

Description

Titre : Procédé de refroidissement d'un échangeur thermique d'un système d'alimentation en gaz d'un appareil consommateur de gaz d'un navire

La présente invention concerne le domaine des navires dont les moteurs de propulsion
5 sont alimentés par du gaz naturel et qui permettent en outre de contenir et/ou de transporter du gaz naturel liquéfié.

De tels navires comprennent ainsi classiquement des cuves qui contiennent du gaz naturel à l'état liquide. Le gaz naturel est liquide à des températures inférieures à -160°C , à pression atmosphérique. Ces cuves ne sont jamais parfaitement isolées thermiquement
10 de sorte que le gaz naturel s'y évapore au moins partiellement. Ainsi, ces cuves comprennent à la fois du gaz naturel sous une forme liquide et du gaz naturel sous forme gazeuse. Ce gaz naturel sous forme gazeuse forme le ciel de cuve et la pression de ce ciel de cuve doit être contrôlée afin de ne pas endommager la cuve. De façon connue, au moins une partie du gaz naturel présent dans la cuve sous forme gazeuse est ainsi utilisée
15 pour alimenter, entre autres, les moteurs de propulsion du navire.

Toutefois, lorsque le navire est à l'arrêt, la consommation de gaz naturel par ces moteurs est nulle, ou quasiment nulle, le gaz naturel présent à l'état gazeux dans la cuve n'étant plus consommé par ces moteurs. Des systèmes de reliquéfaction qui permettent de condenser le gaz naturel évaporé présent dans la cuve sont ainsi mis en œuvre sur le
20 navire, afin de le renvoyer vers cette cuve, à l'état liquide.

Les systèmes de reliquéfaction actuellement utilisés nécessitent une préparation de l'unité qui est très coûteuse en énergie. En effet, la température du système, en particulier des échangeurs de chaleurs utilisés pour le traitement du gaz, doit être amenée à une valeur inférieure à une valeur seuil à partir de laquelle peut débiter la
25 reliquéfaction. On comprend que ce délai augmente le temps pour mettre en action le système de reliquéfaction, un tel délai étant également un laps de temps particulièrement consommateur d'énergie. La présente invention s'inscrit dans ce contexte en proposant un procédé d'alimentation en gaz d'un appareil consommateur de gaz qui comprend une

unité de condensation chargée de liquéfier le gaz, au moins un échangeur thermique de cette unité de condensation étant refroidi pour réduire le temps de mise en fonctionnement de l'unité de condensation.

5 Un objet de la présente invention concerne ainsi un procédé d'alimentation en gaz d'un appareil consommateur de gaz équipant un navire comprenant une cuve contenant le gaz à l'état liquide et à l'état gazeux, le procédé comprenant au moins :

- une étape d'alimentation de l'appareil consommateur de gaz à partir de gaz prélevé à l'état gazeux dans la cuve et au moyen d'une unité d'alimentation,
- une étape de condensation d'au moins une partie gaz prélevé à l'état gazeux dans
10 la cuve au moyen d'une unité de condensation comprenant au moins un échangeur thermique configuré pour opérer un échange de chaleur entre du gaz prélevé entre l'unité d'alimentation et l'appareil consommateur de gaz et du gaz circulant entre la cuve et l'unité d'alimentation, procédé caractérisé en ce qu'il comprend une étape de refroidissement de l'échangeur thermique, cette étape de refroidissement étant mise en
15 œuvre préalablement à l'étape de condensation et au moins en partie simultanément à l'étape d'alimentation.

A contrario de l'art antérieur, le procédé autorise une circulation de gaz dans l'échangeur thermique même si l'appareil consommateur de gaz consomme le gaz à l'état vapeur disponible dans un ciel de la cuve. Cette circulation est contrôlée et elle est
20 particulièrement faible au regard des débits du reste du système, de manière à ne pas déséquilibrer ce dernier.

Une telle organisation permet de refroidir, notamment de maintenir, l'échangeur thermique à une température basse, proche de ses conditions de fonctionnement lorsqu'il réalise l'étape de condensation. On réduit ainsi très significativement la quantité
25 d'énergie consommée et/ou le temps de mise en action de l'unité de condensation, ce qui permet de maximiser la quantité de gaz liquéfié et par conséquent de minimiser sa perte.

Selon une caractéristique de l'invention, l'étape de refroidissement comprend un contrôle d'un débit de gaz qui parcourt une première passe de l'échangeur thermique à un ratio compris entre 2% et 12% d'un débit du gaz prélevé à l'état gazeux dans la cuve pendant l'étape d'alimentation. Par exemple, lorsque le débit de gaz à l'état de vapeur
5 qui sort de la cuve est de 2500 kg/h, le débit de gaz qui refroidit l'échangeur thermique est compris entre 50 kg/h et 300 kg/h.

Selon une autre caractéristique de l'invention, l'étape de refroidissement comprend un contrôle d'un débit de gaz qui parcourt une deuxième passe de l'échangeur thermique pendant l'étape de refroidissement à un ratio compris entre 75% et 135% d'un débit du
10 gaz qui parcourt une première passe de l'échangeur thermique. De manière préférentielle, ce ratio est égal à 115%, ce qui garantit un refroidissement optimale. De telles valeurs de ratio ont pour effet de contrôler l'échange de chaleur entre les deux passes de l'échangeur thermique pour éviter de générer des contraintes thermiques qui risqueraient de l'endommager. On peut ainsi utiliser une technologie d'échangeur à
15 plaques en aluminium, bien plus abordable que celle de l'art antérieur.

Selon une caractéristique du procédé, l'étape de refroidissement comprend un contrôle d'un débit de gaz qui parcourt une première passe de l'échangeur thermique pendant l'étape de refroidissement à une valeur comprise entre 50 kg/h et 300 kg/h. Ces valeurs de débit garantissent que l'étape de refroidissement n'impacte pas négativement l'étape
20 d'alimentation du consommateur de gaz, en veillant à ne prélever qu'une portion marginale du débit de gaz envoyé vers le consommateur, tout en amenant, ou maintenant, l'échangeur thermique à une température basse, pour une mise en action rapide de l'unité de condensation.

On notera qu'un débit de gaz qui parcourt une première passe de l'échangeur thermique pendant l'étape de refroidissement est compris entre 3% et 20% d'un débit de gaz qui parcourt la première passe de l'échangeur thermique pendant l'étape de condensation. Ceci permet de distinguer ce qu'est une étape de refroidissement comparée à une étape de condensation.

25

De manière avantageuse, le gaz qui parcourt la première passe de l'échangeur thermique pendant l'étape de refroidissement rejoint l'unité d'alimentation. Ce gaz qui a refroidi l'échangeur thermique est ainsi mélangé au gaz qui provient de la cuve et qui est envoyé à l'unité d'alimentation.

5 Selon une caractéristique, l'étape de refroidissement de l'échangeur thermique est une étape de mise en froid de cet échangeur thermique conduisant à faire passer l'échangeur thermique d'une température en Celsius positive à une température en Celsius négative. Par exemple, la température de l'échangeur de chaleur passe de +42° Celsius à -117° Celsius, notamment en conservant un écart de température maximum entre la première
10 passe et la deuxième passe de 27°.

Selon une autre caractéristique, l'étape de refroidissement de l'échangeur thermique est une étape de maintien en froid de cet échangeur thermique conduisant à faire passer l'échangeur thermique d'une première température en Celsius négative à une deuxième température en Celsius négative. Selon un exemple, la première température peut être
15 égale à la deuxième température, ce qui conduit à maintenir l'échangeur thermique à une température par exemple de -120° Celsius, pour que celui-ci soit immédiatement disponible pour mettre en œuvre l'étape de condensation. Selon un autre exemple, la première température, par exemple -117° Celsius, est supérieure à la deuxième température, par exemple -120° Celsius.

20 On notera que l'étape de maintien en froid est précédée par une étape de condensation. Dit autrement, l'étape de maintien en froid est chronologiquement interposée entre deux étapes de condensation. Un tel choix facilite le maintien en froid de l'échangeur thermique car le début de l'étape de maintien en froid intervient dans une situation où l'échangeur est à très basse température, en fin de phase de condensation.

25 La présente invention concerne également un système d'alimentation en gaz d'au moins un appareil consommateur de gaz, le système comprenant au moins :

- une cuve de stockage et/ou de transport de gaz à l'état liquide et à l'état gazeux destinée à contenir du gaz,

- une unité d'alimentation de l'appareil consommateur de gaz configurée pour prélever du gaz dans la cuve et élever sa pression pour alimenter l'appareil consommateur de gaz,
- 5 - une unité de condensation comprenant au moins un échangeur thermique qui comporte une première passe et une deuxième passe, l'unité de condensation étant configurée pour que du gaz prélevé entre l'unité d'alimentation et l'appareil consommateur de gaz parcourt la première passe, tandis que du gaz circulant entre la cuve et l'unité d'alimentation parcourt la deuxième passe,
- 10 - un dispositif de refroidissement de l'échangeur thermique comprenant au moins un organe de contrôle configuré pour contrôler le débit du gaz qui parcourt la première passe et un dispositif de contrôle de la température de l'échangeur thermique.

La première passe est agencée entre la cuve et l'unité d'alimentation et la deuxième passe est agencée entre l'unité d'alimentation et la cuve, dans cet ordre selon les sens de circulation respectifs du gaz dans la première passe et dans la deuxième passe de l'échangeur thermique.

Selon un exemple de mise en œuvre de l'invention, l'organe de contrôle régule le débit qui parcourt la première passe. Par exemple, cet organe de contrôle du débit peut prendre la forme d'une vanne adaptée pour prendre au moins une position ouverte, une position fermée et une pluralité de positions intermédiaires qui permettent de maîtriser le débit du gaz destiné à alimenter l'échangeur thermique au moins pendant l'étape de refroidissement.

Selon une caractéristique du système, l'organe de contrôle est configuré pour contrôler le débit de gaz qui parcourt la première passe à une valeur comprise entre 50 kg/h et 300 kg/h. Cette organe de contrôle est ainsi conçu pour contrôler finement un débit de gaz au sein d'une canalisation, un tel débit étant néanmoins significativement inférieur au débit mis en jeu par l'étape de condensation quand le système est en mode liquéfaction.

Selon une caractéristique de l'invention, le dispositif de contrôle de la température de l'échangeur thermique comprend au moins une conduite de contournement de la

deuxième passe de l'échangeur thermique. On peut ainsi commander le débit de gaz qui parcourt la deuxième passe comparativement à celui qui parcourt la conduite de contournement et ainsi agir sur l'échange de chaleur qui prend place entre la première passe et la deuxième passe de cet échangeur thermique.

- 5 Selon une autre caractéristique, le dispositif de contrôle de la température de l'échangeur thermique comprend au moins un organe de gestion d'un débit de gaz parcourant la conduite de contournement, le débit de gaz parcourant la conduite de contournement étant dépendant au moins d'une température du gaz déterminée en entrée de la première passe de l'échangeur thermique. Autrement dit, cette au moins une conduite de
- 10 contournement s'étend entre la cuve et l'unité d'alimentation, en parallèle de la deuxième passe de l'échangeur thermique.

De manière complémentaire, le débit de gaz parcourant la conduite de contournement est dépendant d'une température du gaz déterminée en sortie de la deuxième passe de l'échangeur thermique.

- 15 Ces dispositions visent à contrôler la température du gaz qui parcourt la première passe et la deuxième passe, de manière à éviter toute contrainte mécanique qui résulterait d'un écart de températures trop important entre la première passe et la deuxième passe de l'échangeur thermique.

- 20 Selon un aspect de l'invention, l'unité de condensation comprenant au moins l'échangeur thermique, ci-après nommé premier échangeur thermique, qui comporte la première passe et la deuxième passe, comprend également un deuxième échangeur thermique qui est le siège d'un échange de chaleur entre du gaz prélevé à l'état liquide dans la cuve et le gaz qui provient de la première passe du premier échangeur thermique.

- 25 Le premier échangeur thermique est celui décrit plus haut, c'est-à-dire l'échangeur thermique qui comporte une première passe et une deuxième passe, l'unité de condensation étant configurée pour que du gaz prélevé entre l'unité d'alimentation et l'appareil consommateur de gaz parcourt la première passe, tandis que du gaz circulant entre la cuve et l'unité d'alimentation parcourt la deuxième passe.

Le deuxième échangeur thermique est en aval du premier échangeur thermique, par rapport au flux de gaz prélevé entre l'unité d'alimentation et l'appareil consommateur. Ce deuxième échangeur thermique est disposé en amont du dispositif de refroidissement, selon le sens de circulation de ce même flux de gaz.

- 5 Selon un aspect du système, l'unité d'alimentation comprend au moins une portion d'élévation de la température de gaz prélevé à l'état liquide dans la cuve et au moins une portion d'élévation de la pression du gaz pour alimenter l'appareil consommateur de gaz. Afin d'élever cette pression du gaz en vue d'alimenter l'appareil consommateur de gaz, l'unité d'alimentation comprend au moins un organe de compression.
- 10 Avantageusement, l'unité d'alimentation peut comprendre deux organes de compression de sorte à assurer une redondance, c'est-à-dire que si l'un des deux organes de compression devient défaillant, l'autre organe de compression peut le remplacer. Selon l'invention, l'unité d'alimentation est configurée pour élever la pression du gaz jusqu'à une pression compatible avec les besoins de l'appareil consommateur de gaz.
- 15 Par exemple, le gaz peut être élevé à une pression comprise entre 1 bar et 400 bar, avantageusement entre 1 bar et 17 bar, encore plus avantageusement, entre 6 bar et 17 bar.
- 20 Selon une caractéristique de cet exemple de réalisation, la portion d'élévation de la température de l'unité d'alimentation peut par exemple comprendre au moins un échangeur de chaleur et au moins un dispositif de compression, le dispositif de compression étant agencé entre l'échangeur de chaleur et la portion d'élévation de la pression du gaz, l'échangeur de chaleur comprenant au moins une première voie alimentée par du gaz prélevé à l'état liquide dans la cuve et au moins une deuxième voie alimentée par du gaz prélevé à l'état liquide dans la cuve, au moins un dispositif de détente étant agencé entre la cuve et la première voie de l'échangeur de chaleur.
- 25 Selon cet exemple de réalisation, la portion d'élévation de la température forme ainsi une portion d'évaporation du gaz, c'est-à-dire que le gaz qui est prélevé dans la cuve à l'état liquide est chauffé de manière à passer à l'état gazeux avant de rejoindre la portion d'élévation de la pression de l'unité d'alimentation.

L'invention concerne aussi un navire de transport de gaz liquide, comprenant au moins un système d'alimentation en gaz selon l'une quelconque des caractéristiques présentées ci-dessus, la cuve, l'unité d'alimentation, l'unité de condensation et le dispositif de refroidissement étant portés par le navire.

- 5 L'invention concerne en outre un système pour charger ou décharger un gaz liquide qui combine au moins une installation à terre ou portuaire et au moins un navire de transport de gaz liquide tel qu'évoqué ci-dessus.

L'invention concerne enfin un procédé de chargement ou de déchargement d'un gaz liquide d'un navire de transport de gaz tel qu'évoqué ci-dessus, au cours duquel on
10 achemine le gaz à l'état liquide à travers des canalisations depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

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'un exemple de réalisation donné à titre indicatif et non limitatif en référence aux dessins annexés d'autre part, sur lesquels :

- 15 [Fig. 1] illustre, schématiquement, un système d'alimentation en gaz d'un appareil consommateur de gaz selon la présente invention ;

[Fig. 2] illustre, schématiquement, un premier exemple de réalisation du système d'alimentation en gaz illustré sur la figure 1 ;

- [Fig. 3] illustre, schématiquement, une mise en œuvre du système d'alimentation en gaz
20 illustré sur la figure 2, selon un mode de maintien en température ;

[Fig. 4] illustre, schématiquement, une mise en œuvre du système d'alimentation en gaz illustré sur la figure 2, selon un mode de condensation ;

[Fig. 5] illustre, schématiquement, un deuxième exemple de réalisation du système d'alimentation en gaz selon l'invention ;

- 25 [Fig. 6] illustre, schématiquement une mise en œuvre du système d'alimentation en gaz illustré sur la figure 5, selon un mode de maintien en température ;

[Fig. 7] illustre, schématiquement une mise en œuvre du système d'alimentation en gaz

illustré sur la figure 5, selon un mode de condensation ;

[Fig. 8] est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement et/ou de déchargement de cette cuve.

5 Dans la suite de la description, les termes « amont » et « aval » s'entendent selon un sens de circulation d'un gaz à l'état liquide, gazeux ou diphasique à travers l'élément concerné. Sur les figures 3, 4, 6 et 7, les traits discontinus représentent des conduites de circuit dans lesquelles aucun gaz ne circule, tandis que les traits pleins représentent des conduites de circuit dans lesquelles le gaz circule, quel que soit l'état de ce gaz.

10 Également, l'épaisseur des traits est proportionnelle au débit du gaz circulant dans la conduite correspondante. Ainsi, les traits les plus fins représentent des conduites dans lesquelles le gaz circule à un premier débit compris entre 50 kg/h et 300 kg/h et les traits plus épais représentent des conduites dans lesquelles le gaz circule à un deuxième débit strictement supérieur à 300 kg/h.

15 Dans le présent document, les termes « liquéfaction » et « condensation » sont utilisés sans distinction.

Les figures 1 à 7 illustrent un système d'alimentation 100 en gaz d'au moins un appareil consommateur de gaz 101. Tel que représenté, le système 100 comprend au moins une cuve 200 qui contient le gaz destiné à l'alimentation de l'au moins un appareil consommateur de gaz 101, le gaz étant contenu dans cette cuve 200 à l'état liquide et à l'état gazeux. Dans la description qui va suivre, l'espace de la cuve 200 occupé par le gaz à l'état gazeux est appelé « ciel de cuve 201 » et l'espace de la cuve 200 occupé par le gaz à l'état liquide est appelé « fond de la cuve 202 ».

20 La description qui va suivre donne un exemple particulier d'application de la présente invention dans lequel la cuve 200 contient du gaz naturel. Il est entendu qu'il ne s'agit que d'un exemple d'application et que le système d'alimentation 100 en gaz selon l'invention peut être utilisé avec d'autres types de gaz, tels que par exemple des gaz d'hydrocarbures ou de l'hydrogène. De même, les figures illustrent des systèmes d'alimentation en gaz d'un ou deux appareil(s) consommateur(s) de gaz mais il est entendu que le système pourrait être adapté pour alimenter plus de deux appareils

consommateurs de gaz sans sortir du contexte de l'invention. Dans la suite de la description, sauf indication contraire, les termes « appareil consommateur de gaz » désignent indifféremment un ou plusieurs appareil(s) consommateur(s) de gaz.

La figure 1 illustre ainsi tout d'abord, schématiquement, le système d'alimentation 100 en gaz de l'appareil consommateur de gaz 101, à l'arrêt, c'est-à-dire lorsqu'aucun gaz, qu'il soit à l'état gazeux, liquide ou diphasique, ne circule.

Selon l'invention, le système 100 comprend au moins la cuve 200 évoquée ci-dessus, une unité d'alimentation 110 de l'au moins un appareil consommateur de gaz 101, une unité de condensation 120 du gaz, l'appareil consommateur de gaz 101 et un dispositif de refroidissement 130.

Tel que schématiquement représenté, au moins une première conduite 102, 102' est agencée entre la cuve 200 et l'unité d'alimentation 110. Selon l'invention, l'unité d'alimentation 110 peut être alimentée par du gaz prélevé à l'état gazeux dans le ciel de cuve 201 ou par du gaz prélevé à l'état liquide dans la cuve 200. Autrement dit, la première conduite 102' peut s'étendre entre le ciel de cuve 201 et l'unité d'alimentation 110, ou bien cette première conduite 102 peut s'étendre entre le fond de la cuve 202 et l'unité d'alimentation 110, et plus particulièrement entre une pompe 300 agencée dans le fond de la cuve 202 et l'unité d'alimentation 110.

Quel que soit l'état du gaz qui alimente l'unité d'alimentation 110, celle-ci comprend au moins une portion d'élévation de la température 111 configurée pour augmenter la température du gaz prélevé dans la cuve 200 de sorte que ce gaz quitte l'unité d'alimentation 110 à l'état gazeux et à une température compatible avec les besoins de l'appareil consommateur de gaz 101. L'unité d'alimentation 110 comprend également au moins une portion d'élévation de la pression 112 configurée pour élever la pression de ce gaz jusqu'à une pression compatible avec les besoins de l'appareil consommateur de gaz 101. Tel que détaillé ci-dessous, la portion d'élévation de la température 111 comprend au moins un échangeur de chaleur et la portion d'élévation de la pression 112 comprend au moins un organe de compression.

Le système 100 comprend au moins une deuxième conduite 103 qui relie l'unité d'alimentation 110 à l'appareil consommateur de gaz 101. On comprend de ce qui précède que cette deuxième conduite 103 est parcourue par du gaz à l'état gazeux qui présente une température et une pression compatibles avec les besoins de l'appareil consommateur de gaz 101.

Selon l'invention, la portion d'élévation de la pression 112 comprend au moins un organe de compression 118 – par exemple représenté sur les figures 2 à 7 - configuré pour élever la pression du gaz qui le traverse jusqu'à la pression compatible avec les besoins de l'appareil consommateur de gaz 101. Selon l'un quelconque des exemples de réalisation décrits ci-après, l'unité d'élévation de la pression 112 comprend plus particulièrement un premier organe de compression 118 et un deuxième organe de compression 118' installés en parallèle l'un par rapport à l'autre.

Selon différents exemples d'application de la présente invention, on pourra prévoir que seul le premier organe de compression 118 fonctionne, le deuxième organe de compression 118' assurant alors une redondance, c'est-à-dire que ce deuxième organe de compression 118' permet alors de remplacer le premier organe de compression 118 si celui-ci venait à tomber en panne. Alternativement, on peut prévoir que le premier organe de compression 118 et le deuxième organe de compression 118' fonctionnent simultanément, c'est-à-dire qu'une première partie du gaz issue de la portion d'élévation de la pression 111 est comprimée par le premier organe de compression 118 et qu'une deuxième partie de ce gaz est quant à elle comprimée par le deuxième organe de compression 118', cette première partie et cette deuxième partie du gaz étant distinctes. Chacun de ces organes de compression 118, 118' est par ailleurs connecté à la deuxième conduite 103, elle-même connectée à l'appareil consommateur de gaz 101.

Selon l'un quelconque de ces exemples d'application, le gaz rejoint le premier organe de compression 118 et/ou le deuxième organe de compression 118' à l'état gazeux et à une pression d'environ 1 bar et ce gaz quitte le premier organe de compression 118 et/ou le deuxième organe de compression 118' à l'état gazeux et à haute pression, c'est-à-dire une pression comprise entre 1 bar et 400 bar, avantageusement entre 1 bar et 17 bar, encore

plus avantageusement, entre 6 bar et 17 bar. Le niveau de compression en sortie de ce premier organe de compression 118 et/ou de ce deuxième organe de compression 118' est paramétré en fonction du type d'appareil consommateur de gaz 101 à alimenter.

5 L'unité de condensation 120 comprend quant à elle au moins un échangeur thermique 121 adapté pour opérer un échange de chaleur entre du gaz prélevé entre l'unité d'alimentation 110 et l'appareil consommateur de gaz 101 et du gaz circulant entre la cuve 200 et l'unité d'alimentation 110. Plus particulièrement, l'échangeur thermique 121 comprend au moins une première passe 122 alimentée par du gaz prélevé entre
10 l'unité d'alimentation 110 et l'appareil consommateur de gaz 101, c'est-à-dire du gaz comprimé par la portion d'élévation de la pression 112, et au moins une deuxième passe 123 alimentée par du gaz circulant entre le ciel de cuve 201 et la portion d'élévation de la pression 112 de l'unité d'alimentation 110.

L'unité de condensation 120 comprend avantageusement un autre échangeur thermique, ci-après appelé deuxième échangeur thermique 145, quand l'échangeur thermique 121 décrit ci-dessus est appelé premier échangeur thermique. Le deuxième
15 échangeur thermique 145 est utilisé en tant que condenseur lors de mise en œuvre de l'étape de condensation. Ce deuxième échangeur thermique 145 comprend une première passe 146 parcourue par le gaz prélevé entre l'unité d'alimentation 110 et l'appareil consommateur de gaz 101 et une deuxième passe 147 parcourue le gaz prélevé
20 à l'état liquide dans la cuve 200.

La première passe 146 du deuxième échangeur thermique 145 est disposée en aval de la première passe 122 du premier échangeur thermique 121. La deuxième passe 147 du deuxième échangeur thermique 145 est disposée en amont de l'unité d'alimentation 110.

25 Le deuxième échangeur thermique 145 est le siège d'un échange de chaleur entre le gaz à l'état liquide à une température au plus égale à -163°C et le gaz à l'état vapeur prélevé en sortie de l'unité d'alimentation 110, ce dernier pouvant être à une température positive après son passage dans la première passe 122 du premier échangeur thermique 121.

Le premier échangeur thermique 121 associé au deuxième échangeur thermique 145 forment un exemple de réalisation de l'unité de condensation 120.

Dans la description qui suit, l'échangeur thermique est le premier échangeur thermique décrit ci-dessus.

5 Tel que représenté, au moins une troisième conduite 104 s'étend ainsi entre le ciel de cuve 201 et la deuxième passe 123 de l'échangeur thermique 121 et au moins une quatrième conduite 105 s'étend entre la deuxième conduite 103 et la première passe 122, et plus particulièrement cette quatrième conduite 105 s'étend entre un premier point de raccordement 401 situé sur cette deuxième conduite 103 et une entrée de la
10 première passe 122 de l'échangeur thermique 121.

Par ailleurs, la première passe 122 est raccordée au fond de la cuve 202 par l'intermédiaire d'une canalisation 143 et la deuxième passe 123 est raccordée à l'unité d'alimentation 110 par l'intermédiaire d'une neuvième conduite 136 et par une sixième conduite 107.

15 L'échangeur thermique 121 de l'unité de condensation 120 est configuré pour opérer un échange de chaleur entre du gaz prélevé à l'état gazeux dans le ciel de cuve 201 et du gaz prélevé en aval de l'unité d'alimentation 110, c'est-à-dire du gaz à l'état gazeux et présentant une température et une pression compatibles avec les besoins de l'appareil consommateur de gaz 101. En d'autres termes, l'échangeur thermique 121 est configuré
20 pour opérer un échange de chaleur entre du gaz prélevé à l'état gazeux dans le ciel de cuve 201 et envoyé directement dans l'échangeur thermique 121 et du gaz prélevé à l'état gazeux dans le ciel de cuve 201 et dont la pression a été élevée par la portion d'élévation de pression 112 de l'unité d'alimentation 110. On entend par « envoyé directement dans l'échangeur thermique 121 » le fait que le gaz naturel prélevé à l'état
25 gazeux ne subit aucune modification de pression ou de température, autre que celle liée à sa circulation dans la conduite concernée, avant de rejoindre l'échangeur thermique 121, et plus particulièrement la deuxième passe 123 de cet échangeur thermique 110.

Il résulte de cet échange de chaleur au moins un refroidissement du gaz circulant dans la première passe 122 de l'échangeur thermique 121 et une élévation de la température du gaz circulant dans la deuxième passe 123 de cet échangeur thermique 121.

5 Selon l'invention, le dispositif de refroidissement 130 de l'échangeur thermique 121 comprend au moins un organe de contrôle 131 d'un débit de gaz qui circule dans la première passe 122 de l'échangeur thermique 121. Le dispositif de refroidissement 130 comprend également au moins un séparateur de phases 133, qui présente une entrée diphasique raccordée à une sortie de la première passe 122, une sortie gaz raccordée à la troisième conduite 104, en amont de la deuxième passe 123 et une sortie de liquide
10 raccordée à la cuve 200 par la canalisation 143.

La phase liquide du gaz contenu dans le séparateur de phases 134 peut par exemple être retournée dans le fond de la cuve 202 grâce à la canalisation 143, la circulation de ce gaz à l'état liquide étant dépendant d'une vanne 135 installée sur la canalisation 143.

15 Selon l'invention, l'échangeur thermique 121 est refroidi, notamment maintenu à basse température, par une circulation de gaz dans la première passe 122 et dans la deuxième passe 123, sans pour autant réaliser une condensation de ce gaz. Ce refroidissement de cet échangeur thermique 121 permet d'atteindre plus rapidement les conditions de condensation du gaz lorsqu'il est nécessaire de réaliser cette condensation.

20 Tel évoqué ci-dessus, le dispositif de refroidissement 130 comprend au moins l'organe de contrôle 131. On entend par « organe de contrôle » tout élément capable de modifier le débit de gaz au sein de la conduite qui le porte. En l'espèce, l'organe de contrôle 131 peut être une vanne adaptée pour prendre au moins une position ouverte dans laquelle elle autorise la circulation de gaz, au moins une position fermée dans laquelle elle empêche la circulation de gaz et une pluralité de positions intermédiaires qui permettent
25 de maîtriser le débit du gaz qui circule dans la première passe 122.

Tel qu'illustré sur les figures 1 à 7, cet organe de contrôle 131 peut être agencé sur la cinquième conduite 106, en amont de l'entrée diphasique du séparateur de phases 133. De manière alternative ou complémentaire, cet organe de contrôle 131 peut être disposé sur une sixième conduite 107 qui s'étend entre la sortie gaz du séparateur de phases 133

et la troisième conduite 104. En tout état de cause, cet organe de contrôle 131 est disposé sur une conduite qui influe directement sur le débit de gaz qui parcourt la première passe 122 de l'échangeur thermique 121, notamment en amont ou en aval de celle-ci.

5 Le système 100 d'alimentation selon l'invention est configuré pour mettre en œuvre une étape de refroidissement de l'échangeur thermique 121 de l'unité de condensation 120. Cette étape de refroidissement est par exemple contrôlée par le dispositif de refroidissement 130. Tel que détaillé ci-après, ce procédé permet une alimentation
10 simultanée en gaz de l'appareil consommateur de gaz 101 et de l'échangeur thermique 121, avec un débit de gaz réduit mais néanmoins suffisant pour refroidir, voire maintenir cet échangeur thermique 121 à une température qui permet une mise en fonctionnement en un temps réduit de l'unité de condensation 120.

Cette étape de refroidissement de l'échangeur thermique 121 est opérée chronologiquement avant l'étape de condensation, puisqu'elle vise à préparer
15 thermiquement cet échangeur thermique pour opérer une liquéfaction, et de manière simultanée avec l'étape d'alimentation, pour que ce refroidissement soit transparent d'un point de vue énergétique.

Le dispositif de refroidissement 130 selon l'invention est configuré pour dériver une partie du gaz destiné à l'alimentation de l'appareil consommateur de gaz 101 dans le but
20 de refroidir ou maintenir à basse température l'échangeur thermique 121 de l'unité de condensation 120. Autrement dit, l'organe de contrôle 131 est configuré pour prendre l'une des positions intermédiaires évoquées ci-dessus, qui permet d'obtenir un débit, au sein de la cinquième conduite 106 compris entre 50 kg/h et 300 kg/h.

Avantageusement, l'organe de contrôle 131 est configuré pour prendre une position
25 intermédiaire grâce à laquelle le gaz circulant dans la quatrième conduite 105 présente un débit égal, ou sensiblement égal, à 200 kg/h.

Afin d'éviter tous chocs thermiques au sein de l'échangeur thermique 121, le dispositif de refroidissement 130 comprend un dispositif de contrôle 142 de la température de l'échangeur thermique 121. Tel que représenté, ce dispositif de contrôle 142 de la

température de l'échangeur thermique 121 comporte au moins une conduite de contournement 140 de la deuxième passe 123 de cet échangeur thermique 121.

Tel que représenté, cette conduite de contournement 140 s'étend ainsi entre le ciel de cuve 201 et l'unité d'alimentation 110 et permet de contourner la deuxième passe 123 de l'échangeur thermique 121. Plus particulièrement, cette conduite de contournement 140 est formée de sorte que le gaz qui emprunte cette conduite de contournement 140 rejoint la portion d'élévation de la pression 112. Au moins un dispositif de régulation de débit 141 est agencé à l'intersection entre la troisième conduite 104 et la conduite de contournement 140. Selon l'exemple illustré, ce dispositif de régulation de débit 141 est une vanne trois voies adaptée pour prendre au moins une première position ouverte dans laquelle elle autorise la circulation de gaz uniquement dans la conduite de contournement 140, au moins une deuxième position ouverte dans laquelle elle autorise la circulation de gaz uniquement en direction de la deuxième passe 123 de l'échangeur thermique 121 et une pluralité de positions intermédiaires dans lesquelles elle autorise la circulation de gaz dans la conduite de contournement 140 et en direction de la deuxième passe 123 de l'échangeur thermique 121 à différents débits, ces débits étant inférieurs au débit que présente le gaz lorsque le dispositif de régulation de débit 141 est dans l'une de ses positions ouvertes.

Lorsque l'étape de refroidissement est mise en œuvre, le dispositif de régulation de débit 141 est dans une position intermédiaire dans laquelle il autorise la circulation de gaz dans la conduite de contournement 140 de sorte que le gaz circulant dans la deuxième passe 123 de l'échangeur thermique 121 de l'unité de condensation 120 présente un débit compris entre 37,5 kg/h et 405 kg/h. Avantageusement ce débit est égal, ou sensiblement égal, à 230 kg/h. D'une manière générale, le dispositif de régulation de débit 141 contrôle le débit de gaz qui parcourt la deuxième passe 123 de l'échangeur thermique 121 à un ratio compris entre 75% et 135% d'un débit du gaz qui parcourt la première passe 122 de l'échangeur thermique 121, ce dernier débit étant compris entre 50 kg/h et 300 kg/h.

On note que le gaz qui quitte la deuxième passe 123 de l'échangeur thermique 121 et le gaz qui circule dans la conduite de contournement 140 se rejoignent au niveau d'un deuxième point de raccordement 402 depuis lequel s'étend la sixième conduite 107. Le gaz quittant l'échangeur thermique 121 et le gaz quittant la conduite de contournement 140 sont ainsi mélangés en amont de l'unité d'alimentation 110, et plus particulièrement en amont de la portion d'élévation de la pression 112 de cette unité d'alimentation 110. Tel que représenté, cette sixième conduite 107 s'étend entre le deuxième point de raccordement 402 et un troisième point de raccordement 403 situé en amont de la portion d'élévation de pression 112 de l'unité d'alimentation 110, notamment entre la portion d'élévation de la température 111 et la portion d'élévation de la pression 112 de cette unité d'alimentation 110.

Autrement dit, le système 100 est configuré pour que le gaz qui quitte la deuxième passe 123 de l'échangeur thermique 121 et le gaz qui circule dans la conduite de contournement 140 subissent conjointement l'élévation de la pression opérée par la portion d'élévation de pression 112 de l'unité d'alimentation 110.

Le débit de gaz parcourant la conduite de contournement 140 est dépendant d'une température du gaz déterminée ou mesurée à une entrée 144 de la première passe 122 de l'échangeur thermique 121. La position du dispositif de régulation de débit 141 est ainsi commandée par la température du gaz mesurée à l'entrée 144.

La mesure ou la détermination de la température du gaz à l'entrée 144 de la première passe 122 est par exemple réalisée au moyen d'un capteur 138, dont une sonde peut par exemple être au contact direct ou indirect du gaz qui circule dans la conduite concernée.

Une ligne de commande 137 symbolise la dépendance du dispositif de régulation de débit 141 à la température du gaz mesurée à l'entrée 144 par le capteur 138.

Un tel capteur 138 et une telle ligne de commande 137 peuvent faire partie du dispositif de contrôle 142 de la température de l'échangeur thermique 121.

De manière additionnelle, le débit de gaz qui parcourt la conduite de contournement 140 est également dépendant d'une température du gaz déterminée ou mesurée à une

sortie 139 de la deuxième passe 123 de l'échangeur thermique 121. La position du dispositif de régulation de débit 141 est ainsi également commandée par la température du gaz mesurée à la sortie 139.

5 La mesure ou la détermination de la température du gaz à la sortie 139 de la deuxième passe 123 est par exemple réalisée au moyen du capteur 138 évoqué plus haut, dont une sonde peut par exemple être au contact direct ou indirect du gaz qui circule dans la conduite concernée. Bien entendu, une telle température peut également être déterminée ou mesurée par un autre capteur distinct du capteur 138.

10 Ici aussi, la ligne de commande 137 symbolise la dépendance du dispositif de régulation de débit 141 à la température du gaz mesurée à la sortie 139 par le capteur 138.

En référence aux figures 2 à 4, un premier exemple de réalisation de l'invention va être décrit, la figure 2 illustrant le système 100 à l'arrêt, la figure 3 illustrant le système 100 où l'échangeur thermique 121 est refroidi, notamment maintenu en froid par le procédé selon l'invention et la figure 4 illustrant le système 100 utilisé pendant une phase de
15 condensation.

En référence aux figures 5 à 7, un deuxième exemple de réalisation de l'invention est décrit, la figure 5 illustrant le système 100 à l'arrêt, la figure 6 illustrant le système 100 où l'échangeur thermique 121 est refroidi, notamment maintenu en froid par le procédé selon l'invention et la figure 7 illustrant le système 100 utilisé pendant une phase de
20 condensation.

Tel que détaillé ci-dessous, le premier exemple de réalisation et le deuxième exemple de réalisation diffèrent essentiellement l'un de l'autre par les éléments qui constituent l'unité d'alimentation 110, et plus particulièrement par les éléments qui constituent la portion d'élévation de la température 111 de cette unité d'alimentation 110. Les
25 éléments communs à ces deux exemples de réalisation et décrits ci-dessus ne sont donc pas repris en détails.

Selon le premier exemple de réalisation illustré aux figures 2 à 4, la portion d'élévation de la température 111 de l'unité d'alimentation 110 comprend au moins un échangeur

de chaleur 113, au moins un dispositif de détente 116 et au moins un dispositif de compression 117.

- L'échangeur de chaleur 113 comprend au moins une première voie 114 alimentée par du gaz prélevé à l'état liquide dans la cuve 200 et au moins une deuxième voie 115 alimentée par du gaz prélevé à l'état liquide dans la cuve, le dispositif de détente 116 étant agencé entre la cuve 200 et la première voie 114 de l'échangeur de chaleur 113. Le dispositif de compression 117 est quant à lui configuré pour augmenter la pression du gaz circulant dans la première voie 114 de l'échangeur de chaleur 113 au moins jusqu'à la pression atmosphérique.
- La première voie 114 est connectée d'une part à une première pompe 300 agencée dans le fond de la cuve 202 et d'autre part au dispositif de compression 117 et la deuxième voie 115 est quant à elle connectée d'une part à une deuxième pompe 301 agencée dans le fond de la cuve 202 et d'autre part également à la cuve 200, et plus exactement au fond de la cuve 202 dans laquelle est stocké le gaz à l'état liquide.
- En d'autres termes, la première conduite 102 s'étend entre la première pompe 300 et la première voie 114 de l'échangeur de chaleur 113 et porte le dispositif de détente 116, une septième conduite 108 s'étend entre la deuxième pompe 301 et la deuxième voie 115 de l'échangeur de chaleur 113 et une huitième conduite 109 s'étend quant à elle entre la deuxième voie 115 et le fond de la cuve 202.
- Alternativement, la première voie et la deuxième voie de l'échangeur de chaleur peuvent toutes deux être alimentées par une même pompe, une bifurcation étant alors ménagée entre cette unique pompe et les première et deuxième voies de l'échangeur de chaleur.
- Le dispositif de détente 116 étant agencé sur la première conduite 102, le gaz prélevé à l'état liquide dans le fond de la cuve 202 par la première pompe 300 est détendu avant de rejoindre la première voie 114 de l'échangeur de chaleur 113. Autrement dit, le gaz prélevé dans la cuve à l'état liquide par la première pompe 300 entre dans l'échangeur de chaleur 113 à une pression inférieure à la pression atmosphérique. La deuxième pompe 301 est quant à elle configurée pour envoyer le gaz prélevé à l'état liquide dans le fond de la cuve 202 directement dans la deuxième voie 115 de l'échangeur de chaleur 113,

c'est-à-dire que le gaz prélevé à l'état liquide dans la cuve 200 ne subit aucune modification de température ni de pression autre que celle liée au pompage lui-même avant de rejoindre la deuxième voie 115 de l'échangeur de chaleur 113. L'échangeur de chaleur 113 est ainsi configuré pour opérer un échange de chaleur entre du gaz prélevé
5 dans la cuve à l'état liquide et ayant subi un abaissement de sa pression et du gaz prélevé dans la cuve à l'état liquide et n'ayant subi aucune modification de pression. Le gaz liquide qui circule dans la première voie 114 est ainsi évaporé, tandis que le gaz liquide qui circule dans la deuxième voie 115 est sous-refroidi avant d'être retourné dans le fond de la cuve 202. Autrement dit, selon ce premier exemple de réalisation de l'invention, la
10 portion d'élévation de la température 111 de l'unité d'alimentation 110 est plus particulièrement une portion d'évaporation d'au moins une partie du gaz prélevé à l'état liquide dans le fond de la cuve 202.

En présence du deuxième échangeur thermique 145, l'installation comprend un canal de contournement 148 qui s'étend entre la septième conduite 108 et la huitième conduite
15 109, un tel canal de contournement 148 étant alors disposé en parallèle de la deuxième voie 115 de l'échangeur de chaleur 113. La circulation du gaz à l'état liquide prélevé dans la cuve au sein du canal de contournement 148 et/ou au sein de la deuxième voie 115 est placée sous la dépendance d'un organe de commande 149, qui peut prendre ici la forme d'une vanne trois voies installée à l'intersection entre le canal de contournement
20 148 et la septième conduite 108 ou entre ce même canal de contournement et la huitième conduite 109.

Pendant la phase de condensation, le gaz à l'état liquide prélevé dans la cuve 200 entre dans ce deuxième échangeur thermique 145 et traverse la deuxième passe 147 de ce deuxième échangeur thermique. La température particulièrement basse de ce gaz à l'état
25 liquide, ici environ -163°C , est exploitée pour favoriser la condensation du gaz qui entre dans la première passe 146 de ce deuxième échangeur thermique 145.

Le gaz liquide circule dans la première voie 114 de l'échangeur de chaleur 113 à une pression inférieure à la pression atmosphérique. Aussi, afin d'assurer l'écoulement de ce gaz liquide, le dispositif de compression 117 agencé entre cet échangeur de chaleur 113

et la portion d'élévation de la pression 112 de l'unité d'alimentation 110 est configuré pour ramener le gaz qui quitte cet échangeur de chaleur 113 à une pression avoisinant la pression atmosphérique. Par exemple, ce dispositif de compression 117 est configuré pour comprimer le gaz de 0.35 bar à 1 bar. Le gaz ainsi comprimé est alors apte à

5 rejoindre la portion d'élévation de la pression 112 de l'unité d'alimentation 110 afin que sa pression soit élevée jusqu'à la pression compatible avec les besoins de l'appareil consommateur de gaz 101. Le dispositif de compression 117 est agencé entre l'échangeur de chaleur 113 et le troisième point de raccordement 403 au niveau duquel la sixième conduite 107 rejoint l'unité d'alimentation 110.

10 Tel que représenté à la figure 3, l'unité d'alimentation 110 tel que décrit ci-dessus et le gaz présent dans le ciel de cuve 201 alimentent l'appareil consommateur de gaz 101. Pendant cette phase de fonctionnement, l'échangeur thermique 121 est refroidi ou maintenu en froid grâce au dispositif de refroidissement 130 décrit précédemment. Autrement dit, la première passe 122 de l'échangeur thermique 121 est alimentée par du

15 gaz prélevé dans la deuxième conduite 103 avec un débit compris entre 50 kg/h et 300 kg/h, avantageusement égal à 200 kg/h. La deuxième passe 123 est quant à elle alimentée par du gaz prélevé à l'état gazeux dans le ciel de cuve 201 selon un débit compris entre 37,5 kg/h et 405 kg/h, avantageusement 230 kg/h. La conduite de contournement 140 est quant à elle alimentée par le reste du gaz prélevé à l'état gazeux

20 dans le ciel de cuve 201.

L'échangeur thermique 121 est ainsi prêt à être utilisé dès que nécessaire, par exemple dès que le système 100 se trouve dans une situation dans laquelle la quantité de gaz à l'état gazeux dans le ciel de cuve 201 est supérieure à la quantité de gaz consommée par l'appareil consommateur de gaz 101. Cette situation est par exemple illustrée sur la

25 figure 4.

Lorsque la quantité de gaz disponible à l'état gazeux dans le ciel de cuve 201 est supérieure à la quantité de gaz consommée par l'appareil consommateur de gaz 101, l'unité de condensation 120 liquéfie la quantité de gaz superflue de sorte à la retourner dans la cuve 200, évitant ainsi de perdre le gaz comprimé par la portion de compression

112. Dans ce mode de condensation, l'organe de contrôle 131 est dans une position intermédiaire ou dans une position ouverte de sorte à alimenter la première passe 122 de l'échangeur thermique 121 avec le gaz superflu, c'est-à-dire le gaz à l'état gazeux et comprimé mais qui n'a pas été consommé par l'appareil consommateur de gaz 101.
- 5 Lors de cette étape de condensation, au sein de l'échangeur thermique 121, le gaz non consommé par l'appareil consommateur de gaz 101 et de débit supérieur à 300kg/h est liquéfié afin de pouvoir être retourné dans la cuve 200 à l'état liquide. Le débit de gaz au sein de la première passe 122 de l'échangeur thermique 121 pendant cette étape de condensation est supérieur à 300kg/h et inférieur à 3000kg/h.
- 10 L'échangeur thermique 121 est alors le siège d'un échange de chaleur entre le gaz circulant dans la première passe 122 et le gaz circulant dans la deuxième passe 123 de sorte à refroidir le gaz circulant dans la première passe 122 d'une part et à réchauffer le gaz circulant dans la deuxième passe 123, d'autre part. Il en résulte que le gaz circulant dans la première passe 122 peut alors être renvoyé vers le deuxième échangeur thermique
- 15 145 où il se condense par échange de calories entre ce gaz qui circule dans la deuxième passe 147 du deuxième échangeur thermique 145 et le gaz à l'état liquide prélevé dans la cuve 200 au moyen de la septième conduite 108 et du canal de contournement 148. Le gaz ayant parcouru la deuxième passe 147 du deuxième échangeur thermique 145 rejoint ensuite la cuve 200 via la huitième conduite 109.
- 20 La figure 4 illustre en particulier une situation dans laquelle le dispositif de régulation de débit 141 est dans sa deuxième position ouverte de sorte qu'aucun gaz ne circule dans la conduite de contournement 140.
- Selon l'exemple illustré en figure 4, les pompes 300, 301 ainsi que le dispositif de compression 117 sont à l'arrêt. Autrement dit, la portion d'élévation de la température
- 25 111 de l'unité d'alimentation 110 est arrêtée. En effet, la quantité de gaz naturellement présente dans le ciel de cuve 201 étant suffisante pour alimenter les appareils consommateurs de gaz 101, il n'est plus nécessaire d'évaporer du gaz liquide pour réaliser cette alimentation. La mise à l'arrêt de cette portion d'élévation de la

température 111 permet alors de réduire les coûts d'exploitation du système 100 selon l'invention.

Le système 100 d'alimentation selon le deuxième exemple de réalisation illustré sur les figures 5 à 7 diffère du système 100 selon le premier exemple de réalisation notamment par les éléments qui constituent la portion d'élévation de la température 111' de l'unité d'alimentation 110. Également, le deuxième exemple de réalisation illustré diffère du premier exemple de réalisation illustré en ce que le système 100 comprend un circuit de fluide réfrigérant thermiquement associé à l'unité d'alimentation 110.

Selon le deuxième exemple de réalisation, le circuit du fluide réfrigérant 500 comprend au moins un premier échangeur de chaleur 113', un appareil de compression 501 adapté pour augmenter une pression du fluide réfrigérant qui le traverse, au moins un deuxième échangeur de chaleur 125 et au moins un appareil de détente 502 adapté pour réduire une pression du fluide réfrigérant. La portion d'élévation de la pression 111' comprend quant à elle au moins le premier échangeur de chaleur 113'. Le premier échangeur de chaleur 113' de la portion d'élévation de la température 111' comprend au moins une première voie 114' alimentée par du gaz prélevé à l'état gazeux dans le ciel de cuve 201 et au moins une deuxième voie 115' alimentée par le fluide réfrigérant à l'état gazeux et comprimé par l'appareil de compression 501. Ainsi, à la différence du premier exemple de réalisation, la première conduite 102' s'étend entre le ciel de cuve 201 et la première voie 114' de l'échangeur de chaleur 113'.

Le fluide réfrigérant est choisi de sorte que l'échange de chaleur opéré au sein de l'échangeur de chaleur 113' résulte en une augmentation de la température du gaz circulant dans la première voie 114' de cet échangeur de chaleur 113'.

Le deuxième échangeur de chaleur 125 comprend quant à lui au moins une première passe 126 alimentée par du gaz prélevé à l'état liquide dans le fond de la cuve 202 et au moins une deuxième passe 127 alimentée par du fluide réfrigérant détendu, c'est-à-dire que ce deuxième échangeur de chaleur 125 est agencé immédiatement en aval de l'appareil de détente 502 sur le circuit de fluide réfrigérant 500. La première passe 126

du deuxième échangeur de chaleur 125 est ainsi alimentée par une pompe 303 agencée dans le fond de la cuve 202.

La deuxième passe 147 du deuxième échangeur thermique 145 est quant à elle raccordée à la première passe 126 du deuxième échangeur de chaleur 125. De la sorte, le gaz à l'état liquide qui a été refroidi par le deuxième échangeur de chaleur 125 favorise la condensation du gaz qui parcourt la première passe 122 du premier échangeur thermique 121.

Le fluide réfrigérant qui circule dans le circuit de fluide réfrigérant 500 est mis en circulation par l'appareil de compression 501 dans lequel il subit une augmentation de sa pression. Il quitte donc cet appareil de compression 501 à l'état gazeux et à haute pression, puis il rejoint le premier échangeur de chaleur 113' dans lequel il cède des calories au gaz circulant dans la première voie 114' de cet échangeur de chaleur 113'. Le fluide réfrigérant quitte ainsi la deuxième voie 115' de l'échangeur de chaleur 113' à l'état diphasique ou liquide et rejoint l'appareil de détente 502 dans lequel il subit une diminution de sa pression. Le fluide réfrigérant rejoint alors le deuxième échangeur de chaleur 125 dans lequel il capte des calories issues du gaz prélevé à l'état liquide dans le fond de la cuve 202. Il résulte de l'échange de chaleur opéré dans le deuxième échangeur de chaleur 125 une évaporation du fluide réfrigérant qui peut alors entamer un nouveau cycle thermodynamique, et simultanément un sous-refroidissement du gaz prélevé à l'état liquide dans le fond de la cuve 202. Le gaz sous-refroidi est renvoyé dans la cuve 200 après avoir été utilisé au sein du deuxième échangeur thermique 145 pour liquéfier le gaz provenant de la première passe 122 du premier échangeur thermique 121.

Selon l'exemple illustré ici, le premier échangeur de chaleur 113' comprend avantageusement une troisième passe 119' alimentée par du fluide réfrigérant. Particulièrement, cette troisième passe 119' est interposée, sur le circuit de fluide réfrigérant 500, entre la deuxième passe 127 du deuxième échangeur de chaleur 125 et l'appareil de compression 501. La deuxième voie 115' et la troisième passe 119' forment ainsi un échangeur de chaleur interne du circuit de fluide réfrigérant 500 qui permet de préchauffer le gaz à l'état gazeux qui quitte la deuxième passe 127 du deuxième

échangeur de chaleur 125 avant que celui-ci ne rejoigne l'appareil de compression 501 et de pré-refroidir le gaz à l'état gazeux qui quitte l'appareil de compression 501 avant que celui-ci ne rejoigne l'appareil de détente 502. Autrement dit, on comprend que la présence de cette troisième passe 119' dans ce premier échangeur de chaleur 113' améliore les performances thermiques globales du circuit de fluide réfrigérant 500.

On note également que, par rapport au premier exemple de réalisation, la portion d'élévation de la température 111' selon le deuxième exemple de réalisation est dépourvue du dispositif de compression.

Enfin, le système 100 d'alimentation selon le deuxième exemple de réalisation diffère du système 100 d'alimentation selon le premier exemple de réalisation en ce qu'il comprend une ligne d'évaporation forcée 128 qui s'étend depuis une pompe 302 agencée dans le fond de la cuve 202, jusqu'au troisième point de raccordement 403 situé en amont de la portion d'élévation de la pression 112. Tel que schématiquement illustré en figure 6, un vaporiser 129 est agencé sur cette ligne d'évaporation forcée 128. Ce vaporiser 129 est configuré pour permettre l'évaporation de gaz prélevé à l'état liquide par la pompe 302 agencée dans le fond de la cuve 202. Tel que détaillé ci-dessous, cette ligne d'évaporation forcée 128 est particulièrement utile dans une situation où le gaz à l'état vapeur présent dans le ciel de cuve ne suffit pas aux besoins de l'appareil consommateur de gaz 101.

Selon une variante du deuxième exemple de réalisation non illustrée ici, la pompe 302 peut être une pompe haute pression, c'est-à-dire une pompe configurée pour augmenter la pression du liquide qu'elle aspire. En l'espèce, cette pompe haute pression peut par exemple être configurée pour augmenter la pression du gaz prélevé jusqu'à une pression comprise entre 1 bar et 400 bar, avantageusement entre 1 bar et 17 bar, encore plus avantageusement, entre 6 bar et 17 bar. Selon cette variante, la ligne d'évaporation 128 s'étend alors entre la pompe haute pression et la deuxième conduite 103, c'est-à-dire un point situé en aval de la portion d'élévation de pression de l'unité d'alimentation.

Les figures 6 et 7 illustrent le système 100 d'alimentation selon le deuxième exemple de réalisation de l'invention, respectivement mis en œuvre lors d'une étape de

refroidissement de l'échangeur thermique et lors d'une utilisation de l'unité de condensation pour liquéfier, au moins partiellement, le gaz.

Dans la situation illustrée sur la figure 6, la quantité de gaz présente dans le ciel de cuve 201 n'est pas suffisante pour alimenter l'appareil consommateur de gaz 101, de sorte que
5 la ligne d'évaporation forcée 128 est activée ou que l'unité d'alimentation 110 est activée. La figure 6 illustre seulement l'activation de la ligne d'évaporation forcée 128. Ainsi, du gaz est prélevé à l'état liquide dans le fond de la cuve 202 et évaporé par le vaporiser 129 avant de rejoindre la portion d'élévation de la pression de l'unité d'alimentation 110 pour enfin alimenter l'appareil consommateur de gaz 101.

10 De façon similaire à ce qui a été décrit ci-dessus en référence au premier exemple de réalisation, une partie du gaz circulant dans la deuxième conduite 103 est dérivée par le dispositif de refroidissement 130 pour alimenter la première passe 122 de l'échangeur thermique 121 à un débit compris entre 50 kg/h et 300 kg/h, avantageusement égal à 200 kg/h, de sorte que l'échangeur thermique 121 puisse être rapidement mis en service
15 lorsqu'est mise en œuvre l'étape de condensation. De façon analogue, la conduite de contournement 140 de la deuxième passe 123 de l'échangeur thermique 121 est alimentée de sorte que le gaz qui circule dans cette deuxième passe 123 de l'échangeur thermique 121 présente un débit compris entre 37,5 kg/h et 405 kg/h, avantageusement un débit égal à 230 kg/h.

20 De façon similaire à ce qui a été décrit précédemment, la mise en œuvre du système lors de l'étape de refroidissement illustré à la figure 6 est identique, ou quasiment identique, à la mise en œuvre du système 100 donné en référence à la figure 3.

Dans la situation illustrée sur la figure 7, la ligne d'évaporation forcée 128 est mise à l'arrêt et l'appareil consommateur de gaz 101 n'est alimenté que par du gaz prélevé à
25 l'état gazeux dans le ciel de cuve 201. Dans cette situation, l'unité de condensation 120 condense le gaz non consommé par l'appareil consommateur de gaz 101. A cet effet, le dispositif de régulation de débit 141 est dans sa deuxième position ouverte, c'est-à-dire que la totalité du gaz prélevé grâce à la troisième conduite 104 est envoyé vers la deuxième passe 123 de cet échangeur thermique 121.

Enfin, la figure 8 est une vue écorchée d'un navire 70 qui comprend la cuve 200 contenant le gaz à l'état liquide et à l'état gazeux, cette cuve 200 étant de forme générale prismatique et montée dans une double coque 72 du navire. Cette cuve 200 peut faire partie d'un méthanier mais il peut également s'agir d'un réservoir quand le gaz est
5 exploité comme carburant de l'appareil consommateur de gaz.

La paroi de la cuve 200 comporte une membrane d'étanchéité primaire destinée à être en contact avec le gaz à l'état liquide contenu dans la cuve, une membrane d'étanchéité secondaire agencée entre la membrane d'étanchéité primaire et la double coque 72 du navire 70, et deux barrières isolantes agencées respectivement entre la membrane
10 d'étanchéité primaire et la membrane d'étanchéité secondaire et entre la membrane d'étanchéité secondaire et la double coque 72.

Des canalisations de chargement et/ou de déchargement 73 disposées sur le pont supérieur du navire peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriés, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer la cargaison de gaz naturel à l'état liquide
15 depuis ou vers la cuve 200.

La figure 8 représente également un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et/ou de déchargement 75, une conduite sous-marine 76, une installation à terre ou portuaire 77 et des conduites 74, 78. Le poste de chargement et/ou de déchargement 75 permet le chargement et/ou le déchargement du navire 70 depuis ou
20 vers l'installation à terre 77. Celle-ci comporte des cuves de stockage de gaz liquéfié 80 et des conduites de liaison 81 reliées par la conduite sous-marine 76 au canalisations de chargement et/ou de déchargement 73. La conduite sous-marine 76 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 75 et l'installation à terre 77 sur une grande distance, par exemple cinq kilomètres, ce qui permet de garder le
25 navire 70 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et/ou de déchargement.

Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz liquéfié, on met en œuvre une ou des pompes de déchargement portées par une tour de chargement et/ou de

déchargement de la cuve 200 et/ou des pompes équipant l'installation à terre 77 et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de déchargement 75.

La présente invention propose ainsi un système d'alimentation en gaz qui permet d'alimenter les appareils consommateurs de gaz présents sur un navire par du gaz
5 naturellement évaporé, par du gaz liquide évaporé de force et également de condenser le gaz naturellement évaporé si celui-ci était en trop grande quantité par rapport à la demande en énergie du/des appareils consommateurs de gaz du navire, cette étape de condensation étant précédée d'une étape de refroidissement de l'échangeur thermique de l'unité de condensation, permettant ainsi une mise en action de l'unité de condensation
10 dans un temps réduit comparé à l'art antérieur.

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 équivalents ainsi qu'à toute combinaison techniquement opérante de tels moyens.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'alimentation en gaz d'un appareil consommateur de gaz (101) équipant un navire comprenant une cuve (200) contenant le gaz à l'état liquide et à l'état gazeux, le procédé comprenant au moins :
 - 5 - une étape d'alimentation de l'appareil consommateur de gaz (101) à partir de gaz prélevé à l'état gazeux dans la cuve (200) et au moyen d'une unité d'alimentation (110),
 - une étape de condensation d'au moins une partie gaz prélevé à l'état gazeux dans la cuve (200) au moyen d'une unité de condensation (120) comprenant au moins un échangeur thermique (121) qui comprend au moins une première passe (122) et une
10 deuxième passe (123), ledit échangeur thermique (121) étant configuré pour opérer un échange de chaleur entre du gaz prélevé entre l'unité d'alimentation (110) et l'appareil consommateur de gaz (101) et circulant dans la première passe (122) et du gaz circulant entre la cuve (200) et l'unité d'alimentation (110) et circulant dans la deuxième passe (123), procédé caractérisé en ce qu'il comprend une étape de refroidissement de
15 l'échangeur thermique (121) par une circulation de gaz dans la première passe (122) et dans la deuxième passe (123) de l'échangeur thermique (121), cette étape de refroidissement étant mise en œuvre préalablement à l'étape de condensation et au moins en partie simultanément à l'étape d'alimentation.
2. Procédé d'alimentation selon la revendication précédente, au cours duquel
20 l'étape de refroidissement comprend un contrôle d'un débit de gaz qui parcourt une première passe (122) de l'échangeur thermique (121) à un ratio compris entre 2% et 12% d'un débit du gaz prélevé à l'état gazeux dans la cuve (200) pendant l'étape d'alimentation.
3. Procédé d'alimentation selon l'une quelconque des revendications précédentes,
25 au cours duquel l'étape de refroidissement comprend un contrôle d'un débit de gaz qui parcourt une deuxième passe (123) de l'échangeur thermique (121) pendant l'étape de refroidissement à un ratio compris entre 75% et 135% d'un débit du gaz qui parcourt une première passe (122) de l'échangeur thermique (121).
4. Procédé d'alimentation selon l'une quelconque des revendications précédentes,
30 au cours duquel l'étape de refroidissement comprend un contrôle d'un débit de gaz qui

parcourt une première passe (122) de l'échangeur thermique (121) pendant l'étape de refroidissement à une valeur comprise entre 50kg/h et 300kg/h.

5. Procédé d'alimentation selon l'une quelconque des revendications précédentes, au cours duquel un débit de gaz qui parcourt une première passe (122) de l'échangeur thermique (121) pendant l'étape de refroidissement est compris entre 3% et 20% d'un débit de gaz qui parcourt la première passe (122) de l'échangeur thermique (121) pendant l'étape de condensation.
6. Procédé d'alimentation selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, au cours duquel le gaz qui parcourt la première passe (122) de l'échangeur thermique (121) pendant l'étape de refroidissement rejoint l'unité d'alimentation (110).
7. Procédé d'alimentation selon l'une quelconque des revendications précédentes, au cours duquel l'étape de refroidissement de l'échangeur thermique (121) est une étape de mise en froid de cet échangeur thermique (121) conduisant à faire passer l'échangeur thermique (121) d'une température en Celsius positive à une température en Celsius négative.
8. Procédé d'alimentation selon l'une quelconque des revendications précédentes, au cours duquel l'étape de refroidissement de l'échangeur thermique (121) est une étape de maintien en froid de cet échangeur thermique (121) conduisant à faire passer l'échangeur thermique (121) d'une première température en Celsius négative à une deuxième température en Celsius négative.
9. Système (100) d'alimentation en gaz d'au moins un appareil consommateur de gaz (101), le système (100) comprenant au moins :
 - une cuve (200) de stockage et/ou de transport de gaz à l'état liquide et à l'état gazeux destinée à contenir du gaz,
 - une unité d'alimentation (110) de l'appareil consommateur de gaz (101) configurée pour prélever du gaz dans la cuve (200) et élever sa pression pour alimenter l'appareil consommateur de gaz (101),
 - une unité de condensation (120) comprenant au moins un échangeur thermique (121) qui comporte une première passe (122) et une deuxième passe (123), l'unité de condensation (120) étant configurée pour que du gaz prélevé entre l'unité

d'alimentation (110) et l'appareil consommateur de gaz (101) parcourt la première passe (122), tandis que du gaz circulant entre la cuve (200) et l'unité d'alimentation (110) parcourt la deuxième passe (123),

- un dispositif de refroidissement (130) de l'échangeur thermique (121)

5 comprenant au moins un organe de contrôle (131) configuré pour contrôler le débit du gaz qui parcourt la première passe (122) et un dispositif de contrôle (142) de la température de l'échangeur thermique (121), l'échangeur thermique (121) étant refroidi, notamment maintenu à basse température, par une circulation de gaz dans la première passe (122) et dans la deuxième passe (123).

10 10. Système (100) d'alimentation en gaz selon la revendication précédente, dans lequel le dispositif de contrôle (142) de la température de l'échangeur thermique (121) comprend au moins une conduite de contournement (140) de la deuxième passe (123) de l'échangeur thermique (121).

15 11. Système (100) d'alimentation en gaz selon la revendication précédente, dans lequel le dispositif de contrôle (142) de la température de l'échangeur thermique (121) comprend au moins un dispositif de régulation du débit de gaz (141) parcourant la conduite de contournement (140) et un capteur (138) apte à mesurer ou déterminer une température du gaz en entrée (144) de la première passe (122) de l'échangeur thermique (121), le débit de gaz parcourant la conduite de contournement (140) étant dépendant
20 au moins de la température du gaz déterminée en entrée (144) de la première passe (122) de l'échangeur thermique (121).

12. Système (100) d'alimentation en gaz selon la revendication précédente, dans lequel le capteur (138) apte à mesurer ou déterminer une température du gaz en sortie (139) de la deuxième passe (123) de l'échangeur thermique (121), le débit de gaz
25 parcourant la conduite de contournement (140) étant dépendant de la température du gaz en sortie (139) de la deuxième passe (123) de l'échangeur thermique (121).

13. Système (100) d'alimentation en gaz selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, dans lequel l'unité de condensation (120) comprenant au moins l'échangeur thermique (121), ci-après nommé premier échangeur thermique (121), qui comporte la
30 première passe (122) et la deuxième passe (123), comprend également un deuxième

échangeur thermique (145) qui est le siège d'un échange de chaleur entre du gaz prélevé à l'état liquide dans la cuve (200) et le gaz qui provient de la première passe (122) du premier échangeur thermique (121).

5 14. Système (100) d'alimentation en gaz selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, dans lequel l'unité d'alimentation (110) comprend au moins une portion d'élévation de la température (111) de gaz prélevé à l'état liquide dans la cuve (200) et au moins une portion d'élévation de la pression (112) du gaz pour alimenter l'appareil consommateur de gaz (101).

10 15. Système (100) d'alimentation en gaz selon la revendication précédente, dans lequel la portion d'élévation de la température (111) de l'unité d'alimentation (110) comprend au moins un échangeur de chaleur (113) et au moins un dispositif de compression (117), le dispositif de compression (117) étant agencé entre l'échangeur de chaleur (113) et la portion d'élévation de la pression (112), l'échangeur de chaleur (113) comprenant au moins une première voie (114) alimentée par du gaz prélevé à l'état
15 liquide dans la cuve (200) et au moins une deuxième voie (115) alimentée par du gaz prélevé à l'état liquide dans la cuve (200), au moins un dispositif de détente (116) étant agencé entre la cuve (200) et la première voie (114) de l'échangeur de chaleur (113).

16. Navire (70) de transport de gaz à l'état liquide, comprenant au moins un système (100) d'alimentation en gaz selon l'une quelconque des revendications 9 à 15.

20 17. Système (100) pour charger ou décharger un gaz à l'état liquide qui combine au moins une installation à terre ou portuaire (77) et au moins un navire (70) de transport de gaz à l'état liquide selon la revendication précédente.

25 18. Procédé de chargement ou de déchargement d'un gaz à l'état liquide d'un navire (70) de transport de gaz selon la revendication 16, au cours duquel on achemine le gaz à l'état liquide à travers des canalisations (76, 78, 79, 81) depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre (77) vers ou depuis la cuve (200) du navire (70).