

(19)



(11)

EP 2 986 885 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

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

10.05.2017 Bulletin 2017/19

(51) Int Cl.:

F17C 3/02 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **14719043.3**

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/FR2014/050695

(22) Date de dépôt: **25.03.2014**

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2014/170572 (23.10.2014 Gazette 2014/43)

(54) **CUVE ÉTANCHE ET THERMIQUEMENT ISOLANTE**

DICHTER UND WÄRMEISOLIERENDER BEHÄLTER

TIGHT AND THERMALLY INSULATING VESSEL

(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: **15.04.2013 FR 1353374**

(43) Date de publication de la demande:

24.02.2016 Bulletin 2016/08

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

78470 Saint Rémy Lès Chevreuse (FR)

(72) Inventeurs:

- **DELETRE, Bruno**
78000 Versailles (FR)
- **OUVRARD, Florent**
78180 Montigny le Bretonneux (FR)

• **SASSI, Mohamed**

92360 Meudon-la-Forêt (FR)

• **WALKER, Nicolas**

75011 Paris (FR)

• **DELANOE, Sébastien**

78470 Saint Remy Les Chevreuse (FR)

• **PRUNIER, Raphaël**

92340 Bourg-la-Reine (FR)

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

9, rue Anatole de la Forge

75017 Paris (FR)

(56) Documents cités:

FR-A1- 2 527 544 FR-A1- 2 798 902

FR-A1- 2 867 831 FR-A1- 2 877 638

FR-A1- 2 978 749

EP 2 986 885 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 agencées dans une structure porteuse pour contenir un fluide froid, notamment aux cuves à membrane pour contenir des gaz liquéfiés. Le stockage de gaz liquéfiés s'effectue à très basses températures, environ -160°C. Ce stockage est exposé à un phénomène d'évaporation dépendant du niveau d'isolation thermique de la cuve. La réduction de cette évaporation implique d'améliorer l'isolation thermique des cuves.

Arrière-plan technologique.

[0002] On connaît des cuves étanches et thermiquement isolantes agencées dans la coque d'un navire pour le transport d'un gaz naturel liquéfié (GNL) à forte teneur en méthane. Une telle cuve est divulguée par exemple dans FR-A-2798902. Dans cette cuve connue, une barrière isolante primaire et une barrière isolante secondaire sont constituées sous une forme modulaire à l'aide de caisses parallélépipédiques en bois juxtaposées.

[0003] FR-A-2877638 divulgue une autre cuve de GNL agencée dans la coque d'un navire dans laquelle une barrière isolante secondaire comporte des blocs isolants disposés selon un motif répété. Le bloc isolant comporte un pavé globalement parallélépipédique en mousse polymère de basse densité pris en sandwich entre un panneau de fond et un panneau de couvercle. Le bloc isolant comprend des piliers disposés entre le panneau de fond et le panneau de couvercle. Les piliers sont répartis dans le bloc isolant pour reprendre les efforts de compression que ne peut pas supporter la mousse basse densité.

Résumé.

[0004] Une idée à la base de l'invention est de proposer des blocs isolants convenant pour réaliser une barrière d'isolation d'une cuve étanche et thermiquement isolante de manière relativement simple à fort pouvoir isolant.

[0005] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et thermiquement isolante intégrée dans une structure porteuse pour contenir un fluide, dans laquelle une paroi de cuve comporte depuis l'extérieur de la cuve vers l'intérieur de la cuve:

une paroi porteuse,
une barrière d'isolation thermique retenue sur la paroi porteuse, la barrière d'isolation thermique étant constituée d'une pluralité d'éléments calorifuges juxtaposés de manière à former une surface de support, et
une barrière d'étanchéité en appui sur la surface de support,
un élément calorifuge, présentant une forme globale prismatique aplatie, et comportant :

un isolant thermique,
une pluralité d'éléments porteurs traversant l'isolant thermique selon une direction d'épaisseur perpendiculaire à la paroi de cuve et
un panneau de couvercle et un panneau de fond parallèles à la paroi de cuve agencés à une première extrémité respectivement une seconde extrémité des éléments porteurs de l'élément calorifuge de manière à former des parois extérieures de l'élément calorifuge, les premières extrémités des éléments porteurs étant fixées au panneau de couvercle et les secondes extrémités des éléments porteurs étant fixés au panneau de fond et,

un plateau anti-flambement parallèle au panneau de couvercle et au panneau de fond, pris en sandwich entre une première et une deuxième tranches d'épaisseur dudit isolant thermique, le plateau anti-flambement étant traversé par la pluralité d'éléments porteurs dans une pluralité d'ouvertures, du plateau anti-flambement, les ouvertures étant distantes les unes des autres de manières à garantir une distance entre deux éléments porteurs voisins, dans un plan défini par le plateau anti-flambement.

[0006] Grâce à ces caractéristiques, un élément porteur subissant une contrainte importante est maintenu par une force qui s'oppose au flambage transmise par le plateau anti-flambement.

[0007] Selon des modes de réalisation, une telle cuve peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

[0008] Selon un mode de réalisation, une ouverture du plateau anti-flambement a des dimensions supérieures aux dimensions d'une section transversale de l'élément porteur engagé dans l'ouverture de manière à laisser subsister un jeu de montage.

[0009] Grâce à ces caractéristiques, la fabrication est facilitée.

[0010] Selon un mode de réalisation, le jeu de montage est inférieur à trois millimètres.

[0011] Grâce à ces caractéristiques, lors du flambage d'un pilier, le plateau anti-flambement répercute l'effort sur les autres piliers qui s'opposent à cet effort.

[0012] Selon un mode de réalisation, le plateau anti-flambement est positionné à mi-distance entre le panneau de fond et le panneau de couvercle.

[0013] Grâce à ces caractéristiques, le pilier est maintenu en trois points constituant deux portions de pilier égales.

[0014] Selon un mode de réalisation, l'isolant thermique comporte un second plateau anti-flambement parallèle au panneau de fond et au panneau de couvercle, pris en sandwich entre la deuxième et une troisième tranches d'épaisseur dudit isolant thermique,

le second plateau anti-flambement étant, traversé par la pluralité d'éléments porteurs dans une pluralité d'ouvertures, disposées dans l'alignement des ouvertures du premier plateau anti-flambement.

[0015] Grâce à ces caractéristiques, il est possible de réaliser des éléments calorifuge de très forte épaisseur en ajoutant autant de plateau anti-flambement que nécessaire.

[0016] Selon un mode de réalisation, un élément calorifuge comprend une pluralité de plateaux anti-flambement, les plateaux anti-flambement étant en un nombre supérieur ou égal à un nombre théorique défini de manière que la distance entre deux points de maintien successifs d'un élément porteur selon l'orientation longitudinale de l'élément porteur soit inférieure à une hauteur critique, H_c prédéfinie, ladite hauteur critique étant égale à :

$$H_c = \sqrt{\frac{\pi^2 E S}{12 \sigma}}$$

avec :

- E : module d'Young de l'élément porteur,
- S : surface en section de l'élément porteur,
- σ : est une contrainte limite en compression du matériau,

où les points de maintien sont la deuxième extrémité de l'élément porteur fixée au panneau de fond, la première extrémité de l'élément porteur fixée au panneau de couvercle et chaque portion de l'élément porteur engagée dans une ouverture des plateaux anti-flambement.

[0017] Grâce à ces caractéristiques, il est possible de déterminer le nombre de plateaux nécessaires pour une épaisseur d'élément calorifuge définie.

[0018] Selon un mode de réalisation, l'élément calorifuge comporte une pluralité de plateaux anti-flambement positionnés de manière équidistante dans l'épaisseur de l'élément calorifuge.

[0019] Grâce à ces caractéristiques, un effort subi par un élément porteur est réparti de manière identique sur chacune des sections de l'élément porteur définies par la position des plateaux anti-flambement.

[0020] Selon un mode de réalisation, un élément calorifuge comprend des moyens de positionnement aptes à positionner le plateau anti-flambement dans l'épaisseur de l'élément calorifuge.

[0021] Grâce à ces caractéristiques, le plateau anti-flambement n'écrase pas un isolant non structural.

[0022] Selon un mode de réalisation, les moyens de positionnement sont agencés sur les éléments porteurs, pour bloquer la translation du plateau anti-flambement dans une direction longitudinale de la pluralité d'éléments porteurs.

[0023] Grâce à ces caractéristiques, le nombre de pièces est réduit.

[0024] Selon un mode de réalisation, les moyens de positionnement comportent un épaulement défini par une différence de section transversale entre deux segments longitudinaux adjacents d'un élément porteur de la pluralité.

[0025] Selon un mode de réalisation, pour l'épaulement apte à maintenir le plateau anti-flambement,

les dimensions de la pluralité d'ouvertures du plateau anti-flambement sont comprises entre des dimensions en section d'un premier des deux segments et des dimensions en section du deuxième segment de l'élément porteur.

[0026] Grâce à ces caractéristiques, le plateau anti-flambement repose sur l'épaulement.

[0027] Selon un mode de réalisation, les moyens de positionnement comportent un tube entretoise enfilé sur un élément porteur, le tube entretoise ayant un diamètre externe supérieur aux dimensions de l'ouverture du panneau anti-flambement pour fournir à une extrémité du tube entretoise, un appui au panneau anti-flambement, et à l'autre extrémité du tube entretoise un appui contre le panneau de fond de l'élément calorifuge ou un autre plateau anti-flambement.

[0028] Grâce à ces caractéristiques, le positionnement est réalisé plus simplement.

[0029] Selon un mode de réalisation, le moyen de positionnement est un clip bridé sur l'élément porteur bloquant le

mouvement de translation du plateau anti-flambement dans un sens selon la direction des éléments porteurs. En variante, le plateau anti-flambement est pris entre deux clips interdisant tout mouvement dans le sens longitudinal des éléments porteurs.

[0030] Selon un mode de réalisation, les moyens de positionnement comportent une portion longitudinale d'un élément porteur qui s'évase et dans laquelle les dimensions d'une ouverture du plateau anti-flambement correspondent sensiblement aux dimensions de la section de la portion longitudinale de l'élément porteur.

[0031] Grâce à ces caractéristiques, il est possible avec un même élément porteur de créer des éléments calorifuges, avec des plateaux disposés à différentes hauteurs en adaptant la dimension de l'ouverture sur le plateau.

[0032] Selon un mode de réalisation, les moyens de positionnement comportent des piliers de soutiens orthogonaux au panneau de fond, dont une première extrémité est solidaire du panneau de fond et l'autre extrémité sert de point d'appui audit plateau anti-flambement.

[0033] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi une cuve étanche et isolante disposée dans une structure porteuse, la cuve comportant depuis l'extérieur de la cuve vers l'intérieur de la cuve :

une barrière d'isolation thermique primaire en appui et retenue sur la barrière d'étanchéité, la barrière d'isolation thermique primaire étant constituée d'une pluralité d'éléments calorifuges primaires juxtaposés de manière à former une surface de support primaire,
une barrière d'étanchéité primaire en appui sur la surface de support primaire, un élément calorifuge primaire présentant les mêmes caractéristiques que l'élément calorifuge indiqué secondaire.

[0034] 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.

[0035] Selon un mode de réalisation, un navire pour le transport d'un produit liquide froid comporte une double coque et une cuve précitée disposée dans la double coque.

[0036] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé de chargement ou déchargement d'un tel navire, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[0037] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant le navire précité, des canalisations isolées agencées de manière à relier la cuve installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre et une pompe pour entraîner un flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[0038] Certains aspects de l'invention partent de l'idée d'augmenter le pouvoir d'isolation d'un bloc isolant. Certains aspects de l'invention partent de l'idée d'augmenter l'épaisseur du bloc isolant, augmentant la longueur des éléments de support. Certains aspects de l'invention partent de l'idée de renforcer le bloc isolant. Certains aspects de l'invention partent de l'idée de s'opposer aux effets du flambage des éléments de support.

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 une vue partielle en perspective écorchée d'une paroi de cuve étanche et thermiquement isolante utilisant des caissons calorifuges.
- La figure 2 est une représentation schématique de côté d'un élément calorifuge qui peut être utilisé dans la paroi de cuve de la figure 1 illustrant des contraintes et déformations auxquelles il est soumis.
- La figure 3 est une vue en perspective partiellement en transparence d'un élément calorifuge présentant un panneau de couvercle renforcé.
- La figure 4 est une vue schématique illustrant les effets du flambage d'un pilier soumis à une force supérieure à l'effort maximal admissible par ce pilier.
- La figure 5 est une vue partielle en perspective écorchée d'un caisson isolant comprenant un plateau anti-flambement placé entre deux couches d'isolant thermique.

- La figure 6 est une vue en perspective d'un pilier comportant un épaulement permettant le positionnement d'un plateau selon la figure 5.
- Les figures 7a à 7g sont des vues de dessus d'un pilier pouvant être utilisé dans pour un caisson selon la figure 5.
- La figure 8 est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier comportant une barrière isolante composée de caissons selon la figure 5 et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

Description détaillée de modes de réalisation.

[0040] Dans cette description, on appelle au-dessus, supérieur ou sur, ce qui est vers l'intérieur de la cuve, et au-dessous, inférieur ou sous, ce qui est vers l'extérieur de la cuve, indépendamment du champ de gravité.

[0041] Dans les différentes variantes représentées sur les dessins, les composants qui jouent le même rôle ont été désignés par les mêmes numéros de référence même si leur réalisation a été quelque peu modifiée.

[0042] La **figure 1** représente une paroi étanche et isolante d'une cuve intégrée dans une structure porteuse d'un navire.

[0043] La structure porteuse de la cuve est ici constituée par la coque interne d'un navire à double coque, dont on a représenté la paroi par le chiffre 1.

[0044] Sur la paroi 1 de la structure porteuse, une paroi correspondante de la cuve est réalisée par superposition de, successivement, une couche d'isolation secondaire 2, une barrière étanche secondaire 3, une couche d'isolation primaire 4 et une barrière étanche primaire 5.

[0045] La couche d'isolation primaire 4 et la couche d'isolation secondaire 2 sont constituées d'éléments calorifuges et plus particulièrement de caissons calorifuges parallélépipédiques 6 et 7 juxtaposés selon un motif régulier. Les caissons primaires 7 et les caissons secondaires 6 forment ainsi une surface sensiblement plane qui porte respectivement la barrière étanche primaire 5 et la barrière étanche secondaire 3.

[0046] La barrière étanche primaire 5 et la barrière étanche secondaire 3 sont constituées de virures en Invar® 8 parallèles à bords relevés, qui sont disposées alternativement avec des supports de soudure allongés (non représenté), également en Invar®. Plus précisément, les supports de soudure s'étendent perpendiculairement à la paroi et sont retenus à chaque fois à la couche d'isolation 2 ou 4 sous-jacente, par exemple en étant logés dans des rainures en forme de T inversé 10 ménagées dans des panneaux de couvercles 11 des caissons 6 et 7. Les bords relevés des virures 8 sont soudés le long des supports de soudures.

[0047] Les caissons isolants primaires 7 et les caissons isolants secondaires 6 sont maintenus sur la structure porteuse par l'intermédiaire d'organes d'ancrage 12. En particulier, les organes d'ancrages 12 de la couche isolante secondaire 2 sont fixés à la paroi de cuve 1 par l'intermédiaire de goujons 13 soudés perpendiculairement à la paroi 1. FR-A-2973097 décrit une telle cuve, notamment les organes d'ancrages 12 servants à la fixation des caissons isolants primaires 7 et des caissons isolants secondaires 8.

[0048] La **figure 2** illustre la structure d'un caisson 15 qui peut être mise en oeuvre dans une telle paroi de cuve.

[0049] Le caisson 15 présente un panneau de fond 16 sur lequel sont placées des échelles 17 constituées de rangées de piliers 18 s'étendant perpendiculairement au panneau de fond 16, d'une latte 19 et d'une poutre 20. Chaque rangée de pilier 18 s'appuie sur le panneau de fond 16 par l'intermédiaire de la latte 19 et porte la poutre 20 qui supporte le panneau de couvercle 11 et est fixée à celui-ci. L'assemblage des échelles 17 et leur fixation sur les panneaux est réalisée à l'aide d'éléments de fixation, par exemple par agrafage. Une garniture calorifuge 21 est disposée entre le panneau de fond 16 et le panneau de couvercle 11 et entoure les piliers 18.

[0050] Les poutres 20 permettent de rigidifier le panneau de couvercle 11 et de répartir la charge lorsque le panneau est soumis aux contraintes qui sont par exemple exercées par le fluide présent à l'intérieur de la cuve et qui sont schématisées ici par les flèches 22, par exemple, ces contraintes peuvent être dues au ballonnement du fluide dans la cuve.

[0051] Toutefois, lorsque l'élément calorifuge est soumis à ces contraintes, le panneau de couvercle 11 tend à se déformer et à gauchir entre deux échelles 17, sous l'effet de la pression, selon les courbes schématisées par les courbes 24. Cette déformation tend à provoquer la rotation des poutres 20 latérales situées de chaque côté du plan médian du caisson 15. Cette rotation est illustrée par les lignes 23. Cette déformation et cette rotation entraînent la flexion des piliers 18 latéraux situés sur les échelles de chaque côté du plan médian de l'élément calorifuge 15 vers l'extérieur du caisson, tel que cela est illustré par la courbe 25. Le pilier est donc fragilisé par ce fléchissement 25, qui s'ajoute aux contraintes de compression exercées sur les piliers 18.

[0052] Les éléments de fixation entre les poutres et les différents éléments du caisson 15 sont ainsi fortement sollicités, ce qui peut provoquer leur désolidarisation. De plus, cette déformation provoque une mauvaise répartition de la charge au travers des piliers 18. En effet, comme cela est représenté par les flèches 26 et 27, la charge 26 exercée par les piliers au centre du caisson 15 est beaucoup plus importante que la charge 27 exercée par les piliers 20 latéraux.

[0053] Pour pallier à ces inconvénients, le caisson 15 peut être remplacé par un caisson renforcé 30 tel qu'illustré dans la **figure 3**. Un tel caisson 30 comporte un panneau de fond 31 sur lequel sont fixées des lattes 32. Une rangée

de piliers 33 est positionnée et fixée à chaque fois au-dessus d'une latte 32 correspondante. Un panneau de couvercle renforcé 34 est attaché sur les piliers 33. Les piliers 33 permettent notamment la transmission des contraintes exercées sur le panneau de couvercle 34 à la paroi 1 et ont donc une fonction de résistance à la compression. Une garniture calorifuge, non représentée, remplit l'espace entre les piliers et peut par exemple être constituée d'une mousse isolante coulée entre les piliers 33 ou un bloc de mousse usiné pour s'adapter aux piliers 33.

[0054] Les rangées de piliers 33 successives sont décalées les unes par rapport aux autres. En effet, les piliers 33 des deux rangées successives 29 et 39 comportent des piliers 33 espacés selon un même espacement régulier, toutefois, les deux rangées de piliers 33 sont décalées dans le sens de leur longueur d'un demi-espacement. Une telle disposition permet un bon compromis entre le nombre de piliers 33 dans le caisson 30 et la bonne répartition de la charge.

[0055] Le panneau de couvercle renforcé 34 comporte un panneau supérieur 35 et un panneau inférieur 36 chacun présentant une épaisseur de 15mm et espacés par une série de poutres pleines 37 parallèles. En particulier, les poutres 37 s'étendent parallèlement aux côtés longitudinaux du caisson 30. Une poutre 37 est à chaque fois positionnée le long et au-dessus d'une rangée de piliers 33. Les poutres 37 présentent une section rectangulaire et une épaisseur de 15mm. Toutefois, ces poutres peuvent aussi présenter une section trapézoïdale. Les poutres 37 et les panneaux 35 et 36 sont liés rigidement, ainsi lorsque le panneau supérieur 35 est soumis aux contraintes exercées par le fluide et tend à gauchir, le panneau inférieur 36 travaille en traction, ce qui empêche la rotation des poutres 37. Par ailleurs, les poutres 37 étant immobilisées par le panneau inférieur 36, la déformation du panneau supérieur 35 est atténuée.

[0056] Comme on l'a décrit, les caractéristiques mécaniques d'un caisson 6 ou d'un caisson 7 sont liées à celles du panneau de couvercle 11 ou 34, mais également des piliers 33 subissant l'effort de compression. Pour pouvoir augmenter le pouvoir isolant d'un caisson 6 ou 7, soit on utilise un matériel possédant un pouvoir isolant supérieur, soit on augmente l'épaisseur du caisson. Dans ce second cas, cela se traduit par l'augmentation de la longueur des piliers 33. Au-delà d'une certaine longueur, le pilier 33 est exposé à un risque de flambement, ou de rupture. Le cas de la rupture correspond à une contrainte sur le pilier 33 bien supérieure à celle qu'il faut exercer pour susciter un flambement. Pour un pilier 33 réalisé en contreplaqué, la rupture s'apparente plutôt à un délaminage entre les différentes couches. En cas d'un effort inférieur au seuil de rupture du pilier 33, mais supérieur à celui de flambement, le caisson 6 ou 7 est susceptible de se déformer localement. Il est donc nécessaire de déterminer la hauteur de flambement critique d'un pilier réalisé dans un matériau donné. Cette hauteur critique H_c se calcule avec la formule suivante :

$$H_c = \sqrt{\frac{\pi^2 E S}{12 \sigma}}$$

avec:

- E : module d'Young de l'élément porteur ;
- S : surface en section de l'élément porteur ;
- σ : est une contrainte limite en compression du matériau de l'élément porteur.

[0057] Pour exemple, l'évaluation de la hauteur critique H_c , en fonction de la surface de l'élément porteur est déterminée à l'aide des données du tableau 1. On constate que la hauteur critique est dépendante de la température d'utilisation du matériau.

Tableau 1 : caractéristiques des matériaux pour des exemples d'éléments porteurs.

	Contre-plaqué			Matériau composite, résine polypropylène fibrée	
	23°C	-70°C	-160°C	23°C	-170°C
E en GPa	6,7	9	10	7	9
σ en MPa	30	60	80	95	300

[0058] Ainsi, il est possible de déterminer si pour une épaisseur de caisson 6 ou 7 choisie en fonction de son pouvoir d'isolation thermique, les piliers 33 ont une longueur supérieure à la hauteur critique.

[0059] La figure 4 illustre les effets d'une charge 45 variable en différents endroits de la surface d'un caisson 30. Cette charge 45 n'est pas uniformément répartie sur la surface du panneau de couvercle 34 du caisson 30. La charge 45 est plus faible avec un effort 45a à l'extérieur de la surface du caisson dans l'alignement du pilier 33a et augmente jusqu'à l'effort maximal 45c. Cet effort 45c situé au droit du pilier 33c fait flamber le pilier 33c. Comme le montre la figure

4, les effets du flambage sur le pilier 33c sont les plus élevés à la moitié de la distance entre deux points de fixation du pilier 33c. Dans cette illustration schématique les points de fixation sont la fixation avec le panneau de couvercle 34 et la fixation avec le panneau de fond 31 qui ici n'est pas représenté.

[0060] Contenir le flambage revient donc à bloquer le mouvement latéral subit par le pilier 33c sous l'effet de l'effort 45c. En interposant entre les piliers 33 une plaque 40, il est possible de limiter les mouvements latéraux. Chaque pilier 33 traverse cette plaque 40 dans des ouvertures 41. La plaque 40 solidarise les piliers 33 entre eux pour éviter les déplacements dans le plan. La force exercée par un pilier 33c sur la plaque 40 sous un effort 45c est reprise par l'ensemble des autres piliers 33a.

[0061] Cette plaque 40 est placée de préférence à mi-distance entre les deux points d'ancrage du pilier 33. Ainsi, la plaque 40 est placée au point de déformation maximal observé, du pilier 33 dans le mode de flambement 1.

[0062] En variante, il est possible de disposer la plaque à d'autres endroits selon la direction longitudinale d'un pilier 33. Cependant, pour améliorer son efficacité, il convient d'éviter que la longueur d'un des segments du pilier 33, entre la plaque et les panneaux de fond ou couvercles, ne soit supérieure à la hauteur critique H_c de flambement de ce pilier 33.

[0063] Les ouvertures 41 ont une dimension légèrement supérieure à celle des piliers 33, créant un jeu 42. Ce jeu 42 est destiné à faciliter le montage de la plaque 10 sur les piliers 33. La présence de ce jeu 42, laisse un degré de liberté de la plaque. Sous l'effet d'une force exercée par le pilier 33c au point de contact 47, la plaque se translate dans la direction du flambement 46 subit par le pilier 33c. Les ouvertures 41 de la plaque 40 se trouvent alors en appui avec les piliers 33a dans des zones de contact 47. L'ensemble des piliers 33a s'opposent alors à l'effort de flambement par une force opposée 48.

[0064] Pour un bon fonctionnement le jeu 42 doit être faible. Par exemple, le jeu est inférieur à 3 millimètres, et de préférence supérieure à 1 millimètre.

[0065] Selon une variante, les trous sont ajustés sur les piliers 33. En l'absence de jeu de montage, il n'y a pas de flottement de la plaque 40.

[0066] Une telle plaque 40 anti-flambement peut être agencé dans un caisson 15 représenté en pointillé sur la figure 2.

[0067] La **figure 5** illustre un caisson 30 dans lequel une plaque 40 anti-flambement est inséré entre deux couches 21 a et 21 b de la garniture calorifuge 21.

[0068] La garniture calorifuge 21 peut être réalisée à l'aide de différents isolants, comme de la mousse polyuréthane, ou encore des laines minérales. Dans le cas de l'utilisation d'un isolant très peu structural, comme de la perlite, l'isolant s'affaisse sous le poids de la plaque 40. Dans ce cas, il faut prévoir des moyens de positionnement qui permettent d'empêcher la plaque 40 de coulisser sur les piliers 33. Ainsi, cela permet d'interdire à la plaque 40 d'écraser la garniture calorifuge 21 ou dans le cas d'un isolant pulvérulent de produire des effets de transfert entre les compartiments du caisson 30 délimité par la plaque 40.

[0069] Comme l'illustre la **figure 6**, cette fonction est alors réalisée à l'aide d'un pilier de positionnement 60 comprenant un épaulement 61, séparant deux portions 62 et 63 du pilier de positionnement 60. Les deux portions 62 et 63 sont de section carrée différentes. L'ouverture 41 correspondante au pilier de positionnement 60 a des dimensions comprises entre les dimensions des deux sections du pilier de positionnement 60. Ainsi, la plaque peut lors du montage coulisser jusqu'à venir en butée au niveau du changement de section défini par l'épaulement 61.

[0070] L'épaulement 61 peut être obtenu dans la masse du pilier de positionnement 60, sur tout ou partie de sa périphérie. Il peut également être obtenu à l'aide d'une pièce rapportée maintenue sur le pilier par tous moyens connus. Par exemple, la pièce rapportée est collée. En variante, la pièce rapportée est assemblée par un ancrage taraudé avec un vissage collé.

[0071] Pour assurer le maintien de la plaque 40, il suffit d'installer trois piliers de positionnement 60 pour stabiliser la plaque. Pour cela, il est préférable de choisir de placer les piliers de positionnement 60 pour définir un triangle dont la surface inscrite dans la surface du caisson 15 ou 30 est la plus grande.

[0072] Avec le faible jeu de montage au regard de la taille d'un caisson 15 ou 30, deux piliers de positionnement 60 en diagonale conviennent également. Il est également possible de soutenir la plaque 40 par l'ensemble des piliers installés dans le caisson 15 ou 30. Dans un mode de réalisation préféré, les piliers de positionnement 60 sont placés aux coins du caisson. Dans le cas de caissons 15 ou 30 particulièrement sollicités, le centre de la plaque 40 est également supporté.

[0073] Sur une paroi de plafond, l'épaulement 61 est tourné vers le panneau de fond 16 ou 31, à savoir vers le haut au sens du champ de gravité. Pour un caisson 15 ou 30 disposé sur une paroi de mur, le caisson 15 ou 30 sera par exemple équipé de deux séries de piliers. Les épaulements de la première série seront tournés vers le panneau de fond 16 ou 31 et les piliers 60 fixés sur le panneau de couvercle 11 ou 34. À l'inverse, les piliers 60 de la seconde série seront fixés sur le panneau de fond 16 ou 31, avec les épaulements tournés vers le panneau de couvercle 11 ou 34.

[0074] En variante à l'épaulement 61, le soutien est obtenu à l'aide d'un tube entretoise. Ce tube est enfilé autour des piliers 33 disposé aux positions de soutien, comme les coins et le centre. Cette entretoise fait alors office d'un épaulement rapporté. L'épaulement 61 ou l'entretoise rapportée interdisent le déplacement selon l'axe longitudinal des piliers 33 de la plaque 40 dans une direction. Dans certains cas, il peut se révéler utile de bloquer la plaque 40 dans les deux directions.

Il suffit alors, après avoir installé la plaque 40 en butée, d'enfiler un second tube entretoise correspondant à la longueur de pilier 33 restante pour immobiliser la plaque 40 dans les deux directions.

[0075] En variante, la plaque 40 est solidaire d'au moins trois piliers 33. Elle ne peut plus bouger dans le sens de l'épaisseur pour écraser la garniture calorifuge 21. Une telle plaque 40 est réalisée par exemple par moulage.

[0076] La section des piliers de la figure 6 est carrée, mais en référence aux **figures 7a à 7g**, toutes formes de pilier circulaires, polygonales, pleines ou creuses, en H, en croix, sont adaptées et peuvent être maintenues par une plaque 40 anti-flambement. La fonction anti-flambement de la plaque 40 est assurée en adaptant la forme de l'ouverture 41 à la forme du pilier.

[0077] En variante à la figure 5, dans le cas de caisson 30 très épais, il est possible d'ajouter autant de plaques 40 que nécessaire. Il est alors préférable que la distance entre une plaque 40 et un panneau de fond 16 ou panneau de couvercle 34, ou entre deux plaques 40 consécutives, soit inférieure à la hauteur critique de flambage du pilier 33.

[0078] Si un soutien est nécessaire pour un caisson 30 avec plusieurs plaques 40, dans le cas d'une utilisation de pilier de positionnement 60, celui-ci comprend un épaulement 61 par plaques 40. Il compte alors trois portions avec trois dimensions de section différentes. Dans ce cas, chaque plaque 40 a des ouvertures 41 dont les dimensions dépendent de la section du pilier de positionnement 60 à sa hauteur de destination dans le caisson 15 ou 30. En variante, le caisson 15 ou 30 compte deux types de piliers de positionnement 60 réalisés avec un épaulement 61. Le premier type de piliers de positionnement 60 a une hauteur d'épaulement 61 différente de la hauteur de l'épaulement 61 du second type de piliers de positionnement 60. Le caisson 15 ou 30 est alors équipé de deux plaques 40 qui se distinguent par des ouvertures 41 dont la dimension au droit de chaque pilier 33 du caisson 15 ou 30 est adaptée en fonction de l'emplacement de la plaque 40 dans l'épaisseur du caisson 15 ou 30.

[0079] Le placement de plaques 40 en hauteur par rapport au pilier 33, ou dans le sens de l'épaisseur du caisson 15 ou 30, est libre et fonction des conditions d'utilisation du caisson 15 ou 30. De préférence, la répartition dans l'épaisseur sera homogène, régulière. La ou les plaques 40, le panneau de fond 16 et le panneau de couvercle 11 ou 34 sont équidistants deux à deux.

[0080] En variante aux piliers 33 à section constante, le pilier a une section qui augmente depuis le sommet vers la base du pilier, sur tout ou partie de sa longueur. Par exemple, il s'évase depuis une section carrée vers la base pour former un tronc de pyramide. En variante la section du pilier est un disque et le pilier à la forme d'un tronc de cône. Cette solution à section croissante présente l'avantage supplémentaire de permettre de réaliser un caisson 15 ou 30 avec plusieurs plaques dont la hauteur est simplement ajustée par la dimension des ouvertures 41 présentes sur chaque plaque 40.

[0081] La fabrication de la plaque 40 anti-flambement peut être réalisée dans tous matériaux, notamment du contre-plaqué d'épaisseur inférieure à 20mm, des matériaux composites ou métalliques. Pour un plateau en contreplaqué, le bois utilisé peut être du bouleau ou toutes autres essences.

[0082] La réalisation des ouvertures 41 peut être percée par tous les moyens connus et notamment la découpe au jet d'eau, la découpe laser, la découpe à partir d'un poinçon (ou emporte-pièce), la découpe à la fraise.

[0083] Dans le cas de pilier 33 à section rectangulaire par exemple, la plaque 40 peut par exemple être métallique avec des ouvertures embouties. La partie emboutie formant un rebord pour augmenter la zone d'appui 47 de la plaque 40 en contact avec le pilier 33.

[0084] En variante, la plaque 40 est réalisée dans un matériau plastique, par moulage.

[0085] L'assemblage d'un élément calorifuge peut se faire de différentes manières. Par exemple, la fabrication commence par la réalisation de l'assemblage du panneau de fond 16 avec les lattes 19 servants de semelles sur lesquelles sont ajoutés les piliers 33. Ensuite, la couche d'isolant inférieure 21a est insérée sur la structure de piliers 33, suivie de la plaque 40 trouée. Une deuxième couche d'isolant 21 b est insérée dans la structure supérieure des piliers 33. Enfin, le panneau de couvercle 11 ou 34 est fixé aux piliers 33.

[0086] En variante, l'assemblage commence par la fixation des lattes 19 sur le panneau de fond 16. Puis la tranche d'isolant inférieure 21a est ajoutée, suivie de la plaque 40 trouée et de la tranche d'isolant supérieure 21 b. Les piliers sont alors insérés à l'aide d'un plateau gabarit servant au positionnement des piliers 33. Enfin, le caisson 15 ou 30 est finalisé avec le panneau de couvercle 34.

[0087] La technique décrite ci-dessus pour réaliser une couche isolante peut être utilisée dans différents types de réservoirs, par exemple pour constituer la membrane isolante primaire et/ou secondaire d'un réservoir de GNL dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autres.

[0088] En référence à la **figure 8**, 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.

[0089] 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.

[0090] La figure 8 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 liaisons 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.

[0091] 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.

[0092] 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.

[0093] 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.

[0094] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

Revendications

1. Cuve étanche et thermiquement isolante intégrée dans une structure porteuse pour contenir un fluide, dans laquelle une paroi de cuve comporte depuis l'extérieur de la cuve vers l'intérieur de la cuve:

une paroi porteuse (1),
une barrière d'isolation thermique (2,4) retenue sur la paroi porteuse, la barrière d'isolation thermique étant constituée d'une pluralité d'éléments calorifuges (15,30) juxtaposés de manière à former une surface de support, et
une barrière d'étanchéité (3,5) en appui sur la surface de support,
un élément calorifuge, présentant une forme globale prismatique aplatie, et comportant :

un isolant thermique (21),
une pluralité d'éléments porteurs (33) traversant l'isolant thermique selon une direction d'épaisseur perpendiculaire à la paroi de cuve et
un panneau de couvercle (11, 34) et un panneau de fond (16, 31) parallèles à la paroi de cuve agencés à une première extrémité respectivement une seconde extrémité des éléments porteurs de l'élément calorifuge de manière à former des parois extérieures de l'élément calorifuge, les premières extrémités des éléments porteurs étant fixées au panneau de couvercle et les secondes extrémités des éléments porteurs étant fixés au panneau de fond et,

caractérisé en ce que l'élément calorifuge comporte en outre un plateau anti-flambement (40) parallèle au panneau de couvercle (11,34) et au panneau de fond, pris en sandwich entre une première (21 a) et une deuxième (21 b) tranches d'épaisseur dudit isolant thermique (21), le plateau anti-flambement étant traversé par la pluralité d'éléments porteurs (33) dans une pluralité d'ouvertures (41), du plateau anti-flambement, les ouvertures étant distantes les unes des autres de manières à garantir une distance entre deux éléments porteurs voisins, dans un plan défini par le plateau anti-flambement.

2. Cuve selon la revendication 1, dans laquelle une ouverture (41) du plateau anti-flambement a des dimensions supérieures aux dimensions d'une section transversale de l'élément porteur engagé dans l'ouverture de manière à laisser subsister un jeu (42) de montage.

3. Cuve selon la revendication 2, dans laquelle le jeu (42) de montage est inférieur à trois millimètres.
4. Cuve selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle le plateau anti-flambement (40) est positionné à mi-distance entre le panneau de fond et le panneau de couvercle.
5. Cuve selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle l'isolant thermique comporte un second plateau anti-flambement parallèle au panneau de fond et au panneau de couvercle, pris en sandwich entre la deuxième et une troisième tranches d'épaisseur dudit isolant thermique, le second plateau anti-flambement étant, traversé par la pluralité d'éléments porteurs dans une pluralité d'ouvertures, disposées dans l'alignement des ouvertures du premier plateau anti-flambement.
6. Cuve selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle un dit élément calorifuge comprend une pluralité de plateaux anti-flambement (40), les plateaux anti-flambement étant en un nombre supérieur ou égal à un nombre théorique défini de manière que la distance entre deux points de maintien (47) successifs d'un élément porteur selon l'orientation longitudinale de l'élément porteur soit inférieure à une hauteur critique, H_c prédéfinie, ladite hauteur critique étant égale à :

$$H_c = \sqrt{\frac{\pi^2 ES}{12\sigma}}$$

avec :

E : module d'Young de l'élément porteur,
S : surface en section de l'élément porteur,
 σ : est une contrainte limite en compression du matériau

où les points de maintien sont la deuxième extrémité de l'élément porteur fixée au panneau de fond, la première extrémité de l'élément porteur fixée au panneau de couvercle et chaque portion de l'élément porteur engagée dans une ouverture des plateaux anti-flambement.

7. Cuve selon l'une des revendications 1 à 6, dans laquelle l'élément calorifuge comporte une pluralité de plateaux anti-flambement (40) positionnés de manière équidistante dans l'épaisseur de l'élément calorifuge.
8. Cuve selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle un élément calorifuge comprend des moyens de positionnement aptes à positionner le plateau anti-flambement dans l'épaisseur de l'élément calorifuge.
9. Cuve selon la revendication 8, dans laquelle les moyens de positionnement sont agencés sur les éléments porteurs, pour bloquer la translation du plateau anti-flambement dans une direction longitudinale de la pluralité d'éléments porteurs.
10. Cuve selon la revendication 9, dans laquelle les moyens de positionnement comportent un épaulement (61) défini par une différence de section transversale entre deux segments longitudinaux adjacents d'un élément porteur de la pluralité d'éléments porteurs.
11. Cuve selon la revendication 10, dans laquelle pour l'épaulement (61) apte à maintenir le plateau anti-flambement, les dimensions de la pluralité d'ouvertures du plateau anti-flambement sont comprises entre des dimensions en section d'un premier des deux segments et des dimensions en section du deuxième segment de l'élément porteur.
12. Cuve selon la revendication 9, dans laquelle les moyens de positionnement comportent un tube entretoise enfilé sur un élément porteur, le tube entretoise ayant un diamètre externe supérieur aux dimensions de l'ouverture du panneau anti-flambement pour fournir à une extrémité du tube entretoise, un appui au panneau anti-flambement, et à l'autre extrémité du tube entretoise un appui contre le panneau de fond de l'élément calorifuge ou un autre plateau anti-flambement.
13. Cuve selon la revendication 9, dans laquelle les moyens de positionnement comportent une portion longitudinale d'un élément porteur qui s'évase depuis la première extrémité de l'élément porteur vers la seconde extrémité de

l'élément porteur et dans laquelle les dimensions d'une ouverture du plateau anti-flambement correspondent sensiblement aux dimensions de la section de la portion longitudinale de l'élément porteur.

- 5 14. Cuve selon la revendication 8, dans laquelle les moyens de positionnement comportent des piliers de soutien orthogonaux au panneau de fond, dont une première extrémité est solidaire du panneau de fond et l'autre extrémité sert de point d'appui audit plateau anti-flambement.
- 10 15. Navire (70) pour le transport d'un produit liquide froid, le navire comportant une double coque (72) et une cuve (71) selon une des revendications 1 à 14 disposée dans la double coque.
16. Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon la revendication 15, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre (77) vers ou depuis la cuve du navire (71).
- 15 17. Système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant un navire (70) selon la revendication 15, des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) agencées de manière à relier la cuve (71) installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre (77) et une pompe pour entraîner un 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.
- 20

Patentansprüche

- 25 1. In eine Haltestruktur integriertes, dichtes und wärmeisolierendes Gefäß zur Aufnahme einer Flüssigkeit, wobei eine Gefäßwand ausgehend vom Äußeren hin zum Inneren des Gefäßes umfasst:

eine Trägerwand (3)

eine auf der Trägerwand gehaltene wärmeisolierende Sperre (2,4), wobei die wärmeisolierende Sperre aus einer Vielzahl von nebeneinanderliegenden wärmeisolierenden Elementen (15,30) besteht, so dass sie eine Trägerfläche formen, und

eine auf der Trägerfläche aufliegende Abdichtungssperre,

ein wärmeisolierendes Element, welches eine allgemeine flache prismatische Form aufweist, umfassend:

eine Wärmedämmung (21),

eine Vielzahl von Tragelementen (33), welche die Wärmedämmung in Richtung ihrer Schichtdicke senkrecht zur Gefäßwand durchkreuzen und

eine Abdeckplatte (11, 43) und eine Bodenplatte (16,31) parallel zur Gefäßwand an einem ersten Ende beziehungsweise an einem zweiten Ende der Tragelemente des wärmeisolierenden Elementes angeordnet, so dass sie äußere Wände des wärmeisolierenden Elementes bilden, wobei die ersten Enden der Tragelemente auf der Abdeckplatte angebracht sind und die zweiten Enden der Tragelemente auf der Bodenplatte angebracht sind,

dadurch gekennzeichnet, dass das wärmeisolierende Element unter anderem eine nicht biegbare, parallel zur Abdeckplatte und zur Bodenplatte angeordnete Platte (40) aufweist, welche zwischen einem ersten (21 a) und einem zweiten (21 b) Höhenteilabschnitt des wärmeisolierenden Elementes angeordnet ist, wobei die nicht biegbare Platte von der Vielzahl der Tragelemente (33) in einer Vielzahl von Öffnungen (41) gekreuzt wird, wobei die Öffnungen von der nicht biegbaren Platte in einer durch die nicht biegbare Platte definierten Ebene so voneinander beabstandet sind, dass ein Abstand zwischen den benachbarten Tragelementen gewährleistet ist.

2. Gefäß gemäß Anspruch 1, wobei eine Öffnung (41) der nicht biegbaren Platte eine größere Abmessung als die Abmessung eines transversalen Abschnittes des in der Öffnung eingebrachten Tragelementes aufweist, so dass ein Montagespielraum (42) verbleibt.
3. Gefäß gemäß Anspruch 2, wobei der Montagespielraum (42) kleiner als drei Millimeter ist.
4. Gefäß gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die nicht biegbare Platte mittig zwischen der Bodenplatte und der Abdeckplatte angeordnet ist.

5. Gefäß gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Wärmedämmung eine zweite, parallel zur Bodenplatte und zur Abdeckplatte angeordnete nicht biegbare Platte umfasst, welche zwischen dem zweiten und einem dritten Höhenteilabschnitt angeordnet ist, wobei die zweite nicht biegbare Platte von der Vielzahl von Tragelementen in einer Vielzahl von Öffnungen durchkreuzt wird und in der Ausrichtung der Öffnungen der ersten nicht biegbaren Platte angeordnet ist

6. Gefäß gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei ein wärmeisolierendes Element eine Vielzahl von nicht biegbaren Platten (40) umfasst, wobei die nicht biegbaren Platten in einer größeren oder gleichen Anzahl im Verhältnis zu einer theoretisch bestimmten Anzahl vorhanden sind, so dass der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Stützpunkten (47) des Tragelementes entsprechend der Längsausrichtung des Tragelementes kleiner als eine vorgegebene kritische Höhe H_c ist, wobei die kritische Höhe gleich ist:

$$H_c = \sqrt{\frac{\pi^2 E S}{12 \sigma}}$$

mit:

E: Youngsches Modul des Trägerelements,
S: Querschnittsfläche des Trägerelements,
 σ : ist ein Grenzwert in der Materialverdichtung

wobei die Stützpunkte das zweite Ende des auf der Bodenplatte angebrachten Tragelements und das erste Ende des auf der Abdeckplatte angebrachten Tragelements sind und wobei jeder Abschnitt des Tragelements in eine Öffnung der nicht biegbaren Platte eingebracht ist.

7. Gefäß gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das wärmeisolierende Element eine Vielzahl von nicht biegbaren Platten (40) umfasst, welche gleichförmig beabstandet über die Schichtdicke des wärmeisolierenden Elementes angeordnet sind.

8. Gefäß gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei ein wärmeisolierendes Element Positionierungsmittel umfasst, welche in der Lage sind, die nicht biegbare Platte innerhalb der Höhe des wärmeisolierenden Elementes zu positionieren.

9. Gefäß gemäß Anspruch 8, wobei die Positionierungsmittel so angeordnet sind, dass sie die Translation der nicht biegbaren Platte in eine Längsrichtung der Vielzahl der Tragelemente verhindern.

10. Gefäß gemäß Anspruch 9, wobei die Positionierungsmittel einen Vorsprung (61) aufweisen, welcher durch die Differenz der transversalen Abschnitte zwischen zwei nebeneinanderliegenden Längssegmenten eines Tragelementes aus der Vielzahl der Tragelemente definiert wird.

11. Gefäß gemäß Anspruch 10, wobei für den Vorsprung (61), welcher dazu geeignet ist, die nicht biegbare Platte zu tragen, die Abmessungen der Vielzahl der Öffnungen der nicht biegbaren Platte zwischen den Abmessungen eines Abschnittes des ersten der zwei Segmente und den Abmessungen des Abschnittes des zweiten Segmentes des Trägerelements liegen.

12. Gefäß gemäß Anspruch 9, wobei die Positionierungsmittel eine auf ein Trägerelement aufgezoogene Distanzhülse umfassen, wobei die Distanzhülse einen Außendurchmesser aufweist, welcher größer ist als die Abmessung der Öffnung der nicht biegbaren Platte, um an einem Ende der Distanzhülse eine Abstützung der nicht biegbaren Platte zur Verfügung zu stellen, und um am anderen Ende der Distanzhülse eine Abstützung des wärmeisolierenden Elementes oder einer anderen nicht biegbaren Platte gegen die Bodenplatte zur Verfügung zu stellen.

13. Gefäß gemäß Anspruch 9, wobei die Positionierungsmittel einen Längsabschnitt eines Trägerabschnittes umfassen, welcher sich von dem ersten Ende des Trägerelements zum zweiten Ende des Tragelementes ausweitet und wobei die Abmessungen einer Öffnung der nicht biegbaren Platte im Wesentlichen den Abmessungen des Abschnittes

des Längsabschnittes des Tragelementes entsprechen.

14. Gefäß gemäß Anspruch 8, wobei die Positionierungsmittel zur Bodenplatte orthogonal angeordnete Stützpfeiler umfassen, bei denen ein erstes Ende fest mit der Bodenplatte verbunden ist und das andere Ende als Stützpunkt der nicht biegbaren Platte dient.
15. Schiff (70) zum Transport einer kalten Flüssigkeit, wobei das Schiff eine Doppelhülle (72) und ein in der Doppelhülle angeordnetes Gefäß gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14 umfasst.
16. Verfahren zur Be- und Entladung eines Schiffs (70) gemäß Anspruch 15, wobei eine kalte Flüssigkeit von oder nach einer schwimmenden oder erdverbundenen Speicheranlage (77) zu oder von dem Gefäß des Schiffs (71) durch isolierte Rohrleitungen (73, 79, 76, 81) geleitet wird.
17. Transfersystem für eine kalte Flüssigkeit, wobei das System ein Schiff (70) gemäß Anspruch 15, isolierte Rohrleitungen (73, 79, 76, 81), welche so angeordnet sind, dass sie das in der Schiffshülle angeordnete Gefäß (71) mit einer schwimmenden oder erdverbundenen Speicheranlage (77) verbinden, sowie eine Pumpe umfasst, um einen Strom kalter Flüssigkeit durch isolierte Rohrleitungen von oder nach der schwimmenden oder erdverbundenen Speicheranlage zu oder von dem Schiff zu leiten.

Claims

1. A sealed, thermally insulated tank incorporated into a support structure for containing a fluid, in which a tank wall comprises, from the outside of the tank toward the inside of the tank:
 - a load-bearing wall (1),
 - a thermal insulation barrier (2, 4) retained on the load-bearing wall, the thermal insulation barrier being formed from a plurality of insulating elements (15, 30) juxtaposed to form a support surface, and
 - a sealing barrier (3, 5) bearing on the support surface,
 - an insulating element having a generally flattened prismatic shape, and comprising:
 - a thermal insulating material (21),
 - a plurality of load-bearing elements (33) passing through the thermal insulating material along a direction of thickness perpendicular to the tank wall, and
 - a cover panel (11, 34) and a base panel (16, 31) parallel to the tank wall and arranged at the first ends and the second ends, respectively, of the load-bearing elements of the insulating element, so as form exterior walls of the insulating element, the first ends of the load-bearing elements being fastened to the cover panel and the second ends of the load-bearing elements being fastened to the base panel, and
 - characterized in that** the insulating element further comprises an anti-buckling plate (40), parallel to the cover panel (11, 34) and to the base panel, sandwiched between a first (21 a) and a second (21 b) portion of the thickness of said thermal insulating material (21), the anti-buckling plate having a plurality of load-bearing elements (33) passing through it in a plurality of openings (41) in the anti-buckling plate, the openings being spaced apart from one another so as to provide a distance between two neighboring load-bearing elements, in a plane defined by the anti-buckling plate.
2. The tank as claimed in claim 1, wherein an opening (41) in the anti-buckling plate has dimensions greater than the dimensions of a cross section of the load-bearing element engaged in the opening, so as to leave an assembly clearance (42).
3. The tank as claimed in claim 2, wherein the assembly clearance (42) is less than three millimeters.
4. The tank as claimed in any of claims 1 to 3, wherein the anti-buckling plate (40) is positioned halfway between the base panel and the cover panel.
5. The tank as claimed in any of claims 1 to 4, wherein the thermal insulating material comprises a second anti-buckling plate parallel to the base panel and the cover panel, sandwiched between the second and a third portion of the thickness of said thermal insulating material, the second anti-buckling plate having the plurality of load-bearing elements passing through it in a plurality of

openings positioned in alignment with the openings in the first anti-buckling plate.

6. The tank as claimed in any of claims 1 to 5, wherein a said insulating element comprises a plurality of anti-buckling plates (40), the number of anti-buckling plates being greater than or equal to a theoretical number defined in such a way that the distance between two successive support points (47) of a load-bearing element according to the longitudinal orientation of the load-bearing element is less than a predetermined critical height H_c , said critical height being equal to:

$$H_c = \sqrt{\frac{\pi^2 ES}{12\sigma}}$$

where:

E: Young's modulus of the load-bearing element,
S: cross-sectional surface area of the load-bearing element,
 σ is an ultimate compressive stress of the material

where the support points are the second end of the load-bearing element fastened to the base panel, the first end of the load-bearing element fastened to the cover panel, and each portion of the load-bearing element engaged in an opening of the anti-buckling plates.

7. The tank as claimed in any of claims 1 to 6, wherein the insulating element comprises a plurality of anti-buckling plates (40) positioned in an equidistant way in the thickness of the insulating element.
8. The tank as claimed in any of claims 1 to 7, wherein an insulating element comprises positioning means capable of positioning the anti-buckling plate in the thickness of the insulating element.
9. The tank as claimed in claim 8, wherein the positioning means are arranged on the load-bearing elements, to prevent the translation of the anti-buckling plate in a longitudinal direction of the plurality of load-bearing elements.
10. The tank as claimed in claim 9, wherein the positioning means comprise a shoulder (61) formed by a difference in cross section between two adjacent longitudinal segments of one load-bearing element of the plurality of load-bearing elements.
11. The tank as claimed in claim 10, wherein, for the shoulder (61) capable of supporting the anti-buckling plate, the dimensions of the plurality of openings in the anti-buckling plate lie between cross-sectional dimensions of a first of the two segments and cross-sectional dimensions of the second segment of the load-bearing element.
12. The tank as claimed in claim 9, wherein the positioning means comprise a spacer tube fitted onto a load-bearing element, the spacer tube having an outside diameter greater than the dimensions of the opening in the anti-buckling panel so as to provide, at one end of the spacer tube, a bearing point for the anti-buckling panel, and, at the other end of the spacer tube, a bearing point for the base panel of the insulating element or another anti-buckling plate.
13. The tank as claimed in claim 9, wherein the positioning means comprise a longitudinal portion of a load-bearing element which is flared from the first end of the load-bearing element toward the second end of the load-bearing element, and wherein the dimensions of an opening in the anti-buckling plate substantially correspond to the cross-sectional dimensions of the longitudinal portion of the load-bearing element.
14. The tank as claimed in claim 8, wherein the positioning means comprise supporting pillars orthogonal to the base panel, a first end of each pillar being fastened to the base panel, while the other end serves as a bearing point for said anti-buckling plate.
15. A ship (70) for transporting a refrigerated liquid product, the ship comprising a double hull (72) and a tank (71) as claimed in any of claims 1 to 14 positioned in the double hull.
16. A method for loading or unloading a ship (70) as claimed in claim 15, wherein a refrigerated liquid product is conveyed

through insulated pipes (73, 79, 76, 81) from or to a floating or land-based storage installation (77) to or from the tank of the ship (71).

- 5 **17.** A transfer system for a refrigerated liquid product, the system comprising a ship (70) as claimed in claim 15, insulated pipes (73, 79, 76, 81) arranged so as to connect the tank (71) installed in the ship's hull to a floating or land-based storage installation (77), and a pump for propelling a flow of refrigerated liquid product through the insulated pipes from or to the floating or land-based storage installation to or from the ship's tank.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

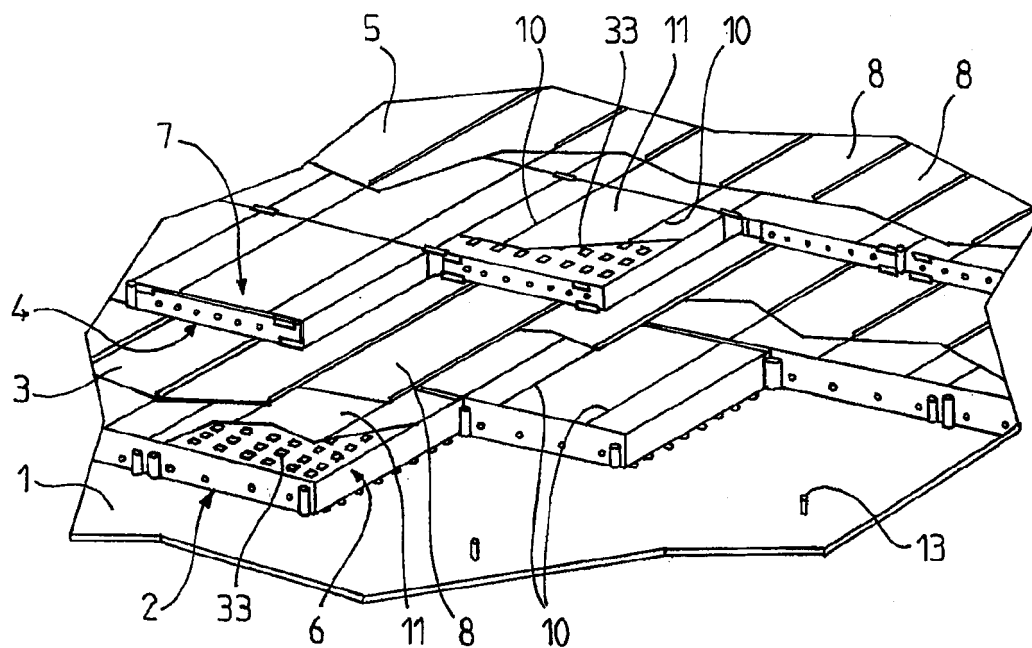


FIG.1

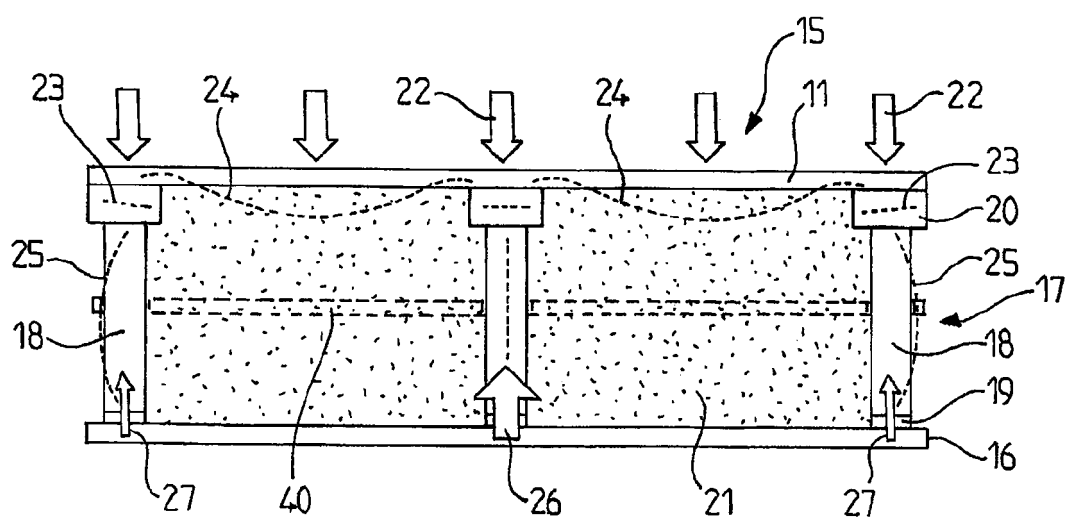


FIG.2

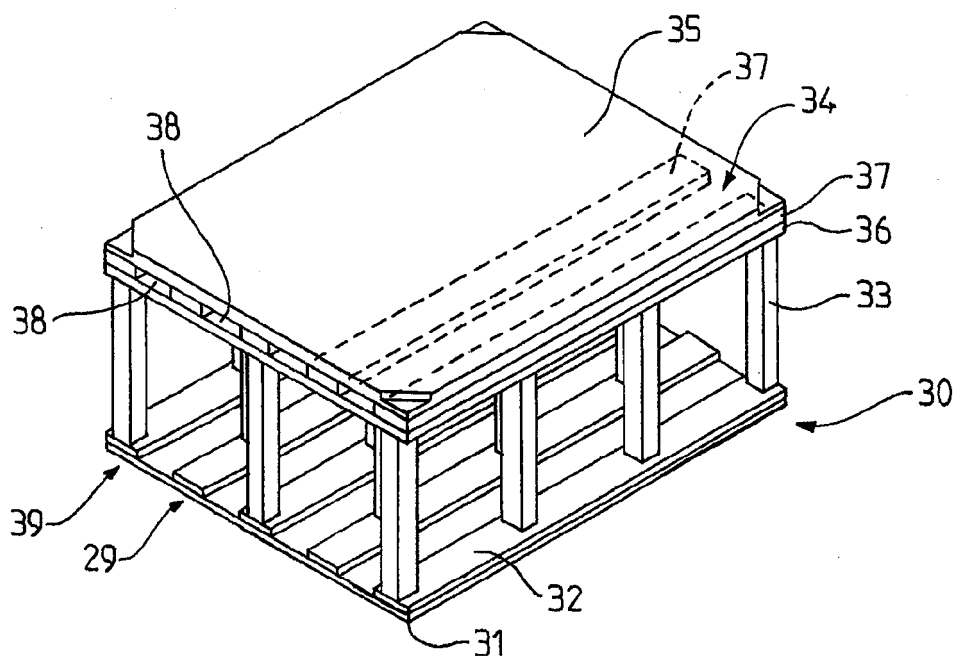


FIG. 3

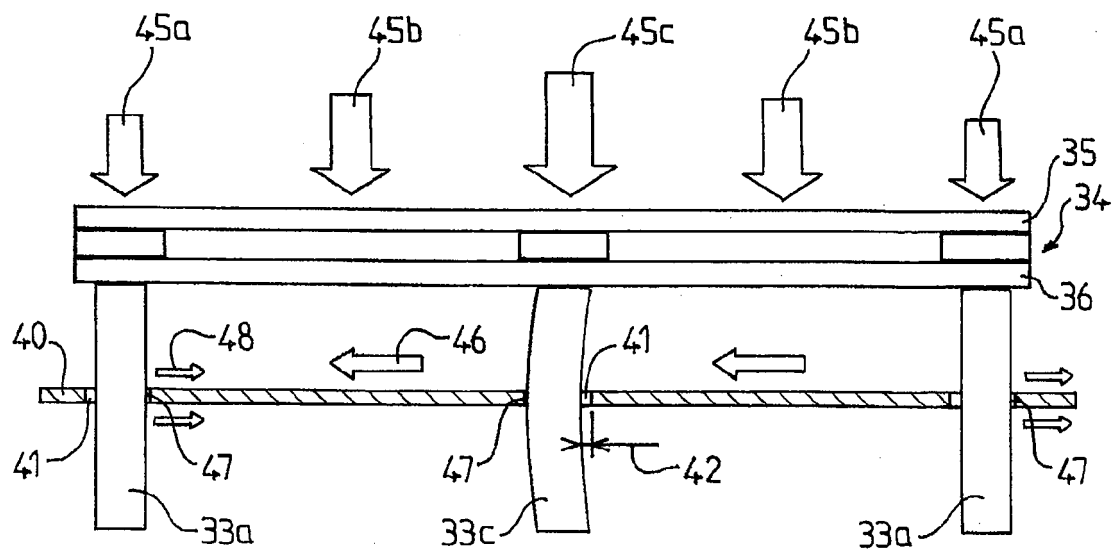


FIG. 4

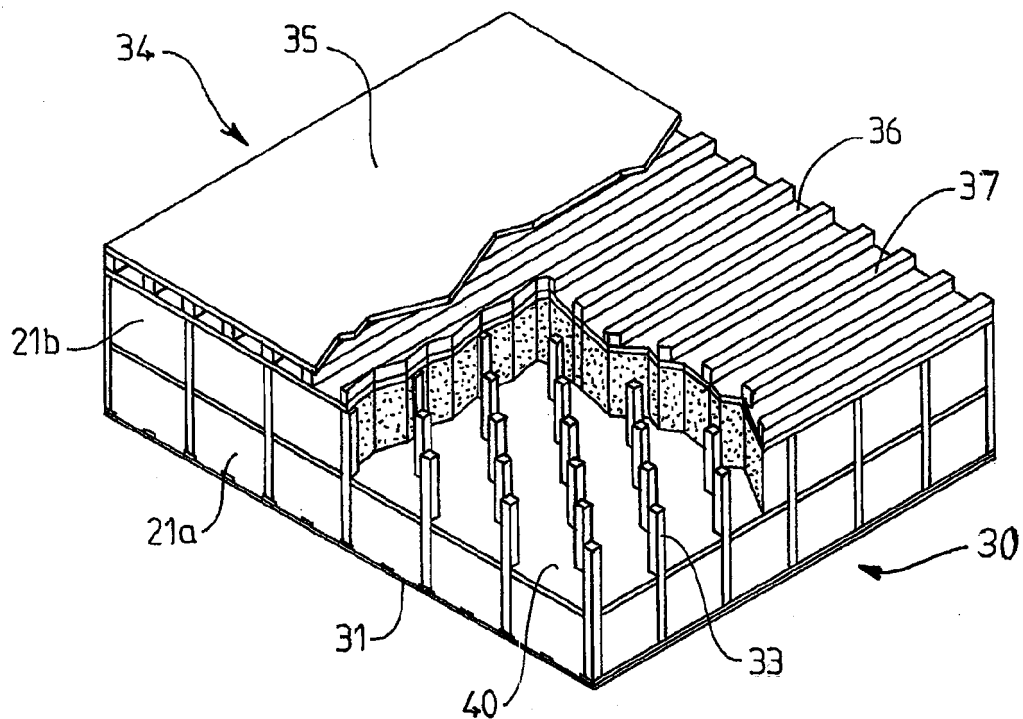


FIG. 5

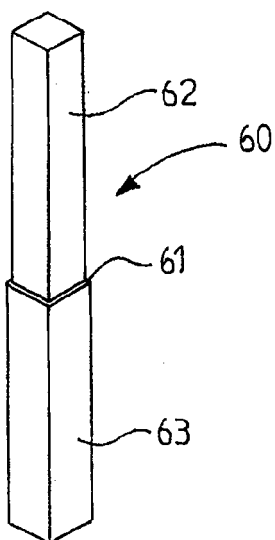


FIG. 6

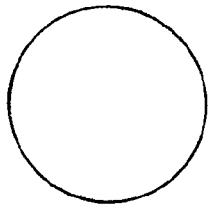


FIG. 7a

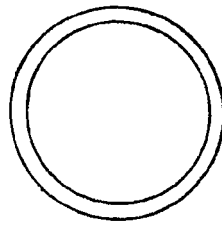


FIG. 7b

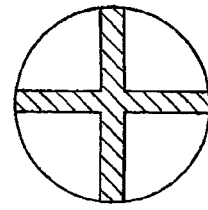


FIG. 7c

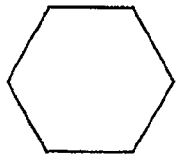


FIG. 7d

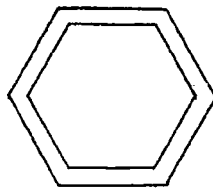


FIG. 7e

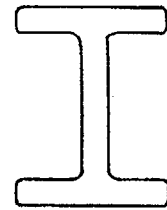


FIG. 7f

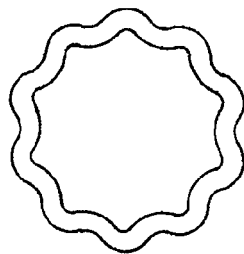


FIG. 7g

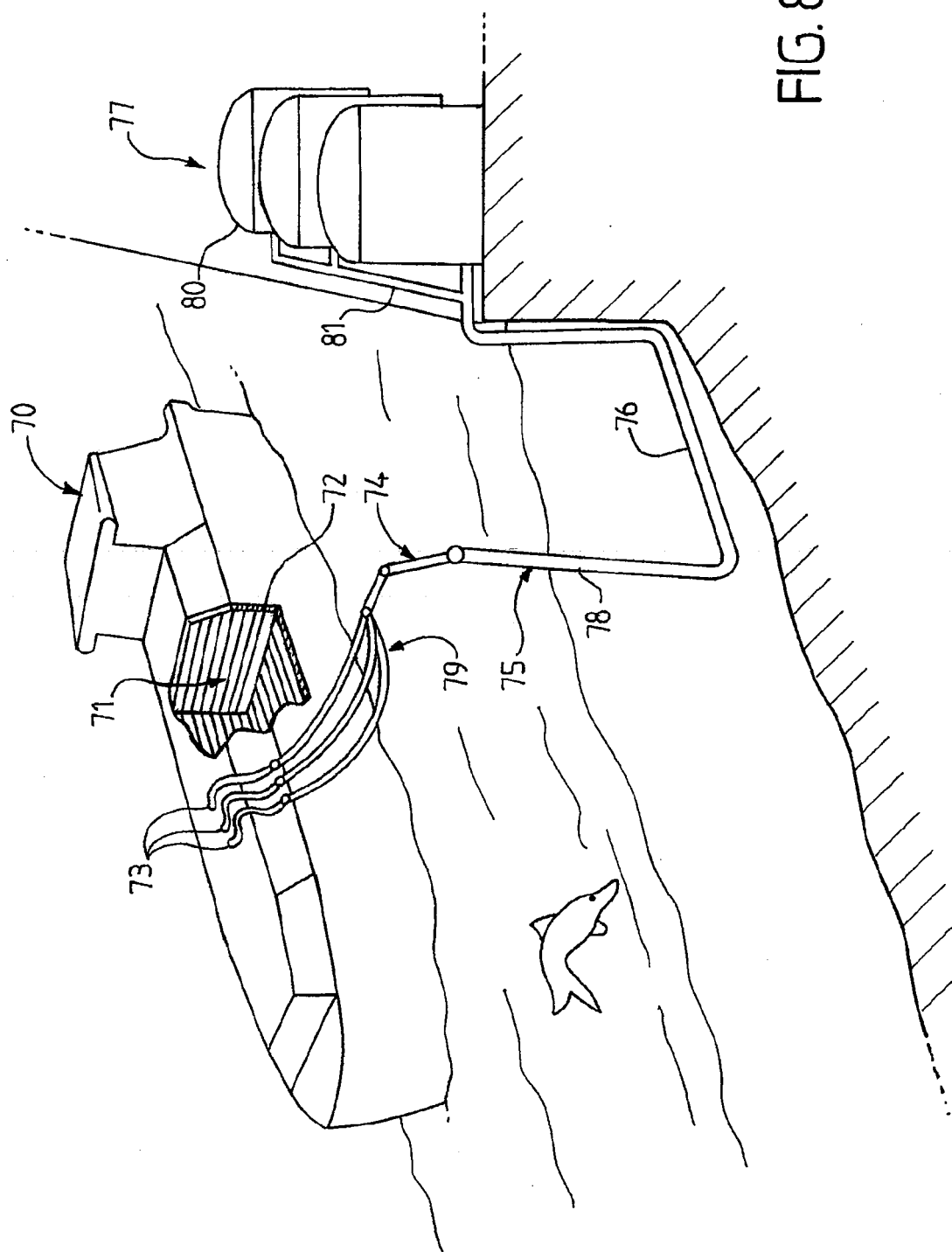


FIG. 8

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 2798902 A [0002]
- FR 2877638 A [0003]
- FR 2973097 A [0047]