

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①① N° de publication : **3 141 154**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)  
②① N° d'enregistrement national : **22 10838**  
⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **B 65 D 90/30 (2023.01), B 63 B 25/16, F 25 J 1/00**

①②

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ Procédé DE GESTION D'UN FLUIDE SOUS FORME LIQUIDE CONTENU DANS UNE CUVE.

②② Date de dépôt : 20.10.22.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 26.04.24 Bulletin 24/17.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 17.01.25 Bulletin 25/03.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ  
SA — FR.

⑦② Inventeur(s) : AOUN Bernard, BORISEVICH Pavel  
et TRABOULSI Majd.

⑦③ Titulaire(s) : GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ SA.

⑦④ Mandataire(s) : EX MATERIA.

**FR 3 141 154 - B1**



## Description

### **Titre de l'invention : Procédé DE GESTION D'UN FLUIDE SOUS FORME LIQUIDE CONTENU DANS UNE CUVE**

- [0001] La présente invention se rapporte au domaine des ouvrages flottants de stockage et/ou de transport de gaz à l'état liquide, notamment de gaz naturel liquéfié, et plus particulièrement au domaine de la gestion du fluide sous forme liquide présent dans la cuve d'un tel ouvrage flottant.
- [0002] Afin de transporter et/ou de stocker plus facilement du fluide sous forme liquide, tel que du gaz naturel sous forme liquide, le gaz est généralement liquéfié en le refroidissant à des températures cryogéniques, par exemple  $-163^{\circ}\text{C}$  à la pression atmosphérique, afin d'obtenir du gaz naturel liquéfié, plus communément connu sous l'acronyme « GNL » ou « LNG » qui signifie « Liquefied Natural Gas ». Ce gaz naturel liquéfié est ensuite chargé dans des cuves de stockages spécialisées de l'ouvrage flottant.
- [0003] De telles cuves ne sont néanmoins jamais parfaitement isolées thermiquement de sorte qu'une évaporation naturelle du gaz est inévitable, ce phénomène étant appelé BOG, acronyme de l'anglais « Boil-Off Gas ». Les cuves de stockage de l'ouvrage flottant comprennent ainsi à la fois du gaz naturel sous une forme liquide et du gaz naturel sous forme gazeuse, la phase gazeuse du gaz naturel s'accumulant dans un ciel de la cuve.
- [0004] De façon connue, au moins une partie du gaz naturel présent dans la cuve sous forme gazeuse peut être utilisée pour alimenter au moins un consommateur prévu pour répondre aux besoins énergétiques de fonctionnement de l'ouvrage flottant, notamment pour sa propulsion et/ou sa production d'électricité pour les équipements à bord. A cet effet, il est notamment connu de faire circuler la phase gazeuse au travers d'au moins un système de traitement du gaz naturel, de manière à permettre son réchauffement et sa compression, ledit système comprenant un échangeur de chaleur utilisé comme surchauffeur et un compresseur, tous deux placés en amont du consommateur.
- [0005] Le système de traitement du gaz naturel présente également une fonction de condensation d'une partie de la phase gazeuse, après sa compression. La condensation du gaz naturel peut notamment être requise lorsque la pression dans la cuve est inacceptable, le système de traitement du gaz naturel permettant alors de condenser cette phase gazeuse afin de la renvoyer dans la cuve à l'état liquide. Cette fonction de condensation est aujourd'hui mise en œuvre par des moyens techniques qui consomment une quantité importante d'énergie, par exemple électrique.
- [0006] Dans le domaine de l'invention, il est également indispensable de prendre en compte

l'état du gaz naturel sous forme liquide lorsque l'ouvrage flottant arrive au lieu de livraison pour décharger la cargaison. En effet, les ports de déchargement de gaz naturel sous forme liquide présentent des exigences quant aux caractéristiques du gaz naturel sous forme liquide livré, telles que la température ou la pression de saturation dudit gaz naturel sous forme liquide. La cargaison peut alors être refusée sur le lieu de livraison si celle-ci ne respecte pas les caractéristiques imposées par le lieu de livraison.

- [0007] La problématique générale est donc de réussir à maintenir la température et la pression de saturation du fluide sous forme liquide contenu dans la cuve à un niveau inférieure ou égale à la température maximale autorisée à l'arrivée sur le lieu de livraison, tout en limitant la consommation d'énergie consécutive au traitement thermique du gaz évaporé.
- [0008] La présente invention propose donc d'optimiser l'utilisation d'un système de reliquéfaction de manière à réduire la consommation globale de l'ouvrage flottant en proposant différents modes opératoires adaptés à différentes utilisations du système de reliquéfaction.
- [0009] L'invention consiste en un procédé de gestion d'une phase gazeuse d'un fluide contenu sous forme liquide dans une cuve d'un ouvrage flottant, l'ouvrage flottant comprenant un système d'alimentation en carburant d'au moins un consommateur équipant l'ouvrage flottant, le système d'alimentation comprenant au moins un dispositif de compression destiné à prélever la phase gazeuse pour la délivrer au consommateur, le dispositif de compression comportant au moins une première sortie, une deuxième sortie et une troisième sortie configurées pour délivrer la phase gazeuse à trois niveaux de pression différents, le système d'alimentation comprenant un circuit de retour destiné à renvoyer dans la cuve une partie de la phase gazeuse comprimée par le dispositif de compression, le circuit de retour étant alternativement raccordé à la première sortie ou à la deuxième sortie du dispositif de compression et comprenant au moins une première portion, ainsi qu'une deuxième portion pourvue d'un moyen de détente, le système d'alimentation comprenant au moins un échangeur thermique configuré pour opérer un échange de chaleur entre la phase vapeur prélevée par le dispositif de compression et la phase gazeuse qui parcourt le circuit de retour, le système d'alimentation comprenant au moins un circuit de refroidissement configuré pour prélever le fluide à l'état liquide dans la cuve, le circuit de retour comprenant au moins un échangeur de chaleur configuré pour opérer un échange de chaleur entre la phase gazeuse du fluide circulant dans le circuit de retour et le fluide à l'état liquide circulant dans le circuit de refroidissement, le système d'alimentation comprenant une boucle de refroidissement participant à la condensation de la phase gazeuse en provenance du dispositif de compression, le procédé de gestion de la phase gazeuse

comprenant une pluralité de modes d'opérations, parmi lesquels on trouve au moins :

- un premier mode d'opération où le circuit de retour est raccordé à la première sortie du dispositif de compression, l'échangeur de chaleur opérant un échange thermique entre le fluide sous forme liquide circulant dans le circuit de refroidissement et la phase gazeuse circulant dans le circuit de retour ;
- un deuxième mode d'opération où le circuit de retour est raccordé à la deuxième sortie du dispositif de compression, l'échangeur de chaleur opérant un échange thermique entre la phase gazeuse détendue par le moyen de détente et le fluide sous forme liquide circulant dans le circuit de refroidissement, la boucle de refroidissement ne participant pas à la condensation de la phase gazeuse en provenance du dispositif de compression ;
- un troisième mode d'opération où le circuit de retour est raccordé à la deuxième sortie du dispositif de compression, l'échangeur de chaleur opérant un échange thermique entre la phase gazeuse détendue par le moyen de détente et le fluide sous forme liquide circulant dans le circuit de refroidissement, la boucle de refroidissement participant à la condensation de la phase gazeuse en provenance du dispositif de compression.

[0010] L'ouvrage flottant peut par exemple être un navire de transport apte à stocker et/ou transporter du fluide sous forme liquide, par exemple du gaz naturel sous forme liquide. Le système d'alimentation d'un consommateur de l'ouvrage flottant assure la gestion de la phase gazeuse se formant dans le ciel de cuve en l'utilisant pour l'alimentation en tant que carburant du ou des consommateurs tel qu'un moteur de propulsion de l'ouvrage flottant, ou un générateur électrique.

[0011] Le système d'alimentation comprend un dispositif de compression dont le rôle est d'élever la pression de cette phase gazeuse à un niveau de pression compatible avec le fonctionnement du ou des consommateurs. Le dispositif de compression est par exemple un compresseur multi-étagé ou une série de compresseurs disposés les uns à la suite des autres. Ce dispositif de compression comprend au moins trois sorties, dont une première sortie disposée entre un premier étage de compression et un deuxième étage de compression du dispositif de compression, une deuxième sortie disposée entre le deuxième étage de compression et un troisième étage de compression du dispositif de compression, et une troisième sortie formant la sortie du troisième étage de compression.

[0012] Le dispositif de compression est configuré pour que la pression de la phase gazeuse au niveau de la première sortie est inférieure à la pression de la phase gazeuse prise au niveau de la deuxième sortie, cette dernière étant inférieure à la pression de la phase gazeuse prise au niveau de la troisième sortie.

[0013] Le système d'alimentation comprend également un circuit de retour dont le rôle est

de ramener dans la cuve une partie de la phase gazeuse comprimée par le dispositif de compression, après l'avoir condensée. Ce circuit de retour peut être raccordé à la première sortie du dispositif de compression ou à la deuxième sortie de ce dispositif de compression. Le circuit de retour comprend au moins deux portions de circulation de la phase gazeuse qui sont parallèles l'une par rapport à l'autre. Une première portion est dépourvue d'organe de détente et elle est parcourue par la phase gazeuse quand le circuit de retour est raccordée à la première sortie du dispositif de compression. Une deuxième portion est pourvue d'un moyen de détente, par exemple une vanne joule Thomson, dont le rôle est d'abaisser la pression de la phase gazeuse. Cette deuxième portion est parcourue par la phase gazeuse quand le circuit de retour est raccordée à la deuxième sortie du dispositif de compression. Dit autrement, l'utilisation de la première portion est opérée en combinaison avec l'utilisation de la première sortie du dispositif de compression, tandis que l'utilisation de la deuxième portion et de son moyen de détente est opérée en combinaison avec l'utilisation de la deuxième sortie du dispositif de compression.

- [0014] Le système d'alimentation comprend un circuit de refroidissement pourvu d'au moins une pompe configurée pour prélever le fluide à l'état liquide dans la cuve. Ce circuit de refroidissement est utilisé pour exploiter les frigories présentes dans le fluide à l'état liquide et les délivrer à la phase gazeuse qui circule dans le circuit de retour, de sorte à condenser cette phase gazeuse.
- [0015] Le circuit de retour comprend également au moins un échangeur de chaleur dont le rôle est de condenser la phase gazeuse du fluide circulant dans le circuit de retour par échange de chaleur entre cette phase gazeuse et le fluide à l'état liquide circulant dans le circuit de refroidissement.
- [0016] Le système d'alimentation comprend encore une boucle de refroidissement qui assure tout ou partie de la condensation de la phase gazeuse du fluide qui provient du dispositif de compression. Cette boucle de refroidissement peut prendre au moins deux formes : une première forme où il est intégré au circuit de refroidissement. Dans un tel cas, la boucle de refroidissement abaisse la température du fluide à l'état liquide qui circule dans le circuit de refroidissement et c'est en cela que cette boucle de refroidissement participe indirectement à la condensation de la phase gazeuse qui sort de la première sortie ou de la deuxième sortie du dispositif de compression. Selon une seconde forme de la boucle de refroidissement, celle-ci est installée sur une ligne de retour raccordée en entrée à la première sortie du dispositif de compression et qui débouche dans la cuve. Cette boucle de refroidissement liquéfie directement la phase gazeuse qui provient du dispositif de compression.
- [0017] Le premier mode d'opération met en œuvre une extraction de la phase gazeuse par la première sortie du dispositif de compression. Selon une option, cette phase gazeuse est

refroidie au sein de l'échangeur thermique qui met en œuvre un échange de chaleur entre la phase gazeuse comprimé et la phase gazeuse issue du ciel de cuve avant sa compression.

- [0018] Selon ce premier mode d'opération, la phase gazeuse parcourt la première portion, puis traverse l'échangeur de chaleur où cette phase gazeuse est condensée par échange de chaleur avec le fluide à l'état liquide qui provient de la cuve via le circuit de refroidissement. La phase gazeuse circulant dans l'échangeur de chaleur est alors condensée et renvoyée en fond de cuve. Dans une telle situation, la boucle de refroidissement, quelle que soit sa forme, est inactive, ce qui permet de réduire la consommation globale du système.
- [0019] Le deuxième mode d'opération met en œuvre une extraction de la phase gazeuse par la deuxième sortie du dispositif de compression. La première valve étant fermée, la phase gazeuse circule dans le circuit de retour. Selon une option, cette phase gazeuse est refroidie au sein de l'échangeur thermique qui met en œuvre un échange de chaleur entre la phase gazeuse comprimé et la phase gazeuse issue du ciel de cuve avant sa compression.
- [0020] Selon ce deuxième mode d'opération, la première vanne est fermée et la phase gazeuse parcourt la deuxième portion où elle est détendue par passage au travers du moyen de détente que cette deuxième portion comprend. Une fois détendue, cette phase gazeuse traverse l'échangeur de chaleur où cette phase gazeuse est condensée par échange de chaleur avec le fluide à l'état liquide qui provient de la cuve via le circuit de refroidissement.
- [0021] La deuxième portion du circuit de retour comprend le moyen de détente permettant de réduire la pression de la phase gazeuse qui circule dans la deuxième portion du circuit de retour. Au sein de l'échangeur de chaleur, la phase gazeuse détendue opère un échange thermique avec le circuit de refroidissement et donc avec le fluide sous forme liquide provenant de la cuve. Dans ce mode d'opération, la boucle de refroidissement, quelle que soit sa forme, est inactive, ce qui permet de réduire la consommation globale du système. La phase gazeuse circulant dans cette échangeur de chaleur est alors reliquéfié et renvoyée en fond de cuve.
- [0022] Le troisième mode d'opération met en œuvre une extraction de la phase gazeuse par la deuxième sortie du dispositif de compression. La première valve étant fermée, la phase gazeuse circule dans le circuit de retour. Selon une option, cette phase gazeuse est refroidie au sein de l'échangeur thermique qui met en œuvre un échange de chaleur entre la phase gazeuse comprimé et la phase gazeuse issue du ciel de cuve avant sa compression.
- [0023] Selon ce troisième mode d'opération, la première vanne est fermée et la phase gazeuse parcourt la deuxième portion où elle est détendue par passage au travers du

moyen de détente que cette deuxième portion comprend. Une fois détendue, cette phase gazeuse traverse l'échangeur de chaleur où cette phase gazeuse est condensée par échange de chaleur avec le fluide à l'état liquide qui provient de la cuve via le circuit de refroidissement.

- [0024] Au sein de l'échangeur de chaleur, la phase gazeuse qui a parcouru la deuxième portion du circuit de retour opère un échange de chaleur avec le circuit de refroidissement. Selon ce troisième mode d'opération, la boucle de refroidissement est active en ce sens qu'elle participe à la liquéfaction de la phase gazeuse qui provient du dispositif de compression. Selon un exemple, la boucle de refroidissement sous-refroidit le fluide à l'état liquide qui provient de la cuve et qui circule au sein du circuit de refroidissement. Selon un autre exemple, la boucle de refroidissement fait partie d'une ligne de liquéfaction qui prélève la phase gazeuse au niveau de la première sortie du dispositif de compression, la liquéfie via la boucle de refroidissement, puis l'injecte en fond de cuve.
- [0025] Selon un aspect, le procédé de gestion comprend une étape de pré-refroidissement de la phase vapeur et qui est mise en œuvre au moyen de l'échangeur thermique.
- [0026] Selon une autre caractéristique de l'invention, les modes d'opérations sont mis en œuvre en fonction de paramètres parmi lesquels on trouve au moins une quantité de gaz évaporé présent dans la cuve, une température maximale autorisée à l'arrivée sur un lieu de livraison et/ou une température du fluide sous forme liquide contenu dans la cuve.
- [0027] Certains de ces paramètres sont relatifs au gaz contenu dans la cuve tandis que d'autres dépendent de contraintes externes à la cuve.
- [0028] Selon une autre caractéristique de l'invention, la quantité de gaz évaporé présent dans la cuve est déterminée par variation d'une pression dans le ciel de la cuve sur un temps donné.
- [0029] Selon un exemple, la pression dans la cuve est relevée via un capteur de pression et à intervalles connus.
- [0030] Selon une autre caractéristique de l'invention, la quantité de gaz évaporé présent dans la cuve est déterminée par la consommation du consommateur entre le lieu de chargement et le lieu de livraison et par une estimation de génération de la phase gazeuse de la cuve en fonction de caractéristiques de conception de la cuve. Dit autrement, les entrées de chaleur dans la cuve génèrent la phase gazeuse. En fonction des caractéristiques de la cuve, il est possible de déterminer la quantité de gaz évaporé générée en fonction de la température extérieure à la cuve et/ou en fonction de la température de l'eau dans laquelle navigue l'ouvrage flottant. Parallèlement, la consommation de la phase gazeuse par le ou les consommateurs est connue. La combinaison de ces deux données permet de déterminer la quantité de gaz évaporé présent

dans le ciel de la cuve.

- [0031] Selon une autre caractéristique de l'invention, le premier mode d'opération est mis en œuvre quand la température du fluide sous forme liquide contenu dans la cuve est inférieure ou égale à la température maximale autorisée à l'arrivée sur le lieu de livraison et que la quantité de gaz évaporé à reliquéfier est supérieure à un seuil initial, par exemple égal à 0 kg/h.
- [0032] Le premier mode d'opération est le mode d'opération préférentiel, ce mode d'opération permet de reliquéfier la phase gazeuse du ciel de cuve en utilisant moins de ressources que les autres modes d'opérations. L'invention permet d'utiliser le froid emmagasiné par la cargaisons pour condenser la phase gazeuse qui circule dans le circuit de retour en provenance de la première sortie du dispositif de compression via la première portion.
- [0033] Selon une autre caractéristique de l'invention, le deuxième mode d'opération est mis en œuvre moyen de détente la température du fluide sous forme liquide contenu dans la cuve est supérieure à la température maximale autorisée à l'arrivée sur le lieu de livraison et que la quantité de gaz évaporé à reliquéfier est inférieure à un premier seuil, ledit premier seuil étant supérieur au seuil initial, en étant par exemple compris entre 500 kg/h et 2000 kg/h, avantageusement compris entre 500 kg/h et 1250 kg/h ou encore plus avantageusement égal à 750 kg/h.
- [0034] Le deuxième mode d'opération permet la condensation d'une quantité limitée de phase gazeuse, sans néanmoins ajouter de chaleur au fluide sous forme liquide contenu dans la cuve.
- [0035] Selon une autre caractéristique de l'invention, le troisième mode d'opération est mis en œuvre quand la température du fluide sous forme liquide contenu dans la cuve est supérieure à la température maximale autorisée à l'arrivée sur le lieu de livraison et que la quantité de gaz évaporé à reliquéfier est supérieure au premier seuil.
- [0036] Le troisième mode d'opération est mis en œuvre quand une quantité importante de phase gazeuse doit être condenser. Pour se faire, la boucle de refroidissement est activée.
- [0037] Selon une autre caractéristique de l'invention, un quatrième mode d'opération où le ciel de cuve est aspiré par le dispositif de compression jusqu'à ce que la pression dans le ciel de cuve soit inférieure à une pression de saturation du fluide sous forme liquide présent dans la cuve, ce quatrième mode d'opération étant mis en œuvre lorsque la température du fluide sous forme liquide contenu dans la cuve est supérieure à la température maximale autorisée à l'arrivée sur le lieu de livraison d'une valeur comprise entre 0°C et 1°C et que la quantité de gaz évaporé est inférieure à la quantité de gaz consommée par le consommateur.
- [0038] Le quatrième mode d'opération est activé lorsque le consommateur consomme plus

que la quantité de gaz évaporé présent dans le ciel de cuve. Dans un telle quatrième mode, la pression au sein de la cuve est abaissé par le dispositif de compression, ce qui favorise une vaporisation du fluide à l'état liquide, permettant ainsi de créer la phase gazeuse nécessaire à la consommation du consommateur de l'ouvrage flottant.

- [0039] Selon une autre caractéristique de l'invention, le procédé comprend un cinquième mode d'opération au cours duquel la boucle de refroidissement est activée, ce cinquième mode d'opération étant mis en œuvre lorsque la température du fluide sous forme liquide contenu dans la cuve est supérieure à la température maximale autorisée à l'arrivée sur le lieu de livraison d'une valeur comprise entre 0 °C et 1,5°C.
- [0040] Lorsque la température du fluide sous forme liquide contenu dans la cuve est supérieur à la température maximale autorisée à l'arrivée sur le lieu de livraison, le cinquième mode d'opération est mis en œuvre pour réduire la température du fluide sous forme liquide contenu dans la cuve, de manière à ce que ce dernier soit à en dessous de la température d'acceptation du lieu de livraison de la cargaison.
- [0041] Selon une caractéristique optionnelle de l'invention, le cinquième mode d'opération est mis en œuvre simultanément avec l'un quelconque du premier mode d'opération, du deuxième mode d'opération ou du quatrième mode d'opération. On comprend ici que la boucle de refroidissement contribue avec ces modes à amener la température de la cargaison en-dessous de la température maximale autorisée à l'arrivée sur le lieu de livraison.
- [0042] L'ouvrage flottant peut, dans certaines situations, évoluer à une vitesse appelée vitesse de croisement qui correspond à la vitesse où l'intégralité de la phase gazeuse est consommée par le ou les consommateurs, sans nécessiter la génération de phase gazeuse supplémentaire. Lorsque l'ouvrage flottant évolue à la vitesse de croisement, aucun des modes d'opérations n'est mis en œuvre.
- [0043] L'invention concerne également un système d'alimentation en carburant d'au moins un consommateur équipant un ouvrage flottant, configuré pour mettre en œuvre le procédé de gestion tel qu'il est décrit dans le présent document.
- [0044] L'invention concerne également un ouvrage flottant de transport et/ou de stockage de fluide sous forme liquide comprenant un système d'alimentation selon la revendication précédente.
- [0045] D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention ressortiront plus clairement à la lecture de la description qui suit d'une part, et d'exemples de réalisation donnés à titre indicatif et non limitatif en référence aux dessins annexés d'autre part, sur lesquels :
- [0046] [Fig.1] est un premier mode de réalisation d'un système d'alimentation d'un ouvrage flottant ;
- [0047] [Fig.2] est un deuxième mode de réalisation d'un système d'alimentation d'un

ouvrage flottant ;

- [0048] [Fig.3] est un logigramme représentant le procédé de gestion d'un fluide sous forme liquide contenu dans une cuve d'un ouvrage flottant ;
- [0049] [Fig.4] représente, selon une vue écorchée, un ouvrage flottant comprenant le système d'alimentation des figures 1 ou 2.
- [0050] La [Fig.1] illustre un premier mode de réalisation d'un système d'alimentation 1 selon l'invention. Le système d'alimentation 1 peut être intégré au sein d'un ouvrage flottant, par exemple un navire de stockage et/ou de transport d'un gaz à l'état liquide contenu dans au moins une cuve 2 qui équipe l'ouvrage flottant. Le gaz à l'état liquide peut de manière naturelle s'évaporer partiellement et former une phase gazeuse, autrement appelée gaz évaporé, qui se stocke au sein d'un ciel 3 de la cuve 2.
- [0051] Afin de gérer la pression dans la cuve 2 qui augmente du fait de la présence de la phase gazeuse au sein du ciel 3, le système d'alimentation 1 peut utiliser cette phase gazeuse pour alimenter en carburant au moins un appareil consommateur de gaz. Sur la [Fig.1], le système d'alimentation 1 est configuré pour pouvoir alimenter un appareil consommateur de gaz à haute pression 4 et un appareil consommateur de gaz à basse pression 5. L'appareil consommateur de gaz à haute pression 4 peut par exemple être un moteur assurant la propulsion de l'ouvrage flottant. L'appareil consommateur de gaz à basse pression 5 peut quant à lui être un générateur alimentant l'ouvrage flottant en électricité.
- [0052] Afin d'assurer une alimentation des appareils consommateurs de gaz 4, 5, le système d'alimentation 1 comprend un circuit d'alimentation s'étendant entre la cuve 2 et les appareils consommateurs de gaz 4, 5. Le circuit d'alimentation 6 comprend un dispositif de compression 7 permettant d'aspirer la phase gazeuse contenue dans le ciel 3 et la cuve 2 et de comprimer celui-ci jusqu'à une pression compatible avec les besoins de l'appareil consommateur de gaz à haute pression 4, par exemple au-delà de 250 bars, ou de l'appareil consommateur de gaz à basse pression 5, notamment entre 7 et 20 bars.
- [0053] Sur la [Fig.1], le dispositif de compression 7 est illustré par une série de compresseurs, mais le dispositif de compression 7 peut également être un unique compresseur multi-étagé. Ainsi, le dispositif de compression 7 présente plusieurs étages de compression afin de comprimer le gaz à une pression plus ou moins élevée, un tel dispositif de compression 7 comprenant au moins trois sorties dont au moins deux sont disposées entre deux étages de compression. Plus le gaz traverse d'étages de compression, plus la pression de celui-ci est augmentée.
- [0054] Le dispositif de compression 7 représenté sur la [Fig.1] comprend ainsi au moins un premier étage de compression 11, un deuxième étage de compression 12 et un troisième étage de compression 13. Le dispositif de compression 7 comprend aussi une

première sortie 56 disposée entre le premier étage de compression 11 et le deuxième étage de compression 12, une deuxième sortie 57 disposée entre le deuxième étage de compression 12 et le troisième étage de compression 13 et une troisième sortie 58 après le troisième étage de compression 13.

- [0055] Ces trois sorties 56, 57, 58 assurent chacune une sortie de la phase gazeuse hors du dispositif de compression 7. Cette phase gazeuse traverse l'ensemble du dispositif de compression 7 et sort par la troisième sortie 58 pour atteindre la pression compatible à l'alimentation de l'appareil consommateur de gaz à haute pression 4. En sortie du troisième étage de compression 13 du dispositif de compression 7, la phase gazeuse peut atteindre une pression comprise entre 250 et 400 bars.
- [0056] La phase gazeuse comprimée par le premier étage de compression 11 présente une pression comprise entre 7 et 20 bars, tandis que la phase gazeuse comprimée par le deuxième étage de compression 12 présente une pression comprise entre 70 et 150 bars. Le premier étage de compression 11 permet par ailleurs d'élever la pression de la phase gazeuse à une valeur compatible avec l'alimentation de l'appareil consommateur de gaz à basse pression 5.
- [0057] Le système d'alimentation 1 comprend également un circuit de retour 8. Le circuit de retour 8 est connecté au circuit d'alimentation 6, plus particulièrement au niveau du dispositif de compression 7. Selon le premier mode de réalisation du système d'alimentation 1, le circuit de retour 8 comprend une première branche 9 et une deuxième branche 10, respectivement connectées à la première sortie 56 du dispositif de compression 7 disposée en aval du premier étage de compression 11 et en amont du deuxième étage de compression 12, et à la deuxième sortie 57 du dispositif de compression 7 disposée en aval du deuxième étage de compression 12 et en amont du troisième étage de compression 13. La première branche 9 et la deuxième branche 10 permettent de faire circuler la phase gazeuse au sein du circuit de retour 8 à deux niveaux de pression différents.
- [0058] La première branche 9 et la deuxième branche 10 se rejoignent au niveau d'un point de jonction 53. D'une manière préférentielle, la phase gazeuse ne circule qu'au sein de l'une des deux branches 9, 10. Afin de contrôler la circulation au sein desdites branches 9, 10, la première branche 9 comprend une première valve 43 et la deuxième branche 10 comprend une deuxième valve 44.
- [0059] L'un des objectifs du circuit de retour 8 est de participer à la condensation de la phase gazeuse non utilisée pour l'alimentation en carburant des appareils consommateurs de gaz 4, 5. Pour ce faire, le système d'alimentation 1 comprend un échangeur thermique 14 configuré pour opérer un échange de chaleur entre la phase gazeuse comprimé circulant dans le circuit de retour 8 et la phase gazeuse circulant dans le circuit d'alimentation 6, en amont du dispositif de compression 7 et en

provenance du ciel de cuve.

- [0060] L'échangeur thermique 14 permet ainsi de pré-refroidir la phase gazeuse circulant dans le circuit de retour 8 en utilisant la phase gazeuse en sortie de la cuve 2, avant sa compression. Ce dernier est alors chauffé en captant les calories de la phase gazeuse circulant dans le circuit de retour 8.
- [0061] La phase gazeuse circulant dans le circuit de retour 8 est pré-refroidie au sein de l'échangeur thermique 14, et ce peu importe la branche 9 ou 10 utilisée. Ainsi, le point de jonction 53 est avantageusement disposé en amont de l'échangeur thermique 14 afin que l'ensemble de la phase gazeuse circulant dans le circuit de retour 8 traverse l'échangeur thermique 14 pour y être pré-refroidie.
- [0062] Selon une telle configuration, l'échangeur thermique 14 comprend deux passes dont l'une où circule la phase gazeuse circulant dans le circuit d'alimentation 6 en amont du dispositif de compression 7 et l'autre où circule la phase gazeuse comprimée circulant dans le circuit de retour 8, après que la première branche 9 et la deuxième branche 10 se sont rejointes au niveau du point de jonction 53.
- [0063] Le circuit de retour 8 comprend une première portion 51 et une deuxième portion 52, chacune étant adaptée à la circulation de la phase gazeuse précédemment comprimée par le premier étage de compression 11 ou par le deuxième étage de compression 12.
- [0064] Sur la [Fig.1], on observe que la deuxième portion 52 comprend un moyen de détente 15, tandis que la première portion 51 en est dépourvue. On comprend ainsi que la première portion 51 est spécifique à la circulation de la phase gazeuse comprimée seulement par le premier étage de compression 11, tandis que la deuxième portion 52 est spécifique à la circulation de la phase gazeuse comprimée par le deuxième étage de compression 12. La mise sous pression par le deuxième étage de compression 12 nécessite une détente ultérieure, laquelle étant assurée par le moyen de détente 15.
- [0065] Le système d'alimentation 1 permet d'optimiser la condensation de la phase gazeuse en économisant un maximum d'énergie et en maintenant la température de la cargaison de fluide à l'état liquide en-dessous d'un seuil déterminé, un tel seuil pouvant être une température maximum autorisée à un lieu de déchargement ou de livraison de la cuve 2. Cette optimisation est obtenue en favorisant l'utilisation de la première branche 9 combinée à l'utilisation de la première portion 51, par rapport à l'utilisation de la deuxième branche 10 combinée à l'utilisation de la deuxième portion 52, éventuellement combinée avec la mise en œuvre d'une boucle de refroidissement 20, 50.
- [0066] Le circuit de retour 8 illustré sur la [Fig.1] comprend un point de divergence 54 et un point de convergence 55, respectivement où débutent et se terminent la première portion 51 et la deuxième portion 52. Ces dernières comprennent par ailleurs respectivement une première vanne 41 et une deuxième vanne 42 qui contrôlent la circulation de gaz au sein des portions respectives. Enfin, le circuit de retour 8 comprend un

organe de régulation de débit 40 disposé en aval du point de convergence 55 entre la première portion 51 et la deuxième portion 52. Cette organe de régulation de débit 40 adapte la pression et le débit au sein du circuit de retour 8 de sorte à rapprocher cette pression de la pression qui règne au sein de la cuve 2.

- [0067] Cette organe de régulation de débit 40 est disposé en aval de la branche du circuit de retour 8 qui traverse un échangeur de chaleur 16, et amont d'un point de mélange 39 entre le circuit de retour 8 et un circuit de refroidissement 17.
- [0068] Après avoir circulé au sein de la première portion 51 ou de la deuxième portion 52, la phase gazeuse traverse ensuite l'échangeur de chaleur 16 dans le but d'être au moins partiellement, voire totalement, condensée. Le point de convergence 55 est disposé en amont de l'échangeur de chaleur 16. Ainsi, tout comme pour l'échangeur thermique 14, l'échangeur de chaleur 16 comprend deux passes.
- [0069] Afin d'opérer une condensation efficace, le système d'alimentation 1 comprend le circuit de refroidissement 17 au sein duquel circule du fluide à l'état liquide prélevé dans la cuve 2. Le circuit de refroidissement 17 comprend une pompe 18, avantageusement immergée au fond de la cuve 2 et qui met en circulation le fluide à l'état liquide au sein du circuit de refroidissement 17. Parmi les différentes fonctions du circuit de refroidissement 17, l'une d'entre elles est de participer à la condensation du gaz à l'état vapeur circulant dans le circuit de retour 8. Le fluide à l'état liquide circulant dans le circuit de refroidissement 17 peut ainsi traverser l'échangeur de chaleur 16 au sein duquel s'opère un échange de chaleur avec la phase gazeuse circulant dans le circuit de retour 8. La phase gazeuse est alors condensée. Ceci est avantageux en ce sens qu'on utilise les frigories contenues dans le gaz à l'état liquide contenu dans la cuve pour opérer la reliquéfaction.
- [0070] Afin d'optimiser la condensation de la phase gazeuse circulant dans l'échangeur de chaleur 16, le système d'alimentation 1 comprend un autre échangeur de chaleur ci-après appelé deuxième échangeur de chaleur 19, que le fluide à l'état liquide circulant dans le circuit de refroidissement 17 peut traverser ou contourner.
- [0071] Le deuxième échangeur de chaleur 19 permet de sous-refroidir le fluide à l'état liquide afin de compenser les calories captées par le fluide à l'état liquide lors de l'échange de chaleur se produisant au sein de l'échangeur de chaleur 16, autrement appelé premier échangeur de chaleur 16 quand le système comprend plusieurs échangeurs de chaleur.
- [0072] Afin de sous-refroidir le fluide à l'état liquide, le système d'alimentation 1 comprend une boucle de refroidissement 20 qui traverse le deuxième échangeur de chaleur 19, une telle boucle de refroidissement 20 étant parcourue par un fluide réfrigérant assurant le sous-refroidissement du fluide à l'état liquide. Le fluide réfrigérant circulant dans la boucle de refroidissement 20 peut par exemple être de l'azote.

- [0073] En sortie du premier échangeur de chaleur 16, le phase gazeuse ainsi condensée rejoint le circuit de refroidissement 17, également en sortie du premier échangeur de chaleur 16, en se mélangeant au niveau du point de mélange 39. Le circuit de refroidissement 17 s'étend jusqu'à la cuve 2 afin que le retour du fluide à l'état liquide puisse se faire au sein de celle-ci. Le circuit de refroidissement 17 comprend à ce titre au moins une terminaison 29 pouvant être un orifice 30 agencée au fond de la cuve 2.
- [0074] Lorsque la quantité de gaz évaporé dans le ciel 3 de la cuve 2 n'est pas suffisante pour satisfaire la consommation de l'appareil consommateur de gaz à haute pression 4, le système d'alimentation 1 peut être configuré pour fournir cette phase gazeuse à ce dernier. Ainsi, le système d'alimentation 1 peut comprendre un circuit d'alimentation supplémentaire 33. Le circuit d'alimentation supplémentaire 33 comprend une pompe additionnelle 35, une pompe haute pression 36 et un vaporiseur 37. La pompe additionnelle 35 permet de prélever le fluide à l'état liquide dans la cuve 2, puis la pompe haute pression 36 pompe le fluide à l'état liquide jusqu'à une pression compatible avec la pression requise par l'appareil consommateur de gaz à haute pression 4. Le vaporiseur 37 permet d'évaporer le fluide à l'état liquide mis sous haute pression afin que ce fluide passe à l'état vapeur et puisse être consommé par l'appareil consommateur de gaz à haute pression 4.
- [0075] Comme illustré sur les figures 1 ou 2, la pompe additionnelle 35 et la pompe 18 du circuit de refroidissement 17 sont des pompes séparées et distinctes. Selon une alternative, le système est dépourvu d'une pompe additionnelle dédiée au circuit d'alimentation supplémentaire 33. Dans un tel cas, le circuit d'alimentation supplémentaire 33 est raccordé au circuit de refroidissement 17, entre une sortie de la pompe 18 et une entrée de l'échangeur de chaleur 16 et c'est la pompe 18 qui, en plus de sa fonction initiale, prélève du gaz à l'état liquide dans la cuve 2 pour le fournir à la pompe haute pression 36.
- [0076] La [Fig.2] représente une variante du système d'alimentation illustré à la [Fig.1]. Seules les différences structurelles et fonctionnelles par rapport à ce qui a été évoquées précédemment seront décrites. On se référera donc à la description de la [Fig.1] pour toutes les caractéristiques non détaillées ci-dessous.
- [0077] La [Fig.2] se distingue de ce qui a été décrit précédemment notamment par l'absence du deuxième échangeur de chaleur permettant de sous-refroidir le fluide à l'état liquide circulant dans le circuit de refroidissement 17.
- [0078] A la place, le système d'alimentation 1 comprend une branche additionnelle 48 connectée à la première sortie 56 du dispositif de compression 7, en parallèle de la première branche 9, et qui s'étend jusqu'à la cuve 2.
- [0079] Le système d'alimentation 1 comprend une boucle de refroidissement 50 qui peut être activée ou désactivée en fonction du mode d'opération sélectionné. Cette branche

additionnelle 48 conduit la phase gazeuse à travers un deuxième échangeur thermique 49, qui est configuré pour opérer un échange de chaleur entre la phase gazeuse qui provient du dispositif de compression 7 et un fluide réfrigérant circulant dans la boucle de refroidissement 50. En sortie du deuxième échangeur thermique 49, le phase gazeuse condensée circule dans la branche additionnelle 48 jusqu'à retourner dans la cuve 2.

[0080] Tel qu'illustré sur le logigramme présent sur la [Fig.3], le procédé de gestion 64 de la phase gazeuse débute par une récupération 68 des paramètres de navigation de l'ouvrage flottant 70. Ces paramètres peuvent intervenir dans le choix du mode d'opération préférable pour la condensation gaz évaporé présent dans le ciel 3 de la cuve 2.

[0081] Selon l'invention, le procédé met en œuvre au moins trois modes d'opération du système d'alimentation 1, ces modes étant mis en œuvre dans un objectif de réduction de la consommation globale de l'ouvrage flottant.

[0082] Un premier mode d'opération illustré par la référence 94 correspond à un raccordement du circuit de retour 8 à la première sortie 56 du dispositif de compression 7 et à une circulation de la phase gazeuse au travers de la première portion 51, l'échangeur de chaleur 16 opérant un échange thermique entre le fluide sous forme liquide circulant dans le circuit de refroidissement 17, sans que ce dernier ne soit sous-refroidi, et la phase gazeuse circulant dans le circuit de retour 8. Dans un tel cas, la première valve 43 est ouverte et la deuxième valve 44 est fermée, la phase gazeuse débutant ainsi son parcours dans le circuit de retour 8 par la première branche 9. Après l'échangeur thermique 14, la circulation de la phase gazeuse se poursuit dans le circuit de retour 8 en empruntant la première branche 51, c'est-à-dire celle qui est dépourvue de moyen de détente. Pour ce faire, la première vanne 41 est ouverte et la deuxième vanne 42 est fermée.

[0083] Ce premier mode d'opération 94 est mis en œuvre lorsqu'il est déterminé à l'étape 84 que la quantité de gaz évaporé dans le ciel de la cuve est supérieure à un seuil initial par exemple égal à 0 kg/h et qu'il est déterminé à l'étape 82 que la température du fluide sous forme liquide présent dans la cuve est inférieure à une température maximale du fluide à l'état liquide autorisée sur le lieu de livraison. Ce premier mode d'opération 94 est celui qui consomme le moins d'énergie pour condenser la phase gazeuse qui transite dans le circuit de retour et l'invention privilégie la mise en œuvre de ce premier mode d'opération comparativement au deuxième mode 100 ou au troisième mode d'opération 98.

[0084] Le deuxième mode d'opération illustré par la référence 100 correspond à un raccordement du circuit de retour 8 à la deuxième sortie 57 du dispositif de compression 7 et à une circulation de la phase gazeuse au travers de la deuxième portion 52 et au

travers du moyen de détente 15, l'échangeur de chaleur 16 opérant un échange thermique entre le fluide sous forme liquide circulant dans le circuit de refroidissement 17, sans que ce dernier ne soit sous-refroidi, et la phase gazeuse circulant dans le circuit de retour 8 après détente de celle-ci. Dans un tel cas, la première valve 43 est fermée et la deuxième valve 44 est ouverte, la phase gazeuse débutant ainsi son parcours dans le circuit de retour 8 par la deuxième branche 10. Après l'échangeur thermique 14, la circulation de la phase gazeuse se poursuit dans le circuit de retour 8 en empruntant la deuxième branche 52, c'est-à-dire celle qui est pourvue du moyen de détente 15. Pour ce faire, la première vanne 41 est fermée et la deuxième vanne 42 est ouverte.

[0085] Ce deuxième mode d'opération 100 est mis en œuvre lorsqu'il est déterminé à l'étape 96 que la quantité de gaz évaporé dans le ciel de la cuve est comprise entre le seuil initial et un premier seuil, le premier seuil pouvant prendre toute valeur comprise entre 1 kg/h et 750 kg/h, et qu'il est déterminé à l'étape 82 que la température du fluide sous forme liquide présent dans la cuve est supérieure à la température maximale autorisée sur le lieu de livraison. Dans un tel cas, la première valve 43 est fermée et la deuxième valve 44 est ouverte, la phase gazeuse débutant ainsi son parcours dans le circuit de retour 8 par la deuxième branche 10. Après l'échangeur thermique 14, la circulation de la phase gazeuse se poursuit dans le circuit de retour 8 en empruntant la deuxième branche 52, c'est-à-dire celle qui est pourvue de moyen de détente 15. Pour ce faire, la première vanne 41 est fermée et la deuxième vanne 42 est ouverte. Ce deuxième mode d'opération 100 consomme moins d'énergie pour condenser la phase gazeuse qui transite dans le circuit de retour que le troisième mode d'opération 98 car la boucle de refroidissement, quelle que soit son mode de réalisation, est inactive.

[0086] Le troisième mode d'opération illustré par la référence 98 correspond à un raccordement du circuit de retour 8 à la deuxième sortie 57 du dispositif de compression 7 et à une circulation de la phase gazeuse au travers de la deuxième portion 52 et au travers du moyen de détente 15, l'échangeur de chaleur 16 opérant un échange thermique entre le fluide sous forme liquide circulant dans le circuit de refroidissement 17 et la phase gazeuse circulant dans le circuit de retour 8 après détente de celle-ci. Dans ce mode, la boucle de refroidissement est active ce qui permet soit de sous-refroidir le fluide à l'état liquide qui circule dans le circuit de refroidissement 17, soit de liquéfier la phase gazeuse qui circule dans la branche additionnelle 48.

[0087] Ce troisième mode d'opération 98 est mis en œuvre lorsqu'il est déterminé à l'étape 96 que la quantité de gaz évaporé dans le ciel de la cuve est supérieure au premier seuil évoqué ci-dessus, par exemple 750 kg/h, et qu'il est déterminé à l'étape 82 que la température du fluide sous forme liquide présent dans la cuve est supérieure à la température maximale autorisée sur le lieu de livraison. Ce troisième mode d'opération

abaisse la température du fluide à l'état liquide présent dans la cuve de sorte à ramener cette dernière en dessous de la température maximale autorisée au point de livraison.

- [0088] A l'étape 84, il est déterminé si la quantité de gaz évaporé dans le ciel de cuve est égale au seuil initial, par exemple 0 kg/h. C'est notamment le cas quand la consommation de la phase gazeuse par le consommateur correspond à la génération de phase gazeuse dans le ciel de cuve. Si cette quantité est égale à 0kg/h, le procédé ne met en œuvre aucun mode d'opération en rapport avec la condensation de la phase gazeuse.
- [0089] S'il est déterminé à l'étape 84 que la quantité de gaz évaporé dans le ciel de cuve est inférieure au seuil initial, et qu'il est déterminé à une étape 92 que la température du fluide à l'état liquide est supérieure à la température maximale autorisée sur le lieu de livraison d'une valeur comprise entre 0°C et 1°C, un quatrième mode d'opération 104 est mise en œuvre.
- [0090] Ce quatrième mode d'opération 104 consiste en la génération d'une dépression au sein de la cuve 2. Une telle dépression est mise en œuvre par le dispositif de compression 7, ou par tout autre moyen d'aspiration, qui aspire la phase gazeuse présente dans le ciel de cuve jusqu'à ce la pression dans ce ciel 3 de la cuve 2 soit inférieure à une pression de saturation du fluide sous forme liquide présent dans la cuve 2. Ce faisant, le fluide à l'état liquide s'évapore dans le ciel de cuve et génère ainsi une phase gazeuse.
- [0091] S'il est déterminé à l'étape 84 que la quantité de gaz évaporé dans le ciel de cuve est inférieure au seuil initial, par exemple 0 kg/h, et qu'il est déterminé à l'étape 92 que la température du fluide à l'état liquide est supérieure à la température maximale autorisée sur le lieu de livraison d'une valeur comprise entre 0°C et 1,5°C, un cinquième mode d'opération 102 est mise en œuvre.
- [0092] Au cours de ce cinquième mode d'opération 102, on prélève du fluide sous forme liquide de la cuve 2 au moyen du circuit d'alimentation supplémentaire 33, on évapore ce fluide sous forme liquide au sein d'un vaporiseur 37 pour alimenter en phase gazeuse le consommateur 4 ou 8. Une portion de la phase gazeuse non consommée par le consommateur est condensée par la boucle de refroidissement 20 via le circuit de refroidissement, au directement au sein de la branche additionnelle 48 qui comprend un boucle de refroidissement 50 dédiée.
- [0093] Les quantités de gaz évaporé décrites ci-dessus peuvent être déterminée par exemple en surveillant une variation de la pression dans le ciel 3 de la cuve 2 sur un temps donné. Si la pression augmente rapidement, cela signifie que la quantité de gaz évaporé est importante. A contrario, si la pression n'augmente pas, ou augmente lentement, cela signifie que la quantité de gaz évaporé est stable, voire faible.
- [0094] De manière alternative ou complémentaire, la quantité de gaz évaporé présent dans la

cuve peut être déterminée par une comparaison entre une consommation estimée du consommateur entre le lieu de chargement du fluide dans la cuve et le lieu de livraison de ce fluide et une estimation de génération de la phase gazeuse au sein de la cuve, une telle estimation dépendant de caractéristiques de conception de la cuve, comme par exemple son isolation thermique. Si l'estimation de génération de la phase gazeuse est supérieure à la consommation estimée du consommateur, cela traduit la présence d'une quantité importante de gaz évaporé. Si, en revanche, l'estimation de génération de la phase gazeuse est inférieure ou égale à la consommation estimée du consommateur, cela traduit une quantité stable de gaz évaporé, voire décroissante.

- [0095] La [Fig.4] représente l'ouvrage flottant 70 comprenant la cuve 2, qui est étanche et thermiquement isolée. Elle est de forme générale prismatique et est montée dans une double coque 5 de l'ouvrage flottant 70, qui peut être un navire ou une plateforme flottante. Une paroi de la cuve 2 comporte une barrière étanche primaire destinée à être en contact avec le fluide sous forme liquide contenu dans la cuve 2, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 5 du navire, et deux barrières thermiquement isolées agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque 5. Dans une version simplifiée, l'ouvrage flottant 70 comporte une simple coque.
- [0096] Des canalisations de chargement /déchargement 73 disposées sur un pont supérieur de l'ouvrage flottant 70 peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriés, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer une cargaison de fluide sous forme liquide depuis ou vers la cuve 2.
- [0097] La [Fig.4] illustre également un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et/ou de déchargement 75, une conduite sous-marine 76 et une installation à terre 77. Le poste de chargement et/ou 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 est orientable et s'adapte à tous les gabarits d'ouvrage flottant 70. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 78. Le poste de chargement/ou déchargement 75 permet le chargement et/ou le déchargement de l'ouvrage flottant 70 depuis ou vers l'installation à terre 77. Celle-ci comporte des cuves de stockages 80 de fluide sous forme liquide et des conduites de liaisons 81 reliées par la conduite sous-marine 76 au poste de chargement et/ou déchargement 75. La conduite sous-marine 76 permet le transfert du fluide sous forme liquide entre le poste de chargement et/ou déchargement 75 et l'installation à terre 77 sur une grande distance, par exemple cinq kilomètres, ce qui permet de garder l'ouvrage flottant 70 à grande distance de la côte

pendant les opérations de chargement et/ou déchargement.

- [0098] Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du fluide sous forme liquide, on met en œuvre des pompes embarquées dans l'ouvrage flottant 70 et/ou des pompes équipant l'installation à terre 77 et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de déchargement 75.
- [0099] Les exemples ont été décrits pour un ouvrage flottant 70 ; cependant, ils sont aussi applicables à un ouvrage terrestre.
- [0100] La présente invention propose ainsi un procédé de gestion d'une phase gazeuse au sein d'une cuve qui permet de condenser cette phase gazeuse en utilisant le moins d'énergie possible, ce système d'alimentation étant équipé d'une boucle de refroidissement quand dans certaines situations permet de ramener la température du fluide à l'état liquide en dessous d'une température seuil, par exemple la température acceptée par un terminal de livraison.
- [0101] La présente invention ne saurait toutefois se limiter aux moyens et configurations décrits et illustrés ici et elle s'étend également à tout moyen et toute configuration équivalente ainsi qu'à toute combinaison techniquement opérante de tels moyens.

## Revendications

[Revendication 1]

Procédé de gestion (64) d'une phase gazeuse d'un fluide contenu sous forme liquide dans une cuve (2) d'un ouvrage flottant (70), l'ouvrage flottant (70) comprenant un système d'alimentation (1) en carburant d'au moins un consommateur (4, 5) équipant l'ouvrage flottant (70), le système d'alimentation (1) comprenant au moins un dispositif de compression (7) destiné à prélever la phase gazeuse pour la délivrer au consommateur (4, 5), le dispositif de compression (7) comportant au moins une première sortie (56), une deuxième sortie (57) et une troisième sortie (58) configurées pour délivrer la phase gazeuse à trois niveaux de pression différents, le système d'alimentation (1) comprenant un circuit de retour (8) destiné à renvoyer dans la cuve (2) une partie de la phase gazeuse comprimée par le dispositif de compression (7), le circuit de retour (8) étant alternativement raccordé à la première sortie (56) ou à la deuxième sortie (57) du dispositif de compression (7) et comprenant au moins une première portion (51), ainsi qu'une deuxième portion (52) pourvue d'un moyen de détente (15), le système d'alimentation (1) comprenant au moins un échangeur thermique (14) configuré pour opérer un échange de chaleur entre la phase vapeur prélevée par le dispositif de compression (7) et la phase gazeuse qui parcourt le circuit de retour (8), le système d'alimentation (1) comprenant au moins un circuit de refroidissement (17) configuré pour prélever le fluide à l'état liquide dans la cuve (2), le circuit de retour (8) comprenant au moins un échangeur de chaleur (16) configuré pour opérer un échange de chaleur entre la phase gazeuse du fluide circulant dans le circuit de retour (8) et le fluide à l'état liquide circulant dans le circuit de refroidissement (17), le système d'alimentation (1) comprenant une boucle de refroidissement (20, 50) participant à la condensation de la phase gazeuse en provenance du dispositif de compression (7), le procédé de gestion de la phase gazeuse comprenant une pluralité de modes d'opérations, parmi lesquels on trouve au moins :

- un premier mode d'opération (94) où le circuit de retour (8) est raccordé à la première sortie (56) du dispositif de compression (7), l'échangeur de chaleur (16) opérant un échange thermique entre le fluide sous forme liquide circulant dans le circuit de refroidissement (17) et la phase gazeuse circulant dans le circuit de retour (8) ;

- un deuxième mode d’opération (100) où le circuit de retour (8) est raccordé à la deuxième sortie (57) du dispositif de compression (7), l’échangeur de chaleur (16) opérant un échange thermique entre la phase gazeuse détendue par le moyen de détente (15) et le fluide sous forme liquide circulant dans le circuit de refroidissement (17), la boucle de refroidissement (20, 50) ne participant pas à la condensation de la phase gazeuse en provenance du dispositif de compression (7) ;
- un troisième mode d’opération (98) où le circuit de retour (8) est raccordé à la deuxième sortie (57) du dispositif de compression (7), l’échangeur de chaleur (16) opérant un échange thermique entre la phase gazeuse détendue par le moyen de détente (15) et le fluide sous forme liquide circulant dans le circuit de refroidissement (17), la boucle de refroidissement (20, 50) participant à la condensation de la phase gazeuse en provenance du dispositif de compression (7).

- [Revendication 2] Procédé de gestion (64) selon la revendication 1, au cours duquel les modes d’opérations sont mis en œuvre en fonction de paramètres parmi lesquels on trouve au moins une quantité de gaz évaporé présent dans la cuve, une température maximale autorisée à l’arrivée sur un lieu de livraison et/ou une température du fluide sous forme liquide contenu dans la cuve.
- [Revendication 3] Procédé de gestion (64) selon la revendication 2, au cours duquel la quantité de gaz évaporé présent dans la cuve (2) est déterminée par variation d’une pression dans un ciel (3) de la cuve (2) sur un temps donné.
- [Revendication 4] Procédé de gestion (64) selon la revendication 2, au cours duquel la quantité de gaz évaporé présent dans la cuve (2) est déterminée par la consommation du consommateur (4, 5) entre un lieu de chargement du fluide dans la cuve (2) et un lieu de livraison de ce fluide et par une estimation de génération de gaz évaporé dans la cuve (2) en fonction de caractéristiques de conception de la cuve (2).
- [Revendication 5] Procédé de gestion (64) selon l’une quelconque des revendications 2 à 4, au cours duquel le premier mode d’opération (94) est mis en œuvre quand la température du fluide sous forme liquide contenu dans la cuve (2) est inférieure ou égale à la température maximale autorisée à

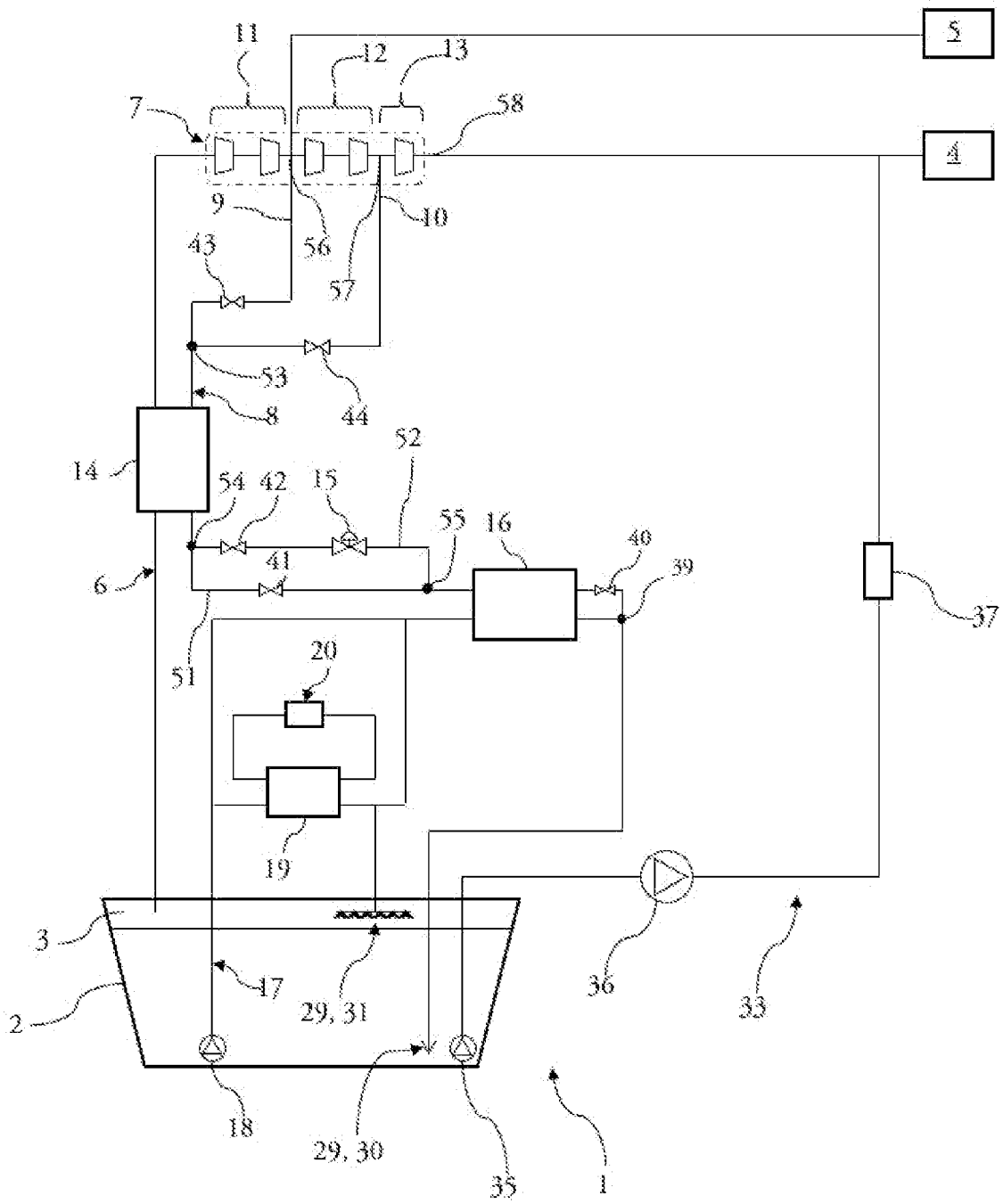
- l'arrivée sur le lieu de livraison et que la quantité de gaz évaporé à reliquéfier est supérieure à un seuil initial.
- [Revendication 6] Procédé de gestion (64) selon la revendication 5, au cours duquel le deuxième mode d'opération (95) est mis en œuvre quand la température du fluide sous forme liquide contenu dans la cuve (2) est supérieure à la température maximale autorisée à l'arrivée sur le lieu de livraison et que la quantité de gaz évaporé à reliquéfier est inférieure à un premier seuil, ledit premier seuil étant supérieur au seuil initial.
- [Revendication 7] Procédé de gestion (64) selon la revendication 6, au cours duquel le troisième mode d'opération (100) est mis en œuvre quand la température du fluide sous forme liquide contenu dans la cuve (2) est supérieure à la température maximale autorisée à l'arrivée sur le lieu de livraison et que la quantité de gaz évaporé à reliquéfier est supérieure au premier seuil.
- [Revendication 8] Procédé de gestion (64) selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, comprenant un quatrième mode d'opération (104) où le ciel (3) de la cuve (2) est aspiré par le dispositif de compression (7) jusqu'à ce que la pression dans ce ciel (3) de la cuve (2) soit inférieure à une pression de saturation du fluide sous forme liquide présent dans la cuve (2), ce quatrième mode d'opération (104) étant mis en œuvre lorsque la température du fluide sous forme liquide contenu dans la cuve (2) est supérieure à la température maximale autorisée à l'arrivée sur le lieu de livraison d'une valeur comprise entre 0°C et 1°C et que la quantité de gaz évaporé est inférieure à la quantité de gaz consommée par le consommateur (4, 5).
- [Revendication 9] Procédé de gestion (64) selon la revendication 8, comprenant un cinquième mode d'opération (102) au cours duquel la boucle de refroidissement (20, 50) est activée, ce cinquième mode d'opération (102) étant mis en œuvre lorsque la température du fluide sous forme liquide contenu dans la cuve (2) est supérieure à la température maximale autorisée à l'arrivée sur le lieu de livraison d'une valeur comprise entre 0°C et 1,5°C.
- [Revendication 10] Procédé de gestion (64) selon la revendication 9, au cours duquel le cinquième mode d'opération (102) est mis en œuvre simultanément avec l'un quelconque du premier mode d'opération (94), du deuxième mode d'opération (100) ou du quatrième mode d'opération (104).
- [Revendication 11] Système d'alimentation (1) en carburant d'au moins un consommateur (4, 5) équipant un ouvrage flottant (70), comprenant au moins un

dispositif de compression (7) destiné à prélever la phase gazeuse pour la délivrer au consommateur (4, 5), le dispositif de compression (7) comportant au moins une première sortie (56), une deuxième sortie (57) et une troisième sortie (58) configurées pour délivrer la phase gazeuse à trois niveaux de pression différents, le système d'alimentation (1) comprenant un circuit de retour (8) destiné à renvoyer dans la cuve (2) une partie de la phase gazeuse comprimée par le dispositif de compression (7), le circuit de retour (8) étant alternativement raccordé à la première sortie (56) ou à la deuxième sortie (57) du dispositif de compression (7) et comprenant au moins une première portion (51), ainsi qu'une deuxième portion (52) pourvue d'un moyen de détente (15), le système d'alimentation (1) comprenant au moins un échangeur thermique (14) configuré pour opérer un échange de chaleur entre la phase vapeur prélevée par le dispositif de compression (7) et la phase gazeuse qui parcourt le circuit de retour (8), le système d'alimentation (1) comprenant au moins un circuit de refroidissement (17) configuré pour prélever le fluide à l'état liquide dans la cuve (2), le circuit de retour (8) comprenant au moins un échangeur de chaleur (16) configuré pour opérer un échange de chaleur entre la phase gazeuse du fluide circulant dans le circuit de retour (8) et le fluide à l'état liquide circulant dans le circuit de refroidissement (17), le système d'alimentation (1) comprenant une boucle de refroidissement (20, 50) participant à la condensation de la phase gazeuse en provenance du dispositif de compression (7), ledit système d'alimentation (1) étant configuré pour mettre en œuvre le procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.

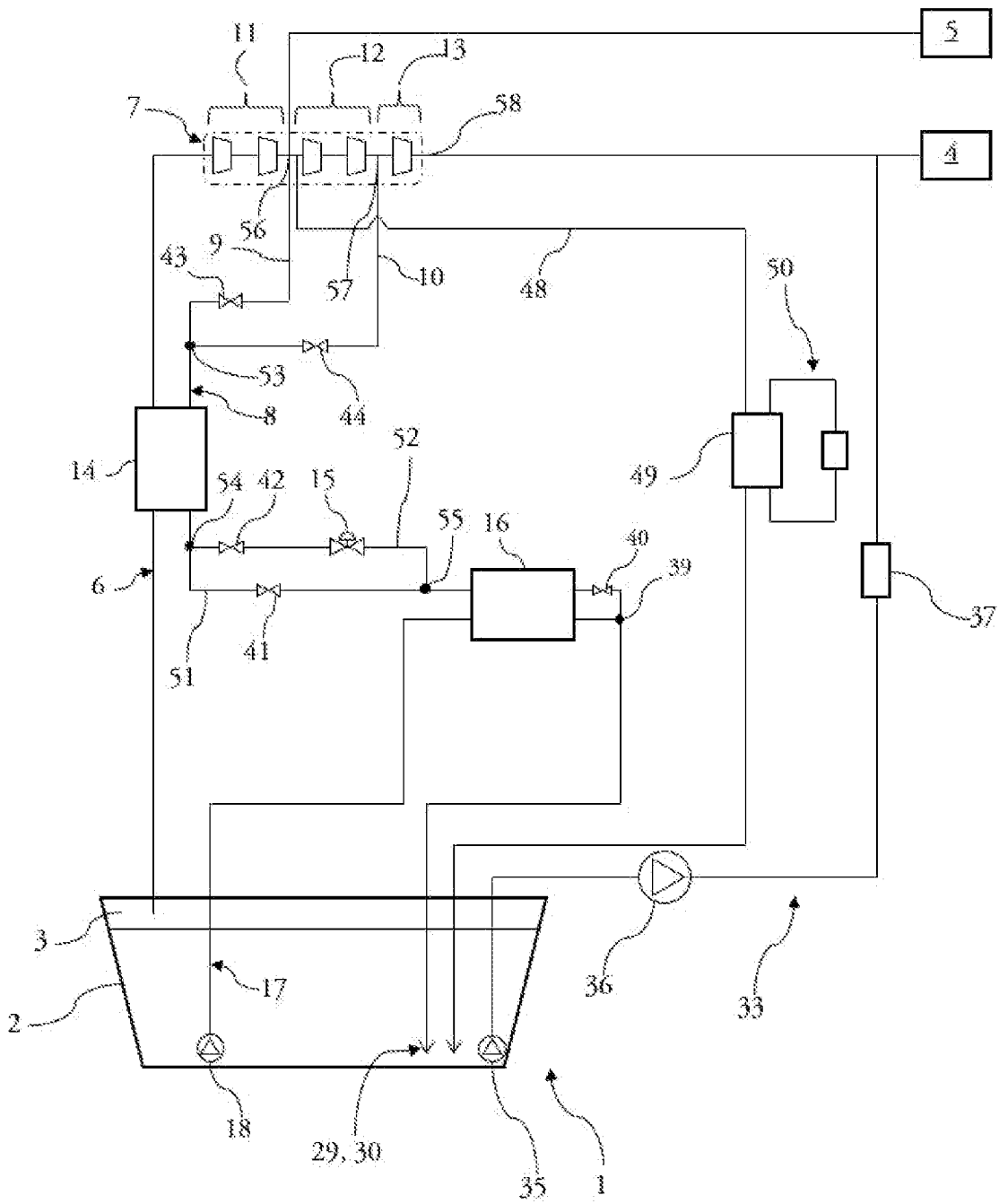
[Revendication 12]

Ouvrage flottant (70) de transport et/ou de stockage de fluide sous forme liquide comprenant un système d'alimentation (1) selon la revendication 11.

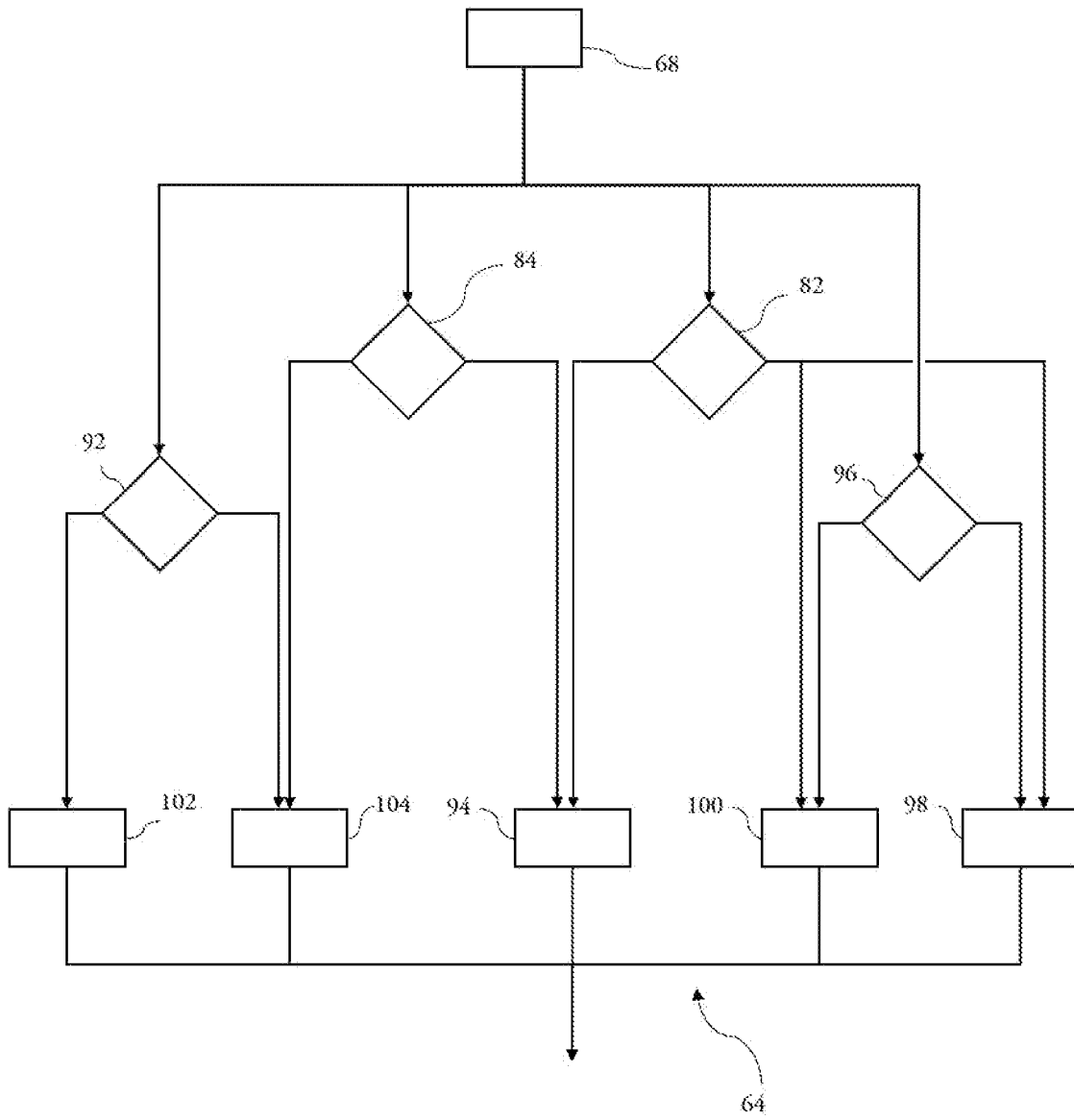
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]





# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN  
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

KR 2020 0067728 A (KOREA SHIPBUILDING &  
OFFSHORE ENG CO LTD [KR])  
12 juin 2020 (2020-06-12)

WO 2022/129755 A1 (GAZTRANSPORT ET  
TECHNIGAZ [FR]) 23 juin 2022 (2022-06-23)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN  
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND  
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT