

DESCRIPTION

Titre : Système de chargement de gaz naturel liquide.

La présente invention s'inscrit dans le domaine des systèmes de chargement de gaz naturel liquide (GNL), et plus particulièrement les systèmes de chargement de gaz naturel d'une cuve équipant
5 un ouvrage flottant.

Le gaz naturel liquide est généralement stocké dans une cuve réservoir, avant d'être chargé dans une cuve réceptrice d'un ouvrage flottant. Le gaz naturel liquide est maintenu à une température suffisamment basse permettant de le maintenir sous forme liquide à pression atmosphérique dans chacune des cuves. Il est connu de transférer le gaz naturel liquide de la cuve réservoir vers la cuve
10 réceptrice grâce un système de chargement.

Un tel système de chargement comprend au moins une ligne d'alimentation par laquelle le gaz naturel liquide circule de la cuve réservoir vers la cuve réceptrice. Lorsque le gaz naturel liquide arrive dans la cuve réceptrice, un écart de température entre la température du fluide et la température à l'intérieur de la cuve réceptrice entraîne une évaporation d'une partie du gaz
15 naturel. De plus, le gaz naturel liquide peut être chauffé par exemple lors de son passage à travers une pompe disposée sur la ligne d'alimentation et forçant la mise en mouvement du gaz naturel liquide dans la ligne d'alimentation, et/ou encore par des infiltrations thermiques dans le système de chargement, favorisant alors son évaporation lors de son arrivée dans la cuve réceptrice. Il est connu d'équiper de tels systèmes de chargement d'un système de traitement et/ou de
20 consommation du gaz naturel évaporé. Ces systèmes de chargement comprennent une ligne de retour de gaz et une unité de traitement et/ou de consommation du gaz naturel évaporé, le gaz évaporé dans la cuve réceptrice circulant depuis la cuve réceptrice vers l'unité de traitement et/ou de consommation à travers la ligne de retour de gaz. L'unité de traitement et/ou de consommation peuvent par exemple être une unité de liquéfaction faisant passer le gaz naturel
25 évaporé sous forme liquide, le gaz naturel liquide produit étant ensuite remis en circulation vers la cuve réservoir, limitant ainsi la perte de gaz naturel sous forme gazeuse.

L'unité de traitement et/ou de consommation utilisée dans de tels systèmes de chargement est ainsi dimensionnée pour traiter un volume de gaz naturel sous forme gazeuse déterminé par les caractéristiques techniques de la cuve réceptrice. Ce volume étant important, l'unité de traitement

et/ou de consommation comprend des moyens techniques volumineux, couteux et consommateur d'énergie.

Dans ce contexte, la présente invention propose un système de chargement permettant de charger du gaz naturel liquide refroidi d'une cuve réservoir vers une cuve réceptrice tout en réduisant la quantité de gaz naturel sous forme gazeuse générée pendant le chargement de la cuve réceptrice, et
5 durant le transport de la cuve réceptrice vers son lieu de déchargement, ce qui permet de réduire la capacité des unités de reliquéfaction embarquées sur le navire comportant au moins une cuve réceptrice.

La présente invention a pour principal objet un système de chargement configuré pour transférer
10 un fluide cryogénique d'une cuve réservoir vers une cuve réceptrice, le système de chargement comprenant au moins un élément de circulation du fluide cryogénique à l'état liquide qui relie la cuve réservoir à la cuve réceptrice, une unité de traitement et/ou de consommation du fluide cryogénique à l'état gazeux issu au moins de la cuve réceptrice et une ligne de retour du fluide cryogénique à l'état gazeux qui relie la cuve réceptrice à l'unité de traitement et/ou de
15 consommation, caractérisé en ce que le système de chargement comprend au moins une unité de refroidissement du fluide cryogénique circulant vers la cuve réceptrice dans l'élément de circulation, le froid généré par l'unité de refroidissement résultant d'une évaporation du fluide cryogénique provenant de la cuve réservoir.

Le système de chargement assure le transfert de fluide cryogénique de la cuve réservoir vers la cuve
20 réceptrice, le fluide cryogénique circulant à travers l'élément de circulation. Le fluide cryogénique circulant dans l'élément de circulation est refroidi par l'unité de refroidissement, la température du fluide cryogénique refroidi étant inférieure à celle du fluide cryogénique circulant dans l'élément de circulation en amont de l'unité de refroidissement. Cela a pour effet d'abaisser la température du fluide cryogénique chargé dans la cuve réceptrice, limitant ainsi l'évaporation du
25 fluide cryogénique reçu dans la cuve réceptrice et permettant *in fine* de réduire la capacité de l'unité de traitement et/ou de consommation, que ladite unité soit embarquée sur un navire équipé d'au moins une cuve réceptrice et/ou installée sur le terminal avec la cuve réservoir. Le froid utilisé pour abaisser la température du fluide cryogénique circulant dans l'élément de circulation provient de l'évaporation d'une partie de fluide cryogénique provenant de la cuve
30 réservoir. Plus précisément, cette partie de fluide cryogénique est détendue, c'est-à-dire que la

pression de cette partie de fluide cryogénique est abaissée, de sorte qu'elle abaisse la température du fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle.

On comprend donc ici que le système de chargement a pour première fonction de transférer du fluide cryogénique d'une cuve à l'autre tout en le refroidissant afin de limiter de façon astucieuse l'évaporation dudit fluide cryogénique une fois transféré dans la cuve réceptrice. Il découle de cela que la quantité de fluide cryogénique contenu dans la cuve réservoir va diminuer au fur et à mesure du transfert de fluide cryogénique réalisé par le système de chargement au profit de la quantité de fluide cryogénique contenue dans la cuve réceptrice. Le système de chargement entraîne ainsi une modification de la quantité de fluide cryogénique contenue dans chacune des cuves, la cuve réservoir voyant sa quantité de fluide diminuée tandis que celle de la cuve réceptrice augmente.

La diminution de température du fluide cryogénique envoyé vers la cuve réceptrice limite l'évaporation du fluide cryogénique contenu dans la cuve réceptrice. En effet, grâce à l'unité de refroidissement, la température du fluide cryogénique transféré dans la cuve réceptrice est diminuée par rapport à la température du fluide cryogénique contenu dans la cuve réservoir.

Par ailleurs, on comprend par « unité de traitement et/ou de consommation » une unité pouvant soit modifier la température, la pression et/ou l'état du gaz naturel circulant au travers, soit utiliser le gaz naturel pour produire une énergie, par exemple thermique ou mécanique, soit les deux à la fois. L'unité de traitement peut être par exemple une unité de liquéfaction, un organe de compression, tandis que l'unité de consommation peut être par exemple un moteur utilisant par exemple le gaz naturel comme carburant.

De plus, la cuve réservoir et la cuve réceptrice peuvent être, l'une et/ou l'autre, un type de cuve choisi parmi un réservoir terrestre de fluide cryogénique, une cuve de transport installée sur un navire, une cuve de réservoir en carburant d'un navire de transport de personnes et/ou de marchandises, une plateforme gravitaire, une unité flottante de stockage de fluide cryogénique ou une unité flottante de stockage et de regazéification de fluide cryogénique.

Selon une caractéristique optionnelle de l'invention, la cuve réservoir est un réservoir terrestre ou une plateforme gravitaire tandis que la cuve réceptrice est une cuve de transport installé sur un

navire ou une cuve de réservoir de carburant d'un navire de transport de personnes et/ou de marchandises.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, la cuve réservoir est une unité flottante de stockage de fluide cryogénique tandis que la cuve réceptrice est une cuve de transport installé
5 sur un navire.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, la cuve réservoir est une cuve de transport installé sur un navire tandis que la cuve réceptrice est une cuve de réservoir de carburant d'un navire de transport de personnes et/ou de marchandises.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, la cuve réservoir est une cuve de transport installé sur un navire tandis que la cuve réceptrice est une unité flottante de stockage et de regazéification de fluide cryogénique.
10

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, l'élément de circulation comprend une ligne d'alimentation principale du fluide cryogénique à l'état liquide qui relie la cuve réservoir à la cuve réceptrice, l'unité de refroidissement refroidissant le fluide cryogénique à l'état liquide
15 circulant dans la ligne d'alimentation principale.

On comprend que le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation principale depuis la cuve réservoir vers la cuve réceptrice est refroidi par l'unité de refroidissement.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, l'élément de circulation comprend une ligne d'alimentation principale du fluide cryogénique à l'état liquide qui relie la cuve réservoir à la cuve réceptrice et au moins une ligne d'alimentation additionnelle du fluide cryogénique à l'état
20 liquide provenant de la cuve réservoir et circulant vers la cuve réceptrice, l'unité de refroidissement refroidissant le fluide cryogénique à l'état liquide circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle.

Le système de chargement assure le transfert de fluide cryogénique de la cuve réservoir vers la cuve réceptrice, le fluide cryogénique circulant d'une part à travers la ligne d'alimentation principale et
25 d'autre part à travers la ligne d'alimentation additionnelle. Le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle est refroidi par l'unité de refroidissement, la température du fluide cryogénique refroidi étant inférieure à celle du fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation principale. Cela a pour effet d'abaisser la température du fluide cryogénique

chargé dans la cuve réceptrice, limitant ainsi l'évaporation du fluide cryogénique reçu dans la cuve réceptrice et permettant *in fine* de réduire la capacité de l'unité de traitement et/ou de consommation, que ladite unité soit embarquée sur un navire équipé d'au moins une cuve réceptrice et/ou installée sur le terminal avec la cuve réservoir.

- 5 Avantageusement, l'unité de refroidissement ne refroidit que le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle, le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation principale ne subissant pas de traitement par l'unité de refroidissement.

On comprend que la ligne d'alimentation additionnelle peut être directement ou indirectement reliée à l'une ou l'autre des cuves. En effet, la ligne d'alimentation additionnelle peut s'étendre
10 d'une cuve à l'autre en étant totalement distincte de la ligne d'alimentation principale ou peut être issue et/ou débouché au niveau de la ligne d'alimentation principale.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, l'unité de refroidissement comprend une conduite dans laquelle circule du fluide cryogénique et qui relie la cuve réservoir à l'unité de traitement et/ou de consommation, l'unité de refroidissement comprenant au moins un organe de
15 détente, un échangeur de chaleur et un dispositif de compression disposés dans cet ordre sur la conduite, l'échangeur de chaleur échangeant des calories entre le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle et la conduite.

Plus précisément, le fluide cryogénique provenant de la cuve réservoir circule dans la conduite, ce fluide cryogénique étant détendu par l'organe de détente avant de circuler à travers l'échangeur de
20 chaleur. Lorsqu'il traverse l'échangeur de chaleur, le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle cède des calories au fluide cryogénique détendu circulant également dans l'échangeur de chaleur, le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle étant alors refroidi à une température inférieure à celle du fluide cryogénique circulant à travers la ligne d'alimentation principale.

25 En d'autres termes, le fluide cryogénique circulant dans la conduite et traversant l'échangeur de chaleur est réchauffé et évaporé dans l'échangeur de chaleur par captation de calories provenant du fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle, puis aspiré et compressé par le dispositif de compression. Lors de l'aspiration, le dispositif de compression provoque une dépression dans l'échangeur de chaleur, abaissant la pression du fluide cryogénique

présent en amont du dispositif de compression et en aval de l'organe de détente. La pression du fluide cryogénique passe par la suite d'une pression inférieure à la pression atmosphérique à une pression supérieure à la pression atmosphérique grâce au dispositif de compression, le fluide cryogénique compressé à l'état gazeux étant alors envoyé vers l'unité de traitement et/ou de consommation.

Par ailleurs, c'est au sein de l'échangeur de chaleur que la température du fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle diminue et devient inférieure à la température du fluide cryogénique circulant dans la conduite d'alimentation principale, notamment par la transmission des calories du fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle vers le fluide cryogénique circulant dans la conduite. On comprend que la température du fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle est abaissée lors de l'échange de calories réalisé dans l'échangeur de chaleur.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, l'échangeur de chaleur comprend au moins une première passe constitutive de la conduite et une deuxième passe constitutive de la ligne d'alimentation additionnelle, l'organe de détente étant disposé en amont de la première passe. En d'autres termes, le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle circule également à travers la deuxième passe tandis que le fluide cryogénique circulant dans la conduite parcourt la première passe.

On comprend que dans cette configuration, le fluide cryogénique circulant dans la conduite est détendu avant de circuler dans la première passe de l'échangeur de chaleur.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, le dispositif de compression est installé sur la conduite entre l'échangeur de chaleur et l'unité de traitement et/ou de consommation.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, le fluide cryogénique est à l'état gazeux entre la première passe et le compresseur.

Le dispositif de compression aspire puis augmente la pression du fluide cryogénique circulant dans la conduite en aval de la première passe de l'échangeur de chaleur.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, l'échange de chaleur réalisé dans l'échangeur de chaleur se fait entre le fluide cryogénique à l'état liquide circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle et le fluide cryogénique diphasique circulant dans la conduite avant

son entrée dans l'échangeur de chaleur, le fluide cryogénique circulant dans la conduite passant de l'état diphasique à l'état gazeux au sein de l'échangeur de chaleur.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, la première passe de l'échangeur de chaleur est configurée pour être soumise à une pression inférieure à la pression atmosphérique.

- 5 Ce niveau de pression dans la première passe est la conséquence de la restriction de circulation générée par l'organe de détente combiné à l'aspiration réalisée par le dispositif de compression, mettant ainsi en dépression le volume de la conduite situé entre l'organe de détente et le dispositif de compression.

- 10 Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, le système de chargement est configuré pour que la température du fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle entre l'échangeur de chaleur et la cuve réceptrice soit inférieure d'au moins 2°C à la température du fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation principale.

- Préférentiellement, la différence de température entre le fluide cryogénique circulant en aval de la deuxième passe et le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation principale est d'au
15 moins 5°C.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, la différence de température entre le fluide cryogénique circulant en aval de la deuxième passe et le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation principale est d'au moins 8°C.

- La température atteinte par le fluide cryogénique qui circule dans la ligne d'alimentation
20 additionnelle permet d'abaisser la température globale de la cargaison chargée dans la cuve réceptrice de l'ordre de 0,5°C à 1°C. Un tel abaissement limite significativement l'évaporation du gaz naturel chargé dans la cuve réceptrice par le système de chargement selon l'invention. Cet avantage de l'invention a pour effet de pouvoir limiter la capacité de liquéfaction du fluide cryogénique évaporé en installant des unités de traitement et/ou de consommation de plus petites
25 tailles.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, le circuit de refroidissement comprend une vanne de contrôle du débit du fluide cryogénique positionnée sur la ligne d'alimentation principale ou sur la ligne d'alimentation additionnelle en amont de l'organe de détente.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, la ligne d'alimentation additionnelle et la conduite sont raccordées à la ligne d'alimentation principale.

Selon une alternative, la conduite est issue de la ligne d'alimentation additionnelle.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, la cuve réservoir comprenant au moins
5 une pompe configurée pour mettre en circulation le fluide cryogénique au sein de la ligne d'alimentation principale, de la ligne d'alimentation additionnelle et de la conduite.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, le système de chargement comprend une canalisation de fluide cryogénique à l'état gazeux reliant la cuve réservoir à la conduite, la canalisation étant configuré pour acheminer le fluide cryogénique à l'état gazeux de la cuve
10 réservoir vers l'unité de traitement et/ou de consommation.

La présente invention a également pour objet un ensemble comprenant un ouvrage flottant comprenant la cuve réceptrice, un terminal de chargement comprenant la cuve réservoir et un système de chargement selon l'une quelconque des caractéristiques listées dans le présent document reliant le terminal de chargement à l'ouvrage flottant.

15 Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, la cuve réceptrice comprend au moins une paroi de fond et une paroi de plafond, la ligne d'alimentation principale débouchant plus proche de la paroi de fond que de la paroi de plafond.

Dans cette configuration, le fluide cryogénique provenant de la ligne d'alimentation additionnelle se mélange au fluide cryogénique stocké dans la cuve réceptrice et participe à refroidir le fluide
20 cryogénique contenu dans la cuve réceptrice.

La présente invention concerne également un procédé de chargement d'une cuve réceptrice par un système de chargement selon l'une quelconque caractéristiques précédentes, durant lequel on achemine un fluide cryogénique à l'état liquide à travers la ligne d'alimentation principale et la ligne d'alimentation additionnelle depuis une cuve réservoir vers la cuve réceptrice, et au cours
25 duquel on refroidit le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle à une température inférieure à celle du fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation principale par détente du fluide cryogénique provenant de la cuve réservoir.

D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention ressortiront plus clairement à la lecture 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 :

5 [Fig. 1] est une représentation schématique d'un système de chargement selon l'invention et selon un premier mode de réalisation ;

[Fig. 2] est une représentation schématique d'un système de chargement selon l'invention et selon un deuxième mode de réalisation ;

[Fig. 3] est une représentation schématique d'un système de chargement selon l'invention et selon un troisième mode de réalisation ;

10 [Fig. 4] est une représentation en perspective du système de chargement selon la figure 1 reliant une cuve réceptrice d'un ouvrage flottant à une cuve réservoir d'un terminal de chargement.

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
15 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.

Dans la suite de la description, les termes « amont » et « aval » s'entendent selon un sens de
20 circulation d'un fluide cryogénique à l'état liquide, gazeux ou diphasique à travers l'élément concerné.

Sur les figures 1 à 4 est représenté un système de chargement 1 configuré pour transférer un fluide cryogénique 3 d'une cuve réservoir 2 vers une cuve réceptrice 4. On comprend par « cuve réservoir 2 » une cuve dans laquelle est initialement stocké le fluide cryogénique 3, et par « cuve réceptrice 4 » une cuve dans laquelle est acheminé le fluide cryogénique 3 provenant de la cuve
25 réservoir 2.

Tel qu'illustré plus particulièrement sur la figure 4, la cuve réservoir 2 peut, par exemple, être installée sur un terminal de chargement 6, tel que le quai d'un port par exemple, et la cuve

réceptrice 4 peut par exemple être installée sur un ouvrage flottant 8, tel qu'un navire de transport par exemple, l'ouvrage flottant 8 étant proche du terminal de chargement 6 pour charger du fluide cryogénique 3 depuis la cuve réservoir 2 vers la cuve réceptrice 4 dudit ouvrage.

Tel qu'illustré sur la figure 1, au moins une des cuves 2, 4, et avantageusement la cuve réceptrice 4, est constituée de couches 10 étanches et thermiquement isolantes configurées pour maintenir le fluide cryogénique 3 à une température inférieure à sa température de vaporisation, par exemple -163°C. Préférentiellement, la cuve réceptrice 4 et la cuve réservoir 2 sont constituées de telles couches 10 étanches et thermiquement isolantes. Le fluide cryogénique 3 est par exemple du gaz naturel liquide (LNG) qui est à l'état liquide à une température égale ou inférieure à -163°C à pression atmosphérique.

Pour maintenir le fluide cryogénique 3 à une température la plus basse possible, chaque cuve 2, 4 comprend, par exemple, au moins un espace primaire 12 étanche et thermiquement isolant en contact avec le fluide cryogénique 3 contenu dans la cuve 2, 4 et un espace secondaire 14 étanche et thermiquement isolant enveloppant l'espace primaire 12 et généralement soutenu par une structure porteuse.

Par ailleurs, chaque cuve 2, 4 comprend une paroi de fond 10a et une paroi de plafond 10b, le fluide cryogénique 3 à l'état liquide reposant sur la paroi de fond 10a, et le fluide cryogénique à l'état gazeux se retrouvant généralement au niveau de la paroi de plafond 10b dans un espace dénommé ciel de cuve 16 dans la suite de la description.

Le fluide cryogénique 3 est transporté à travers le système de chargement 1 pour circuler de la cuve réservoir 2 vers la cuve réceptrice 4. Pour cela, le système de chargement 1 comprend au moins un élément de circulation 17 du fluide cryogénique 3 à l'état liquide qui relie la cuve réservoir 2 à la cuve réceptrice 4. Cet élément de circulation 17 comprend au moins une ligne d'alimentation principale 18 qui s'étend depuis la cuve réservoir 2 vers la cuve réceptrice 4 entre une entrée de ligne 20 installée au niveau la paroi de fond 10a de la cuve réservoir 2 et une sortie de ligne 22 installée au niveau de la paroi de fond 10a de la cuve réceptrice 4.

Tel qu'illustré sur la figure 1, le système de chargement 1 comprend au moins une pompe 24 installée au niveau de l'entrée de ligne 20 de la ligne d'alimentation principale 18. La pompe 24 est configurée pour mettre en circulation le fluide cryogénique 3 de la cuve réservoir 2 vers la cuve

réceptrice 4 à travers au moins la ligne d'alimentation principale 18 du système de chargement 1. Par ailleurs, la pompe 24 peut entraîner une augmentation de la pression du fluide cryogénique circulant à travers la ligne d'alimentation principale 18, la pression du fluide cryogénique pouvant être supérieure à la pression atmosphérique, jusqu'à 10 bars par exemple.

- 5 Une partie du fluide cryogénique 3 s'évapore généralement lors de son arrivée dans la cuve réceptrice 4. Le fluide cryogénique à l'état gazeux présent dans la cuve réceptrice 4 se déplace naturellement vers la paroi de plafond 10b et forme le ciel de cuve 16 de la cuve réceptrice 4. Pour optimiser la quantité de fluide cryogénique stocké, le système de chargement 1 comprend au moins une unité de traitement et/ou de consommation 26 du fluide cryogénique à l'état gazeux
- 10 issu au moins de la cuve réceptrice 4 et une ligne de retour 28 du fluide cryogénique à l'état gazeux qui relie la cuve réceptrice 4 à l'unité de traitement et/ou de consommation 26.

Tel qu'illustré sur la figure 1, la ligne de retour 28 de fluide comprend une entrée de gaz 29 installée au niveau de la paroi de plafond 10b de la cuve réceptrice 4 de sorte à communiquer aérauliquement avec le ciel de cuve 16 de la cuve réceptrice 4, et une sortie de gaz 30 installée au

15 niveau de l'unité de traitement et/ou de consommation 26. Le fluide cryogénique à l'état gazeux présent dans le ciel de cuve 16 de la cuve réceptrice 4 circule ainsi depuis la cuve réceptrice 4 vers l'unité de traitement et/ou de consommation 26 à travers la ligne de retour 28 de fluide.

Selon un premier mode de réalisation et tel qu'illustré sur la figure 1, l'unité de traitement et/ou de consommation est une unité de liquéfaction 26 configurée pour faire passer le fluide

20 cryogénique de l'état gazeux à l'état liquide. Généralement, l'unité de liquéfaction 26 comprend un échangeur thermique chargé de condenser les vapeurs de gaz naturel captées dans le ciel de cuve 16. A ce stade, le fluide cryogénique passe de l'état gazeux à l'état liquide. Le fluide cryogénique ressort de l'unité de liquéfaction 26 à l'état liquide, circule ensuite dans un tube de retour 32 de fluide débouchant au niveau de la paroi de fond 10a de la cuve réservoir 2.

- 25 Selon l'invention et tel qu'illustré sur la figure 1, le système de chargement 1 comprend au moins une unité de refroidissement 36 du fluide cryogénique 3 circulant dans l'élément de circulation 17 vers la cuve réceptrice 4, le froid généré par l'unité de refroidissement 36 résultant d'une évaporation du fluide cryogénique 3 provenant de la cuve réservoir 2. On comprend que l'unité de refroidissement 36 refroidit le fluide cryogénique 3 circulant dans la ligne d'alimentation

principale 18 depuis la cuve réservoir 2 vers la cuve réceptrice 4. De la sorte, le fluide cryogénique 3 à l'état liquide circulant dans la ligne d'alimentation principale 18 en aval de l'unité de refroidissement 36 présente une température inférieure à la température du fluide cryogénique 3 circulant dans la ligne d'alimentation principale 18 en amont de l'unité de refroidissement 36.

- 5 Le système de chargement 1 comprend une conduite 44 reliée à l'unité de traitement et/ou de consommation 26 et dans laquelle circule du fluide cryogénique, la conduite 44 faisant partie de l'unité de refroidissement 36. La conduite 44 est reliée ici à la ligne d'alimentation principale 18 pour s'étendre jusqu'à l'unité de traitement et/ou de consommation 26.

10 L'unité de refroidissement 36 comprend au moins un organe de détente 46, un échangeur de chaleur 48 et un dispositif de compression 50 disposés sur la conduite 44.

L'échangeur de chaleur 48 de l'unité de refroidissement 36 comprend au moins une première passe 52 constitutive de la conduite 44 et une deuxième passe 54 constitutive de la ligne d'alimentation principale 18. Configuré de cette façon, l'échangeur de chaleur 48 échange des calories entre le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation principale 18 et le fluide
15 cryogénique circulant dans la conduite 44, l'échange de calories entre le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation principale 18 et le fluide cryogénique circulant dans la conduite 44 se réalisant notamment au niveau des première et deuxième passes 52, 54 de l'échangeur de chaleur 48. Les calories échangées entre le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation principale 18 et le fluide cryogénique circulant dans la conduite 44
20 entraînent la diminution de la température du fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation principale 18, le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation principale 18 cédant des calories au profit du fluide cryogénique circulant dans la conduite 44.

Ce transfert des calories est obtenu par la présence de l'organe de détente 46 qui abaisse la pression du fluide cryogénique, favorisant ainsi son changement d'état.

- 25 Selon l'invention, la température du fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation principale 18 en aval de la deuxième passe 54 de l'échangeur de chaleur 48 est inférieure d'au moins 2°C à la température du fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation principale 18 en amont de la deuxième passe 54 de l'échangeur de chaleur 48. Avantagusement, la différence de température entre le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation

principale 18 en aval de la deuxième passe 54 de l'échangeur de chaleur 48 et le fluide cryogénique circulant dans la conduite 44 est d'au moins 8°C.

Tel qu'illustré sur la figure 1, l'organe de détente 46 de l'unité de refroidissement 36 est installé en amont de la première passe 52 sur la conduite 44. Autrement dit, on comprend que le fluide cryogénique à l'état liquide qui alimente la première passe 52 subit une détente, c'est-à-dire une diminution de sa pression avant de rejoindre la première passe 52, entraînant un changement d'état du fluide cryogénique, passant ainsi d'un état liquide à un état diphasique où une partie du fluide cryogénique est à l'état liquide et une autre partie à l'état gazeux. A l'inverse, le fluide cryogénique à l'état liquide circulant à travers la deuxième passe 54 de l'échangeur de chaleur 48 rejoint cette deuxième passe 54 sans n'avoir subi aucune modification de sa pression ou de sa température autre que celle liée au pompage en lui-même. En d'autres termes, on comprend que cet échangeur de chaleur 48 est configuré pour opérer un échange de chaleur entre du fluide cryogénique à l'état gazeux détendu et du fluide cryogénique à l'état liquide non détendu. Par exemple, le fluide cryogénique peut être détendu à une pression inférieure à la pression atmosphérique, faisant passer le fluide cryogénique d'une pression d'au plus de 10 bars en amont de l'organe de détente 46 à une pression de 0.5 bar entre l'organe de détente 46 et le dispositif de compression 50.

Avantageusement, la différence de pression, et donc de température, entre le fluide cryogénique à l'état gazeux circulant dans la première passe 52 et le fluide cryogénique à l'état liquide circulant dans la deuxième passe 54 entraîne le refroidissement du fluide cryogénique à l'état liquide circulant dans la deuxième passe 54 et l'évaporation du fluide cryogénique à l'état diphasique entrant dans la première passe 52.

Un orifice de sortie de la deuxième passe 54 de l'échangeur de chaleur 48 est fluidiquement raccordé à la cuve réceptrice 4 de sorte que le fluide cryogénique à l'état liquide refroidi par son passage au travers de la deuxième passe 54 de l'échangeur de chaleur 48 peut circuler vers la cuve réceptrice 4. On comprend qu'injecter du fluide cryogénique à l'état liquide ainsi refroidi participe à abaisser la température de la cargaison envoyée dans la cuve réceptrice 4, et ainsi à limiter le phénomène d'évaporation du fluide cryogénique 3 contenu dans la cuve réceptrice 4.

- Tel que décrit ci-dessus, le fluide cryogénique circulant en aval de la première passe 52 de l'échangeur de chaleur 48 est à l'état gazeux. Le dispositif de compression 50 est avantageusement installé sur la conduite 44 en aval de l'échangeur de chaleur 48 et en amont de l'unité de liquéfaction 26. Le fluide cryogénique à l'état gazeux sortant de la première passe 52 de l'échangeur de chaleur 48 est aspiré par le dispositif de compression 50 dans la conduite 44. L'aspiration du fluide cryogénique à l'état gazeux provoque une dépression du volume de circuit situé entre une sortie de l'organe de détente 46 et une entrée du dispositif de compression 50. La pression du fluide cryogénique dans cette portion de circuit est comprise entre 0.5 bar et 0.35 bar, pression absolue.
- 10 Le dispositif de compression 50 est configuré pour compresser le fluide cryogénique à l'état gazeux. On comprend par « compresser » que la pression du fluide cryogénique est augmentée par le dispositif de compression 50, faisant passer le fluide cryogénique à l'état gazeux d'une pression de 0.35 bar par exemple à une pression suffisante pour que le fluide cryogénique rejoigne l'unité de traitement et/ou de consommation 26.
- 15 La conduite 44 relie fluidiquement le dispositif de compression 50 à l'unité de traitement et/ou de consommation 26 de sorte que le fluide cryogénique à l'état gazeux compressé peut circuler vers l'unité de traitement et/ou de consommation 26.
- Lorsque l'unité de traitement et/ou de consommation 26 est une unité de liquéfaction 26, comme représentée par exemple sur la figure 1, le fluide cryogénique à l'état gazeux compressé est alors
- 20 liquéfié dans l'unité de liquéfaction 26, par diminution de la température du fluide cryogénique.
- Par ailleurs, le système de chargement 1 peut comprendre une canalisation 56 de fluide cryogénique à l'état gazeux reliant la cuve réservoir 2 à la conduite 44, la canalisation 56 étant configurée pour acheminer le fluide cryogénique à l'état gazeux de la cuve réservoir 2 vers l'unité de traitement et/ou de consommation 26. Plus précisément, la canalisation 56 s'étend depuis la
- 25 paroi de plafond 10b de la cuve réservoir 2 en reliant ainsi le ciel de cuve 16 de la cuve réservoir 2 à la conduite 44, la canalisation 56 débouchant en aval du dispositif de compression 50 et en amont de l'unité de liquéfaction 26. Le fluide cryogénique 3 s'évaporant dans la cuve réservoir 2, passant ainsi d'un état liquide à un état gazeux, circule dans la canalisation 56 puis dans une partie de la conduite 44 vers l'unité de traitement et/ou de consommation 26. Le fluide

cryogénique à l'état gazeux provenant de la cuve réservoir 2 et circulant dans la canalisation 56 se mélange au fluide cryogénique à l'état gazeux circulant dans la conduite 44 pour ensuite être liquéfié dans l'unité de traitement et/ou de consommation 26.

On va maintenant décrire un deuxième mode de réalisation en référence à la figure 2.

- 5 Tel qu'illustré sur la figure 2, l'élément de circulation 17 comprend au moins une ligne d'alimentation additionnelle 34 du fluide cryogénique à l'état liquide distincte de la ligne d'alimentation principale 18 et qui relie fluidiquement la cuve réservoir 2 à la cuve réceptrice 4.

- L'unité de refroidissement 36 refroidit le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle 34, le froid généré par l'unité de refroidissement 36 résultant d'une évaporation du
10 fluide cryogénique 3 provenant de la cuve réservoir 2. De la sorte, la ligne d'alimentation additionnelle 34 comprend une première portion 38 en amont de l'unité de refroidissement 36 et une deuxième portion 40 en aval de l'unité de refroidissement 36. Le fluide cryogénique circulant à travers la deuxième portion 40 de la ligne d'alimentation additionnelle 34 présente une
15 température inférieure à la température du fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation principale 18.

- Le système de chargement 1 peut comprendre une vanne de contrôle 42 du débit du fluide cryogénique positionnée sur la ligne d'alimentation principale 18. Plus précisément, la vanne de contrôle 42 est installée en aval de l'intersection entre la première portion 38 de la ligne d'alimentation additionnelle 34 et contrôle le débit de fluide cryogénique circulant à travers la
20 ligne d'alimentation principale 18. On comprend que la vanne de contrôle 42 peut bloquer la circulation du fluide cryogénique à l'état liquide à travers la conduite d'alimentation principale 18 en aval de la vanne de contrôle 42, la totalité du fluide cryogénique envoyée par la pompe 24 dans la ligne d'alimentation principale 18 en amont de la vanne de contrôle 42 passant ainsi par la ligne d'alimentation additionnelle 34. En d'autres termes, la vanne de contrôle 42 peut guider la
25 totalité du fluide cryogénique vers la ligne d'alimentation additionnelle 34 ou seulement une partie.

Selon un autre mode de réalisation alternatif à celui décrit ci-dessus, le système de chargement comprend une vanne de contrôle 42 du débit du fluide cryogénique positionnée sur la ligne d'alimentation additionnelle 18. Plus précisément, la vanne de contrôle 42 est installée sur la

première portion 38 de la ligne d'alimentation additionnelle 34 et contrôle le débit du fluide cryogénique circulant à travers la ligne d'alimentation additionnelle 34.

La conduite 44 est reliée ici à la ligne d'alimentation additionnelle 34 pour s'étendre jusqu'à l'unité de traitement et/ou de consommation 26. Plus précisément, la conduite 44 s'étend depuis
5 la première portion 38 de la ligne d'alimentation additionnelle 34, entre la vanne de contrôle 42 et l'unité de refroidissement 36, et l'unité de liquéfaction 26.

Tel qu'illustré sur la figure 2, la ligne d'alimentation additionnelle 34 et la conduite 44 sont raccordées à la ligne d'alimentation principale 18, le fluide cryogénique étant mis en circulation à travers la ligne d'alimentation principale 18, la ligne d'alimentation additionnelle 34 et la
10 conduite 44 par la pompe 24 installée au niveau de l'entrée de ligne 20 de la ligne d'alimentation principale 18. De plus et tel qu'illustré ici sur la figure 2, la ligne d'alimentation additionnelle 34 débouche dans la ligne d'alimentation principale 18 en aval de la vanne de contrôle 42.

Cependant, la ligne d'alimentation additionnelle 34 peut déboucher au niveau de la paroi de fond 10a de la cuve réceptrice 4 sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

15 La première passe 52 de l'échangeur de chaleur 48 est ici constitutive de la conduite 44 et la deuxième passe 54 est quant à elle constitutive de la ligne d'alimentation additionnelle 34. Configuré de cette façon, l'échangeur de chaleur 48 échange des calories entre le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle 34 et le fluide cryogénique circulant dans la conduite 44, l'échange de calories entre le fluide cryogénique circulant dans la
20 ligne d'alimentation additionnelle 34 et le fluide cryogénique circulant dans la conduite 44 se réalisant notamment au niveau des première et deuxième passes 52, 54 de l'échangeur de chaleur 48. Les calories échangées entre le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle 34 et le fluide cryogénique circulant dans la conduite 44 entraînent la diminution de la température du fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle 34, le
25 fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle 34 cédant des calories au profit du fluide cryogénique circulant dans la conduite 44.

Ce transfert des calories est obtenu par la présence de l'organe de détente 46 qui abaisse la pression du fluide cryogénique, favorisant ainsi son changement d'état, le fonctionnement de

l'échangeur de chaleur 48 dans ce deuxième mode de réalisation étant similaire à celui décrit dans le premier mode de réalisation.

Selon l'invention, la température du fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle 34 en aval de la deuxième passe 54, c'est-à-dire dans la deuxième portion 40 de la
5 ligne d'alimentation additionnelle 34 de l'échangeur de chaleur 48 est inférieure d'au moins 2°C à la température du fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation principale 18.

Avantageusement, la différence de température entre le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle 34 en aval de la deuxième passe 54 et le fluide cryogénique circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle 34 en amont de la deuxième passe 54 est d'au moins
10 8°C.

Selon un autre mode de réalisation alternatif au mode de réalisation décrit ci-dessus, la ligne d'alimentation principale 18, la ligne d'alimentation additionnelle 34 et la conduite 44 débouchent chacune indépendamment dans la cuve réservoir 2. La ligne d'alimentation principale 18, la ligne d'alimentation additionnelle 34 et la conduite 44 comprennent alors chacune une
15 pompe 24 installée au niveau de leurs entrées respectives forçant la circulation du fluide cryogénique 3 à travers chacune des lignes d'alimentation 18, 34 et la conduite 44. De plus et sans que cela sorte du cadre de l'invention, seules les lignes d'alimentation principale 18 et additionnelle 34 peuvent s'étendre depuis la cuve réservoir 2, la conduite 44 pouvant être raccordée à la ligne d'alimentation additionnelle 34 comme décrit ci-dessus.

20 On va maintenant décrire un troisième mode de réalisation différent des premier et deuxième modes de réalisation dans le fait que l'unité de traitement et/ou de consommation 26 est un engin de consommation de gaz naturel à l'état gazeux, comme plus particulièrement visible sur la figure 3.

En référence à la figure 3, l'unité de traitement et/ou de consommation 26 est un engin de
25 consommation de gaz naturel à l'état gazeux, c'est-à-dire que l'engin de consommation 26 utilise le gaz naturel à l'état gazeux comme carburant.

Pour cela, le gaz naturel à l'état gazeux alimentant l'engin de consommation 26 provient du ciel de cuve 16 des cuves réceptrice 4 et réservoir 2. La sortie de gaz 30 de la ligne de retour 28 débouche ici au niveau de la conduite 44, entre le dispositif de compression 50 et l'engin de

consommation 26. Le gaz naturel à l'état gazeux circulant dans la ligne de retour 28 vers l'engin de consommation 26 se mélange ainsi au gaz naturel à l'état gazeux comprimé circulant dans la conduite 44 en aval de l'organe de compression 50 et de la canalisation 56 vers l'engin de consommation 26. Par ailleurs, ce dernier utilise ensuite le mélange de gaz naturel à l'état gazeux
5 provenant de la conduite 44 comme carburant pour fonctionner.

De manière alternative et/ou complémentaire, le tube de retour 32 peut être équipé d'un organe de pompage 58 au niveau de son extrémité débouchant dans la cuve réservoir 2, l'organe de pompage 58 étant configuré pour forcer la circulation de gaz naturel à l'état liquide dans le tube de retour 32 vers l'engin de consommation 26. On comprend que l'engin de consommation 26
10 peut être alimenté par du gaz naturel à l'état liquide provenant de la cuve réservoir 2 par le tube de retour 32 et/ou par du gaz naturel à l'état gazeux provenant de la conduite 44.

L'invention concerne également un procédé de chargement de la cuve réceptrice 4 par le système de chargement 1, le procédé comprenant au moins une étape qui peut être réalisée en complément d'autres procédés de chargement de fluide cryogénique déjà existant si les moyens
15 mis en œuvre le permettent.

Durant ce procédé de chargement, on achemine le fluide cryogénique 3 à l'état liquide à travers la ligne d'alimentation principale 18 et à travers la ligne d'alimentation additionnelle 34 depuis la cuve réservoir 2 vers la cuve réceptrice 4. Autrement dit, la pompe 24 installée au niveau de l'entrée de ligne 20 de la ligne d'alimentation principale 18 aspire le fluide cryogénique 3 à l'état
20 liquide présent dans la cuve réservoir 2 et l'injecte dans la ligne d'alimentation principale 18, pouvant faire passer sa pression de 1 bar à 10 bars.

Le fluide cryogénique à l'état liquide circule ensuite avantageusement en majeure partie dans la ligne d'alimentation principale 18 directement vers la paroi de fond 10a de la cuve réceptrice 4, le débit de fluide cryogénique au sein de cette partie étant contrôlé par la vanne de contrôle 42.
25 Cependant, une partie du fluide cryogénique à l'état liquide bifurque dans la première portion 38 de la ligne d'alimentation additionnelle 34. Le fluide cryogénique à l'état liquide circulant dans la première portion 38 de la ligne d'alimentation additionnelle 34 se répartit de nouveau de sorte qu'une partie circule vers la deuxième passe 54 de l'échangeur de chaleur 48 et qu'une autre partie se dirige par la conduite 44 vers l'organe de détente 46. Le fluide cryogénique à l'état liquide

circulant dans la conduite 44 est ensuite détendu en passant à travers l'organe de détente 46, sa pression passant par exemple à 0.5 bar, faisant passer le fluide cryogénique d'un état liquide à un état diphasique, comme expliqué plus tôt dans la description ci-dessus.

Le fluide cryogénique à l'état liquide circulant dans la première portion 38 de la ligne d'alimentation additionnelle 34 vers la cuve réceptrice 4 passe à travers la deuxième passe 54 de l'échangeur de chaleur 48. Le fluide cryogénique à l'état diphasique circulant quant à lui dans la conduite 44 en aval de l'organe de détente 46 passe à travers la première passe 52 de l'échangeur de chaleur 48. Le fluide cryogénique à l'état liquide circulant dans la deuxième passe 54 échange des calories avec le fluide cryogénique à l'état diphasique circulant dans la première passe 52. Plus précisément, le fluide cryogénique à l'état liquide cède des calories au profit du fluide cryogénique à l'état diphasique. Lors de leur passage à travers leur passe respective, la température du fluide cryogénique à l'état liquide circulant dans la deuxième passe 54 de l'échangeur de chaleur 48 s'abaisse tandis que la température du fluide cryogénique à l'état biphasique circulant dans la première passe 52 de l'échangeur de chaleur 48 augmente, le faisant passer d'un état biphasique à un état gazeux.

On refroidit le fluide cryogénique à l'état liquide circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle 34 jusqu'à une température inférieure à celle du fluide cryogénique à l'état liquide circulant dans la ligne d'alimentation principale 18 grâce à la détente du fluide cryogénique provenant de la cuve réservoir 2 et circulant dans la conduite 44 à travers l'organe de détente 46. Le fluide cryogénique à l'état liquide refroidi circule ensuite vers la ligne d'alimentation principale 18 en aval de la vanne de contrôle 42 puis, à travers la ligne d'alimentation principale 18, jusqu'à la paroi de fond 10a de la cuve réceptrice 4. Le fluide cryogénique à l'état gazeux circule quant à lui vers le dispositif de compression 50, ce dernier le compressant et augmentant sa pression, la faisant passer par exemple de 0.35 bar à une pression compatible avec le fonctionnement de l'unité de liquéfaction 26. Le fluide cryogénique à l'état gazeux compressé circule ensuite à travers la conduite 44 vers l'unité de traitement et/ou de consommation 26 en se mélangeant au fluide cryogénique à l'état gazeux provenant de la canalisation 56. Le fluide cryogénique à l'état gazeux est ensuite liquéfié dans l'unité de liquéfaction 26 puis retourne dans le fond de la cuve réservoir 2 notamment à travers le tube de retour 32, ou consommé par l'engin de consommation 26.

L'invention ne saurait toutefois se limiter aux moyens et configurations décrits et illustrés ici. Elle s'étend également à tout moyen ou configuration équivalents et à toute combinaison technique opérant de tels moyens. En particulier, les connexions entre la ligne d'alimentation principale 18, la ligne d'alimentation additionnelle 34 et la conduite 44 peuvent varier, comme mentionné plus
5 tôt dans la description ci-dessus. De plus, les valeurs de pression indiquées ci-dessus ne sont pas strictement limitatifs et peuvent être sensiblement varier tant que cela participe au bon fonctionnement de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Système de chargement (1) configuré pour transférer un fluide cryogénique (3) d'une cuve réservoir (2) vers une cuve réceptrice (4), le système de chargement (1) comprenant au moins un élément de circulation (17) du fluide cryogénique (3) à l'état liquide qui relie la cuve réservoir (2)
5 à la cuve réceptrice (4), une unité de traitement et/ou de consommation (26) du fluide cryogénique (3) à l'état gazeux issu au moins de la cuve réceptrice (4) et une ligne de retour (28) du fluide cryogénique à l'état gazeux qui relie la cuve réceptrice (4) à l'unité de traitement et/ou de consommation (26), caractérisé en ce que le système de chargement (1) comprend au moins une unité de refroidissement (36) du fluide cryogénique (3) circulant vers la cuve réceptrice (4)
10 dans l'élément de circulation (17), le froid généré par l'unité de refroidissement (36) résultant d'une évaporation du fluide cryogénique (3) provenant de la cuve réservoir (2).
2. Système de chargement (1) selon la revendication 1, dans lequel l'élément de circulation (17) comprend une ligne d'alimentation principale (18) du fluide cryogénique (3) à l'état liquide qui relie la cuve réservoir (2) à la cuve réceptrice (4), l'unité de refroidissement (36) refroidissant
15 le fluide cryogénique à l'état liquide circulant dans la ligne d'alimentation principale (18).
3. Système de chargement (1) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel l'élément de circulation (17) comprend une ligne d'alimentation principale (18) du fluide cryogénique (3) à l'état liquide qui relie la cuve réservoir (2) à la cuve réceptrice (4) et au moins une ligne d'alimentation additionnelle (34) du fluide cryogénique à l'état liquide provenant de la
20 cuve réservoir (2) et circulant vers la cuve réceptrice (4), l'unité de refroidissement (36) refroidissant le fluide cryogénique à l'état liquide circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle (34).
4. Système de chargement (1) selon la revendication 3, dans lequel l'unité de refroidissement (36) comprend une conduite (44) dans laquelle circule du fluide cryogénique (3) et qui relie la
25 cuve réservoir (2) à l'unité de traitement et/ou de consommation (26), l'unité de refroidissement (36) comprenant au moins un organe de détente (46), un échangeur de chaleur (48) et un dispositif de compression (50) disposés dans cet ordre sur la conduite (44), l'échangeur de chaleur (48) échangeant des calories entre le fluide cryogénique (3) circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle (34) et la conduite (44).

5. Système de chargement (1) selon la revendication 4, dans lequel l'échangeur de chaleur (48) comprend au moins une première passe (52) constitutive de la conduite (44) et une deuxième passe (54) constitutive de la ligne d'alimentation additionnelle (34), l'organe de détente (46) étant disposé en amont de la première passe (52).
- 5 6. Système de chargement (1) selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, dans lequel le dispositif de compression (50) est installé sur la conduite (44) entre l'échangeur de chaleur (48) et l'unité de traitement et/ou de consommation (26).
7. Système de chargement (1) selon la revendication 5, dans lequel la première passe (52) de l'échangeur de chaleur (48) est configurée pour être soumise à une pression inférieure à la
10 pression atmosphérique.
8. Système de chargement (1) selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, configuré pour que la température du fluide cryogénique (3) circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle (34) entre l'échangeur de chaleur (48) et la cuve réceptrice (4) soit inférieure d'au moins 2°C à la température du fluide cryogénique (3) circulant dans la ligne d'alimentation
15 principale (18).
9. Système de chargement (1) selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, comprenant une vanne de contrôle (42) du débit de fluide cryogénique (3) positionnée sur la ligne d'alimentation principale (18) ou sur la ligne d'alimentation additionnelle (34) en amont de l'organe de détente (46).
- 20 10. Système de chargement (1) selon l'une quelconque des revendications 4 à 9, dans lequel la ligne d'alimentation additionnelle (34) et la conduite (44) sont raccordées à la ligne d'alimentation principale (18).
11. Système de chargement (1) selon l'une quelconque des revendications 4 à 10, dans lequel dans lequel la cuve réservoir (2) comprend au moins une pompe (24) configurée pour mettre en
25 circulation le fluide cryogénique (3) au sein de la ligne d'alimentation principale (18), de la ligne d'alimentation additionnelle (34) et de la conduite (44).
12. Système de chargement (1) selon l'une quelconque des revendications 4 à 11, comprenant une canalisation (56) de fluide cryogénique (3) à l'état gazeux reliant la cuve réservoir (2) à la conduite (44), la canalisation (56) étant configuré pour acheminer le fluide cryogénique (3) à
30 l'état gazeux de la cuve réservoir (2) vers l'unité de traitement et/ou de consommation (26).

13. Ensemble comprenant un ouvrage flottant (8) comprenant une cuve réceptrice (4), un terminal de chargement (6) comprenant une cuve réservoir (2) et un système de chargement (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes reliant le terminal de chargement (6) à l'ouvrage flottant (8).
- 5 14. Ensemble selon la revendication 13 en combinaison avec l'objet de la revendication 2, dans lequel au moins la cuve réceptrice (4) comprend au moins une paroi de fond (10a) et une paroi de plafond (10b), la ligne d'alimentation principale (18) débouchant plus proche de la paroi de fond (10a) que de la paroi de plafond (10b).
- 10 15. Procédé de chargement d'une cuve réceptrice (4) par un système de chargement (1) selon l'une quelconque des revendications 3 à 12, durant lequel on achemine un fluide cryogénique (3) à l'état liquide à travers la ligne d'alimentation principale (18) et la ligne d'alimentation additionnelle (34) depuis une cuve réservoir (2) vers la cuve réceptrice (4), et au cours duquel on refroidit le fluide cryogénique (3) circulant dans la ligne d'alimentation additionnelle (34) à une température inférieure à celle du fluide cryogénique (3) circulant dans la ligne d'alimentation
- 15 principale (18) par détente du fluide cryogénique (3) provenant de la cuve réservoir (2).