

DESCRIPTION**Titre de l'invention : Système d'alimentation en gaz pour appareils consommateurs de gaz à haute et basse pression**

La présente invention se rapporte au domaine des navires de stockage et/ou de transport de gaz à l'état liquide et concerne plus particulièrement un système d'alimentation en gaz pour appareils consommateurs compris au sein de tels navires.

Au cours d'un trajet effectué par un navire comprenant une cuve de gaz à l'état liquide destiné à être consommé et/ou à être livré vers un point de destination, ledit navire peut être apte à utiliser au moins une partie dudit gaz à l'état liquide afin d'alimenter au moins l'un de ses moteurs, et ce via un système d'alimentation en gaz. C'est le cas des navires pourvus d'un moteur de propulsion de type ME-GI. Afin d'alimenter ce type de moteur, le gaz doit être comprimé à très haute pression par des compresseurs spéciaux aptes à comprimer le gaz jusqu'à 300 bars, mais de tels compresseurs sont chers, engendrent des frais de maintenance conséquents et induisent des vibrations au sein du navire.

Une alternative à l'installation de ces compresseurs à haute pression est de vaporiser le gaz sous forme liquide à 300 bars avant que ce dernier ne soit envoyé au moteur de propulsion. Cette opération peut être faite par un évaporateur à haute pression. Une telle solution ne permettant pas d'éliminer le gaz sous forme vapeur (ou BOG, qui en anglais signifie « boil-off gas ») se formant naturellement au sein d'une cuve contenant au moins partiellement la cargaison, des compresseurs basse pression peuvent être installés pour alimenter un moteur auxiliaire, capable de consommer le gaz sous forme vapeur à basse pression. En revanche, sous une telle configuration, si le gaz sous forme vapeur est présent en trop grande quantité, ou plus généralement en quantité supérieure à un besoin de consommation du moteur auxiliaire, le gaz sous forme vapeur non consommé par le moteur auxiliaire est alors accumulé sous forme de pression dans la cuve dans une certaine limite, puis éliminé par combustion ou en dernier ressort par largage dans l'atmosphère. Une élimination de la sorte engendre un gaspillage de carburant, ainsi que des conséquences dommageables pour l'environnement.

Dans un but constant d'amélioration des performances d'un tel système d'alimentation, un objectif est notamment d'éviter le gaspillage de carburant, tout en économisant de l'énergie utilisée pour certains composants dudit système d'alimentation.

La présente invention permet de répondre à un tel objectif en proposant un système d'alimentation en gaz d'au moins un appareil consommateur de gaz à haute pression et d'au moins un appareil consommateur de gaz à basse pression d'un ouvrage flottant comprenant au moins une cuve configurée pour contenir le gaz, le système d'alimentation comprenant :

- au moins un premier circuit d'alimentation en gaz de l'appareil consommateur de gaz à haute pression, comprenant au moins une pompe configurée pour pomper le gaz prélevé à l'état liquide dans la cuve,
- au moins un évaporateur haute pression configuré pour évaporer le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation en gaz,
- au moins un deuxième circuit d'alimentation en gaz de l'appareil consommateur de gaz à basse pression, comprenant au moins un compresseur configuré pour comprimer du gaz prélevé à l'état vapeur dans la cuve jusqu'à une pression compatible avec les besoins de l'appareil consommateur de gaz à basse pression,
- au moins une ligne de retour de gaz connectée au deuxième circuit d'alimentation en aval du compresseur et s'étendant jusqu'à la cuve,
- au moins un premier échangeur de chaleur et un deuxième échangeur de chaleur chacun configurés pour opérer un échange de chaleur entre le gaz circulant dans la ligne de retour et le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation,

caractérisé en ce que le premier circuit d'alimentation comprend une voie principale et une voie de dérivation disposée en parallèle d'au moins une portion de la voie principale, le deuxième échangeur de chaleur étant configuré pour opérer un échange de chaleur entre le gaz circulant dans la ligne de retour et le gaz circulant dans la voie de dérivation.

La présence de la voie de dérivation permet ainsi de faire circuler le gaz à travers le deuxième échangeur de chaleur uniquement lorsque cela est nécessaire, par exemple en cas d'excès de gaz à l'état vapeur présent dans la cuve. Le gaz peut également circuler au

sein de la voie principale dans son intégralité, y compris la portion de la voie principale disposée en parallèle de la voie de dérivation, et est directement traité par l'évaporateur haute pression après avoir traversé le premier échangeur de chaleur. Le gaz prélevé au sein de la cuve et destiné à alimenter l'appareil consommateur de gaz à haute pression présente ainsi plusieurs modes de circulation, ce qui assure d'éviter la circulation de gaz superflue et peut aussi limiter la quantité d'énergie liée à l'utilisation de l'évaporateur haute pression et/ou du deuxième échangeur de chaleur.

De plus, grâce à un tel système d'alimentation, le gaz à l'état vapeur présent dans la cuve et non utilisé pour la consommation de l'appareil consommateur de gaz à basse pression peut être recondensé et est ainsi renvoyé dans la cuve à l'état liquide, au lieu d'être éliminé. La perte du gaz à l'état vapeur présent en excès dans la cuve est alors au moins réduite.

Le premier circuit d'alimentation en gaz permet donc de subvenir aux besoins en carburant de l'appareil consommateur de gaz à haute pression. Ce dernier peut par exemple être le moyen de propulsion de l'ouvrage flottant, par exemple un moteur ME-GI. Le premier circuit d'alimentation s'étend de la cuve jusqu'à l'appareil consommateur de gaz à haute pression. La pompe est installée en fond de cuve et assure le pompage du gaz à l'état liquide afin que celui-ci puisse circuler dans le premier circuit d'alimentation.

Le gaz devant être à l'état vapeur pour pouvoir alimenter l'appareil consommateur de gaz à haute pression, l'évaporateur haute pression garantit l'évaporation du gaz avant sa fourniture à l'appareil consommateur de gaz à haute pression. L'évaporateur haute pression est le siège d'un échange de chaleur entre le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation et un fluide caloporteur, par exemple de l'eau glycolée, de l'eau de mer ou de la vapeur d'eau. Cette dernière doit être à une température suffisamment élevée pour créer un changement d'état du gaz afin que ce dernier passe à l'état vapeur ou supercritique et alimente l'appareil consommateur de gaz à haute pression.

Le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation traverse le premier échangeur de chaleur, puis éventuellement le deuxième échangeur de chaleur en fonction de la configuration choisie. Le gaz peut par la suite être vaporisé par le biais de l'évaporateur

haute pression. La température dudit gaz tend ainsi à augmenter plus ou moins avant le passage de celui-ci à travers l'évaporateur haute pression si la configuration du premier circuit d'alimentation le permet. Ainsi, le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation peut être dans un état diphasique, vapeur, liquide ou supercritique en sortie du deuxième échangeur de chaleur si la voie de dérivation est empruntée par le gaz.

D'une manière générale, le gaz contenu dans la cuve peut passer de manière naturelle, ou forcée par l'ouvrage flottant, à l'état vapeur. Le gaz au sein de la cuve passant à l'état vapeur doit être évacué afin de ne pas créer de surpression au sein de la cuve.

Une telle fonction est assurée par le deuxième circuit d'alimentation en gaz de l'appareil consommateur de gaz à basse pression. Le deuxième circuit d'alimentation s'étend de la cuve jusqu'à l'appareil consommateur de gaz à basse pression. Ce dernier peut par exemple être un moteur auxiliaire tel qu'un générateur électrique. Le compresseur disposé sur le deuxième circuit d'alimentation est chargé d'aspirer le gaz présent dans le ciel de la cuve afin de pouvoir à la fois alimenter l'appareil consommateur de gaz à basse pression, mais aussi de réguler la pression au sein de la cuve. Le deuxième circuit d'alimentation est structurellement distinct du premier circuit d'alimentation, si l'on excepte le fait que les deux circuits d'alimentation sont connectés à la cuve.

En sortie du compresseur, le gaz à l'état vapeur peut alimenter l'appareil consommateur de gaz à basse pression, ou circuler à travers la ligne de retour si l'appareil consommateur de gaz à basse pression ne nécessite pas d'apport en carburant. La ligne de retour étant connectée en aval du compresseur, le gaz à l'état vapeur aspiré par le compresseur peut donc y circuler.

Le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour traverse dans un premier temps le deuxième échangeur de chaleur, puis le premier échangeur de chaleur, avant de retourner dans la cuve. En fonction de la circulation du gaz dans le premier circuit d'alimentation, l'échange de chaleur peut être opéré au sein des deux échangeurs de chaleur ou uniquement au sein du premier échangeur de chaleur.

Grâce à l'échange de chaleur s'opérant entre le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation et le gaz circulant dans la ligne de retour, la température du gaz à l'état vapeur diminue en traversant les échangeurs de chaleur, jusqu'à ce que ledit gaz se condense et repasse à l'état liquide sensiblement en sortie du premier échangeur de chaleur. Le gaz recondensé circule alors jusqu'à la cuve.

Selon une caractéristique de l'invention, la voie principale comprend une pompe additionnelle interposée entre le premier échangeur de chaleur et l'évaporateur haute pression. C'est la pompe additionnelle qui permet d'augmenter la pression du gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation, et ce afin que celui-ci présente une pression compatible pour l'alimentation de l'appareil consommateur de gaz à haute pression.

Le positionnement de la pompe additionnelle est particulièrement avantageux. En effet, mettre en place la pompe additionnelle en amont du premier échangeur de chaleur entraîne une élévation de la pression et de la température du gaz à l'état liquide dès la traversée du premier échangeur de chaleur, ce qui nuit à la condensation du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour et traversant également le premier échangeur de chaleur. La disposition optimale consiste donc à mettre en place la pompe additionnelle en aval du premier échangeur de chaleur.

Selon une caractéristique de l'invention, la voie de dérivation débute à un point de divergence disposé sur la voie principale entre la pompe additionnelle et l'évaporateur haute pression. C'est à partir du point de divergence que le premier circuit d'alimentation se divise entre la portion de la voie principale et la voie de dérivation. En fonction de la configuration du premier circuit d'alimentation, le gaz qui y circule, après avoir traversé le premier échangeur de chaleur, peut circuler dans la portion de la voie principale pour par la suite être directement traité par l'évaporateur haute pression et/ou au sein de la voie de dérivation pour traverser le deuxième échangeur de chaleur.

Le point de divergence est en aval de la pompe additionnelle afin que le deuxième échangeur de chaleur soit lui aussi en aval de la pompe additionnelle. En effet, le gaz circulant dans la voie de dérivation pouvant être en un état vapeur, liquide, diphasique

ou supercritique en sortie du deuxième échangeur de chaleur, disposer la pompe additionnelle en aval du deuxième échangeur de chaleur peut nuire au bon fonctionnement de cette dernière étant donné que la pompe additionnelle ne permet le pompage que d'un fluide à l'état liquide.

5 Selon une caractéristique de l'invention, le premier circuit d'alimentation comprend un dispositif de répartition configuré pour contrôler une répartition de la circulation du gaz vers la portion de la voie principale et/ou vers la voie de dérivation. Le dispositif de répartition peut être contrôlé à distance, et ce afin que la circulation du gaz au sein du premier circuit d'alimentation soit optimale pour la consommation du gaz par l'appareil consommateur et pour la condensation du gaz circulant dans la ligne de retour.

10 Selon une caractéristique de l'invention, la voie de dérivation se termine en un point de convergence disposé sur la voie principale entre le point de divergence et l'évaporateur haute pression. Une telle configuration correspond à un premier mode de réalisation du système d'alimentation selon l'invention. Dans ce premier mode de réalisation, le point de convergence de la portion de la voie principale et la voie de dérivation est agencé en aval du point de divergence et en amont de l'évaporateur haute pression. Autrement dit, le gaz circulant dans la voie de dérivation traverse le deuxième échangeur de chaleur, puis rejoint de nouveau la voie principale avant d'être traité par l'évaporateur haute pression. L'ensemble du gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation est donc

15 traité par l'évaporateur haute pression selon le premier mode de réalisation. Ce dernier permet donc au gaz de traverser le deuxième échangeur de chaleur et/ou de contourner celui-ci.

20 Selon une caractéristique de l'invention, le dispositif de répartition comprend une première valve configurée pour gérer la circulation de gaz au sein de la voie de dérivation et une deuxième valve disposée sur la portion de la voie principale. Les valves peuvent être contrôlées à distance afin de basculer en position ouverte ou fermée et ainsi de déterminer la circulation du gaz circulant au sein du premier circuit d'alimentation.

25

La première valve peut être disposée sur la voie de dérivation en amont ou en aval du deuxième échangeur de chaleur. La deuxième valve est quant à elle agencée sur la portion de la voie principale disposée en parallèle de la voie de dérivation.

5 La première valve permet de contrôler la circulation du gaz dans la voie de dérivation, tandis que la seconde valve permet de contrôler la circulation du gaz dans la portion de la voie principale disposée en parallèle de la voie de dérivation. Si la première valve est fermée et la deuxième valve ouverte, alors le gaz circule au sein de la voie principale dans son intégralité. Si la première valve est ouverte et la deuxième valve fermée, alors le gaz circule intégralement par la voie de dérivation puis rejoint la voie principale en amont de
10 l'évaporateur haute pression. Les deux valves peuvent également être ouvertes afin que le gaz se sépare en deux fractions, l'une rejoignant directement l'évaporateur haute pression via la portion de la voie principale, l'autre circulant au sein de la voie de dérivation en traversant le deuxième échangeur de chaleur.

Selon une caractéristique de l'invention, la voie de dérivation et la première valve sont
15 configurées pour que le gaz qui circule entre le point de divergence et le deuxième échangeur de chaleur soit maintenu à l'état liquide. Autrement dit, la première valve a pour seule fonction d'autoriser ou non la circulation du gaz au sein de la voie de dérivation sans provoquer un quelconque changement d'état, par exemple en détendant le gaz circulant dans la voie de dérivation. Ainsi le gaz circulant dans la voie de
20 dérivation est maintenu à l'état liquide jusqu'à traverser le deuxième échangeur de chaleur. En sortie de ce dernier, et en fonction d'un débit de gaz circulant dans la ligne de retour et son influence sur l'échange de chaleur, le gaz circulant dans la voie de dérivation peut sortir du deuxième échangeur de chaleur dans un état liquide, vapeur, diphasique ou supercritique.

25 Selon une caractéristique de l'invention, la voie de dérivation se termine à un point de convergence disposé sur la voie principale en aval de l'évaporateur haute pression. Une telle configuration correspond à un deuxième mode de réalisation du système d'alimentation selon l'invention. Dans ce mode de réalisation, la voie de dérivation

permet de contourner l'évaporateur haute pression. Ce dernier se situe donc au sein de la portion de la voie principale disposée en parallèle de la voie de dérivation.

Selon le deuxième mode de réalisation, le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation est donc soit traité par l'évaporateur haute pression si le gaz circule au sein de la portion de la voie principale, soit est traité par le deuxième échangeur de chaleur si le gaz circule au sein de la voie de dérivation. En sortie de l'évaporateur haute pression ou du deuxième échangeur de chaleur, le gaz présente des caractéristiques compatibles pour la consommation de celui-ci par l'appareil consommateur de gaz à haute pression, par exemple en étant dans un état vapeur ou supercritique. Le deuxième mode de réalisation permet donc de répartir la charge de changement d'état du gaz circulant au sein du premier circuit d'alimentation, et ce tout en refroidissant le gaz circulant dans la ligne de retour grâce à l'échange de chaleur opéré au sein du deuxième échangeur de chaleur.

Selon une caractéristique de l'invention, le dispositif de répartition comprend une valve de répartition. La valve de répartition permet de contrôler le débit de gaz circulant dans la portion de la voie principale et/ou dans la voie de dérivation. A titre d'exemple, la valve peut présenter un degré d'ouverture, une répartition du gaz circulant entre la portion de la voie principale et/ou la voie de dérivation étant dépendante du degré d'ouverture de la valve de répartition.

Selon une caractéristique de l'invention, la valve de répartition est agencée sur la portion de la voie principale. Dans cette configuration, plus le degré d'ouverture de la valve de répartition est élevé, plus une proportion de gaz circulant au sein de la portion de la voie principale est importante. A l'inverse, plus le degré d'ouverture de la valve de répartition est faible, plus une proportion de gaz circulant au sein de la voie de dérivation est importante. Si la valve de répartition est totalement ouverte, le gaz circule exclusivement dans la portion de la voie principale. Si la valve de répartition est fermée, le gaz circule exclusivement dans la voie de dérivation. La valve de répartition peut être indifféremment positionnée entre le point de divergence et l'évaporateur haute pression, ou entre l'évaporateur haute pression et le point de convergence.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la valve de répartition est agencée sur la voie de dérivation. Dans cette configuration, plus le degré d'ouverture de la valve de répartition est élevé, plus une proportion de gaz circulant au sein de la voie de dérivation est importante. A l'inverse, plus le degré d'ouverture de la valve de répartition est faible, plus une proportion de gaz circulant au sein de la portion de la voie principale est importante. Si la valve de répartition est totalement ouverte, le gaz circule exclusivement dans la voie de dérivation. Si la valve de répartition est fermée, le gaz circule exclusivement dans la portion de la voie principale. La valve de répartition peut être indifféremment positionnée entre le point de divergence et le deuxième échangeur de chaleur, ou entre le deuxième échangeur de chaleur et le point de convergence.

Selon une caractéristique de l'invention, la ligne de retour comprend un organe de détente disposé entre le premier échangeur de chaleur et la cuve et configuré pour réguler un débit de gaz circulant dans la ligne de retour, ledit organe de détente et la valve de répartition étant configurés pour que le gaz qui circule au sein de la voie de dérivation passe de l'état liquide à l'état vapeur ou supercritique.

Comme cela a été évoqué, le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation est traité par l'évaporateur haute pression ou par le deuxième échangeur de chaleur. Autrement dit, contrairement au premier mode de réalisation, le gaz circulant dans la voie de dérivation doit être, en sortie du deuxième échangeur de chaleur, dans un état compatible pour être consommé par l'appareil consommateur de gaz à haute pression, par exemple dans un état vapeur ou supercritique. Il est donc important que le gaz circulant dans la voie de dérivation soit intégralement à l'état vapeur ou super critique en sortie du deuxième échangeur de chaleur.

Le débit de gaz circulant dans la voie de dérivation peut être proportionnel au débit de gaz circulant dans la ligne de retour afin que, lors de l'échange de chaleur, l'intégralité du gaz circulant dans la voie de dérivation soit dans un état vapeur ou supercritique en sortie du deuxième échangeur de chaleur. L'organe de détente disposé sur la ligne de retour permet donc de contrôler le débit de gaz circulant dans la ligne de retour, tandis que la valve de répartition permet de contrôler le débit de gaz circulant dans la voie de

dérivation. Ainsi, grâce au contrôle par l'organe de détente et par le biais de la valve de répartition, le gaz circulant dans la voie de dérivation sort du deuxième échangeur de chaleur dans un état compatible à sa consommation par l'appareil consommateur de gaz à haute pression, et ce, sans avoir été traité par l'évaporateur à haute pression.

5 Selon une caractéristique de l'invention, le premier échangeur de chaleur est configuré pour condenser le gaz circulant au sein de la ligne de retour. Le premier échangeur de chaleur est l'échangeur traversé par le gaz à l'état liquide du premier circuit d'alimentation lorsque ledit gaz à l'état liquide est à sa température la plus basse. C'est donc l'échange de chaleur se déroulant au sein du premier échangeur de chaleur qui va
10 changer l'état du gaz circulant dans la ligne de retour pour le faire passer de l'état vapeur à l'état liquide.

Selon une caractéristique de l'invention, le deuxième échangeur de chaleur est configuré pour pré-refroidir le gaz circulant au sein de la ligne de retour. En sortie du premier échangeur de chaleur, le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation est moins
15 froid qu'à l'entrée du premier échangeur de chaleur, un échange de chaleur ayant servi à condenser le gaz circulant dans la ligne de retour. Par la suite, le gaz à l'état liquide est compressé par la pompe additionnelle puis atteint le point de divergence. En fonction de la configuration du premier ou du deuxième mode de réalisation, le gaz peut traverser par la suite le deuxième échangeur de chaleur. Si c'est le cas, il s'opère également un
20 échange de chaleur au sein du deuxième échangeur de chaleur, permettant le pré-refroidissement du gaz à l'état vapeur au sein de la ligne de retour.

Selon une caractéristique de l'invention, la ligne de retour peut comprendre une zone de divergence divisant la ligne de retour en une première section et en une deuxième section s'étendant toutes deux de la zone de divergence jusqu'à la cuve, le premier
25 échangeur de chaleur étant configuré pour opérer un échange de chaleur entre le gaz circulant à l'état vapeur dans la première section de la ligne de retour et le gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation, la deuxième section contournant le premier échangeur de chaleur. Le gaz à l'état vapeur présent dans la cuve et non utilisé pour la consommation de l'appareil consommateur de gaz à basse pression peut être

condensé en circulant via la première section de la ligne de retour et est ainsi renvoyé dans la cuve à l'état liquide, au lieu d'être éliminé.

5 Lorsque le débit de gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation n'est pas suffisant pour condenser la totalité du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour, la fraction excédentaire de ce dernier peut être dirigé vers la deuxième section de la ligne de retour afin de retourner directement dans la cuve. Une telle situation peut survenir lorsque l'ouvrage flottant équipé du système d'alimentation selon l'invention ne nécessite pas une quantité importante de gaz à l'état liquide pour être propulsé, par exemple lorsque l'ouvrage flottant se déplace à vitesse réduite.

10 Il a été déterminé par les inventeurs qu'une condensation complète du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour n'était possible que lorsque la quantité de gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation est supérieure ou égale à six fois la quantité de gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour. Un tel exemple est applicable lorsque le compresseur comprime le gaz à l'état vapeur à environ 10 bars, mais
15 le ratio peut changer en fonction de la pression délivrée par le compresseur. Si cette condition est respectée, le gaz à l'état vapeur circule alors au sein de la première section de la ligne de retour pour être condensé. Si la quantité de gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation est inférieure à six fois la quantité de gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour, alors il est avantageux de faire circuler le gaz à
20 l'état vapeur au moins partiellement au sein de la deuxième section de la ligne de retour, une partie du gaz à l'état vapeur circulant alors dans la première section en quantité telle que la condensation soit intégrale.

Le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour peut circuler dans la première section ou dans la deuxième section à partir de la zone de divergence. Si le gaz à l'état
25 vapeur circule dans la première section, celui-ci traverse dans un premier temps le deuxième échangeur de chaleur, puis le premier échangeur de chaleur, avant de retourner dans la cuve, tel que cela a été décrit précédemment. Si le gaz à l'état vapeur circule dans la deuxième section, celui-ci traverse le deuxième échangeur de chaleur, puis retourne directement dans la cuve. Selon cette configuration, la température du gaz à

l'état vapeur diminue du fait de l'échange de calories opéré au sein du deuxième échangeur de chaleur, mais n'est toutefois pas condensé. Le gaz retourne ainsi dans la cuve à l'état vapeur, mais en étant néanmoins refroidi.

5 La deuxième section de la ligne de retour comprend ainsi une extrémité immergée dans le liquide contenu dans la cuve. La deuxième section peut comprendre un organe d'éjection disposé au niveau de l'extrémité immergée. L'organe d'éjection permet notamment de détendre le gaz à l'état vapeur circulant dans la deuxième section de la ligne de retour avant que ce dernier soit dispersé dans la cuve. La détente du gaz à l'état vapeur, associée au fait que l'extrémité immergée est préférentiellement agencée en fond
10 de cuve, permet de liquéfier au moins une partie du gaz à l'état vapeur lorsque ce dernier retourne dans la cuve, entraînant également une hausse de température du gaz sous forme liquide présent dans la cuve. L'organe d'éjection peut par exemple être un éjecteur ou un dispositif de bullage.

Selon une caractéristique de l'invention, le système d'alimentation comprend une ligne
15 d'alimentation auxiliaire connectée au premier circuit d'alimentation, en amont du premier échangeur de chaleur, et s'étendant jusqu'au deuxième circuit d'alimentation, en aval du compresseur, le système d'alimentation comprenant un évaporateur basse pression configuré pour évaporer le gaz circulant dans la ligne d'alimentation auxiliaire. Une telle ligne d'alimentation auxiliaire est utilisée lorsque l'appareil consommateur de
20 gaz à basse pression nécessite d'être alimenté en gaz à l'état vapeur, mais que ce dernier n'est pas en quantité suffisante au sein du ciel de cuve. La ligne d'alimentation auxiliaire permet ainsi de dériver une partie du gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation. Cette partie est alors évaporée par l'évaporateur basse pression, selon un fonctionnement similaire à celui de l'évaporateur haute pression, c'est-à-dire par échange
25 de chaleur avec un fluide caloporteur comme de l'eau glycolée, de l'eau de mer ou de la vapeur d'eau, par exemple. L'évaporateur basse pression induit ainsi un échange de calories entre le gaz à l'état liquide circulant dans la ligne d'alimentation auxiliaire et ce fluide caloporteur.

Une fois passé à l'état vapeur, le gaz continue de circuler au sein de la ligne d'alimentation auxiliaire et rejoint le deuxième circuit d'alimentation afin d'alimenter l'appareil consommateur de gaz à basse pression.

5 Si du gaz à l'état vapeur est présent en quantité suffisante dans le ciel de cuve, alors la ligne d'alimentation auxiliaire n'est pas utilisée et peut par exemple être fermée par une vanne.

10 L'invention couvre également un ouvrage flottant de stockage et/ou de transport de gaz à l'état liquide, comprenant au moins une cuve contenant du gaz à l'état liquide, au moins un appareil consommateur de gaz à haute pression, au moins un appareil consommateur de gaz à basse pression et au moins un système d'alimentation en gaz de ces appareils.

L'invention couvre aussi un système pour charger ou décharger un gaz liquide qui combine au moins une installation à terre et/ou portuaire et au moins un ouvrage flottant de stockage et/ou de transport de gaz liquide.

15 L'invention couvre enfin un procédé de chargement ou de déchargement d'un gaz liquide d'un ouvrage flottant de stockage et/ou de transport de gaz dans lequel des canalisations de chargement et/ou de déchargement de gaz à l'état liquide disposées sur un pont supérieur de l'ouvrage flottant peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriés, à un terminal maritime ou portuaire afin de transférer le gaz à
20 l'état liquide depuis ou vers la cuve.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront encore au travers de la description qui suit d'une part, et de plusieurs exemples de réalisation donnés à titre indicatif et non limitatif en référence aux dessins schématiques annexés d'autre part, sur lesquels :

25 [fig 1] représente un premier mode de réalisation d'un système d'alimentation selon l'invention,

[fig 2] représente le premier mode de réalisation du système d'alimentation comprenant une ligne de retour divisée en deux sections,

[fig 3] représente un deuxième mode de réalisation du système d'alimentation,

[fig 4] est une représentation schématique écorchée d'une cuve d'un ouvrage flottant et d'un terminal de chargement et/ou de déchargement de cette cuve.

Les figures 1 à 3 représentent un système d'alimentation 1 en gaz disposé sur un ouvrage flottant. Le système d'alimentation 1 permet de faire circuler du gaz pouvant être à l'état liquide, à l'état vapeur, à l'état diphasique ou à l'état supercritique, à partir d'une cuve 8 de stockage et/ou de transport, et jusqu'à un appareil consommateur de gaz à haute pression 4 et/ou un appareil consommateur de gaz à basse pression 5, afin d'alimenter ces derniers en carburant.

Ledit ouvrage flottant peut par exemple être un navire pouvant stocker et/ou transporter du gaz à l'état liquide. Le système d'alimentation 1 est dans ce cas apte à utiliser le gaz à l'état liquide que l'ouvrage flottant stocke et/ou transporte pour alimenter l'appareil consommateur de gaz à haute pression 4, lequel pouvant par exemple être un moteur de propulsion, et l'appareil consommateur de gaz à basse pression 5, lequel pouvant par exemple être un générateur électrique alimentant l'ouvrage flottant en électricité.

Afin d'assurer la circulation du gaz contenu dans la cuve 8 jusqu'à l'appareil consommateur de gaz à haute pression 4, le système d'alimentation 1 est pourvu d'un premier circuit d'alimentation 2 en gaz. Le premier circuit d'alimentation 2 comprend une pompe 9 disposée au sein de la cuve 8. La pompe 9 permet de pomper le gaz à l'état liquide et de le faire circuler notamment au sein du premier circuit d'alimentation 2. En aspirant et en comprimant le gaz à l'état liquide, la pompe 9 permet d'élever la pression de celui-ci à une valeur comprise entre 6 et 17 bars.

Le premier circuit d'alimentation 2 comprend une voie principale 40 et une voie de dérivation 41. La voie principale 40 s'étend de la pompe 9 jusqu'à l'appareil consommateur de gaz à haute pression 4. La voie de dérivation 41 est quant à elle disposée en parallèle d'une portion 50 de la voie principale 40. Le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation 2 peut donc circuler via la portion 50 de la voie principale 40 ou via la voie de dérivation 41.

Le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation 2, selon un sens de circulation allant de la cuve 8 vers l'appareil consommateur de gaz à haute pression 4, circule au sein de la voie principale 40, traverse un premier échangeur de chaleur 6, est pompé par une pompe additionnelle 10 et atteint un point de divergence 42 afin de circuler au sein de la portion 50 de la voie principale 40 ou au sein de la voie de dérivation 41. Le contrôle de la circulation du gaz au sein de la portion 50 de la voie principale 40 et/ou de la voie de dérivation 41 est gérée par un dispositif de répartition 60 qui assure la répartition du gaz selon des facteurs et/ou des besoins qui seront détaillés par la suite. Si le gaz circule au sein de la voie de dérivation 41, le gaz traverse un deuxième échangeur de chaleur 7.

Les détails concernant les deux échangeurs de chaleur 6, 7 seront décrits par la suite. La voie de dérivation 41 comprend une première partie 41a s'étendant entre le point de divergence 42 et le deuxième échangeur de chaleur 7, et une deuxième partie 41b s'étendant entre le deuxième échangeur de chaleur 7 et le point de convergence 43.

La portion 50 de la voie principale 40 et la voie de dérivation 41 s'étendent toutes deux du point de divergence 42 à un point de convergence 43. A partir de ce dernier, le gaz circule de nouveau au sein de la voie principale 40 jusqu'à un évaporateur haute pression 11. L'évaporateur haute pression 11 permet de modifier l'état du gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation 2 afin de le faire passer à l'état vapeur. Un tel état permet au gaz d'être compatible pour alimenter l'appareil consommateur de gaz à haute pression 4, par exemple en étant dans un état vapeur ou supercritique. L'évaporation du gaz à l'état liquide peut par exemple se faire par échange de chaleur avec un fluide caloporteur à température suffisamment élevée pour évaporer le gaz à l'état liquide, ici de l'eau glycolée, de l'eau de mer ou de la vapeur d'eau.

La hausse de la pression du gaz est assurée par la pompe additionnelle 10 lorsque celle-ci pompe le gaz à l'état liquide. La pompe additionnelle 10 permet d'élever la pression du gaz à l'état liquide à une valeur comprise entre 30 et 400 bars, notamment pour un usage avec de l'ammoniaque et ou de l'hydrogène, entre 30 et 70 bars pour un usage avec du gaz de pétrole liquéfié, et de préférence entre 150 et 400 bars pour un usage avec

de l'éthane, de l'éthylène ou encore avec du gaz naturel liquéfié constitué majoritairement de méthane.

Grâce à la combinaison de la pompe additionnelle 10 et de l'évaporateur haute pression 11, le gaz est à une pression et dans un état compatible pour l'alimentation de l'appareil consommateur à haute pression 4. Une telle configuration permet d'éviter l'installation de compresseurs haute pression sur le premier circuit d'alimentation 2 qui présentent des contraintes de coûts et génèrent de fortes vibrations.

Afin de déterminer une configuration de la circulation du gaz au sein du premier circuit d'alimentation 2, le dispositif de répartition 60 comprend une première valve 44 disposée au niveau de la voie de dérivation 41 et une deuxième valve 45 disposée au niveau de la portion 50 de la voie principale 40. Ainsi, en fonction de l'ouverture ou de la fermeture de ces deux valves 44, 45, le gaz circule du point de divergence 42 au point de convergence 43 en passant par la portion 50 ou par la voie de dérivation 41 en fonction du besoin. Ces valves peuvent être contrôlées à distance en fonction d'un mode de circulation voulu.

Sur la figure 1, la première valve 44 est agencée au niveau de la première partie 41a de la voie de dérivation 41. D'une manière alternative, la première valve 44 peut également être agencée sur la deuxième partie 41b de la voie de dérivation 41.

Au sein de la cuve 8, une partie de la cargaison de gaz peut naturellement passer à l'état vapeur et se diffuser dans un ciel de cuve 12. Afin d'éviter une surpression au sein de la cuve 8, le gaz à l'état vapeur contenu dans le ciel de cuve 12 doit être évacué. Or, le premier circuit d'alimentation 2 est configuré pour utiliser le gaz à l'état liquide pour alimenter l'appareil consommateur de gaz à haute pression 4.

Le système d'alimentation 1 comprend donc un deuxième circuit d'alimentation 3 en gaz, qui utilise le gaz à l'état vapeur pour alimenter l'appareil consommateur de gaz à basse pression 5. Le deuxième circuit d'alimentation 3 s'étend donc entre le ciel de cuve 12 et l'appareil consommateur de gaz à basse pression 5. A l'exception de la connexion à la cuve 8, le premier circuit d'alimentation 2 et le deuxième circuit d'alimentation 3 sont structurellement distincts l'un de l'autre. Afin d'aspirer le gaz à l'état vapeur contenu

dans le ciel de cuve 12, le deuxième circuit d'alimentation 3 comprend un compresseur 13. En plus d'aspirer le gaz à l'état vapeur, le compresseur 13 permet également de comprimer le gaz à l'état vapeur circulant dans le deuxième circuit d'alimentation 3 à une pression comprise entre 6 et 20 bars absolus, et ce afin que le gaz à l'état vapeur soit
5 à une pression compatible pour l'alimentation de l'appareil consommateur de gaz à basse pression 5. Le deuxième circuit d'alimentation 3 permet ainsi d'alimenter l'appareil consommateur de gaz à basse pression 5, et ce tout en régulant la pression au sein de la cuve 8 en aspirant le gaz à l'état vapeur présent dans le ciel de cuve 12.

La présence du gaz à l'état vapeur en quantité excessive au sein du ciel de cuve 12
10 entraîne une surpression au sein de la cuve 8. Il est donc nécessaire d'évacuer le gaz à l'état vapeur dans le but d'abaisser la pression au sein de la cuve 8. Le gaz à l'état vapeur en excès peut alors par exemple être éliminé par un brûleur 18. Toutefois, le système d'alimentation 1 selon l'invention comprend une ligne de retour 14 qui s'étend du deuxième circuit d'alimentation 3 jusqu'à la cuve 8.

15 La ligne de retour 14 est raccordée sur le deuxième circuit d'alimentation 3 en aval du compresseur 13 par rapport à un sens de circulation du gaz à l'état vapeur circulant dans le deuxième circuit d'alimentation 3. Selon le sens de circulation du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour 14, ledit gaz traverse le deuxième échangeur de chaleur 7 dans un premier temps, puis traverse le premier échangeur de chaleur 6. L'échange de
20 chaleur s'effectuant au sein du premier échangeur de chaleur 6 et du deuxième échangeur de chaleur 7 est donc entre le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation 2 et le gaz circulant dans la ligne de retour 14. Plus particulièrement, l'échange de chaleur s'effectuant au sein du deuxième échangeur de chaleur 7 se fait entre le gaz circulant dans la voie de dérivation 41 et le gaz circulant dans la ligne de
25 retour 14. L'objectif de cet échange de chaleur via le deuxième échangeur de chaleur 7 puis le premier échangeur de chaleur 6 est de condenser le gaz à l'état vapeur de la ligne de retour 14, afin que celui-ci passe à l'état liquide et retourne dans la cuve 8 dans cet état, au lieu d'être éliminé par le brûleur 18.

C'est à l'entrée du premier échangeur de chaleur 6 que le gaz à l'état liquide du premier circuit d'alimentation 2 présente la température la plus basse. De ce fait, c'est donc après avoir traversé le premier échangeur de chaleur 6 que le gaz circulant dans la ligne de retour 14 est condensé. Le gaz de la ligne de retour 14 est donc à l'état vapeur à l'entrée
5 du premier échangeur de chaleur 6 et sort à l'état liquide suite à l'échange de chaleur se déroulant au sein du premier échangeur de chaleur 6.

Afin d'aligner la pression du gaz circulant dans la ligne de retour 14 à la pression qui règne dans la cuve 8, la ligne de retour 14 peut comprendre un organe de détente 15 qui abaisse la pression du gaz à une pression comprise entre 1 et 3 bars absolus. L'organe de
10 détente 15 est également apte à réguler un débit de gaz circulant au sein de la ligne de retour 14. Une fois que le gaz est condensé, celui-ci poursuit sa course jusqu'à la cuve 8. Le premier échangeur de chaleur 6 fait donc office de condenseur.

Le deuxième échangeur de chaleur 7 est situé en aval du premier échangeur de chaleur 6 selon le sens de circulation du gaz dans le premier circuit d'alimentation 2, et en amont
15 du premier échangeur de chaleur 6 selon le sens de circulation du gaz dans la ligne de retour 14. Sous réserve que le gaz circulant au sein du premier circuit d'alimentation 2 passe par la voie de dérivation 41, le deuxième échangeur de chaleur 7 assure donc un pré-refroidissement du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour 14 avant que celui-ci soit condensé au sein du premier échangeur de chaleur 6. Au niveau de la voie
20 de dérivation 41, le gaz à l'entrée du deuxième échangeur de chaleur 7 a auparavant traversé le premier échangeur de chaleur 6 et a été pompé par la pompe additionnelle 10, ce qui a donc augmenté sa température et sa pression. Il est ainsi possible que suite à l'échange de chaleur se produisant au niveau du deuxième échangeur de chaleur 7, le gaz circulant au sein du premier circuit d'alimentation 2 sorte du deuxième échangeur de
25 chaleur 7 dans un état liquide, vapeur, diphasique ou supercritique. La température du gaz circulant dans la ligne de retour 14 est donc abaissée après la traversée du deuxième échangeur de chaleur 7, mettant en œuvre le pré-refroidissement indiqué plus haut.

Si au moins la première valve 44 est fermée, le gaz ne circule pas dans la voie de dérivation 41, et le gaz circulant dans la ligne de retour 14 traverse le deuxième

échangeur de chaleur 7 sans y être pré-refroidi. La circulation du gaz via la portion 50 de la voie principale 40 peut également être préférée lorsque qu'il n'y a pas de gaz à recondenser circulant dans la ligne de retour 14. En revanche, l'échange de chaleur opéré au sein du deuxième échangeur de chaleur 7 permet d'augmenter la température du gaz circulant dans la voie de dérivation 41 et permet ainsi de limiter l'énergie nécessaire à apporter au fluide caloporteur circulant dans l'évaporateur haute pression 11 pour évaporer le gaz ayant traversé le deuxième échangeur de chaleur 7 au préalable.

La pompe additionnelle 10 est avantageusement disposée en aval du premier échangeur de chaleur 6 et en amont du deuxième échangeur de chaleur 7 si le gaz circule via la voie de dérivation 41. Grâce à l'organe de détente 15, la régulation du débit de gaz circulant au sein de la ligne de retour 14 garantit que le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation 2 et traversant le premier échangeur de chaleur 6 soit maintenu à l'état liquide en sortie de ce dernier. La pompe additionnelle 10 aspire alors le gaz maintenu à l'état liquide sans risquer d'être endommagée par la présence d'au moins une fraction de gaz à l'état vapeur.

Par ailleurs, la présence de la pompe additionnelle 10 en aval du premier échangeur de chaleur 6 assure la hausse de pression du gaz à l'état liquide, et cela sans perturber l'échange de chaleur se produisant au sein du premier échangeur de chaleur 6. La condensation du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour 14 est ainsi effectuée de manière optimale.

Le système d'alimentation 1 comprend également une ligne d'alimentation auxiliaire 16, s'étendant du premier circuit d'alimentation 2, par un piquage entre la pompe 9 et le premier échangeur de chaleur 6, jusqu'au deuxième circuit d'alimentation 3, en se raccordant à celui-ci entre le compresseur 13 et l'appareil consommateur de gaz à basse pression 5. La ligne d'alimentation auxiliaire 16 permet d'alimenter l'appareil consommateur de gaz à basse pression 5 en cas de débit insuffisant de gaz à l'état vapeur formé au sein du ciel de cuve 12.

Lorsque le gaz à l'état vapeur n'est pas présent en quantité suffisante dans le ciel de cuve 12, le gaz à l'état liquide pompé par la pompe 9 peut alors circuler au sein de cette ligne

d'alimentation auxiliaire 16 afin d'alimenter l'appareil consommateur de gaz à basse pression 5. Pour ce faire, la ligne d'alimentation auxiliaire 16 traverse un évaporateur basse pression 17 afin que le gaz à l'état liquide circulant dans la ligne d'alimentation auxiliaire 16 passe à l'état de vapeur. Le fonctionnement de l'évaporateur basse pression 5
17 peut par exemple être identique à celui de l'évaporateur haute pression 11, c'est-à-dire que le gaz est évaporé par échange de chaleur avec un fluide caloporteur à température suffisamment élevée pour évaporer le gaz à l'état liquide. En sortie de l'évaporateur basse pression 17, le gaz à l'état vapeur circule au sein de la ligne d'alimentation auxiliaire 16, puis rejoint le deuxième circuit d'alimentation 3 afin
10 d'alimenter l'appareil consommateur de gaz à basse pression 5.

On comprend de ce qu'il précède que la ligne d'alimentation auxiliaire 16 n'est utilisée qu'en l'absence de gaz à l'état vapeur en quantité suffisante au sein du ciel de cuve 12. Ainsi, la ligne d'alimentation auxiliaire 16 comprend une vanne 19 assurant le contrôle de la circulation de gaz au sein de la ligne d'alimentation auxiliaire 16 lorsque
15 l'utilisation de celle-ci n'est pas nécessaire.

La figure 2 représente le premier mode de réalisation du système d'alimentation 1 avec une ligne de retour 14 divisée en deux sections distinctes. La ligne de retour 14 comprend ainsi une section principale 56 qui débute au niveau du raccordement avec le deuxième circuit d'alimentation 3 et qui s'étend jusqu'à une zone de divergence 53. Au
20 niveau de la zone de divergence 53, la ligne de retour 14 se divise en une première section 51 et en une deuxième section 52 s'étendant toutes deux de la zone de divergence 53 jusqu'à la cuve 8.

La zone de divergence 53 est agencée en aval du deuxième échangeur de chaleur 7. C'est donc la section principale 56 de la ligne de retour 14 qui traverse le deuxième échangeur de chaleur 7.
25

En sortie du deuxième échangeur de chaleur 7, le gaz à l'état vapeur circule jusqu'à la zone de divergence 53 et peut par la suite circuler au sein de la première section 51 ou de la deuxième section 52. La première section 51 traverse le premier échangeur de chaleur 6 tandis que la deuxième section 52 s'étend jusqu'à la cuve 8 en contournant le premier

échangeur de chaleur 6. Autrement dit le gaz à l'état vapeur peut circuler au sein de la première section 51 et être condensé grâce à l'échange de calories se produisant au niveau du premier échangeur de chaleur 6, ou peut circuler au sein de la deuxième section 52 et retourner dans la cuve 8 à l'état gazeux.

- 5 Le choix de la section au sein de laquelle circule le gaz à l'état vapeur est notamment dépendant d'un débit de gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation 2, ledit débit devant être suffisant pour condenser intégralement le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour 14. Ainsi, lorsque la quantité de gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation est supérieure ou égale à six fois
10 la quantité de gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour, le gaz à l'état vapeur peut être dirigée vers la première section 51 afin que la condensation de celui-ci puisse être mise en œuvre.

- Si la quantité de gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation est inférieure à six fois la quantité de gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour,
15 alors une première fraction du gaz à l'état vapeur circule au sein de la première section 51 en quantité telle que la première fraction est intégralement condensée au sein du premier échangeur 6, tandis qu'une deuxième fraction du gaz à l'état vapeur, correspondant à la quantité de gaz à l'état vapeur ne circulant pas dans la première section 51, circule au sein de la deuxième section 52 afin de retourner directement au
20 sein de la cuve 8. Dans le cas où il n'y a pas ou trop peu de circulation de gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation 2, l'intégralité du gaz à l'état vapeur circule alors dans la deuxième section 52 pour retourner directement dans la cuve 8, afin d'éviter une perte de charge résultant de la traversée du premier échangeur de chaleur 6. Dans cette condition, le retour du gaz dans la cuve 8 se fait à l'état vapeur.
25 Une telle situation survient lorsque le gaz à l'état liquide est peu utilisé pour alimenter l'appareil consommateur de gaz à haute pression 4.

Afin de réguler la circulation au sein de la ligne de retour 14, l'organe de détente 15 est agencé au niveau de la première section 51, en aval du premier échangeur de chaleur 6, tandis que la deuxième section 52 comprend un organe de régulation de débit 54.

L'organe de détente 15 et l'organe de régulation de débit 54 peuvent également assurer une fonction de détente du gaz circulant dans l'une ou l'autre des sections.

D'une manière avantageuse, que ce soit pour la première section 51 ou la deuxième section 52, le gaz qui y circule retourne au fond de la cuve 8 ou au moins dans une zone où le gaz est sous forme liquide. Plus particulièrement, le gaz circulant à l'état vapeur dans la deuxième section 52 retourne au fond de la cuve à l'état vapeur. La température et la densité du gaz à l'état liquide présent dans la cuve 8 permet ainsi de condenser le gaz à l'état vapeur sortant de la deuxième section 52. Afin de faciliter cette condensation du gaz à l'état vapeur, la deuxième section 52 peut comprendre un organe d'éjection 55 agencé au niveau d'une extrémité de la deuxième section 52 immergée dans le contenu liquide de la cuve 8. L'organe d'éjection 55 permet de détendre le gaz à l'état vapeur circulant dans la deuxième section 52 afin de faciliter la condensation de celui-ci au sein de la cuve 8. L'organe d'éjection 55 peut par exemple être un éjecteur ou un dispositif de bullage. Le renvoi du gaz à l'état vapeur dans la cuve 8 via la deuxième section 52 entraîne une hausse de la température du gaz à l'état liquide présent dans la cuve 8.

Les caractéristiques non décrites du système d'alimentation 1 illustré en figure 2 étant identiques à celles du système d'alimentation 1 illustré en figure 1, on se référera donc à la description de la figure 1 pour la description des éléments communs aux deux modes de réalisation.

La figure 3 représente un deuxième mode de réalisation du système d'alimentation 1 selon l'invention. Le deuxième mode de réalisation se distingue du premier mode de réalisation par la configuration de la voie principale 40 et de la voie de dérivation 41. On se référera donc à la description des figures 1 et 2 pour les notions communes aux deux modes de réalisation.

Selon le deuxième mode de réalisation du système d'alimentation 1, le point de convergence 43 est ici disposé en aval de l'évaporateur haute pression 11. Autrement dit, la voie de dérivation, comprenant toujours le deuxième échangeur de chaleur 7, est configurée pour contourner l'évaporateur haute pression 11. Ce dernier est de ce fait agencé au sein de la portion 50 de la voie principale 40. Ainsi, si le gaz circule au sein de

la voie de dérivation 41, celui-ci rejoint alors le point de convergence 43 puis circule jusqu'à l'appareil consommateur de gaz à haute pression 4 sans être traité par l'évaporateur haute pression 11. Si le premier circuit d'alimentation 2 est configuré pour que le gaz circule intégralement au sein de la voie principale 40, ce dernier, après avoir
5 traversé le premier échangeur de chaleur 6 et la pompe additionnelle 10, est directement traité par l'évaporateur haute pression 11 en circulant au sein de la portion 50.

Selon le deuxième mode de réalisation, le dispositif de répartition 60 comprend une valve de répartition 47 agencée sur la première partie 41a de la voie de dérivation 41. D'une manière alternative, la valve de répartition 47 peut être agencée sur la deuxième
10 partie 41b de la voie de dérivation 41, ou bien sur la portion 50 de la voie principale 40, entre le point de divergence 42 et l'évaporateur haute pression 11 ou entre l'évaporateur haute pression 11 et le point de convergence 43.

La répartition du gaz circulant dans la portion 50 de la voie principale 40 et/ou dans la voie de dérivation 41 se fait en fonction d'un degré d'ouverture de la valve de répartition
15 47.

Sur la figure 3, la valve de répartition 47 est agencée sur la voie de dérivation 41. Ainsi, plus la valve de répartition 47 est ouverte, plus la proportion de gaz circulant dans la voie de dérivation 41 est élevée. En contrôlant le degré d'ouverture de la valve de répartition 47, il est donc possible de gérer la répartition du gaz dans la portion 50 de la
20 voie principale 40 et/ou dans la voie de dérivation 41.

Du fait que le gaz circulant dans la voie de dérivation 41 n'est pas traité par l'évaporateur haute pression 11, il est indispensable que les caractéristiques du gaz, après avoir traversé le deuxième échangeur de chaleur 7, soient conformes à son utilisation comme carburant pour l'appareil consommateur de gaz à haute pression 4, par exemple
25 en correspondant à un état vapeur ou supercritique. La valve de répartition 47 est ainsi contrôlée afin de permettre la circulation dans la voie de dérivation 41 d'une quantité de gaz telle que l'échange de chaleur se produisant dans le deuxième échangeur de chaleur 7 soit suffisant pour que la totalité de ladite quantité de gaz passe à l'état vapeur ou supercritique afin d'être compatible avec l'appareil consommateur de gaz à haute

pression 4. L'organe de détente 15 de la ligne de retour 14 peut également influencer sur une telle condition en contrôlant le débit de gaz circulant dans la ligne de retour 14.

Tout comme pour le premier mode de réalisation, le gaz circulant dans la ligne de retour 14 est pré-refroidi au sein du deuxième échangeur de chaleur 7, sous réserve qu'au moins
5 une fraction de gaz circulant au sein du premier circuit d'alimentation 2 passe par la voie de dérivation 41.

D'une manière avantageuse, le deuxième mode de réalisation permet la répartition de l'évaporation du gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation 2 entre la portion 50 via l'évaporateur haute pression 11 et la voie de dérivation 41 via le deuxième
10 échangeur de chaleur 7. Une telle évaporation effectuée en parallèle permet de limiter l'activité de l'évaporateur haute pression 11 et donc d'économiser en partie l'énergie nécessaire à son fonctionnement lorsque l'ensemble du gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation 2 est traité par l'évaporateur haute pression 11.

Lorsqu'il n'y a pas de gaz à recondenser circulant dans la ligne de retour 14, et que
15 l'échange de chaleur n'est pas opéré au sein du deuxième échangeur de chaleur 7, la valve de répartition 47 est fermée, et ce afin de faire circuler le gaz intégralement au sein de la portion 50 afin que ce dernier soit traité par l'évaporateur haute pression 11.

Tout comme pour le premier mode de réalisation, plus particulièrement tel que cela a été illustré en figure 2, la ligne de retour 14 peut comprendre la section principale 56,
20 puis se diviser en la première section 51 et en la deuxième section 52 à partir de la zone de divergence 53. Cette dernière est toujours positionnée en aval du deuxième échangeur de chaleur 7. Le fonctionnement de la ligne de retour 14 tel qu'illustré sur la figure 3 et identique à ce qui a été décrit en figure 2.

La figure 4 est une vue écorchée d'un ouvrage flottant 20 qui montre la cuve 8 qui
25 contient le gaz à l'état liquide et à l'état vapeur, cette cuve 8 étant de forme générale prismatique montée dans une double coque 22 de l'ouvrage flottant 20. La paroi de la cuve 8 comporte une membrane d'étanchéité primaire destinée à être en contact avec le gaz à l'état liquide contenu dans la cuve 8, une membrane d'étanchéité secondaire agencée entre la membrane d'étanchéité primaire et la double coque 22 de l'ouvrage

flottant 20, et deux barrières thermiquement isolantes agencées respectivement entre la membrane d'étanchéité primaire et la membrane d'étanchéité secondaire et entre la membrane d'étanchéité secondaire et la double coque 22.

5 Des canalisations 23 de chargement et/ou de déchargement de gaz à l'état liquide disposées sur le pont supérieur de l'ouvrage flottant 20 peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriées, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer la cargaison de gaz à l'état liquide depuis ou vers la cuve 8.

10 La figure 4 représente également un exemple de terminal maritime ou portuaire comportant un équipement de chargement et/ou de déchargement 25, une conduite sous-marine 26 et une installation à terre et/ou portuaire 27. L'installation à terre et/ou portuaire 27 peut par exemple être agencée sur le quai d'un port, ou selon un autre exemple être agencée sur une plate-forme gravitaire en béton. L'installation à terre et/ou portuaire 27 comporte des cuves de stockage de gaz à l'état liquide 30 et des conduites de liaison 31 reliées par la conduite sous-marine 26 à l'équipement de chargement et/ou de déchargement 25.

Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz à l'état liquide, on met en œuvre des pompes équipant l'installation à terre et/ou portuaire 27 et/ou des pompes équipant l'ouvrage flottant 20.

20 Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention.

L'invention, telle qu'elle vient d'être décrite, atteint bien le but qu'elle s'était fixée, et permet de proposer un système d'alimentation en gaz pour des appareils consommateurs de gaz à haute ou à basse pression dont la mise en haute pression se fait à l'aide de pompes et d'évaporateur, comprenant un moyen de condensation d'un gaz à l'état 25 vapeur avant son retour à la cuve ainsi qu'une alimentation de gaz à haute pression permettant d'optimiser l'énergie utilisée pour la mise en haute pression dudit gaz. Des variantes non décrites ici pourraient être mises en œuvre sans sortir du contexte de

l'invention, dès lors que, conformément à l'invention, elles comprennent un système d'alimentation conforme à l'invention.

REVENDICATIONS

- 1- Système d'alimentation (1) en gaz d'au moins un appareil consommateur de gaz à haute pression (4) et d'au moins un appareil consommateur de gaz à basse pression (5) d'un ouvrage flottant (20) comprenant au moins une cuve (8) configurée pour contenir le gaz, le système d'alimentation (1) comprenant :
- 5
- au moins un premier circuit d'alimentation (2) en gaz de l'appareil consommateur de gaz à haute pression (4), comprenant au moins une pompe (9) configurée pour pomper le gaz prélevé à l'état liquide dans la cuve (8),
 - au moins un évaporateur haute pression (11) configuré pour évaporer le gaz

10

 - au moins un deuxième circuit d'alimentation (3) en gaz de l'appareil consommateur de gaz à basse pression (5), comprenant au moins un compresseur (13) configuré pour comprimer du gaz prélevé à l'état vapeur dans la cuve (8) jusqu'à une pression compatible avec les besoins de l'appareil consommateur de gaz à basse pression

15

 - au moins une ligne de retour (14) de gaz connectée au deuxième circuit d'alimentation (3) en aval du compresseur (13) et s'étendant jusqu'à la cuve (8),
 - au moins un premier échangeur de chaleur (6) et un deuxième échangeur de chaleur (7) chacun configurés pour opérer un échange de chaleur entre le gaz circulant

20

 - dans la ligne de retour (14) et le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation (2), caractérisé en ce que le premier circuit d'alimentation (2) comprend une voie principale (40) et une voie de dérivation (41) disposée en parallèle d'au moins une portion (50) de la voie principale (40), le deuxième échangeur de chaleur (7) étant configuré pour opérer un échange de chaleur entre le gaz circulant dans la ligne de retour (14) et le gaz

25

 - circulant dans la voie de dérivation (41).
- 2- Système d'alimentation (1) selon la revendication 1, dans lequel la voie principale (40) comprend une pompe additionnelle (10) interposée entre le premier échangeur de chaleur (6) et l'évaporateur haute pression (11).

- 3- Système d'alimentation (1) selon la revendication précédente, dans lequel la voie de dérivation (41) débute à un point de divergence (42) disposé sur la voie principale (40) entre la pompe additionnelle (10) et l'évaporateur haute pression (11).
- 4- Système d'alimentation (1) selon l'une quelconque des revendications
- 5 précédentes, dans lequel le premier circuit d'alimentation (2) comprend un dispositif de répartition (60) configuré pour contrôler une répartition de la circulation du gaz vers la portion (50) de la voie principale (40) et/ou vers la voie de dérivation (41).
- 5- Système d'alimentation (1) selon la revendication 3, dans lequel la voie de dérivation (41) se termine en un point de convergence (43) disposé sur la voie principale
- 10 entre le point de divergence (42) et l'évaporateur haute pression (11).
- 6- Système d'alimentation (1) selon la revendication précédente, combiné avec la revendication 4, dans lequel le dispositif de répartition (60) comprend une première valve (44) configurée pour gérer la circulation de gaz au sein de la voie de dérivation (41) et une deuxième valve (45) disposée sur la portion (50) de la voie principale (40).
- 15 7- Système d'alimentation (1) selon la revendication 3, dans lequel la voie de dérivation (41) se termine à un point de convergence (43) disposé sur la voie principale (40) en aval de l'évaporateur haute pression (11).
- 8- Système d'alimentation (1) selon la revendication précédente, combiné avec la revendication 4, dans lequel le dispositif de répartition (60) comprend une valve de
- 20 répartition (47).
- 9- Système d'alimentation (1) selon la revendication précédente, dans lequel la valve de répartition (47) est agencée sur la portion (50) de la voie principale (40).
- 10- Système d'alimentation (1) selon la revendication 8, dans lequel la valve de répartition (47) est agencée sur la voie de dérivation (41).
- 25 11- Système d'alimentation (1) selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans lequel la ligne de retour (14) comprend un organe de détente (15) disposé entre le premier échangeur de chaleur (6) et la cuve (8) et configuré pour réguler un débit de gaz circulant dans la ligne de retour (14), ledit organe de détente (15) et la valve de répartition (47) étant configurés pour que le gaz qui circule au sein de la voie de
- 30 dérivation (41) passe de l'état liquide à l'état vapeur ou supercritique.

- 12- Système d'alimentation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le premier échangeur de chaleur (6) est configuré pour condenser le gaz circulant au sein de la ligne de retour (14).
- 5 13- Système d'alimentation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le deuxième échangeur de chaleur (7) est configuré pour pré-refroidir le gaz circulant au sein de la ligne de retour (14).
- 10 14- Système d'alimentation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la ligne de retour (14) comprend une zone de divergence (53) divisant la ligne de retour (14) en une première section (51) et en une deuxième section (52) s'étendant toutes deux de la zone de divergence (53) jusqu'à la cuve (8), le premier échangeur de chaleur (6) étant configuré pour opérer un échange de chaleur entre le gaz circulant à l'état vapeur dans la première section (51) de la ligne de retour (14) et le gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation (2), la deuxième section (52) contournant le premier échangeur de chaleur (6).
- 15 15- Système d'alimentation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une ligne d'alimentation auxiliaire (16) connectée au premier circuit d'alimentation (2), en amont du premier échangeur de chaleur (6), et s'étendant jusqu'au deuxième circuit d'alimentation (3), en aval du compresseur (13), le système d'alimentation (1) comprenant un évaporateur basse pression (17) configuré pour
- 20 évaporer le gaz circulant dans la ligne d'alimentation auxiliaire (16).
- 16- Ouvrage flottant (20) de stockage et/ou de transport de gaz à l'état liquide, comprenant au moins une cuve (8) contenant du gaz à l'état liquide, au moins un appareil consommateur de gaz à haute pression (4), au moins un appareil consommateur de gaz à basse pression (5) et au moins un système d'alimentation (1) en gaz de ces
- 25 appareils selon l'une quelconque des revendications précédentes.
- 17- Système pour charger ou décharger un gaz liquide qui combine au moins une installation à terre et/ou portuaire (27) et au moins un ouvrage flottant (20) de stockage et/ou de transport de gaz liquide selon la revendication précédente.
- 18- Procédé de chargement ou de déchargement d'un gaz liquide d'un ouvrage
- 30 flottant (20) de stockage et/ou de transport de gaz selon la revendication 16, dans lequel

des canalisations (23) de chargement et/ou de déchargement de gaz à l'état liquide disposées sur un pont supérieur de l'ouvrage flottant (20) peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriés, à un terminal maritime ou portuaire afin de transférer le gaz à l'état liquide depuis ou vers la cuve (8).