

DESCRIPTION**Titre de l'invention : SYSTEME DE TRAITEMENT D'UN GAZ COMPRENANT UNE UNITE DE CONTROLE**

- [0001] La présente invention se rapporte au domaine des navires de transport de gaz liquéfié, notamment des méthaniers, et au domaine des équipements de refroidissement. Plus précisément, l'invention concerne un système de traitement d'un gaz destiné à alimenter les moteurs de tels navires et dont le refroidissement en entrée d'un dispositif de compression est optimisé.
- [0002] De tels navires comprennent une cale aménagée pour contenir une à plusieurs cuves de transport de gaz à l'état liquide, ces cuves ayant une capacité de plusieurs milliers voire plusieurs dizaines de milliers de mètres cubes. Lorsqu'il s'agit de gaz naturel, celui-ci est maintenu dans les cuves à -163°C (degrés Celsius) environ, à la pression atmosphérique. Les cuves sont donc étanches et thermiquement isolées par une double couche d'isolation. Le gaz naturel liquéfié (GNL) ayant cependant tendance à s'évaporer, du fait par exemple d'une diminution de la pression du gaz dans les cuves ou d'un flux de chaleur passant à travers les parois de cuve malgré la double isolation, la partie supérieure de chaque cuve, appelée ciel gazeux de cuve, est remplie de gaz à l'état de vapeur.
- [0003] Le GNL qui s'évapore naturellement et qui s'accumule dans le ciel gazeux est aussi appelé NBOG (pour l'anglais « Natural Boil-Off Gas »). Ce NBOG est généralement utilisé comme carburant pour un ou plusieurs moteurs du navire. Les moteurs de ces navires doivent être alimentés en NBOG à des pressions supérieures à la pression du NBOG dans le ciel gazeux de cuve et à une température donnée. À cet effet, ces navires sont équipés d'un ou plusieurs dispositifs de compression destinés à alimenter les moteurs du navire en NBOG à une pression adaptée pour ces moteurs. Toutefois, ces dispositifs de compression participent, lors de leur fonctionnement, à réchauffer le NBOG à des températures supérieures à la température d'admission des moteurs. Parmi ces dispositifs de compression, des dispositifs de compression à deux étages de compression sont mis en œuvre et il est connu de refroidir le NBOG en entrée de tels dispositifs de compression de sorte que le NBOG en entrée des moteurs soit à une température admissible pour ces derniers.

- [0004] Le refroidissement du NBOG en entrée du dispositif de compression est classiquement obtenu par la projection de gaz naturel à l'état liquide provenant d'une cuve et circulant dans une ligne spécifique, au moyen d'un organe de pompage immergé dans la cuve. Dans le système de l'art antérieur, l'organe de pompage fonctionne en permanence de sorte à refroidir continuellement le NBOG. Or, le fonctionnement de l'organe de pompage génère de la chaleur au sein de la cuve ce qui augmente la quantité de NBOG générée dans la cuve. Un tel fonctionnement ininterrompu de l'organe de pompage participe à diminuer le bilan énergétique des pertes opérationnelles de gaz évaporé lors d'un trajet du navire, aussi appelé BOR (pour l'anglais « Boil-Off Rate ») opérationnel d'un navire.
- [0005] La présente invention s'inscrit dans ce contexte et se propose de pallier au moins certains des inconvénients de l'art antérieur. La présente invention propose notamment un système de traitement d'un gaz dans lequel la génération de NBOG dans la cuve consécutif aux calories générées par l'organe de pompage est limitée par un fonctionnement contrôlé dudit organe de pompage.
- [0006] Ainsi, la présente invention porte sur un système de traitement d'un gaz comprenant au moins une première ligne configurée pour assurer la circulation d'un gaz à l'état vapeur contenu dans une cuve de stockage et une deuxième ligne configurée pour assurer la circulation d'au moins en partie ledit gaz contenu à l'état liquide dans la cuve de stockage, la première ligne étant configurée pour relier au moins un ciel gazeux de ladite cuve de stockage à un appareil consommateur de gaz et comprenant au moins un dispositif de compression destiné à alimenter en gaz l'appareil consommateur de gaz et un séparateur de phases disposé entre le ciel gazeux et le dispositif de compression, la deuxième ligne comprenant au moins un organe de pompage configuré pour alimenter la deuxième ligne en gaz à l'état liquide provenant de la cuve de stockage, ladite deuxième ligne s'étendant au moins entre ledit organe de pompage et la première ligne, la deuxième ligne étant connectée fluidiquement à la première ligne entre le ciel gazeux et le séparateur de phases, la deuxième ligne étant configurée pour délivrer du gaz à l'état liquide dans la première ligne de sorte à abaisser la température du gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne, caractérisé en ce que le système de traitement d'un gaz comprend une

unité de contrôle qui donne une indication de fonctionnement et/ou pilote le fonctionnement de l'organe de pompage selon au moins une température du gaz à l'état vapeur déterminée en entrée du dispositif de compression.

- [0007] Le système de traitement d'un gaz permet de moduler l'activité de l'organe de pompage selon le besoin en refroidissement du gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne. Ce gaz à l'état vapeur est issu de l'évaporation naturelle du gaz contenu à l'état liquide dans la cuve de stockage.
- [0008] La température du gaz à l'état vapeur en entrée du dispositif de compression détermine la température dudit gaz en sortie du dispositif de compression lorsque le gaz à l'état vapeur est comprimé pour être envoyé à l'appareil consommateur de gaz. Notamment lorsque le gaz en entrée du dispositif de compression est trop chaud, l'unité de contrôle est apte à activer l'organe de pompage pour assurer le refroidissement du gaz à l'état vapeur par projection de gaz à l'état liquide. Il est à noter que l'unité de contrôle peut donner une indication pour activer l'organe de pompage. Cette indication peut, par exemple, être un signal à l'attention d'un opérateur pour commander manuellement l'activation de l'organe de pompage. Cette projection est réalisée avant que ledit gaz ainsi refroidi atteigne le séparateur de phases. Ainsi, bien que le gaz à l'état vapeur ait été refroidi par la projection de gaz à l'état liquide, on s'assure que seule la phase gazeuse du gaz circulant dans la première ligne atteint le dispositif de compression.
- [0009] La température du gaz à l'entrée du dispositif de compression peut être déterminée en fonction d'une pluralité de paramètres pouvant être pris seuls ou en combinaison les uns des autres. La température du gaz à l'entrée du dispositif de compression peut notamment être défini en fonction du débit du gaz circulant dans la première, des mouvements du gaz à l'état liquide contenu dans la cuve de stockage, la température du gaz contenu à l'état vapeur dans le ciel gazeux de la cuve de stockage ou encore directement par une mesure de la température du gaz à l'entrée du dispositif de compression.
- [0010] La rencontre du gaz à l'état liquide circulant dans la deuxième ligne avec le gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne peut générer une détente du gaz à l'état liquide qui

se vaporise au contact du gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne, tout en abaissant la température de ce dernier.

- [0011] Le système de traitement permet ainsi de ne pas laisser l'organe de pompage fonctionner en permanence mais de commander son fonctionnement selon le besoin en
5 refroidissement du gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne.
- [0012] Selon une caractéristique de l'invention, le dispositif de compression est un dispositif de compression comprenant au maximum deux étages de compression. Au sein des dispositifs de compression à deux étages de compression, le refroidissement du gaz comprimé par le dispositif de compression entre deux étages de compression est
10 complexe. Ainsi, le gaz doit être refroidi avant d'entrer dans le dispositif de compression.
- [0013] Selon une caractéristique de l'invention, l'organe de pompage est configuré pour prendre au moins un premier état de fonctionnement dans lequel l'organe de pompage génère la circulation du gaz à l'état liquide dans la deuxième ligne et pour prendre un deuxième état de fonctionnement dans lequel l'organe de pompage ne génère pas de circulation du gaz à
15 l'état liquide dans la deuxième ligne, l'unité de contrôle étant apte à faire passer l'organe de pompage de l'un desdits états de fonctionnement à l'autre. Le pilotage de l'organe de pompage permet de générer une circulation de gaz à l'état liquide dans la deuxième ligne ou alors de ne pas générer de circulation. En faisant passer l'organe de pompage d'un état de fonctionnement à l'autre, l'unité de contrôle est apte à commander, au moyen de
20 l'organe de pompage, le refroidissement du gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne.
- [0014] Selon une caractéristique de l'invention, l'unité de contrôle est apte à définir une valeur de température seuil, l'organe de pompage étant dans son premier état de fonctionnement lorsque la température du gaz déterminée en entrée du dispositif de compression est
25 supérieure à la valeur de température seuil, l'organe de pompage étant dans son deuxième état de fonctionnement lorsque la température du gaz déterminée en entrée du dispositif de compression est inférieure à la valeur de température seuil. La valeur de température seuil est une valeur déterminée par l'unité de contrôle et comparée à la température du gaz

à l'état vapeur en entrée du dispositif de compression pour choisir quand activer l'organe de pompage et quand désactiver l'organe de pompage.

- [0015] Selon une caractéristique de l'invention, la valeur de température seuil est variable. La valeur de température seuil est un paramètre évolutif dépendant des conditions dans lesquelles se trouve le système de traitement d'un gaz. On comprend que la valeur de température seuil n'est pas une valeur fixe prédéterminée mais une valeur qui fluctue au cours du temps.
- [0016] Selon une caractéristique de l'invention, la valeur de température seuil est fonction au moins de la température du gaz présent dans le ciel gazeux de la cuve de stockage. Le gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne provient du ciel gazeux de la cuve de stockage, la valeur de température s'adapte ainsi à la température du gaz dans le ciel gazeux.
- [0017] Selon une caractéristique de l'invention alternative ou complémentaire, la valeur de température seuil est fonction au moins du débit de gaz circulant dans la première ligne entre le séparateur de phases et le dispositif de compression. Plus la circulation du gaz dans la première ligne est importante et plus la température dudit gaz aura tendance à être faible, ce qui limite l'usage de l'organe de pompage.
- [0018] Selon une caractéristique de l'invention alternative ou complémentaire, la valeur de température seuil est fonction au moins du déplacement du gaz à l'état liquide contenu dans la cuve de stockage. Plus les mouvements du gaz contenu à l'état liquide dans la cuve sont importants et plus de gaz à l'état vapeur sera généré. Aussi, plus le volume de gaz à l'état vapeur dans le ciel gazeux de la cuve de stockage est important et plus le volume de gaz à l'état vapeur circulant vers le dispositif de compression est important. Par ailleurs, plus le volume de gaz à l'état vapeur est important et plus la température de ce dernier est faible. Ainsi, le pilotage de l'organe de pompage et/ou l'indication de fonctionnement de l'organe de pompage sont adaptés au volume de gaz à l'état vapeur généré dans le ciel gazeux de la cuve de stockage.
- [0019] Selon une caractéristique de l'invention alternative ou complémentaire, la valeur de température seuil est fonction au moins d'une température d'au moins un conduit

formant la première ligne. Plus la température du conduit formant la première ligne est élevée et plus la température du gaz circulant au sein de ce conduit sera également élevée. Ainsi, en tenant compte de la température du conduit, l'unité de contrôle peut déterminer l'impact de ce paramètre sur l'élévation de la température du gaz contenu dans ledit conduit, et ainsi décider d'opérer ou non l'organe de pompage.

- [0020] La présente invention porte également sur un ensemble de traitement d'un gaz comprenant une cuve de stockage et un système de traitement, l'organe de pompage étant immergé dans le gaz contenu à l'état liquide dans la cuve de stockage.
- [0021] La présente invention porte également sur un ouvrage flottant comprenant un système de traitement d'un gaz ou un ensemble de traitement d'un gaz, tels que décrits dans le présent document.
- [0022] La présente invention porte également sur une méthode de traitement d'un gaz par un système de traitement d'un gaz mettant au moins en œuvre :
- une première étape au cours de laquelle l'unité de contrôle collecte au moins une donnée relative à la température du gaz à l'état vapeur déterminée en entrée du dispositif de compression et donne une indication de fonctionnement et/ou pilote l'organe de pompage en fonction de ladite donnée relative à la température du gaz à l'état vapeur déterminée en entrée du dispositif de compression.
- [0023] Selon une caractéristique de l'invention, la méthode de traitement met en œuvre au moins :
- une deuxième étape au cours de laquelle l'unité de contrôle détermine une valeur de température seuil,
 - une troisième étape au cours de laquelle l'unité de contrôle compare la donnée à la valeur de température seuil et donne une indication de fonctionnement et/ou pilote l'organe de pompage en fonction de ladite comparaison.
- [0024] Selon une caractéristique de l'invention, au cours de la troisième étape, si la donnée relative à la température du gaz à l'état vapeur déterminée en entrée du dispositif de compression est supérieure à la valeur de température seuil alors l'unité de contrôle donne une indication de fonctionnement et/ou pilote l'organe de pompage de sorte que l'organe

de pompage soit dans son premier état de fonctionnement et si la donnée relative à la température du gaz à l'état vapeur déterminée en entrée du dispositif de compression est inférieure à la valeur de température seuil alors l'unité de contrôle donne une indication de fonctionnement et/ou pilote l'organe de pompage de sorte que l'organe de pompage soit dans son deuxième état de fonctionnement.

- 5
- [0025] Selon une caractéristique de l'invention, la méthode de traitement met en œuvre au moins une étape additionnelle au cours de laquelle l'unité de contrôle collecte au moins une donnée relative à la température du gaz à l'état vapeur présent dans le ciel gazeux de la cuve de stockage pour déterminer la valeur de température seuil.
- 10 [0026] Selon une caractéristique de l'invention, la méthode de traitement met en œuvre au moins une étape additionnelle au cours de laquelle l'unité de contrôle collecte au moins une donnée relative au débit de gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne entre le séparateur de phases et le dispositif de compression pour déterminer la valeur de température seuil.
- 15 [0027] Selon une caractéristique de l'invention, la méthode de traitement met en œuvre au moins une étape additionnelle au cours de laquelle l'unité de contrôle collecte au moins une donnée relative à la température d'au moins un conduit formant la première ligne pour déterminer la valeur de température seuil.
- [0028] Il est à noter que ces étapes additionnelles peuvent être réalisées antérieurement ou
- 20 simultanément à la deuxième étape.
- [0029] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront encore au travers de la description qui suit d'une part, et de plusieurs exemples de réalisation donnés à titre indicatif et non limitatif en référence aux dessins schématiques annexés d'autre part, sur lesquels :
- 25 [0030] [Fig.1] représente schématiquement une vue générale d'un système de traitement permettant de refroidir un gaz à l'état vapeur par un gaz à l'état liquide au moyen d'un organe de pompage piloté par une unité de contrôle ;

- [0031] [Fig.2] représente schématiquement le système de traitement d'un gaz visible sur la figure 1 lorsque l'organe de pompage est dans son deuxième état de fonctionnement et ne génère pas de circulation d'un gaz ;
- [0032] [Fig.3] représente schématiquement le système de traitement d'un gaz visible sur la figure 1 lorsque l'organe de pompage est dans son premier état de fonctionnement et génère une circulation d'un gaz ;
- [0033] [Fig.4] représente un ouvrage flottant comprenant un système de traitement d'un gaz ;
- [0034] Les caractéristiques, variantes et les différentes formes de réalisation de l'invention peuvent être associées les unes avec les autres, selon diverses combinaisons, dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes par rapport aux autres. On pourra notamment imaginer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites par la suite de manière isolée des autres caractéristiques décrites, si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique et/ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieur.
- 15 [0035] Sur les figures, les éléments communs à plusieurs figures conservent la même référence.
- [0036] Il est à noter que sur les figures 1 à 3 annexées, les traits représentant des conduits dans lesquels circule un gaz sont représentés avec une forte épaisseur lorsqu'un gaz circule dans lesdits conduits et dans une plus faible épaisseur lorsqu'aucun gaz ne circule dans lesdits conduits. Par ailleurs, les traits en pointillés représentent un échange d'informations entre l'unité de contrôle et un élément associé du système selon l'invention.
- 20 [0037] La figure 1 illustre, schématiquement, un système de traitement 2 d'un gaz selon un mode de réalisation de l'invention. Tel que visible sur la figure 1, le système de traitement 2 d'un gaz est intégré au sein d'un ouvrage flottant 4, un tel ouvrage flottant 4 étant représenté sur la figure 4. Cet ouvrage flottant 4 est destiné à assurer le stockage temporaire et/ou le transport de gaz liquéfié. Dans ce qui suit, l'invention est décrite de manière non-limitative dans le cadre du stockage et/ou transport de gaz naturel liquéfié, qui sera désigné dans la description qui suivra par l'acronyme « GNL ». À cet effet, l'ouvrage flottant 4 comprend au moins une cuve de stockage 6 du GNL, le cas présent
- 25

trois cuves de stockage 6. Il convient de noter que la description en lien avec une cuve de stockage 6 qui sera faite s'applique *mutatis mutandis* aux autres cuves de stockage 6.

[0038] Le GNL est stocké dans une cuve de stockage 6 à une température d'environ -163°C (degrés Celsius) permettant de le maintenir à l'état liquide à pression atmosphérique. La cuve de stockage 6 comprend un ciel gazeux 8 au sein duquel le gaz issu de l'évaporation naturelle du gaz contenu à l'état liquide dans la cuve de stockage 6, qui sera désigné dans la description qui suivra par l'acronyme NBOG pour l'anglais « *Natural Boil-Off Gas* », s'accumule dans le ciel gazeux 8. Ce ciel gazeux 8 représente, lorsque la cuve de stockage 6 est pleine, environ 15% du volume de la cuve de stockage 6 et permet de contenir à une pression sécurisée les modifications de pression au sein de la cuve de stockage 6 résultant de la formation du NBOG.

[0039] Ce ciel gazeux 8 est connecté fluidiquement à une première ligne 10 dans laquelle circule le gaz à l'état vapeur issu de l'évaporation naturelle du gaz contenu à l'état liquide dans la cuve de stockage 6. Il est remarquable sur la figure 1 que la première ligne 10 est connectée au ciel gazeux 8 de chacune des cuves de stockage 6. Ainsi, l'ensemble du NBOG généré dans les cuves de stockage 6 est apte à circuler dans la première ligne 10.

[0040] La première ligne 10 relie le ciel gazeux 8 à au moins un appareil consommateur de gaz 12. L'appareil consommateur de gaz 12 peut être un moteur à propulsion 14 participant à mettre en mouvement l'ouvrage flottant 4, une génératrice 16 destinée à générer un courant électrique ou encore une unité de combustion 18 d'un gaz, couramment désignée par le terme « brûleur ».

[0041] Dans le mode de réalisation représenté, la première ligne 10 est connectée au moteur à propulsion 14, à la génératrice 16 et à l'unité de combustion 18. À cet effet, à chacun desdits appareils consommateurs de gaz 12 est associée une vanne d'alimentation 19 pour contrôler indépendamment l'alimentation en gaz de chacun de ces appareils consommateurs de gaz 12.

[0042] La première ligne 10 comprend, entre le ciel gazeux 8 et l'appareil consommateur de gaz 12, un dispositif de compression 20 destiné à comprimer le gaz circulant dans la première ligne 10 avant de rejoindre l'appareil consommateur de gaz 12 à une pression donnée.

Dans le mode de réalisation représenté, le dispositif de compression 20 est formé d'une ligne principale 22 comprenant un premier compresseur 24 et d'une ligne auxiliaire 26, agencée en parallèle de la ligne principale 28, comprenant un deuxième compresseur 30. La ligne principale 22 et la ligne auxiliaire 26 se rejoignent en sortie du premier compresseur 24 et du deuxième compresseur 30 avant de rejoindre l'appareil consommateur de gaz 12. Le premier compresseur 24 et le deuxième compresseur 30 fonctionnent en redondance, le deuxième compresseur 30 prenant le relais en cas de dysfonctionnement du premier compresseur 24.

[0043] Le dispositif de compression 20, ici le premier compresseur 24 ou le deuxième compresseur 30, comprend au maximum deux étages de compression. Dans le mode de réalisation représenté, le premier compresseur 24 et le deuxième compresseur 30 comprennent chacun deux étages de compression. Dans une telle configuration du dispositif de compression, le refroidissement du gaz comprimé entre deux étages de compression est complexe à mettre en œuvre.

15 [0044] La ligne principale 22 comprend une première vanne 32 et la ligne auxiliaire 26 comprend une deuxième vanne 34. La première vanne 32 et la deuxième vanne 34 permettent respectivement de contrôler indépendamment l'arrivée de gaz depuis la première ligne 10 en entrée du premier compresseur 24 ou du deuxième compresseur 30.

20 [0045] Entre le ciel gazeux 8 de la cuve de stockage 6 et le dispositif de compression 20, la première ligne 10 comprend un séparateur de phases 36 destiné à séparer la phase liquide de la phase gazeuse du gaz circulant dans la première ligne 10. Ce séparateur de phases 36 permet que seule la phase gazeuse dudit gaz soit envoyée vers le dispositif de compression 20 tandis que la phase liquide retourne dans la cuve de stockage 6 au moyen d'une ligne de retour 38.

25 [0046] Le système de traitement 2 d'un gaz comprend également une deuxième ligne 40 s'étendant entre un organe de pompage 42 et la première ligne 10. La deuxième ligne 40 permet de faire circuler du gaz à l'état liquide contenu dans la cuve de stockage 6 jusqu'à la première ligne 10.

- [0047] Cette deuxième ligne 40 permet d'assurer le refroidissement du NBOG, c'est-à-dire du gaz issu de l'évaporation naturelle du gaz contenu à l'état liquide dans la cuve de stockage 6, circulant dans la première ligne 10.
- [0048] En effet, au moins une partie du NBOG comprimé par le dispositif de compression est destinée à alimenter le moteur à propulsion 14 de sorte à, par exemple, mettre en mouvement l'ouvrage flottant 4. Le moteur à propulsion 14 nécessite que le gaz comprimé par le dispositif de compression 20 et entrant dans le moteur à propulsion 14 soit suffisamment froid. Or, lors du fonctionnement du dispositif de compression 20, le gaz comprimé se réchauffe sous l'effet de la compression réalisée par le dispositif de compression 20.
- [0049] De plus, le gaz issu de l'évaporation naturelle du gaz contenu à l'état liquide dans la cuve de stockage 6 et s'accumulant dans le ciel gazeux 8 est à une température d'environ -120°C. Toutefois, lors de la circulation du NBOG depuis le ciel gazeux 8 jusqu'à l'entrée du dispositif de compression 20, la température du NBOG augmente jusqu'à environ -110°C. À une telle température du NBOG en entrée du dispositif de compression 20 le gaz comprimé ne peut être admis au moteur à propulsion. Le NBOG nécessite alors d'être refroidi à une température d'au plus -120°C.
- [0050] À cet effet, la deuxième ligne 40 permet de refroidir le NBOG circulant dans la première ligne 10 de sorte que la température du gaz en entrée du dispositif de compression 20 soit suffisamment froide, c'est-à-dire d'au plus -120°C, pour que le gaz comprimé par le dispositif de compression 20 puisse être à une température admissible par le moteur à propulsion 14.
- [0051] Le gaz à l'état liquide contenu dans la deuxième ligne 40 est à une température d'environ -160°C. Il est à noter que ce gaz peut, selon les cas d'application, se réchauffer lors de sa circulation dans la deuxième ligne 40. Toutefois, la température du gaz circulant dans la deuxième ligne 40 reste strictement inférieure à la température du gaz circulant dans la première ligne 10. La jonction entre la deuxième ligne 40 et la première ligne 10 en amont du séparateur de phases 36, en considérant le sens de circulation du fluide, c'est-à-

dire entre le ciel gazeux et le séparateur de phases 36, permet de distribuer le gaz à l'état liquide circulant dans la deuxième ligne 40 dans la première ligne 10.

- 5 [0052] Il convient de noter que la deuxième ligne 40 peut être pourvue d'une vanne anti-retour, ici non représentée, pour interdire le passage du gaz de la première ligne 10 vers la deuxième ligne 40.
- 10 [0053] La rencontre du gaz à l'état liquide circulant dans la deuxième ligne 40 avec le gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne 10 génère un phénomène de détente, également connu par la désignation anglaise « flash », du gaz à l'état liquide qui, au contact d'un gaz plus chaud, se vaporise et permet d'abaisser la température du gaz à l'état vapeur contenu dans la deuxième ligne 40.
- 15 [0054] Ce refroidissement du gaz circulant à l'état vapeur dans la première ligne 10 est piloté par une unité de contrôle 44. Dans le mode de réalisation représenté, l'unité de contrôle 44 est configurée pour donner une indication de fonctionnement et/ou piloter le fonctionnement de l'organe de pompage 42 de sorte qu'au moins la circulation du gaz à l'état liquide dans la deuxième ligne 40 peut être commandée par l'unité de contrôle 44. Il convient de noter que l'on entend par « donner une indication de fonctionnement » que l'unité de contrôle 44 est apte à générer un signal ou à transmettre une information à l'opérateur pour que ce dernier pilote lui-même l'organe de pompage 42 conformément à l'information transmise par l'unité de contrôle 44.
- 20 [0055] L'unité de contrôle 44 est ainsi raccordée, par exemple électriquement, au moins à l'organe de pompage 42, de sorte à l'activer ou l'arrêter. L'unité de contrôle 44 est aussi raccordée, par exemple électriquement, au capteur de température 64 disposé en entrée du dispositif de compression 20 et/ou une sonde de température 66 disposée dans le ciel de la cuve et/ou à un détecteur de température 68 d'une conduite de la première ligne 10 et/ou
- 25 à un débitmètre 46 et/ou aux vannes 32 et 34. L'unité de contrôle 44 reçoit ainsi des informations du capteur de température 64 disposé en entrée du dispositif de compression 20 et/ou de la sonde de température 66 disposée dans le ciel de la cuve et/ou du détecteur de température 68 de la conduite de la première ligne 10 et/ou du débitmètre 46, et active

ou désactive l'organe de pompage 42, en fonction d'une stratégie mise en œuvre par le procédé objet de l'invention.

- [0056] Les figures 2 et 3 présentent plus en détails la gestion de la circulation du gaz au sein du système de traitement 2 d'un gaz telle que contrôlée par l'unité de contrôle 44. Plus spécifiquement, la figure 2 représente le système de traitement 2 d'un gaz lorsque l'organe de pompage 42 ne génère pas de circulation du gaz à l'état liquide dans la deuxième ligne 40 et la figure 3 représente le système de traitement 2 d'un gaz lorsque l'organe de pompage 42 génère une circulation du gaz à l'état liquide contenu dans la cuve de stockage 6 dans la deuxième ligne 40.
- 10 [0057] La présente invention intègre le pilotage de l'organe de pompage 42 par l'unité de contrôle 44 au sein d'une méthode de traitement d'un gaz par le système de traitement 2 d'un gaz.
- [0058] La méthode de traitement met en œuvre une première étape au cours de laquelle l'unité de contrôle 44 collecte au moins une donnée relative à la température du gaz à l'état vapeur déterminée en entrée du dispositif de compression 20 et donne une indication de fonctionnement et/ou pilote l'organe de pompage 42 en fonction de ladite donnée relative à la température du gaz à l'état vapeur déterminée en entrée du dispositif de compression. À cet effet, la première ligne 10 peut être pourvue, par exemple, d'un capteur de température 64 pour mesurer ou déterminer *in situ* la température du gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne 10, et plus spécifiquement à l'entrée du dispositif de compression 20. Alternativement, le capteur de température 66 peut être associé aux premier ou deuxième compresseur 24, 30. Un tel capteur de température 66 baigne dans le gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne 10. Il est avantageusement disposé à l'entrée du dispositif de compression 20.
- 25 [0059] La méthode de traitement met également en œuvre une deuxième étape au cours de laquelle l'unité de contrôle 44 détermine une valeur de température seuil et une troisième étape au cours de laquelle l'unité de contrôle 44 compare la donnée relative à la température du gaz à l'état vapeur en entrée du dispositif de compression à la valeur de

température seuil et donne une indication de fonctionnement et/ou pilote l'organe de pompage 42 en fonction de ladite comparaison.

- [0060] La valeur de température seuil est une température variable qui tient compte d'au moins un paramètre. Dans le mode de réalisation représenté, la valeur de température seuil est fonction d'une pluralité de paramètres qui influent les uns sur les autres.
- [0061] L'organe de pompage 42 est, dans le mode de réalisation représenté, apte à prendre un premier état de fonctionnement dans lequel l'organe de pompage 42 génère la circulation du gaz à l'état liquide dans la deuxième ligne 40, tel que visible sur la figure 3, et un deuxième état de fonctionnement dans lequel l'organe de pompage 42 ne génère pas de circulation du gaz à l'état liquide dans la deuxième ligne 40, visible sur la figure 2.
- [0062] On comprend que dans le mode de réalisation représenté, l'organe de pompage 42 est une pompe de type marche/arrêt. Bien entendu, dans un mode de réalisation alternatif de l'invention, l'organe de pompage 42 peut être complètement piloté par l'unité de contrôle 44 de sorte à adapter le débit de gaz à l'état liquide circulant dans la deuxième ligne 40 selon le besoin de refroidissement du gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne 10.
- [0063] Le passage de l'un desdits état de fonctionnement à l'autre de l'organe de pompage 42 est commandé par l'unité de contrôle 44 de telle sorte que si la température du gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne 10 et mesurée en entrée du dispositif de compression 20 est supérieure à la valeur de température seuil, alors l'unité de contrôle 44 donne une indication de fonctionnement et/ou pilote l'organe de pompage 42 pour que celui-ci soit dans son premier état de fonctionnement. Inversement, si la température du gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne 10 et mesurée en entrée du dispositif de compression 20 est inférieure à la valeur de température seuil, alors l'unité de contrôle donne une indication de fonctionnement et/ou pilote l'organe de pompage 42 pour que celui-ci soit dans son deuxième état de fonctionnement, ce dernier évitant la génération de calories transmises au gaz naturel à l'état liquide.
- [0064] On comprend de ce qui précède qu'au cours de la troisième étape de la méthode de traitement d'un gaz, l'unité de contrôle 44 compare la température du gaz en entrée du

dispositif de compression 20 avec la valeur de température seuil et donne une indication de fonctionnement et/ou pilote l'organe de pompage 42 de sorte à le faire passer de l'un desdits état de fonctionnement à l'autre.

5 [0065] Tel qu'évoqué précédemment, la valeur de température seuil est déterminée par l'unité de contrôle 44. Cette valeur de température seuil est évolutive, c'est-à-dire que la valeur de température seuil n'est pas définie par une valeur de température donnée mais par une valeur température évoluant selon les paramètres et/ou conditions dans lesquels se trouve le GNL.

10 [0066] Dans le mode de réalisation représenté, l'unité de contrôle 44 est configurée pour collecter des données relatives à la température du gaz présent dans le ciel gazeux 8 au cours d'une étape additionnelle de la méthode de traitement. En collectant ces données, l'unité de contrôle 44 est apte à déterminer la température du NBOG et ainsi la température du gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne 10. À cet effet, le ciel gazeux 8 de la cuve de stockage 6 est pourvu, par exemple, d'une sonde de température 66 apte à collecter des
15 données relatives à la température du gaz présent dans le ciel gazeux 8 et à les communiquer avec l'unité de contrôle 44. Aussi, selon la température du gaz présent dans le ciel gazeux 8, l'unité de contrôle 44 peut adapter la valeur de température seuil pour que le gaz à l'état vapeur en entrée du dispositif de compression 20 soit à une température d'au plus -110°C.

20 [0067] L'unité de contrôle 44 est apte à collecter des informations relatives au débit de gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne 10 entre le séparateur de phases 36 et le dispositif de compression 20 au cours d'une étape additionnelle de la méthode de traitement. Ces données sont collectées par un débitmètre 46 qui mesure la vitesse d'écoulement du gaz à l'état vapeur entre le séparateur de phases 36 et le dispositif de compression 20. En effet,
25 plus le débit du gaz circulant dans la première ligne 10 est fort et plus la température du gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne 10 est faible. Ainsi, selon le débit du gaz mesuré, l'unité de contrôle 44 module la valeur de température seuil pour que le gaz à l'état vapeur en entrée du dispositif de compression 20 soit à une température d'au plus -110°C. Quand ce débit est important, la température du gaz à l'état vapeur à l'entrée du

dispositif de compression baisse, ce qui permet d'interrompre le fonctionnement de l'organe de pompage 42.

[0068] L'unité de contrôle 44 collecte des données relatives au mouvement du gaz contenu à l'état liquide dans la cuve de stockage 6 au cours d'une étape additionnelle de la méthode de traitement. Ces données permettent à l'unité de contrôle 44 de déterminer la quantité de NBOG généré dans la cuve de stockage 6 par ces mouvements du gaz contenu à l'état liquide dans la cuve de stockage 6. Aussi, plus le volume de NBOG généré dans la cuve de stockage 6 est important et plus le volume de gaz comprimé par le dispositif de compression 20 est important. Aussi, plus le volume de gaz à l'état vapeur est important et plus la température de ce dernier est faible. Ainsi, le pilotage de l'organe de pompage 42 et/ou l'indication de fonctionnement de l'organe de pompage 42 sont adaptés au volume de gaz à l'état vapeur généré dans le ciel gazeux 8 de la cuve de stockage 6. Plus spécifiquement, lorsque la quantité de NBOG générée dans la cuve de stockage 6 est importante, la température du NBOG en entrée du dispositif de compression 20 est suffisamment basse pour ne pas avoir à activer l'organe de pompage 42.

[0069] Il est à noter que l'unité de contrôle 44 est également apte à piloter la première vanne 32 et la deuxième vanne 34 de sorte à gérer la redondance entre le premier compresseur 24 et le deuxième compresseur 30.

[0070] La première ligne 10 est formée d'un conduit dans lequel le gaz à l'état vapeur est apte à se déplacer du ciel gazeux 8 jusqu'au dispositif de compression 20. Ce conduit peut être soumis à des contraintes de températures extérieures en raison du fait qu'il circule sur le pont du navire. Il présente alors une température qui varie selon ces contraintes extérieures.

[0071] L'unité de contrôle 44 est configurée pour collecter au moins une donnée relative à la température de ce conduit formant la première ligne de sorte à adapter la valeur de température seuil en fonction de la température dudit conduit au cours d'une étape additionnelle de la méthode de traitement. En effet, la température du gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne 10 varie en fonction de la température dudit conduit. Un détecteur de température 68 est ainsi disposé contre la conduite, de sorte à mesurer sa

température de surface. Plus précisément, plus la température du conduit est élevée et plus le gaz circulant dans ledit conduit verra sa température augmentée, ce qui nécessite l'activation de l'organe de pompage 42. A contrario, si la température du conduit constitutif de la première ligne baisse, alors l'organe de pompage 42 peut être mis à l'arrêt.

- 5 [0072] La figure 4 représente l'ouvrage flottant 4 comprenant la cuve de stockage 6, qui est étanche et thermiquement isolée. Elle est de forme générale prismatique et est montée dans une double coque 46 de l'ouvrage flottant 4, qui peut être un navire ou une plateforme flottante. Une paroi de la cuve de stockage 6 comporte une membrane étanche primaire destinée à être en contact avec un gaz liquéfié, ici le GNL, contenu dans la cuve
- 10 de stockage 6, une membrane étanche secondaire agencée entre la membrane étanche primaire et la double coque 46 de l'ouvrage flottant 4, et deux barrières thermiquement isolantes agencées respectivement entre la membrane étanche primaire et la membrane étanche secondaire et entre la membrane étanche secondaire et la double coque 46. Dans une version simplifiée, l'ouvrage flottant 4 comporte une simple coque.
- 15 [0073] Des canalisations de chargement/déchargement 48 disposées sur un pont supérieur de l'ouvrage flottant 4 peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriés, à un terminal de stockage 50 pour transférer une cargaison de gaz liquéfié et/ou de gaz issu de l'évaporation du gaz liquéfié depuis ou vers la cuve de stockage 6.
- [0074] La figure 4 illustre également un terminal de stockage 50 comportant un poste de
- 20 chargement et/ou de déchargement 52, une conduite sous-marine 54 et une installation à terre 56. Le poste de chargement et/ou de déchargement 52 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 58 et une tour qui supporte le bras mobile 58. Le bras mobile 58 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 60 pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 48. Le bras mobile 58 est orientable et
- 25 s'adapte à tous les gabarits d'ouvrage flottant 4. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour. Le poste de chargement et/ou de déchargement 52 permet le chargement et/ou le déchargement de l'ouvrage flottant 4 depuis ou vers le terminal de stockage 50, qui comprend des cuves de stockage du gaz liquéfié et/ou du gaz issu de l'évaporation du gaz liquéfié ainsi que des conduites de liaison 62 reliées par la conduite
- 30 sous-marine 54 au poste de chargement et/ou de déchargement 52. La conduite sous-

marine 54 permet le transfert du gaz liquéfié et/ou du gaz issu de l'évaporation du gaz liquéfié entre le poste de chargement et/ou de déchargement 52 et l'ouvrage flottant 4 sur une grande distance, par exemple cinq kilomètres, ce qui permet de garder l'ouvrage flottant 4 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et/ou de déchargement.

- 5 [0075] Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz liquéfié et/ou du gaz issu de l'évaporation du gaz liquéfié, on met en œuvre des pompes embarquées dans l'ouvrage flottant 4 et/ou des pompes équipant l'installation à terre 56 et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de déchargement 52.
- 10 [0076] Les exemples ont été décrits pour un ouvrage flottant 4 ; cependant, ils sont aussi applicables à un ouvrage terrestre.
- [0077] La présente invention atteint bien le but qu'elle s'était fixé en proposant un système de traitement permettant de piloter le fonctionnement d'un organe de pompage en fonction des besoins en refroidissement du gaz admis dans le dispositif de compression, de sorte à
- 15 optimiser le bilan énergétique lors d'un trajet du navire et limiter les pertes opérationnelles de gaz.
- [0078] 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

1. Système de traitement d'un gaz (2) comprenant au moins une première ligne (10) configurée pour assurer la circulation d'un gaz à l'état vapeur contenu dans une cuve de stockage (6) et une deuxième ligne (40) configurée pour assurer la circulation d'au moins en partie ledit gaz contenu à l'état liquide dans la cuve de stockage (6), la première ligne (10) étant configurée pour relier au moins un ciel gazeux (8) de ladite cuve de stockage (6) à un appareil consommateur de gaz (12) et comprenant au moins un dispositif de compression (20) destiné à alimenter en gaz l'appareil consommateur de gaz (12) et un séparateur de phases (36) disposé entre le ciel gazeux (8) et le dispositif de compression (20), la deuxième ligne (40) comprenant au moins un organe de pompage (42) configuré pour alimenter la deuxième ligne (40) en gaz à l'état liquide provenant de la cuve de stockage (6), ladite deuxième ligne s'étendant au moins entre ledit organe de pompage (42) et la première ligne (10), la deuxième ligne (40) étant connectée fluidiquement à la première ligne (10) entre le ciel gazeux (8) et le séparateur de phases (36), la deuxième ligne (40) étant configurée pour délivrer du gaz à l'état liquide dans la première ligne (10) de sorte à abaisser la température du gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne (10), caractérisé en ce que le système de traitement d'un gaz (2) comprend une unité de contrôle (44) qui donne une indication de fonctionnement et/ou pilote le fonctionnement de l'organe de pompage (42) selon au moins une température du gaz à l'état vapeur déterminée en entrée du dispositif de compression (20).
2. Système de traitement d'un gaz (2) selon la revendication 1, dans lequel le dispositif de compression (20) est un dispositif de compression (20) comprenant au maximum deux étages de compression.
3. Système de traitement d'un gaz (2) selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel l'organe de pompage (42) est configuré pour prendre au moins un premier état de fonctionnement dans lequel l'organe de pompage (42) génère la circulation du gaz à l'état liquide dans la deuxième ligne (40) et pour prendre un deuxième état de fonctionnement dans lequel l'organe de pompage (42) ne génère pas de circulation du gaz à l'état liquide dans la deuxième ligne (40), l'unité de contrôle (44) étant apte à faire passer l'organe de pompage (42) de l'un desdits états de fonctionnement à l'autre.

4. Système de traitement d'un gaz (2) selon la revendication 3, dans lequel l'unité de contrôle (44) est apte à définir une valeur de température seuil, l'organe de pompage (42) étant dans son premier état de fonctionnement lorsque la température du gaz déterminée en entrée du dispositif de compression (20) est supérieure à la valeur de température seuil, l'organe de pompage (42) étant dans son deuxième état de fonctionnement lorsque la température du gaz déterminée en entrée du dispositif de compression (20) est inférieure à la valeur de température seuil.
5. Système de traitement d'un gaz (2) selon la revendication 4, dans lequel la valeur de température seuil est variable.
6. Système de traitement d'un gaz (2) selon l'une quelconque des revendications 4 et 5, dans lequel la valeur de température seuil est fonction au moins de la température du gaz présent dans le ciel gazeux (8) de la cuve de stockage (6).
7. Système de traitement d'un gaz (2) selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, dans lequel la valeur de température seuil est fonction au moins du débit de gaz circulant dans la première ligne (10) entre le séparateur de phases (36) et le dispositif de compression (20).
8. Système de traitement d'un gaz (2) selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, dans lequel la valeur de température seuil est fonction au moins du déplacement du gaz à l'état liquide contenu dans la cuve de stockage (6).
9. Système de traitement d'un gaz (2) selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, dans lequel la valeur de température seuil est fonction au moins d'une température d'au moins un conduit formant la première ligne (10).
10. Ensemble de traitement d'un gaz comprenant une cuve de stockage (6) et un système de traitement (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel l'organe de pompage (42) est immergé dans le gaz contenu à l'état liquide dans la cuve de stockage (6).
11. Ouvrage flottant (4) comprenant un système de traitement d'un gaz (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 ou un ensemble de traitement d'un gaz selon la revendication 10.

12. Méthode de traitement d'un gaz par un système de traitement d'un gaz (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, la méthode de traitement mettant au moins en œuvre :

- une première étape au cours de laquelle l'unité de contrôle (44) collecte au moins une donnée relative à la température du gaz à l'état vapeur déterminée en entrée du dispositif de compression (20) et donne une indication de fonctionnement et/ou pilote l'organe de pompage (42) en fonction de ladite donnée relative à la température du gaz à l'état vapeur déterminée en entrée du dispositif de compression (20).

13. Méthode de traitement selon la revendication 12 en combinaison de la revendication 4, mettant en œuvre au moins :

- une deuxième étape au cours de laquelle l'unité de contrôle (44) détermine une valeur de température seuil,
- une troisième étape au cours de laquelle l'unité de contrôle (44) compare la donnée à la valeur de température seuil et donne une indication de fonctionnement et/ou pilote l'organe de pompage (42) en fonction de ladite comparaison.

14. Méthode de traitement selon la revendication 13, dans laquelle au cours de la troisième étape, si la donnée relative à la température du gaz à l'état vapeur déterminée en entrée du dispositif de compression (20) est supérieure à la valeur de température seuil alors l'unité de contrôle (44) donne une indication de fonctionnement et/ou pilote l'organe de pompage (42) de sorte que l'organe de pompage (42) soit dans son premier état de fonctionnement et si la donnée relative à la température du gaz à l'état vapeur déterminée en entrée du dispositif de compression (20) est inférieure à la valeur de température seuil alors l'unité de contrôle (44) donne une indication de fonctionnement et/ou pilote l'organe de pompage (42) de sorte que l'organe de pompage (42) soit dans son deuxième état de fonctionnement.

15. Méthode de traitement selon l'une quelconque des revendications 13 et 14, mettant en œuvre au moins une étape additionnelle au cours de laquelle l'unité de contrôle (44) collecte au moins une donnée relative à la température du gaz à l'état vapeur présent dans le ciel gazeux (8) de la cuve de stockage (6) pour déterminer la valeur de température seuil.

16. Méthode de traitement selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, mettant en œuvre au moins une étape additionnelle au cours de laquelle l'unité de contrôle (44) collecte au moins une donnée relative au débit de gaz à l'état vapeur circulant dans la première ligne (10) entre le séparateur de phases (36) et le dispositif de compression (20) pour déterminer la valeur de température seuil.

17. Méthode de traitement selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, mettant en œuvre au moins une étape additionnelle au cours de laquelle l'unité de contrôle (44) collecte au moins une donnée relative à la température d'au moins un conduit formant la première ligne (10) pour déterminer la valeur de température seuil.