'une troisième conduite de liaison (3-6) vers une torchère de combustion (14) ou vers le ciel de gaz (2-1) d'une dite cuve au sein de la coque ou à l'air libre.

5 15. Support selon l'une des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** ledit réservoir comprend ou est apte à coopérer avec un dispositif d'injection d'agent moussant, de préférence au niveau d'un troisième orifice supérieur (3-3), au niveau de la partie supérieure d'une paroi latérale (3a) ou paroi supérieure formant couvercle (3c)
10 du réservoir.

 16. Support selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'il** s'agit d'un support flottant ancré (10a) en mer ou reposant au fonds de la mer (12) supportant une unité de liquéfaction (1-2) de GNL et/ou de regazéification (1-3) de GNL et production
15 d'électricité, ledit liquide (2a) étant du GNL.