



(11) **EP 4 471 320 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
04.12.2024 Bulletin 2024/49

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F17C 13/00^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **24178947.8**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
**F17C 13/004; F17C 2201/0157; F17C 2201/052;
F17C 2201/054; F17C 2203/0358; F17C 2221/012;
F17C 2221/033; F17C 2221/035; F17C 2223/0161;
F17C 2223/033; F17C 2260/013; F17C 2270/0107**

(22) Date de dépôt: **29.05.2024**

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

Etats d'extension désignés:

BA

Etats de validation désignés:

GE KH MA MD TN

(30) Priorité: **30.05.2023 FR 2305363**

(71) Demandeur: **GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ
78470 Saint-Rémy-lès-Chevreuse (FR)**

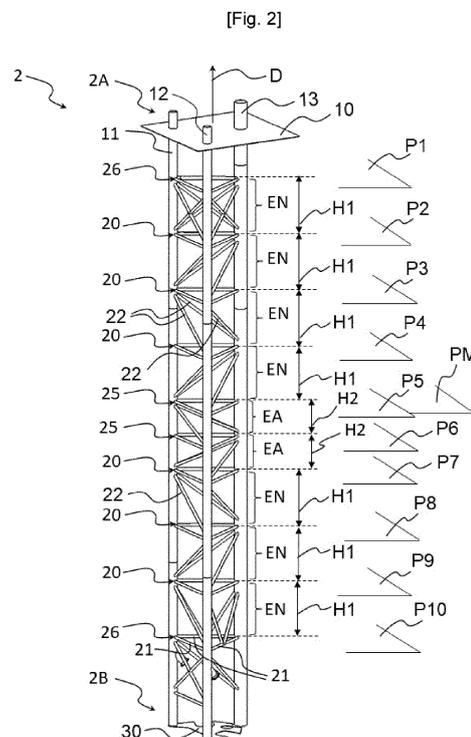
(72) Inventeurs:

- **LEROUX, Nicolas**
78470 Saint-Remy-les-Chevreuse (FR)
- **BARDIN, Florian**
78470 Saint-Remy-les-Chevreuse (FR)
- **BEAUQUET, Antoine**
78470 Saint-Remy-les-Chevreuse (FR)
- **HIVERT, Emmanuel**
78470 Saint-Remy-les-Chevreuse (FR)

(74) Mandataire: **Loyer & Abello**
9, rue Anatole de la Forge
75017 Paris (FR)

(54) **TOUR DESTINÉE AU CHARGEMENT ET/OU DÉCHARGEMENT D'UNE CUVE DESTINÉE À CONTENIR UN GAZ LIQUÉFIÉ**

(57) L'invention concerne une tour (2) destinée au chargement et/ou déchargement d'une cuve (1) destinée à contenir un gaz liquéfié, la tour comprenant au moins deux mâts (11, 12, 13) creux qui s'étendent parallèlement selon une direction longitudinale (D), les mâts étant reliés par des structures de renfort (20, 25, 26), chaque structure de renfort comprenant au moins une traverse (21) et s'étendant perpendiculairement à ladite direction longitudinale, les structures de renfort étant réparties le long des mâts en étant espacées par des espacements (EN, EA) situés entre les structures de renfort adjacentes le long des mâts, les structures de renfort étant distribuées de sorte que les espacements comportent une pluralité d'espacement normaux (EN) présentant une distance d'espacement normale (H1), et un nombre égal à un ou deux d'espacements d'adaptation (EA) présentant une distance d'espacement d'adaptation (H2) différente de ladite distance d'espacement normale.



EP 4 471 320 A1

Description

Domaine technique

[0001] L'invention se rapporte au domaine du stockage et/ou transport d'un gaz liquéfié et concerne plus particulièrement une tour permettant de charger et/ou décharger du gaz liquéfié dans une cuve destinée à cet usage.

[0002] En particulier, l'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes pour le stockage et/ou le transport de gaz liquéfié à basse température, telles que des cuves pour le transport de Gaz Naturel Liquéfié (GNL) à environ -162°C à pression atmosphérique, d'Hydrogène liquide (LH_2) à -253°C à pression atmosphérique, d'ammoniaque (NH_3) à -30°C à pression atmosphérique ou de Gaz de Pétrole Liquéfié (aussi appelé GPL) présentant par exemple une température comprise entre -50°C et 0°C . Ces cuves peuvent être installées à terre ou sur un ouvrage flottant. Dans le cas d'un ouvrage flottant, la cuve peut être destinée au transport de gaz liquéfié ou à recevoir du gaz liquéfié servant de carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant.

Arrière-plan technologique

[0003] Dans l'état de la technique, il est connu des cuves étanches et thermiquement isolantes de stockage de gaz naturel liquéfié (GNL) embarquées dans un navire et équipées d'une tour pour leur chargement et/ou déchargement. Cette tour s'étend verticalement dans la cuve, entre un fond de cette cuve et un plafond de celle-ci.

[0004] La tour destinée au chargement et/ou déchargement comporte par exemple une structure tripode, c'est-à-dire qu'elle comporte trois mâts verticaux qui sont fixés les uns aux autres par des traverses horizontales réparties à intervalles réguliers le long des mâts et des traverses diagonales reliant deux à deux les mâts entre les traverses horizontales. Chacun des mâts verticaux est creux. Deux des mâts forment une ligne de déchargement de la cuve et sont pour ce faire chacun associé à une pompe de déchargement portée par la tour, à proximité de son extrémité inférieure. Le troisième mât forme quant à lui un puits de secours permettant la descente d'une pompe de secours et d'une ligne de déchargement en cas de défaillance des autres pompes de déchargement. La tour porte également des lignes de chargement qui ne constituent pas l'un des trois mâts.

[0005] La tour destinée au chargement et/ou déchargement de la cuve s'étend sur toute la profondeur de la cuve. Or, les cuves destinées au transport et/ou au stockage de gaz liquéfié peuvent présenter différentes tailles selon l'usage auquel elles sont destinées. Les cuves de méthanier ayant pour vocation de transporter du gaz liquéfié présentent par exemple de plus grandes dimensions que les cuves dans lesquelles est stocké du gaz liquéfié servant de carburant pour les besoins du navire,

notamment pour sa propulsion. En outre, il existe pour chaque usage différents modèles de cuve présentant des dimensions différentes, notamment des profondeurs différentes.

5 **[0006]** Il est donc nécessaire d'adapter la hauteur de la tour à la profondeur de la cuve dans laquelle elle est destinée à être montée.

[0007] A cet effet, il est connu de modifier la géométrie de la tour uniquement dans sa partie haute, destinée à être fixée à la paroi de plafond de la cuve. Plus précisément, c'est la distance entre les extrémités hautes des mâts de la tour et les premières traverses horizontales, les plus proches de ces extrémités hautes des mâts, qui est modifiée afin d'obtenir des tours de hauteurs différentes. Des traverses horizontales sont ajoutées ou retirées tout en conservant le même intervalle régulier entre toutes les traverses horizontales. Les positions relatives des mâts et des autres traverses horizontales restent inchangées.

10 **[0008]** En conséquence de cette adaptation de la hauteur totale de la tour au niveau de sa partie haute, la distance entre les premières traverses horizontales et les extrémités hautes des mâts de la tour varie d'une tour à une autre en fonction de sa hauteur totale.

15 **[0009]** Cette variation de distance entre les premières traverses horizontales et les extrémités hautes des mâts peut notamment entraîner des difficultés d'utilisation lors de travaux dans la cuve lorsque cette distance est réduite : l'accès à la plateforme permettant les travaux dans la cuve peut être rendu difficile lorsque les premières traverses horizontales sont trop proches de la paroi de plafond de la cuve.

20 **[0010]** En outre, lors de son utilisation en mer dans une cuve de stockage pour le transport de gaz liquéfié ou dans une cuve de stockage pour gaz liquéfié utilisé comme carburant, la tour est soumise à d'importantes contraintes mécaniques, liées d'une part aux changements de température occasionnés par le chargement/déchargement du gaz liquéfié et d'autre part aux phénomènes de ballonnement de la cargaison, appelés « sloshing » en langue anglaise. Ces phénomènes sont susceptibles d'être très violents à l'intérieur de la cuve et par conséquent de générer des efforts importants dans la cuve et notamment sur ses équipements, tels que la tour destinée au chargement et/ou au déchargement du gaz liquéfié.

25 **[0011]** La variation de la distance entre les premières traverses et la paroi de plafond de la cuve peut ainsi rendre complexe la validation structurelle de la tour vis-à-vis des contraintes mécaniques et thermiques qu'elle doit pouvoir supporter.

30 **[0012]** Enfin, la variation de la distance entre les premières traverses horizontales et la paroi de plafond de la cuve influence également les efforts que la paroi de plafond de la cuve doit reprendre. Cette variation doit donc également être prise en compte lors de la validation structurelle de la cuve.

35 **[0013]** L'utilisation de tours présentant différentes dis-

tances entre les extrémités hautes des mâts et les premières traverses horizontales présente ainsi plusieurs inconvénients.

Résumé

[0014] Une idée à la base de l'invention est de fournir une tour destinée au chargement et/ou déchargement en gaz liquéfié de la cuve dont la géométrie autorise une adaptation de la hauteur de la tour par des modifications simples à réaliser et à gérer.

[0015] Selon un mode de réalisation, l'invention propose une tour destinée au chargement et/ou déchargement d'une cuve destinée à contenir un gaz liquéfié, la tour comprenant au moins deux mâts creux qui s'étendent parallèlement selon une direction longitudinale, les mâts étant reliés par des structures de renfort, chaque structure de renfort comprenant au moins une traverse et s'étendant perpendiculairement à ladite direction longitudinale, les structures de renfort étant réparties le long des mâts en étant espacées par des espacements situés entre les structures de renfort adjacentes le long des mâts, les structures de renfort étant distribuées de sorte que les espacements comportent une pluralité d'espacements normaux présentant une distance d'espacement normale, et un nombre égal à un ou deux d'espacements d'adaptation présentant une distance d'espacement d'adaptation différente de ladite distance d'espacement normale.

[0016] Grâce à ces caractéristiques, il est possible d'obtenir des tours présentant différentes hauteurs totales sans modifier la distance entre les extrémités hautes des mâts et la structure de renfort la plus proche de ces extrémités hautes. Il est possible, pour faire varier la hauteur totale de la tour, d'ajouter ou de retirer des structures de renfort, et de localiser les modifications structurelles sur un ou deux couples de structures de renfort délimitant le ou les espacements d'adaptation. Ainsi, les inconvénients liés à la distance variable entre l'extrémité haute des mâts et la structure de renfort la plus proche de cette extrémité haute sont éliminés. En outre, la validation structurelle de la tour est simplifiée.

[0017] Selon des modes de réalisation, une telle tour peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

[0018] Selon un mode de réalisation, la tour comprenant au moins trois mâts, chaque structure de renfort comporte un nombre de traverses égale au nombre de mâts, lesdites traverses de chaque structure de renfort étant disposées selon un polygone plan.

[0019] Ainsi, les mâts forment avec les structures de renfort un prisme droit dont la base est le polygone plan dessiné par les structures de renfort extrêmes. La stabilité de la tour est assurée.

[0020] Selon un mode de réalisation, la distance d'espacement normale est la même pour tous les espacements normaux.

[0021] Selon un mode de réalisation, il est prévu trois

mâts et chaque structure de renfort comporte trois traverses.

[0022] Selon un mode de réalisation, ledit ou chaque espacement d'adaptation est disposé entre un premier sous-ensemble des espacements normaux et un deuxième sous-ensemble des espacements normaux.

[0023] Selon un mode de réalisation, ledit ou chaque espacement d'adaptation est disposé à mi-chemin entre deux structures de renfort extrêmes de la tour.

[0024] Ainsi, la modification de la géométrie de la tour est avantageusement localisée à distance des extrémités longitudinales de la tour. La modification de la géométrie de la tour est en outre préférentiellement localisée à proximité d'un plan médian situé à mi-distance entre les structures de renfort extrêmes.

[0025] Selon un mode de réalisation, ledit ou chaque espacement d'adaptation est délimité par une structure de renfort médiane, la structure de renfort médiane étant disposée de telle sorte qu'un nombre de structures de renfort situées au-dessus de ladite structure de renfort médiane et un nombre de structures de renfort situées en dessous de ladite structure de renfort médiane ont une différence inférieure ou égale à 1.

[0026] L'espacement d'adaptation ou les deux espacements d'adaptation sont ainsi situés à proximité du milieu en hauteur de la partie de la tour comportant les structures de renfort.

[0027] Selon un mode de réalisation, la tour comprend deux espacements d'adaptation, et les distances d'espacement d'adaptation desdits deux espacements d'adaptation sont identiques ou différentes.

[0028] Lorsque les distances d'adaptation desdits deux espacements d'adaptation sont identiques, il est possible de répartir les espacements d'adaptation de manière symétrique par exemple par rapport au plan médian. La fabrication et le montage de la tour sont simplifiés. La répartition des efforts mécaniques sur la tour est améliorée.

[0029] Lorsque les distances d'adaptation desdits deux espacements d'adaptation sont différentes, la fixation des équipements sur la tour peut être plus aisée.

[0030] Selon un mode de réalisation, lesdits deux espacements d'adaptation sont adjacents dans la direction longitudinale. L'adaptation en hauteur de la tour est ainsi réalisée dans une seule région de la tour localisée sur une étendue limitée de la tour selon la direction longitudinale D. La fabrication et le montage de la tour sont facilités.

[0031] Selon un mode de réalisation, une dite distance d'espacement d'adaptation est strictement inférieure à ladite distance d'espacement normale.

[0032] La validation structurelle de la tour est simplifiée.

[0033] Selon un mode de réalisation, ladite distance d'espacement normale est comprise entre 1500 et 3000 millimètres.

[0034] Selon un mode de réalisation, la distance d'espacement d'adaptation est strictement supérieure à une

valeur minimale de la distance d'espacement normale et inférieure ou égale à une valeur maximale de la distance d'espacement normale.

[0035] Les valeurs minimales et maximales de la distance d'espacement normale sont par exemple égales à 1500 et 3000 millimètres (mm). Pour chaque tour selon l'invention, la distance d'espacement normale est constante et comprise entre lesdites valeurs minimales et maximales.

[0036] Dans certains modes de réalisation, la distance d'espacement d'adaptation est supérieure à ladite distance d'espacement normale.

[0037] Selon un mode de réalisation, il est prévu au moins quatre structures de renfort.

[0038] Selon un mode de réalisation, la distance entre une extrémité longitudinale de la tour et une structure de renfort extrême la plus proche de ladite extrémité longitudinale est déterminée en tenant compte d'une hauteur totale de la tour, des contraintes de résistance thermique et mécanique de celle-ci ainsi que des contraintes d'encombrement liées à l'installation de la tour dans la cuve.

[0039] Selon un mode de réalisation, un nombre d'espacements d'adaptation et/ou la distance d'espacement d'adaptation est déterminé en fonction d'une distance entre une ou chaque extrémité longitudinale de la tour et une structure de renfort extrême la plus proche de cette extrémité longitudinale, de ladite distance d'espacement normale et d'une hauteur totale de la tour.

[0040] Selon un mode de réalisation, la tour comporte en outre des traverses additionnelles reliant les mâts deux à deux entre lesdites structures de renfort, selon des directions obliques par rapport à la direction longitudinale.

[0041] Selon un mode de réalisation, au moins une dite traverse additionnelle est disposée dans chacun des espacements situés entre les structures de renfort de la tour.

[0042] En particulier, il est prévu au moins une traverse additionnelle dans chaque espacement d'adaptation.

[0043] L'invention concerne également une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage de gaz liquéfié, comportant une tour telle que décrite précédemment, dans laquelle une extrémité supérieure de ladite tour est suspendue à une paroi de plafond de la cuve, ladite cuve comportant en outre au moins une pompe supportée par ladite tour, pour le chargement ou le déchargement de la cuve.

[0044] Selon des modes de réalisation, une telle cuve peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

[0045] Selon un mode de réalisation, la distance entre la paroi de plafond de la cuve et une structure de renfort extrême la plus proche de l'extrémité supérieure de la tour est comprise entre 1,5 et 6 mètres, de préférence entre 1,7 et 5,5 mètres, de préférence égale à 2,7 mètres.

[0046] Selon un mode de réalisation, une distance entre l'extrémité longitudinale inférieure de la tour et une structure de renfort extrême la plus proche de l'extrémité

longitudinale inférieure de la tour est comprise entre 4.7 et 4.9 mètres.

[0047] Une telle cuve peut faire partie d'une installation de stockage terrestre, par exemple pour stocker du GNL ou être installée dans une structure flottante, côtière ou en eau profonde, notamment un navire méthanier, une unité flottante de stockage et de regazéification (FSRU), une unité flottante de production et de stockage déporté (FPSO) et autres. Une telle cuve peut aussi servir de réservoir de carburant dans tout type de navire.

[0048] L'invention concerne également un navire pour le transport d'un gaz liquéfié comportant une double coque et une cuve telle que décrite précédemment disposée dans la double coque.

[0049] L'invention fournit aussi un système de transfert pour gaz liquéfié, le système comportant le navire précité, des canalisations isolées agencées de manière à relier la cuve disposée dans la double coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre et une pompe pour entraîner un flux de gaz liquéfié à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[0050] Enfin, l'invention fournit aussi un procédé de chargement ou déchargement d'un tel navire, dans lequel on achemine un gaz liquéfié à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

[0051] L'invention concerne également un procédé de conception d'une tour telle que décrite précédemment, destinée au chargement et/ou déchargement d'une cuve destinée à contenir un gaz liquéfié, la tour comprenant au moins deux mâts creux qui s'étendent parallèlement selon une direction longitudinale, les mâts étant reliés par des structures de renfort, chaque structure de renfort comprenant au moins une traverse et s'étendant perpendiculairement à ladite direction longitudinale, cette tour présentant une hauteur totale mesurée le long de la direction longitudinale, les structures de renfort étant réparties le long des mâts en étant espacées par des espacements situés entre les structures de renfort adjacentes le long des mâts, selon lequel :

- on positionne des structures de renfort extrêmes les plus proches des extrémités longitudinales de la tour, en les disposant à des distances prédéfinies de chaque extrémité longitudinale de la tour,
- on détermine les positions des autres structures de renfort de la tour de sorte que lesdits espacements comportent une pluralité d'espacement normaux présentant une distance d'espacement normale, et un nombre égal à un ou deux d'espacement d'adaptation présentant une distance d'espacement d'adaptation différente de ladite distance d'espacement normale, ladite distance d'espacement d'adaptation étant déterminée en fonction de la hauteur totale de la tour.

[0052] L'invention concerne également un procédé de détermination de la géométrie d'un ensemble de plusieurs tours chacune destinée au chargement et/ou déchargement d'une cuve destinée à contenir un gaz liquéfié, chaque tour comprenant au moins deux mâts creux qui s'étendent parallèlement selon une direction longitudinale, les mâts étant reliés par des structures de renfort, chaque structure de renfort comprenant au moins une traverse et s'étendant perpendiculairement à ladite direction longitudinale, chaque tour présentant une hauteur totale mesurée le long de la direction longitudinale, les structures de renfort étant réparties le long des mâts en étant espacées par des espacements situés entre les structures de renfort adjacentes le long des mâts, selon lequel :

- on dispose la structure de renfort extrême la plus proche d'une extrémité longitudinale supérieure de chaque tour à une même première distance prédéfinie de cette extrémité longitudinale supérieure,
- on dispose la structure de renfort extrême la plus proche d'une extrémité longitudinale inférieure de chaque tour à une même deuxième distance prédéfinie de cette extrémité longitudinale inférieure,
- on détermine les positions des autres structures de renfort de chaque tour de sorte que lesdits espacements des structures de renfort de chaque tour comportent une pluralité d'espacements normaux présentant une distance d'espacement normale, et un nombre égal à un ou deux d'espacement d'adaptation présentant une distance d'espacement d'adaptation différente de ladite distance d'espacement normale, ladite distance d'espacement d'adaptation étant déterminée en fonction de la hauteur totale de la tour.

[0053] Ainsi, il est possible de concevoir et de fabriquer des tours de différentes hauteurs présentant toutes la même distance entre l'extrémité longitudinale supérieure de chaque tour et la structure de renfort extrême la plus proche, la même distance entre l'extrémité longitudinale inférieure de chaque tour et la structure de renfort extrême la plus proche et la même distance d'espacement normale. Ces distances sont uniformes pour les tours dudit ensemble de plusieurs tours. Seule la distance d'espacement d'adaptation est modifiée d'une tour à l'autre pour tenir compte des hauteurs totales différentes des tours.

Brève description des figures

[0054] 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.

[Fig. 1] est une représentation schématique d'une cuve destinée à contenir du gaz liquéfié, dans laquelle est installé un exemple de réalisation d'une tour destinée au chargement et/ou déchargement selon l'invention.

[Fig. 2] est une représentation schématique en perspective de la tour de la figure 1.

[Fig. 3] est une représentation schématique en perspective selon un angle de vue différent de la tour de la figure 1.

[Fig. 4] est une représentation schématique de profil de la tour de la figure 1.

[Fig. 5] est une représentation schématique de profil selon un autre angle de vue de la tour de la figure 1.

[Fig. 6] est une représentation schématique similaire à la figure 3 de la tour selon l'invention munie de pompes permettant de mettre en mouvement le gaz liquéfié pour son transfert.

[Fig. 7] est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

Description des modes de réalisation

[0055] Par convention, sur la figure 1, un repère ortho-normé défini par trois axes x, y et z est utilisé pour décrire la tour et la cuve. L'axe x correspond à un axe longitudinal du navire, orienté vers l'avant de celui-ci et l'axe y correspond à un axe transversal perpendiculaire à l'axe longitudinal du navire, sensiblement horizontal lorsque la cuve est en place dans un navire flottant sur une mer calme. L'axe z correspond à un axe transversal, perpendiculaire à l'axe longitudinal du navire, sensiblement vertical lorsque la cuve est en place dans un navire flottant sur une mer calme. Dans la suite, le terme « avant » sera utilisé en référence à l'avant du navire lorsque la cuve munie de la tour selon l'invention est disposée dans un navire.

[0056] On a représenté sur la figure 1 une cuve 1 étanche et thermiquement isolante de stockage de gaz liquéfié, qui est équipée d'une tour 2 destinée au chargement/déchargement selon l'invention, permettant notamment de charger le gaz liquéfié dans la cuve 1 et/ou de le décharger.

[0057] Le gaz liquéfié peut notamment être un gaz naturel liquéfié (GNL), c'est-à-dire un mélange gazeux comportant majoritairement du méthane ainsi qu'un ou plusieurs autres hydrocarbures, tels que l'éthane, le propane, le n-butane, le i-butane, le n-pentane le i-pentane, le néopentane, et de l'azote en faible proportion.

[0058] Le gaz liquéfié peut également être de l'éthane ou un gaz de pétrole liquéfié (GPL), c'est-à-dire un mé-

lange d'hydrocarbures issu du raffinage du pétrole comportant essentiellement du propane et du butane.

[0059] Le gaz naturel liquéfié est stocké à une température d'environ -162°C à la pression atmosphérique.

[0060] Alternativement, le gaz naturel liquéfié peut être de l'Hydrogène liquide (LH_2) stocké à -253°C à pression atmosphérique, ou de l'ammoniaque (NH_3) stocké à -30°C à pression atmosphérique.

[0061] La cuve 1 est par exemple ancrée dans une structure porteuse 3 embarquée dans un navire. La structure porteuse 3 est par exemple formée par la double coque d'un navire mais peut plus généralement être formée de tout type de cloison rigide présentant des propriétés mécaniques appropriées. En variante, la cuve peut être autoportante.

[0062] La cuve 1 peut être destinée au transport de gaz liquéfié ou à recevoir du gaz liquéfié servant de carburant pour la propulsion du navire.

[0063] La cuve 1 est par exemple une cuve à membranes. La structure générale d'une telle cuve présente une forme polyédrique et est bien connue en soi. Elle ne sera pas redécrite entièrement dans tous les détails ici, mais on rappelle ci-dessous quelques éléments de base de cette cuve 1 dans le cas du mode de réalisation représenté plus particulièrement sur la figure 1.

[0064] Dans une telle cuve 1, chaque paroi présente successivement, de l'extérieur vers l'intérieur, selon la direction d'épaisseur de la paroi, une barrière thermiquement isolante secondaire 4 comportant des éléments isolants reposant contre la structure porteuse 3, une membrane d'étanchéité secondaire 5 ancrée aux éléments isolants de la barrière thermiquement isolante secondaire 4, une barrière thermiquement isolante primaire 6 comportant des éléments isolants reposant contre la membrane d'étanchéité secondaire 5 et une membrane d'étanchéité primaire 7 ancrée aux éléments isolants de la barrière thermiquement isolante primaire 6 et destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve 1 (figure 1).

[0065] Selon un mode de réalisation, chaque barrière thermiquement isolante comporte une pluralité de blocs isolants parallélépipédiques rectangles juxtaposés. Les blocs isolants peuvent être réalisés de différentes manières. Selon un mode de réalisation, chaque bloc isolant parallélépipédique comporte un caisson dans lequel est logée la garniture calorifuge, ledit caisson comportant un panneau de fond et des panneaux de côté se développant entre ledit panneau de fond et le panneau de couvercle. Selon un autre mode de réalisation, chaque bloc isolant parallélépipédique comporte un panneau de fond et un panneau de couvercle avec un bloc de mousse intercalé formant ladite garniture calorifuge.

[0066] Une telle cuve peut en outre comporter une des caractéristiques suivantes :

- la membrane étanche primaire et/ou la membrane étanche secondaire comporte des plaques de tôle ondulée soudées les unes aux autres et qui compor-

tent des ondulations,

- la membrane étanche primaire et/ou la membrane étanche secondaire comporte une nappe continue de virures en acier à faible coefficient de dilatation qui sont soudées de manière étanche par leurs bords latéraux relevés sur des supports de soudure parallèles.

[0067] La tour 2 destinée au chargement et/ou déchargement en gaz liquéfié de la cuve 1 est par exemple installée au voisinage d'une paroi arrière 8 de la cuve 1, ce qui permet d'optimiser la quantité de cargaison susceptible d'être déchargée par la tour 2 dans la mesure où les navires sont généralement penchés vers l'arrière en utilisant les ballasts de façon particulière, notamment afin de limiter les vibrations (figure 1).

[0068] La tour 2 est suspendue à une paroi de plafond 9 de la cuve 1 (figure 1). La paroi de plafond 9 de la cuve 1 ferme celle-ci en partie haute. Elle comprend ici un élément de paroi de la structure porteuse 3. Selon un mode de réalisation préféré, la paroi de plafond 9 de la cuve 1 comporte, à proximité de la paroi arrière 8, un espace de forme parallélépipédique rectangle, en saillie vers le haut, appelé dôme liquide (non représenté sur les figures). Le dôme liquide est défini par deux parois transversales, avant et arrière, et par deux parois latérales qui s'étendent verticalement et font saillie de la paroi de plafond 9 vers le haut. Le dôme liquide comporte en outre un couvercle 10 horizontal, représenté sur les figures 2 à 6, auquel la tour 2 est suspendue.

[0069] La tour 2 présente une forme allongée selon une direction longitudinale D qui s'étend selon l'axe z lorsque la tour est installée dans la cuve 1. Elle s'étend entre deux extrémités longitudinales supérieure 2A et inférieure 2B, sur sensiblement toute la hauteur de la cuve 1 (figure 1). La longueur de la tour 2 selon cette direction longitudinale D sera appelée dans la suite la hauteur de la tour 2.

[0070] Chacun des mâts 11, 12, 13 est ainsi destiné à s'étendre sensiblement verticalement lorsque la tour 2 est installée dans la cuve 1.

[0071] La tour 2 selon l'invention comprend au moins deux mâts 11, 12, 13 qui s'étendent parallèlement selon ladite direction longitudinale D. Les mâts 11, 12, 13 sont reliés par des structures de renfort 20, 25, 26 comprenant chacune au moins une traverse 21 et s'étendant perpendiculairement à la direction longitudinale D (figures 2 à 6).

[0072] Chaque structure de renfort 20, 25, 26 s'étend dans un plan de renfort P_i perpendiculaire à la direction longitudinale D, avec $i = 1$ à n , n étant le nombre total de structures de renfort 20, 25, 26 prévues dans la tour 2 (figure 2). Chaque plan de renfort P_i s'étend ainsi sensiblement horizontalement lorsque la tour 2 est installée dans la cuve 1.

[0073] Chacun des mâts 11, 12, 13 est creux et traverse la paroi de plafond 9 de la cuve 1 au niveau du couvercle 10 du dôme liquide.

[0074] Selon un mode de réalisation tel que celui re-

présenté sur les figures, la tour 2 selon l'invention comporte au moins trois mâts 11, 12, 13, et chaque structure de renfort 20, 25, 26 comporte un nombre de traverses 21 égal au nombre de mâts 11, 12, 13. Les traverses 21 de chaque structure de renfort 20, 25, 26 sont disposées selon les arêtes d'un polygone dans ledit plan de renfort Pi correspondant. Autrement dit, les traverses 21 de la structure de renfort 20, 25, 26 dessinent les arêtes d'un polygone plan aux sommets duquel passent les mâts 11, 12, 13.

[0075] Dans l'exemple représenté sur les figures 1 à 6, la tour 2 comporte une structure tripode, c'est-à-dire qu'elle comporte trois mâts 11, 12, 13, verticaux, qui sont les uns aux autres par des structures de renfort 20, 25, 26 comportant chacune trois traverses 21.

[0076] Les trois mâts 11, 12, 13 définissent avec les traverses 21 un prisme à section triangulaire. Selon un mode de réalisation, deux mâts 11, 12 desdits trois mâts 11, 12, 13 sont disposés à égale distance du troisième mât 13 de sorte que la section du prisme est un triangle isocèle.

[0077] En variante, les trois mâts peuvent être disposés à égale distance les uns des autres de sorte que la section du prisme est un triangle équilatéral.

[0078] Dans l'exemple représenté sur les figures, il est prévu dix structures de renfort 20, 25, 26 disposées dans les plans de renfort P1 à P10 (figure 2). Les structures de renfort 20, 25, 26 comportent chacune trois traverses 21. Les plans de renfort P1 à P10 correspondent ici aux plans moyens des traverses 21.

[0079] Les structures de renfort 20, 25, 26 sont réparties le long des mâts 11, 12, 13 en étant espacées par des espacements EN, EA situés entre les structures de renfort 20, 25, 26 adjacentes le long des mâts 11, 12, 13 (figures 2 et 6).

[0080] Dans la suite de la description, un couple CR, CA de structures de renfort 20, 25, 26 adjacentes désigne un ensemble de deux structures de renfort 20, 25, 26 disposées côte à côte le long de ladite direction longitudinale D de la tour 2, sans qu'une autre structure de renfort 20, 25, 26 soit interposée entre les deux structures de renfort de ce couple (figures 3 et 6). Les structures de renfort 20, 25, 26 de l'un desdits couples CR, CA de structures de renfort sont séparées par l'un desdits espacements EN, EA.

[0081] Dans l'exemple représenté sur les figures, il y a neuf couples de structures de renfort 20, 25, 26 délimitant neuf espacements EN, EA.

[0082] Chaque espacement EN, EA s'étend le long de la direction longitudinale D de la tour, sur une distance appelée « distance d'espacement ». Ladite distance d'espacement est mesurée, par exemple, entre les deux plans de renfort P1-P10 délimitant ledit espacement EN, EA.

[0083] De manière remarquable, les espacements EN, EA sont distribués le long de la direction longitudinale D de la tour 2 de sorte que les espacements EN, EA comportent une pluralité d'espacements normaux EN pré-

sentant une distance d'espacement normale H1, et un nombre égal à un ou deux d'espacements d'adaptation EA présentant une distance d'espacement d'adaptation H2 différente de ladite distance d'espacement normale H1 (figures 2 à 6).

[0084] Ainsi, les structures de renfort 20, 25, 26 sont réparties le long des mâts 11, 12, 13 de sorte que les structures de renfort 20, 25, 26 de chaque couple CR de structures de renfort 20, 25, 26 adjacentes le long des mâts 11, 12, 13 soient séparées par la distance d'espacement normale H1 à l'exception de seulement un ou deux couples de structures de renfort 25 adjacentes, appelés couples d'adaptation CA, les structures de renfort 25 de chaque couple d'adaptation CA étant séparées, le long des mâts 11, 12, 13, par la distance d'espacement d'adaptation H2.

[0085] La tour 2 comprend de préférence une majorité d'espacements normaux EN.

[0086] La distance d'espacement normale H1 est de préférence la même pour tous les espacements normaux EN de la tour 2.

[0087] Selon un mode de réalisation de l'invention, ledit ou chaque espacement d'adaptation EA est disposé entre un premier sous-ensemble des espacements normaux EN et un deuxième sous-ensemble des espacements normaux EN.

[0088] Chaque espacement d'adaptation EA est ainsi disposé dans une portion centrale de la tour 2, à distance de ses extrémités longitudinales 2A, 2B. Ledit un ou deux espacement d'adaptation EA est de préférence encadré par une pluralité d'espacements normaux EN.

[0089] Selon un mode de réalisation de l'invention, ledit ou chaque espacement d'adaptation EA est disposé à mi-chemin entre deux structures de renfort extrêmes 26 de la tour 2.

[0090] Les structures de renfort extrêmes 26 comprennent une structure de renfort extrême supérieure la plus proche de l'extrémité longitudinale supérieure 2A de la tour 2 et une structure de renfort extrême inférieure la plus proche de l'extrémité longitudinale inférieure 2B de la tour 2.

[0091] Un plan médian PM de la tour 2 est défini comme le plan perpendiculaire à la direction longitudinale D qui s'étend à mi-distance entre les structures de renfort extrêmes 26 de la tour 2. Ledit ou chaque espacement d'adaptation EA est disposé de préférence à cheval autour du plan médian PM ou adjacent à l'espacement EN, EA s'étendant à cheval autour du plan médian PM (figures 2, 3 et 5).

[0092] Dans la suite, on appelle « structure de renfort médiane 25 », chaque structure de renfort 25 disposée de telle sorte qu'un nombre de structures de renfort 20, 25, 26 situées au-dessus de ladite structure de renfort médiane 25 le long de la direction longitudinale D et un nombre de structures de renfort 20, 25, 26 situées en dessous de ladite structure de renfort médiane 25 le long de la direction longitudinale D ont une différence inférieure ou égale à 1.

[0093] La tour 2 compte donc entre une et trois structures de renfort médianes 25.

[0094] Selon un mode de réalisation, chacun desdits un ou deux couples d'adaptation CA comprend alors au moins une structure de renfort médianes 25, de sorte que ledit ou chaque espacement d'adaptation EA est délimité par au moins une structure de renfort médiane 25.

[0095] Selon un autre mode de réalisation, ledit ou chaque espacement d'adaptation EA est disposé à proximité d'un plan transverse à mi-hauteur de la tour défini à mi-distance des extrémités longitudinales 2A, 2B de la tour 2.

[0096] Ainsi, ledit ou chaque espacement d'adaptation EA est plus particulièrement disposé dans une portion centrale de la tour 2 située à distance de ses deux extrémités longitudinales 2A, 2B. Cela présente l'avantage de permettre une conception simplifiée des tours 2 de différentes hauteurs destinées à des cuves 1 de différentes profondeurs. Comme cela sera décrit plus en détails ultérieurement, il est alors possible de fixer la géométrie des extrémités des tours de différentes hauteurs afin de localiser les modifications structurelles imposées par la variation de la hauteur totale de la tour 2 dans la portion centrale de chaque tour 2.

[0097] Dans le mode de réalisation de l'invention représenté sur les figures, il est prévu deux espacements d'adaptation EA.

[0098] Ils présentent ici des distances d'espacement d'adaptation H2 identiques.

[0099] Alternativement, on peut prévoir que les distances d'espacement d'adaptation H2 desdits deux espacements d'adaptation sont différentes.

[0100] Dans le mode de réalisation de l'invention représenté sur les figures, lesdits deux espacements d'adaptation EA sont adjacents dans la direction longitudinale D.

[0101] Alternativement, on peut prévoir que ces espacements d'adaptation EA sont séparés au maximum par un espacement normal EN.

[0102] Selon un mode de réalisation, la tour peut comporter deux espacements d'adaptation disposés de manière symétrique par rapport au plan médian ou au plan transverse à mi-hauteur de la tour.

[0103] Dans un mode de réalisation de la tour selon l'invention, chaque distance d'espacement d'adaptation H2 est strictement inférieure à ladite distance d'espacement normale H1.

[0104] Ainsi, la validation structurelle de la tour est facilitée, notamment du point de vue de la tenue mécanique de la tour 2 après l'introduction d'un ou deux espacements d'adaptation EA.

[0105] De préférence, ladite distance d'espacement normale H1 est comprise entre une valeur minimale égale à 1500 millimètres (mm) et une valeur maximale égale à 3000 millimètres (mm). Elle est par exemple égale à 1838 mm, qui est une distance standard.

[0106] Avantagusement, la distance d'espacement normale H1 est supérieure à 1838 mm, par exemple stric-

tement supérieure à 1838 mm et inférieure ou égale à 3000 mm.

[0107] L'utilisation d'une distance d'espacement normale H1 supérieure à 1838 mm, par exemple égale à 3000mm, permet d'installer un nombre total réduit de structures de renfort 20, 25, 26 et de diminuer ainsi la quantité de matériau utilisé ainsi que le poids de la tour 2.

[0108] En outre, les traverses 21 des structures de renfort 20, 25, 26 étant soudées aux mâts 11, 12, 13, l'utilisation d'un nombre total réduit de traverses 21 permet de limiter le temps nécessaire à ces soudures. Il en résulte un gain de temps et une diminution du coût de la main d'oeuvre associé à la fabrication de la tour 2.

[0109] Dans un mode de réalisation, la distance d'espacement d'adaptation H2 séparant les structures de renfort 25 d'au moins l'un desdits un ou deux couples d'adaptation CA est strictement supérieure à la valeur minimale de ladite distance d'espacement normale H1 et inférieure ou égale à sa valeur maximale. La valeur maximale est par exemple égale à 3000 millimètres.

[0110] Selon l'invention, on envisage un écart entre les structures de renfort 20, 25, 26 d'au maximum 3000 mm. Ainsi, lorsque la distance d'espacement normale H1 entre les structures de renfort 20, 25, 26 des couples de structures de renfort CR est inférieure à 3000 mm, la distance d'espacement d'adaptation H2 peut être supérieure à la distance d'espacement normale H1 tout en restant inférieure à 3000 mm. Ainsi, la distance d'espacement d'adaptation H2 peut être supérieure à la distance d'espacement normale H1.

[0111] En variante, la distance d'espacement d'adaptation H2 peut également être inférieure à la distance d'espacement normale H1.

[0112] La tour 2 mesure de préférence entre 15 et 50 mètres de long. Il est prévu au moins quatre structures de renfort 20, 25, 26.

[0113] Selon l'invention, la distance entre chaque extrémité longitudinale 2A, 2B de la tour 2 et la structure de renfort extrême 26 la plus proche de cette extrémité longitudinale 2A, 2B est prédéterminée en tentant compte d'une hauteur totale HT de la tour (figure 4), des contraintes de résistance thermique et mécanique de celle-ci ainsi que des contraintes d'encombrement liées à l'installation de la tour 2 dans la cuve 1.

[0114] En outre, un nombre d'espacements d'adaptation EA et/ou la distance d'espacement d'adaptation H2 est déterminé en fonction de cette distance entre une ou chaque extrémité longitudinale 2A, 2B de la tour 2 et une structure de renfort extrême 26 la plus proche de cette extrémité longitudinale 2A, 2B, de ladite distance d'espacement normale H1 et d'une hauteur totale HT de la tour 2.

[0115] Dans la suite, on appelle « zone de réglage », la zone de la tour accueillant le ou les espacements d'adaptation EA.

[0116] Selon un mode de réalisation, on maximise le nombre d'espacements normaux EN de la tour 2 pour obtenir une zone de réglage en hauteur dont la hauteur

est supérieure à 1500 mm, et inférieure au double de la distance d'espacement normale H1 de la tour 2.

[0117] Si la hauteur de la zone de réglage est comprise entre 1500 mm et la distance d'espacement normale H1 des espacements normaux de la tour, alors la tour comprend un seul espacement d'adaptation EA. Il y a donc également un seul couple d'adaptation CA.

[0118] Si la hauteur de la zone de réglage est strictement supérieure à la distance d'espacement normale H1 de la tour, celle-ci comprend alors deux espacements d'adaptation EA. Chacun des deux espacements d'adaptation EA présente de préférence une distance d'espacement d'adaptation correspondant à la moitié de la hauteur de la zone de réglage déterminée précédemment.

[0119] La hauteur de la zone de réglage dépend de la hauteur totale de la tour, de la distance entre chaque structure de renfort extrême 26 et l'extrémité longitudinale la plus proche de la tour 2 et de la distance d'espacement normale H1.

[0120] La hauteur totale HT de la tour est par exemple une hauteur hors-tout de la tour.

[0121] Comme cela est représenté sur les figures 1 à 6, la tour 2 comprend en outre des traverses additionnelles 22 fixées aux mâts entre lesdites structures de renfort 20, 25, 26, selon des directions obliques par rapport à la direction longitudinale D.

[0122] Plus précisément, il est prévu au moins une desdites traverses additionnelles 22 dans chaque espacement EA, EN. De préférence, il est prévu un nombre de traverses additionnelles 22 égal au nombre de mâts 11, 12, 13 entre les structures de renfort 20, 25, 26 de chaque couple CR, CA de structures de renfort adjacentes.

[0123] Il est notamment prévu de préférence des traverses additionnelles 22 reliant les mâts 11, 12, 13 deux à deux dans chaque espacement d'adaptation EA. Les traverses additionnelles 22 s'étendent en diagonales entre les traverses 21 des structures de renfort 25 délimitant ledit ou chaque espacement d'adaptation EA.

[0124] Les traverses additionnelles 22 forment un treillis avec les traverses 21 des structures de renfort 20, 25, 26.

[0125] L'invention concerne en outre un procédé de conception de la tour 2 décrite précédemment, selon lequel :

- on positionne les structures de renfort extrêmes 26 les plus proches des extrémités longitudinales 2A, 2B de la tour 2, en les disposant à des distances prédéfinies de chaque extrémité longitudinale 2A, 2B de la tour,
- on détermine les positions des autres structures de renfort 20, 25 de la tour 2 de sorte que lesdits espacements EN, EA comportent une pluralité d'espacements normaux EN présentant une distance d'espacement normale H1, et un nombre égal à un ou deux d'espacement d'adaptation EA présentant une distance d'espacement d'adaptation H2 différente de

ladite distance d'espacement normale H1, ladite distance d'espacement d'adaptation H2 étant déterminée en fonction de la hauteur totale HT de la tour 2.

[0126] La distance d'espacement d'adaptation H2 est également déterminée en fonction des distances prédéfinies entre chaque extrémité longitudinale 2A, 2B de la tour 2 et la structure de renfort extrême 26 la plus proche de cette extrémité longitudinale 2A, 2B, et/ou en fonction de la distance d'espacement normale H1.

[0127] Par exemple, pour une hauteur totale HT de la tour 2 égale à 32,196 m, après validation structurelle suivant les efforts de contraction thermique, de ballonnement du liquide dans la cuve et des efforts inertiels induits par le poids de la tour 2, la structure de renfort extrême 26 la plus proche de l'extrémité longitudinale supérieure 2A de la tour 2 est placée à une distance de 2700 mm de cette extrémité longitudinale supérieure 2A.

[0128] La structure de renfort extrême 26 la plus proche de l'extrémité longitudinale inférieure 2B de la tour 2 est placée à une distance de 4800 mm de cette extrémité longitudinale inférieure 2B. La distance d'espacement normale H1 est par exemple égale à la valeur maximale de la distance d'espacement normale, soit ici 3000 mm.

[0129] Dans la tour 2 selon cet exemple, le nombre d'espacements normaux EN de la tour 2 est maximisé et la distance d'espacement d'adaptation EA est supérieure ou égale à une valeur de 1500 mm qui correspond à la valeur minimale de la distance d'espacement normale.

[0130] Ainsi, sept espacements normaux EN sont répartis sur la tour 2, ce qui correspond à sept couples de structures de renfort 20, 25, 26.

[0131] La zone de réglage en hauteur de la tour 2 s'étend alors sur 3696 mm. La hauteur de cette zone de réglage étant supérieure à la valeur maximale de la distance d'espacement normale, soit 3000 mm, deux espacements d'adaptation EA correspondant à deux couples d'adaptation CA sont placés dans la zone de réglage.

[0132] La distance d'espacement d'adaptation H2 de chaque espacement d'adaptation EA est égale à la moitié de la hauteur de la zone de réglage, soit ici 1848 mm. Ces espacements d'adaptation EA sont disposés côte à côte et placés sensiblement proches du plan médian PM de la tour 2 ou à mi-chemin entre les structures de renfort extrêmes 26. Les espacements normaux EN sont répartis de part et d'autre des espacements d'adaptation EA avec quatre espacements normaux EN au-dessus des espacements d'adaptation EA et trois espacements normaux EN en dessous des espacements d'adaptation EA.

[0133] Pour résumer, dans cet exemple de réalisation de la tour 2, du haut de la tour 2 vers le bas, celle-ci comporte une structure de renfort extrême 26 la plus proche de l'extrémité longitudinale supérieure 2A de la tour placée à 2700 mm de cette extrémité longitudinale supérieure 2A, puis des structures de renfort 20, 25 délimitant, avec cette structure de renfort extrême 26, quatre

espacements normaux EN présentant ladite distance d'espacement normale H1 égale à 3000 mm, puis deux espacements d'adaptation EA présentant chacun une distance d'espacement d'adaptation H2 égale à 1848 mm, puis trois espacements normaux EN présentant ladite distance d'espacement normale H1 égale à 3000 mm, le dernier espacement normal le plus proche de l'extrémité longitudinale inférieure de la tour 2 étant partiellement délimité par la structure de renfort extrême 26 la plus proche de l'extrémité longitudinale inférieure 2B de la tour 2 placée à 4800 mm de cette extrémité longitudinale inférieure 2B.

[0134] La tour 2 est ensuite fabriquée conformément à la géométrie de la tour 2 déterminée grâce au procédé de conception selon l'invention.

[0135] Grâce à l'invention, il est possible de concevoir et fabriquer des tours 2 de différentes hauteurs dans lesquelles la distance entre chaque extrémité longitudinale 2A, 2B des mâts 11, 12, 13 et la structure de renfort extrême 26 la plus proche de cette extrémité longitudinale est identique quelle que soit la hauteur totale HT de la tour 2.

[0136] En particulier, l'invention concerne également un procédé de détermination de la géométrie d'un ensemble de plusieurs tours 2 telles que décrites précédemment, chaque tour 2 présentant une hauteur totale HT mesurée le long de la direction longitudinale D, selon lequel :

- on dispose la structure de renfort extrême 26 la plus proche d'une extrémité longitudinale supérieure 2A de chaque tour 2 à une même première distance prédéfinie de cette extrémité longitudinale supérieure 2A,
- on dispose la structure de renfort extrême 26 la plus proche d'une extrémité longitudinale inférieure 2B de chaque tour 2 à une même deuxième distance prédéfinie de cette extrémité longitudinale inférieure 2B,
- on détermine les positions des autres structures de renfort 20, 25 de chaque tour 2 de sorte que lesdits espacements EN, EA des structures de renfort 20, 25, 26 de chaque tour 2 comportent une pluralité d'espacement normaux EN présentant une distance d'espacement normale H1, et un nombre égal à un ou deux d'espacement d'adaptation EA présentant une distance d'espacement d'adaptation H2 différente de ladite distance d'espacement normale H1, ladite distance d'espacement d'adaptation H2 étant déterminée en fonction de la hauteur totale HT de la tour 2.

[0137] Le fait que la distance entre l'extrémité longitudinale supérieure 2A de la tour 2, orientée du côté de la paroi de plafond 9 de la cuve 1, et la structure de renfort extrême 26 la plus proche soit maintenue constante d'une tour 2 à l'autre permet de conserver un accès facile à la plateforme qui permet les travaux d'installation et de

maintenance de la cuve 1 quelle que soit la profondeur de la cuve. Cet accès peut en effet être entravé lorsque la distance entre l'extrémité longitudinale supérieure 2A de la tour 2 et la structure de renfort extrême 26 la plus proche est réduite.

[0138] En outre, le fait que la distance entre l'extrémité longitudinale inférieure 2B de la tour, orientée du côté du fond de la cuve 1, et la structure de renfort extrême 26 la plus proche soit maintenue constante permet de conserver les dimensions adéquates pour l'installation des pompes 40 en bas de la tour 2, comme cela sera décrit ci-après.

[0139] La conception et la fabrication de tours 2 de différentes hauteurs et leur installation dans la cuve correspondante est ainsi facilitée.

[0140] La tour 2 selon l'invention est fabriquée par exemple à l'extérieur de la cuve 1. Dans le cas de l'exemple représenté sur les figures, des tronçons de mâts sont soudés entre eux pour former les mâts 11, 12, 13. Les traverses 21 sont assemblées par soudure à deux premiers des mâts 11, 12, 13 aux positions déterminées, à plat. Les traverses additionnelles 22 sont ajoutées entre ces deux premiers mâts. Le troisième mât est assemblé aux deux autres grâce aux traverses 21 et aux traverses additionnelles 22 adéquates. Les accessoires sont fixés sur la tour 2 ainsi formée.

[0141] La tour 2 est ensuite redressée et installée dans la cuve 1.

[0142] L'invention concerne également la cuve 1 étanche et thermiquement isolante de stockage de gaz liquéfié comportant la tour 2 telle que décrites précédemment.

[0143] Comme mentionné plus haut, la tour 2 est suspendue, à l'une de ses extrémités longitudinales, à la paroi de plafond 9 de la cuve 1. Elle est fixée à une base 30 à son autre extrémité longitudinale.

[0144] La cuve 1 selon l'invention comporte en outre au moins une pompe 40 supportée par ladite tour 2, pour le chargement ou le déchargement de la cuve 1. Il est prévu par exemple deux pompes 40 qui sont logées entre la base 30 de la tour 2 et la structure de renfort extrême 26 la plus proche de cette base 30 (figure 6).

[0145] Dans l'exemple représenté sur les figures, deux des mâts 11, 12 forment une ligne de déchargement de la cuve 1 et sont pour ce faire chacun associés à l'une des pompes de déchargement 40. Le troisième mât 13 forme quant à lui un puit de secours permettant la descente d'une pompe de secours et d'une ligne de déchargement en cas de défaillance des autres pompes de déchargement.

[0146] De préférence, selon l'invention, la distance entre la paroi de plafond 9 de la cuve 1 et la structure de renfort extrême 26 la plus proche de l'extrémité longitudinale supérieure 2A de la tour 2 est comprise entre 1,5 et 6 mètres, de préférence entre 1,7 et 5,5 mètres, de préférence égale à 2,7 mètres.

[0147] Plus précisément, selon un exemple de réalisation, la distance entre la paroi de plafond 9 de la cuve 1 et la structure de renfort extrême 26 la plus proche de

l'extrémité longitudinale supérieure 2A de la tour 2 pour une cuve correspondant au produit Mark III[®] est comprise entre 2 et 4,5 mètres.

[0148] Selon un autre exemple de réalisation, la distance entre la paroi de plafond 9 de la cuve 1 et la structure de renfort extrême 26 la plus proche de l'extrémité longitudinale supérieure 2A de la tour 2 pour une cuve correspondant au produit NO96[®] est comprise entre 2 et 5,5 mètres.

[0149] Selon un autre exemple de réalisation, la distance entre la paroi de plafond 9 de la cuve 1 et la structure de renfort extrême 26 la plus proche de l'extrémité longitudinale supérieure 2A de la tour 2 pour une cuve correspondant au produit Mark III[®] pour navire propulsé par gaz liquéfié est comprise entre 1,7 et 4,2 mètres.

[0150] Il est possible par exemple d'envisager que la distance entre la paroi de plafond 9 de la cuve 1 et la structure de renfort extrême 26 la plus proche de l'extrémité longitudinale supérieure 2A de la tour 2 soit égale à 2700 mm pour un ensemble de tours 2 adaptées à différents types de cuve.

[0151] De préférence, la distance entre la base 30 et la structure de renfort extrême 26 la plus proche de l'extrémité longitudinale inférieure 2B de la tour 2 est comprise entre 4,7 et 4,9 mètres.

[0152] L'invention concerne également un navire 70 pour le transport d'un gaz liquéfié, le navire comportant une double coque 72 et une cuve 1 telle que décrite précédemment disposée dans la double coque.

[0153] En référence à la figure 7, une vue de ce navire 70 montre la cuve 1 étanche et thermiquement isolante de forme générale prismatique, montée dans la double coque 72 du navire.

[0154] 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 1.

[0155] Il est prévu selon l'invention un système de transfert pour un gaz liquéfié, le système comportant le navire 70, des canalisations isolées 73, 79, 76, 81 agencées de manière à relier la cuve 1 disposée dans la double coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre 77 et une pompe pour entraîner un flux de gaz liquéfié à travers les canalisations isolées depuis l'installation de stockage flottante ou terrestre vers la cuve du navire ou depuis la cuve du navire vers l'installation de stockage flottante ou terrestre.

[0156] Pour charger et décharger le navire 70 selon l'invention, on achemine un gaz liquéfié à travers des canalisations isolées 73, 79, 76, 81 depuis une installation de stockage flottante ou terrestre 77 vers la cuve 1 du navire 70 ou depuis la cuve 1 du navire 70 vers l'installation de stockage flottante ou terrestre 77.

[0157] La figure 7 représente un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 75, une conduite sous-marine 76 et une ins-

tallation à terre 77. Le poste de chargement et de déchargement 75 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 74 et une conduite verticale 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 conduite verticale 78. Le poste de chargement et de déchargement 75 permet le chargement et le déchargement du méthanier 70 depuis ou vers l'installation à terre 77. Celle-ci comporte des cuves de stockage de gaz liquéfié 80 et des conduites de liaison 81 reliées par la conduite sous-marine 76 au poste de chargement ou de déchargement 75. La conduite sous-marine 76 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 75 et l'installation à terre 77 sur une grande distance, par exemple 5 km, ce qui permet de garder le navire méthanier 70 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et de déchargement.

[0158] 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.

[0159] 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.

[0160] 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.

[0161] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication. 1

Revendications

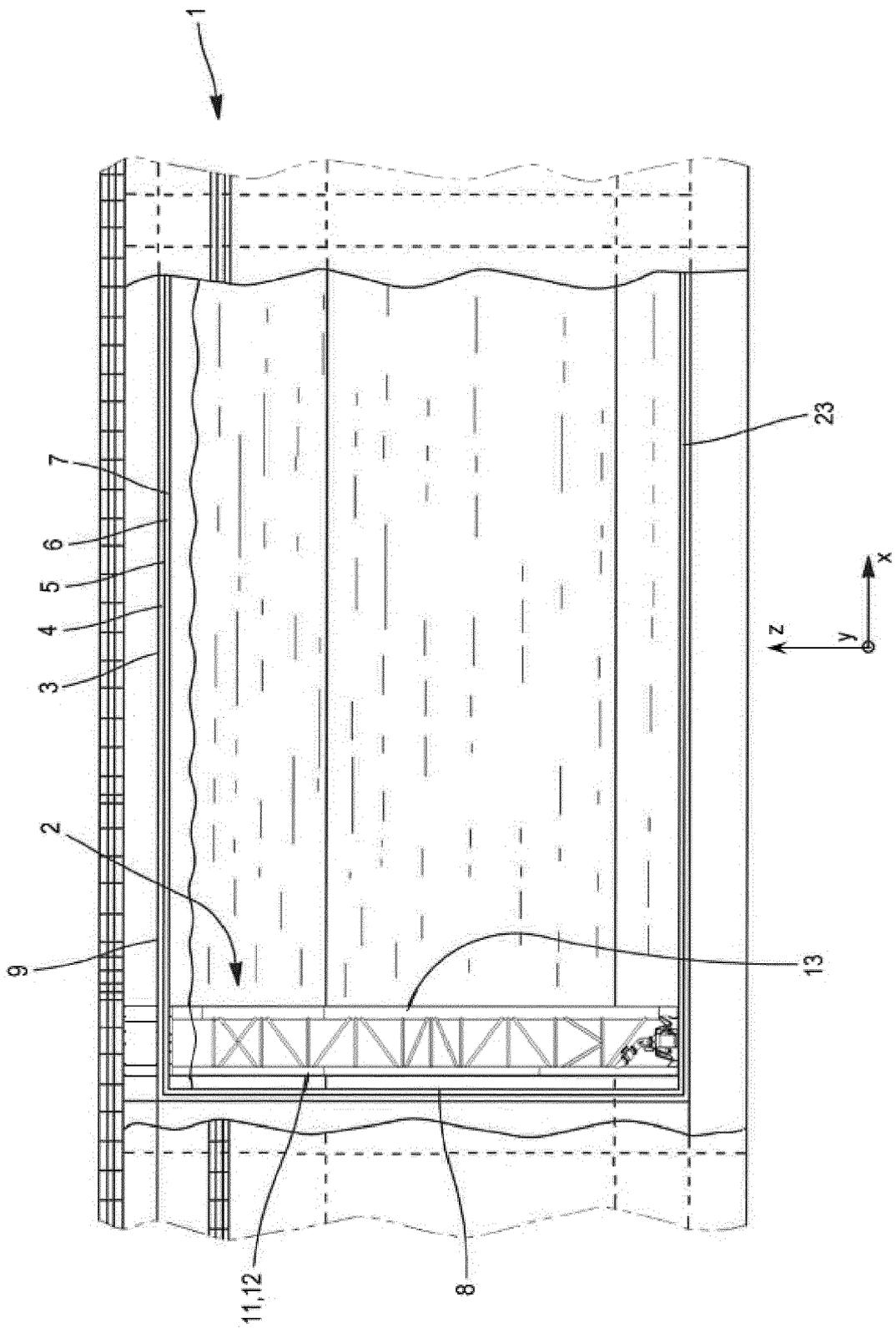
1. Tour (2) destinée au chargement et/ou déchargement d'une cuve (1) destinée à contenir un gaz liquéfié, la tour (2) comprenant au moins deux mâts (11, 12, 13) creux qui s'étendent parallèlement selon une direction longitudinale (D), les mâts (11, 12, 13) étant reliés par des structures de renfort (20, 25, 26), chaque structure de renfort (20, 25, 26) comprenant au moins une traverse (21) et s'étendant perpendiculairement à ladite direction longitudinale (D), les structures de renfort (20, 25, 26) étant réparties le long des mâts (11, 12, 13) en étant espacées par des espacements (EN, EA) situés entre les structures de renfort (20, 25, 26) adjacentes le long des mâts (11, 12, 13), ladite au moins une traverse (21)

- des structures de renfort (20, 25, 26) étant soudée aux mâts (11, 12, 13), les structures de renfort (20, 25, 26) étant distribuées de sorte que les espacements (EN, EA) comportent une pluralité d'espacement normaux (EN) présentant une distance d'espacement normale (H1), et un nombre égal à un ou deux d'espacements d'adaptation (EA) présentant une distance d'espacement d'adaptation (H2) différente de ladite distance d'espacement normale (H1).
2. Tour (2) selon la revendication 1, comprenant au moins trois mâts (11, 12, 13), dans laquelle chaque structure de renfort (20, 25, 26) comporte un nombre de traverses (21) égale au nombre de mâts (11, 12, 13), lesdites traverses (21) de chaque structure de renfort (20, 25, 26) étant disposées selon un polygone plan.
 3. Tour (2) selon la revendication 2, comportant trois mâts (11, 12, 13) et dans laquelle chaque structure de renfort (20, 25, 26) comporte trois traverses (21).
 4. Tour (2) selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle ledit ou chaque espacement d'adaptation (EA) est disposé entre un premier sous-ensemble des espacements normaux (EN) et un deuxième sous-ensemble des espacements normaux (EN).
 5. Tour (2) selon la revendication 4, dans laquelle ledit ou chaque espacement d'adaptation (EA) est disposé à mi-chemin entre deux structures de renfort extrêmes (26) de la tour (2).
 6. Tour (2) selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle ledit ou chaque espacement d'adaptation (EA) est délimité par une structure de renfort médiane (25), la structure de renfort médiane (25) étant disposée de telle sorte que le nombre de structures de renfort (20, 25, 26) situées au-dessus de ladite structure de renfort médiane (25) et le nombre de structures de renfort (20, 25, 26) situées en dessous de ladite structure de renfort médiane (25) ont une différence inférieure ou égale à 1.
 7. Tour (2) selon l'une des revendications 1 à 6, comportant deux espacements d'adaptation (EA), dans laquelle les distances d'espacement d'adaptation (H2) desdits deux espacements d'adaptation (EA) sont identiques ou différentes.
 8. Tour (2) selon la revendication 7, dans laquelle lesdits deux espacements d'adaptation (EA) sont adjacents dans la direction longitudinale (D).
 9. Tour (2) selon l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle une dite distance d'espacement d'adaptation (H2) est strictement inférieure à ladite distance d'espacement normale (H1).
 10. Tour (2) selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle ladite distance d'espacement normale (H1) est comprise entre 1500 et 3000 millimètres.
 11. Tour (2) selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle une dite distance d'espacement d'adaptation (H2) est strictement supérieure à ladite distance d'espacement normale (H1) et inférieure ou égale à 3000 millimètres.
 12. Tour (2) selon l'une des revendications 1 à 11, dans laquelle il est prévu au moins quatre structures de renfort (20).
 13. Tour (2) selon l'une des revendications 1 à 12, comportant en outre des traverses additionnelles (22) fixées aux mâts (11, 12, 13) entre lesdites structures de renfort (20), selon des directions obliques par rapport à la direction longitudinale (D).
 14. Tour (2) selon la revendication 13, dans laquelle au moins une dite traverse additionnelle (22) est disposée dans chacun des espacements (EN, EA) situés entre les structures de renfort (20) de la tour (2).
 15. Cuve (1) étanche et thermiquement isolante de stockage de gaz liquéfié, comportant une tour (2) selon l'une des revendications 1 à 14, dans laquelle une extrémité supérieure (2A) de ladite tour (2) est suspendue à une paroi de plafond (9) de la cuve, ladite cuve (1) comportant en outre au moins une pompe (40) supportée par ladite tour (2), pour le chargement ou le déchargement de la cuve (1).
 16. Navire (70) pour le transport d'un gaz liquéfié, le navire comportant une double coque (72) et une cuve (1) selon la revendication 15, disposée dans la double coque.
 17. Système de transfert pour un gaz liquéfié, le système comportant un navire (70) selon la revendication 16, des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) agencées de manière à relier la cuve (1) disposée dans la double coque du navire (70) à une installation de stockage flottante ou terrestre (77) et une pompe pour entraîner un flux de gaz liquéfié à travers les canalisations isolées (73, 79, 76, 81) depuis l'installation de stockage flottante ou terrestre (77) vers la cuve (1) du navire ou depuis la cuve (1) du navire vers l'installation de stockage flottante ou terrestre (77).
 18. Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon la revendication 16, dans lequel on achemine un gaz liquéfié à travers des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) depuis une installation de stockage flottante ou terrestre (77) vers la cuve (1) du navire (70) ou depuis la cuve du navire vers l'installation de stockage flottante ou terrestre (77).

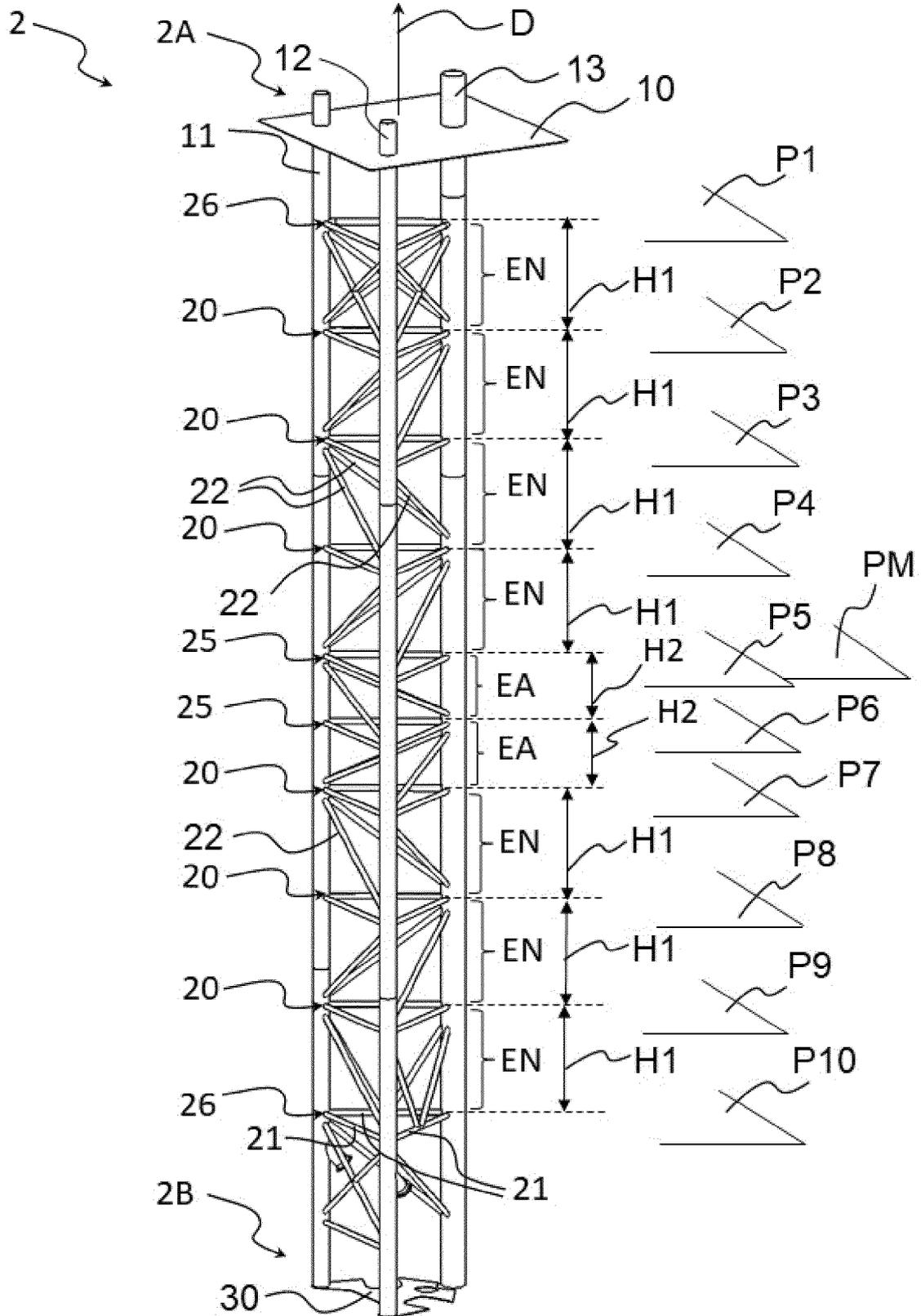
19. Procédé de détermination des positions de structures de renfort pour la conception d'une tour destinée au chargement et/ou déchargement d'une cuve (1) destinée à contenir un gaz liquéfié, la tour (2) comprenant au moins deux mâts (11, 12, 13) creux qui s'étendent parallèlement selon une direction longitudinale (D), les mâts (11, 12, 13) étant reliés par des structures de renfort (20, 25, 26), chaque structure de renfort (20, 25, 26) comprenant au moins une traverse (21) et s'étendant perpendiculairement à ladite direction longitudinale (D), cette tour présentant une hauteur totale mesurée le long de la direction longitudinale, les structures de renfort (20) étant réparties le long des mâts (11, 12, 13) en étant espacées par des espacements situés entre les structures de renfort adjacentes le long des mâts (11, 12, 13), selon lequel :

- on positionne des structures de renfort extrêmes (26) les plus proches des extrémités longitudinales (2A, 2B) de la tour (2), en les disposant à des distances prédéfinies de chaque extrémité longitudinale (2A, 2B) de la tour,
- on détermine les positions des autres structures de renfort de la tour de sorte que lesdits espacements comportent une pluralité d'espacement normaux (EN) présentant une distance d'espacement normale (H1), et un nombre égal à un ou deux d'espacement d'adaptation (EA) présentant une distance d'espacement d'adaptation (H2) différente de ladite distance d'espacement normale (H1), ladite distance d'espacement d'adaptation (H2) étant déterminée en fonction de la hauteur totale (HT) de la tour (2).

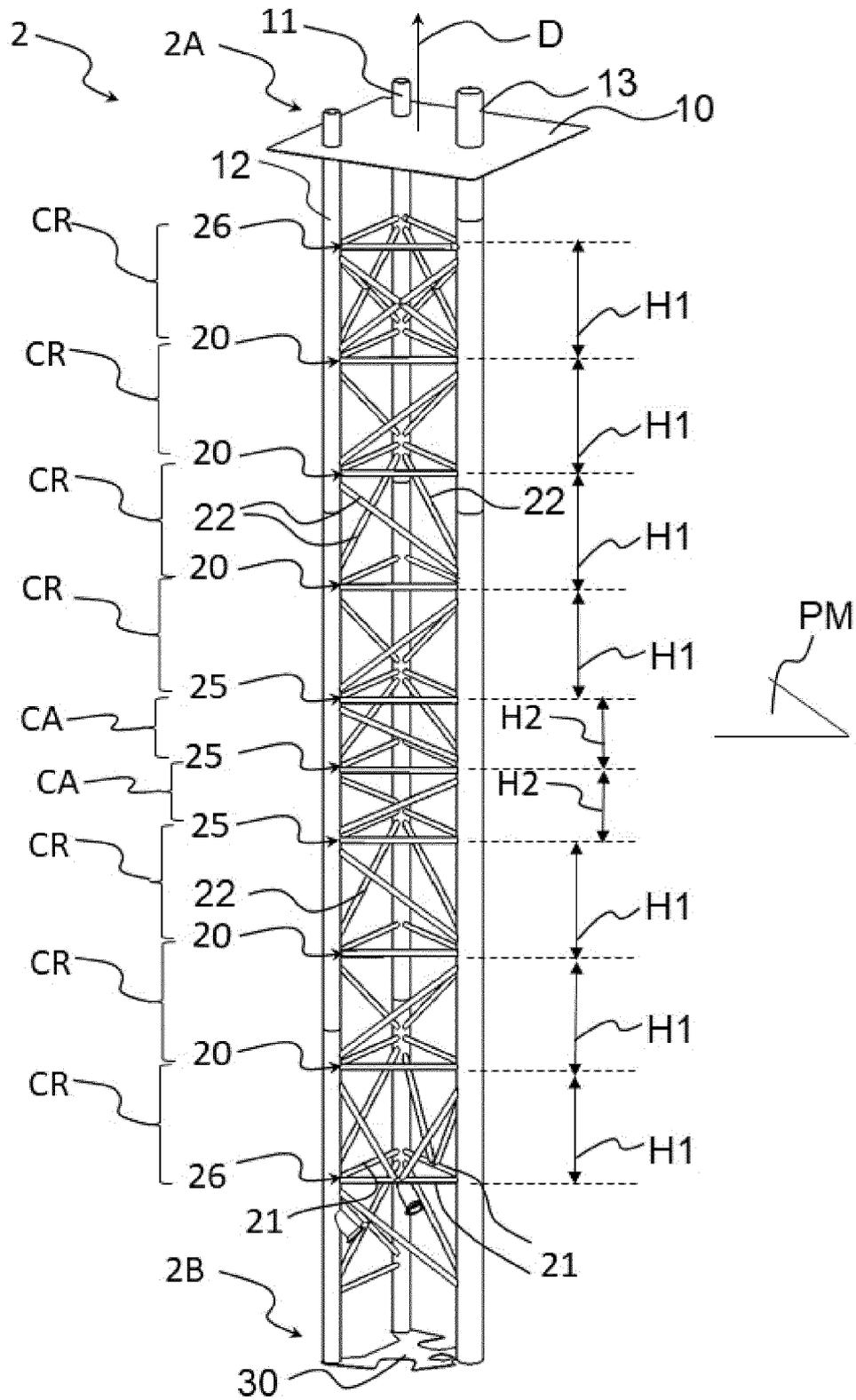
[Fig. 1]



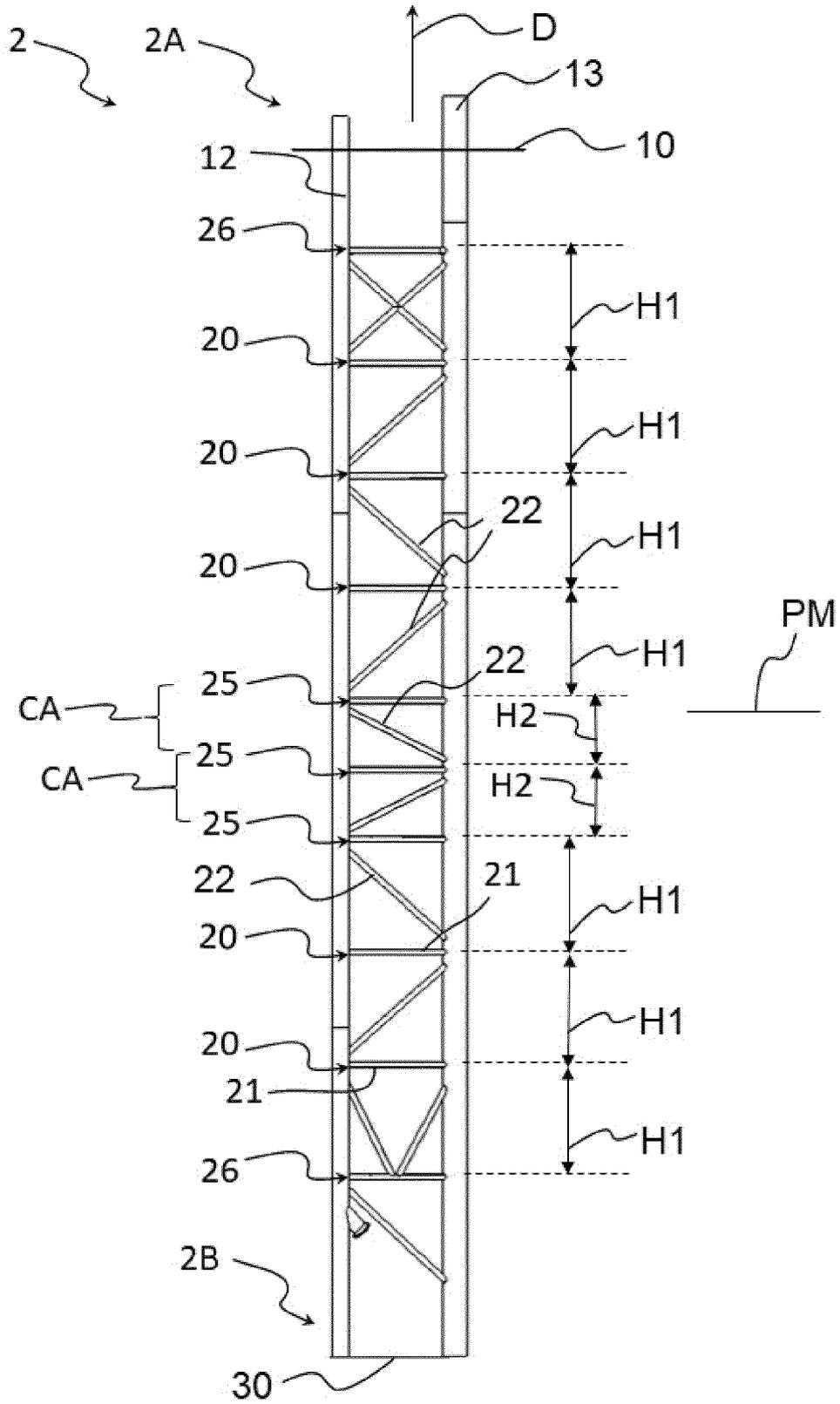
[Fig. 2]



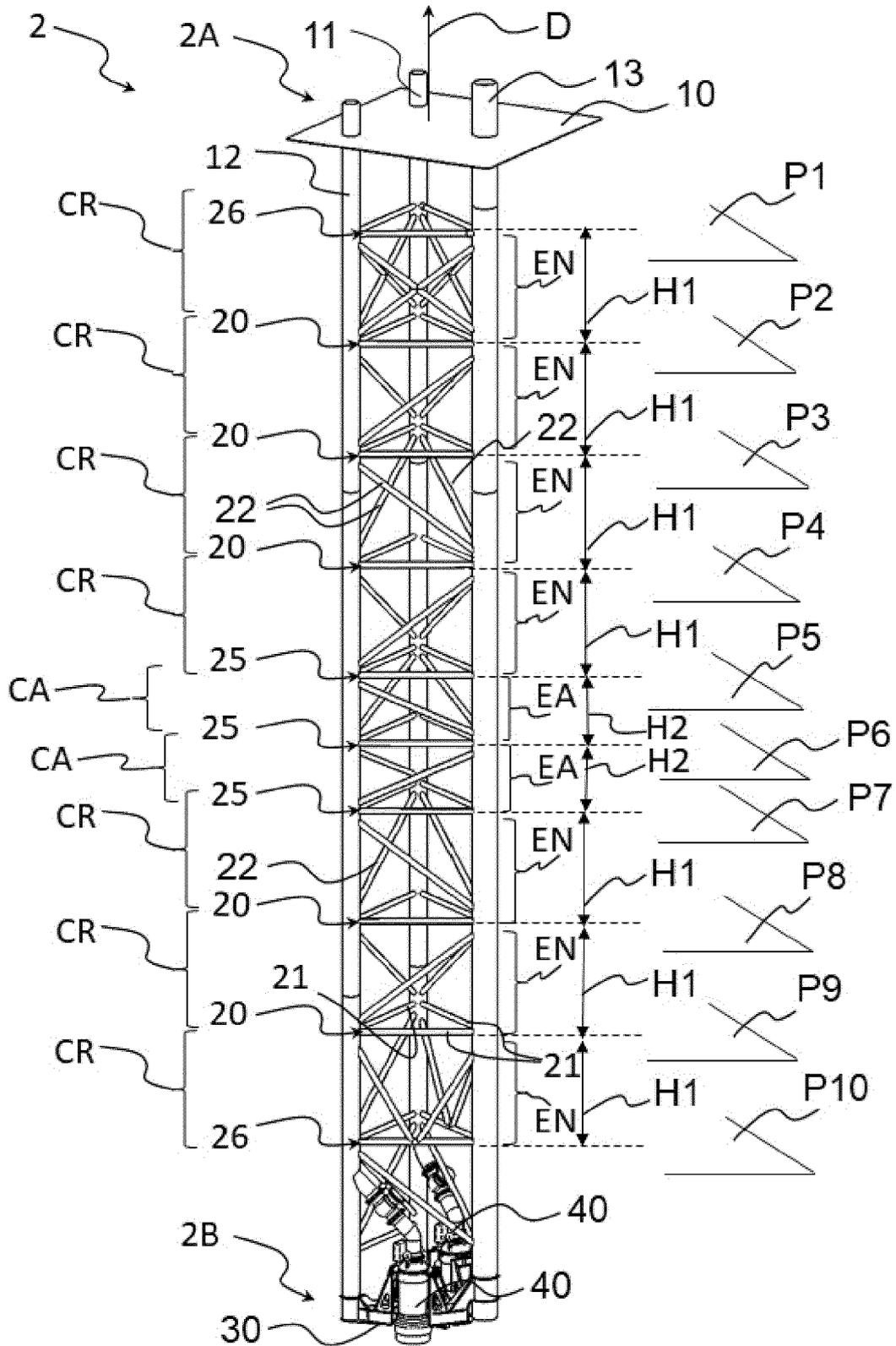
[Fig. 3]



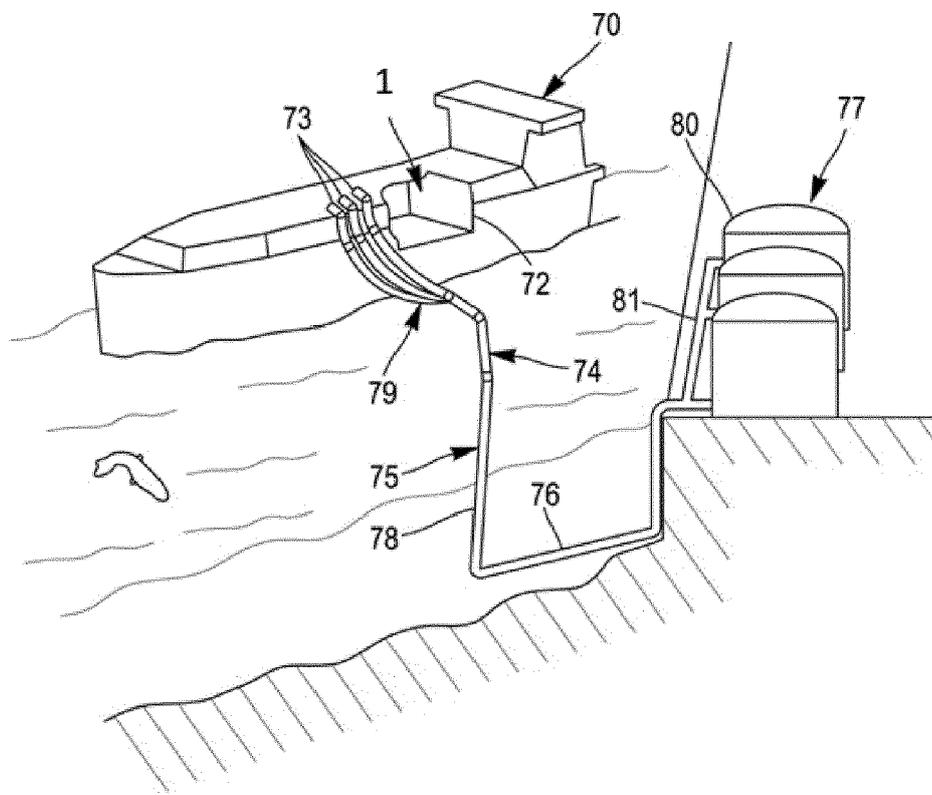
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 24 17 8947

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X A	KR 2017 0033148 A (SAMSUNG HEAVY IND [KR]) 24 mars 2017 (2017-03-24) * figures 1-6 *	1-10, 12-19 11	INV. F17C13/00
X A	KR 2017 0035522 A (SAMSUNG HEAVY IND [KR]) 31 mars 2017 (2017-03-31) * figures 1-8 *	1-10, 12-19	
A	KR 2012 0013255 A (SAMSUNG HEAVY IND [KR]) 14 février 2012 (2012-02-14) * figures 1-6 *	1	
A	FR 3 089 489 A1 (GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ [FR]) 12 juin 2020 (2020-06-12) * figure 3 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F17C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 10 octobre 2024	Examineur Nicol, Boris
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

1
EPO FORM 1503 03.82 (F04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 24 17 8947

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

10 - 10 - 2024

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
KR 20170033148 A	24-03-2017	AUCUN	

KR 20170035522 A	31-03-2017	AUCUN	

KR 20120013255 A	14-02-2012	AUCUN	

FR 3089489 A1	12-06-2020	CN 113167437 A	23-07-2021
		FR 3089489 A1	12-06-2020
		JP 7500567 B2	17-06-2024
		JP 2022513447 A	08-02-2022
		KR 20210102254 A	19-08-2021
		SG 11202105382X A	29-06-2021
		WO 2020120860 A1	18-06-2020

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82