

DESCRIPTION**Titre de l'invention : Circuit de refroidissement pour système d'alimentation et de refroidissement d'un gaz**

La présente invention se rapporte au domaine des systèmes d'alimentation et de refroidissement de gaz au sein d'une cuve d'un ouvrage flottant et porte plus particulièrement sur un circuit de refroidissement intégré au sein de tels systèmes d'alimentation et de refroidissement.

Au cours d'un trajet effectué par un ouvrage flottant comprenant une cuve de gaz à l'état liquide destiné à être livré vers un point de destination, ledit ouvrage flottant 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. Parallèlement à cela, il est nécessaire de conserver la pression au sein de la cuve à un niveau acceptable, notamment en maintenant la cargaison de gaz à l'état liquide à une température adéquate.

A ce titre, il est connu d'utiliser un circuit d'alimentation permettant d'aspirer le gaz s'étant évaporé, puis de comprimer celui-ci afin d'alimenter le ou les moteurs. D'une manière parallèle ou alternative, la pression au sein de la cuve peut être abaissée grâce à un circuit de refroidissement permettant de mettre en circulation un fluide réfrigérant afin de reliquéfier une fraction du gaz s'étant évaporé au sein de la cuve.

Afin de mettre en œuvre un refroidissement du gaz contenu dans la cuve, et ainsi de gérer la pression de celle-ci de manière optimale, le fluide réfrigérant doit circuler dans le circuit de refroidissement en quantité définie. Le fluide réfrigérant circulant à travers différents modules de compression ou de détente, il arrive que ledit fluide fuît à travers les jointures ou paliers de ceux-ci. La quantité de fluide réfrigérant circulant dans le circuit de refroidissement peut donc diminuer au cours du temps, et ce jusqu'à ce qu'il ne reste plus assez de fluide réfrigérant pour opérer un refroidissement efficace du gaz contenu dans la cuve. A l'inverse, une trop grande quantité de fluide réfrigérant circulant dans le circuit de refroidissement entraîne une hausse de la pression au sein du circuit, nuisant ainsi à son bon fonctionnement.

- La présente invention permet de réguler la quantité de fluide réfrigérant présent dans le circuit de refroidissement en proposant un circuit de refroidissement pour système d'alimentation et de refroidissement d'un gaz d'un ouvrage flottant comprenant au moins une cuve configurée pour contenir le gaz à l'état liquide, le circuit de
- 5 refroidissement étant parcouru par un fluide réfrigérant destiné à abaisser la température du gaz à l'état liquide contenu dans la cuve, le circuit de refroidissement comprenant une boucle principale comportant :
- au moins un dispositif de compression assurant la compression du fluide réfrigérant,
 - 10 - au moins un échangeur thermique configuré pour opérer un échange de chaleur entre le fluide réfrigérant et le gaz contenu dans la cuve,
 - au moins un échangeur de chaleur interne comprenant une première passe où circule le fluide réfrigérant à une première pression et une deuxième passe où circule le fluide réfrigérant à une deuxième pression inférieure à la première pression, la première
 - 15 passe étant disposée en aval du dispositif de compression et en amont de l'échangeur thermique, la deuxième passe étant disposée en aval de l'échangeur thermique et en amont du dispositif de compression,
 - au moins un turbocompresseur pourvu d'un organe de compression disposé entre le dispositif de compression et la première passe de l'échangeur de chaleur interne
 - 20 et une turbine disposée entre la première passe de l'échangeur de chaleur interne et l'échangeur thermique, l'organe de compression et la turbine étant liés en rotation par un arbre,
- caractérisé en ce que le circuit de refroidissement comprend une branche de régulation connectée à la boucle principale, la branche de régulation comprenant au moins une
- 25 vanne configurée pour contrôler une circulation de fluide réfrigérant au sein de la branche de régulation, la boucle principale comprenant au moins un capteur de pression, la vanne contrôlant une quantité de fluide réfrigérant présent dans la boucle principale en fonction de la pression mesurée par le capteur de pression.

Grâce à la branche de régulation, la quantité de fluide réfrigérant est toujours contrôlée dans la boucle principale. Le circuit de refroidissement selon l'invention permet d'ajouter du fluide réfrigérant dans la boucle principale si la quantité initiale n'est pas suffisante pour opérer un refroidissement efficace, ou bien d'en enlever si le fluide

5 réfrigérant est présent en quantité trop excessive dans la boucle principale. La quantité de fluide réfrigérant est déterminée en temps réel grâce à la mesure de pression au sein de la boucle principale par le capteur de pression.

Le dispositif de compression du circuit de refroidissement est chargé de la mise en circulation du fluide réfrigérant au sein de la boucle principale. Le dispositif de

10 compression permet également de comprimer le fluide réfrigérant et de ce fait d'augmenter sa température. Le fluide réfrigérant, au cours de sa circulation, reste en permanence à l'état gazeux afin de ne pas endommager le dispositif de compression ou le turbocompresseur.

L'organe de compression et la turbine, de par leur liaison mécanique, sont entraînés en

15 rotation l'un avec l'autre. La turbine est entraînée en rotation et entraîne ainsi en rotation l'arbre, qui lui-même entraîne l'organe de compression en rotation. Le fluide réfrigérant est donc dans un premier temps comprimé par l'organe de compression. Le fluide réfrigérant traverse ensuite la première passe de l'échangeur de chaleur interne, puis est détendu en passant à travers la turbine. Le turbocompresseur est mis en rotation

20 à l'aide d'un organe d'entraînement. Tel qu'évoqué précédemment, ce dernier peut entraîner directement la turbine en rotation, mais ledit organe d'entraînement peut également entraîner directement l'organe de compression en rotation.

Il est à noter que l'arbre ne relie que la turbine à l'organe de compression du turbocompresseur. Le dispositif de compression est distinct du turbocompresseur et n'est

25 donc pas relié à l'arbre de quelque manière que ce soit. En d'autres termes, le dispositif de compression comprend son propre organe d'entraînement et le turbocompresseur comprend son propre organe d'entraînement, et ces organes d'entraînement sont séparés l'un de l'autre. Une telle configuration permet au dispositif de compression et au turbocompresseur de présenter une vitesse de rotation indépendante l'une de l'autre. Il

est ainsi possible de réguler le débit de fluide réfrigérant via le dispositif de compression indépendamment de la pression mise en œuvre par l'organe de compression sur le fluide réfrigérant.

5 En étant détendu, le fluide réfrigérant est donc à basse pression et à basse température en sortie de la turbine, et traverse ensuite l'échangeur thermique. L'échangeur thermique est également traversé par le gaz provenant de la cuve. Ce dernier étant à une température plus élevée que la température du fluide réfrigérant, le gaz provenant de la cuve est donc refroidi par le fluide réfrigérant. L'échangeur thermique permet donc par exemple d'abaisser la température du gaz à l'état liquide présent dans la cuve afin d'éviter une
10 surpression au sein de celle-ci.

En sortie de l'échangeur thermique, le fluide réfrigérant circule au sein de la deuxième passe de l'échangeur de chaleur interne. Ce dernier assure donc un échange de chaleur entre le fluide réfrigérant à une première pression circulant dans la première passe et le fluide réfrigérant à une deuxième pression circulant dans la deuxième passe. L'échange
15 de chaleur est donc intrinsèque à la boucle principale et permet de gérer l'équilibre thermodynamique au sein de la boucle principale.

Le branche de régulation comprend une extrémité connectée à la boucle principale afin d'assurer une connexion fluïdique avec celle-ci. La branche de régulation peut par exemple s'étendre jusqu'à un réservoir de fluide réfrigérant et/ou à une sortie vers
20 l'atmosphère. Lorsqu'il est nécessaire d'augmenter ou de diminuer la quantité de fluide réfrigérant au sein de la boucle principale, la vanne s'ouvre afin de faire circuler le fluide réfrigérant respectivement du réservoir de fluide réfrigérant vers la boucle principale, ou de la boucle principale vers le réservoir de fluide réfrigérant ou vers l'atmosphère. La vanne est en position fermée lorsque la quantité de fluide réfrigérant dans la boucle
25 principale est acceptable pour répondre aux besoins de refroidissement du gaz contenu dans la cuve.

Le capteur de pression est préférentiellement configuré pour relever la pression du fluide réfrigérant au sein de la boucle principale, et ce afin d'en déduire la quantité de fluide réfrigérant. Une pression trop élevée est significative d'une trop grande quantité de

fluide réfrigérant au sein de la boucle principale. A l'inverse une pression trop faible est significative d'une quantité trop faible de fluide réfrigérant au sein de la boucle principale.

5 Selon une caractéristique de l'invention, la vanne est configurée pour autoriser la sortie de fluide réfrigérant hors de la boucle principale via la branche de régulation lorsque la pression mesurée par le capteur de pression est supérieure à un premier seuil de pression. Le premier seuil de pression correspond à une valeur de pression maximale au-delà de laquelle le circuit de refroidissement ne fonctionne plus de manière optimale. Lorsque ce premier seuil de pression est dépassé, la vanne s'ouvre afin qu'une quantité de fluide
10 réfrigérant circule hors de la boucle principale via la branche de régulation et soit envoyée vers l'atmosphère ou vers le réservoir de fluide réfrigérant pour y être stockée. L'ouverture de la vanne peut par exemple résulter de la réception d'un signal émis par le capteur de pression suite au dépassement du premier seuil de pression.

15 Une fois la pression mesurée du fluide réfrigérant redescendue sous le premier seuil de pression, le circuit de fluide réfrigérant fonctionne de nouveau de manière optimale. La vanne est alors refermée afin d'éviter la sortie de davantage de fluide réfrigérant hors de la boucle principale.

20 Selon une caractéristique de l'invention, la vanne est configurée pour autoriser l'entrée de fluide réfrigérant au sein de la boucle principale via la branche de régulation lorsque la pression mesurée par le capteur de pression est inférieure à un deuxième seuil de pression, le deuxième seuil de pression étant inférieur au premier seuil de pression. Le deuxième seuil de pression correspond à une valeur de pression minimale sous laquelle le circuit de refroidissement ne fonctionne plus de manière optimale. Une pression trop faible signifie qu'il n'y a pas assez de fluide réfrigérant pour assurer les besoins de
25 refroidissement du gaz contenu dans la cuve. Ce manque de fluide réfrigérant peut par exemple résulter d'une fuite du fluide réfrigérant à travers les jointures du dispositif de compression, du turbocompresseur ou de la turbine. Le capteur de pression peut alors envoyer un signal à la vanne de la branche de régulation pour que ladite vanne s'ouvre afin de permettre l'ajout d'une quantité de fluide réfrigérant au sein de la boucle

principale. Le fluide réfrigérant stocké dans le réservoir de fluide réfrigérant circule alors au sein de la branche de régulation afin de rejoindre la boucle principale.

Une fois la pression mesurée du fluide réfrigérant remontée au-dessus du deuxième seuil de pression, le circuit de fluide réfrigérant fonctionne de nouveau de manière optimale.

5 La vanne est alors refermée afin d'éviter l'entrée de davantage de fluide réfrigérant au sein de la boucle principale.

Selon une caractéristique de l'invention, la branche de régulation est connectée à la boucle principale en aval du dispositif de compression et en amont de l'organe de compression du turbocompresseur, le capteur de pression étant configuré pour relever la
10 pression au sein de la boucle principale entre le dispositif de compression et l'organe de compression du turbocompresseur. D'une manière préférentielle, la mesure de la pression est effectuée sur une même section de la boucle principale que la connexion
fluidique entre la boucle principale et la branche de régulation.

Au niveau de la section entre le dispositif de compression et l'organe de compression, le
15 fluide réfrigérant circule à haute pression, ce qui facilite la sortie de fluide réfrigérant hors de la boucle principale. L'entrée de fluide réfrigérant est toutefois également possible.

Selon une caractéristique de l'invention, la branche de régulation est connectée à la boucle principale en aval de la deuxième passe de l'échangeur de chaleur interne et en
20 amont du dispositif de compression, le capteur de pression étant configuré pour relever la pression au sein de la boucle principale entre la deuxième passe de l'échangeur de chaleur interne et le dispositif de compression. Au sein de la section entre la deuxième
passe de l'échangeur de chaleur interne et le dispositif de compression, le fluide réfrigérant circule à basse pression, car ladite section se situe en aval de la turbine du
25 turbocompresseur et en amont du dispositif de compression. La circulation de fluide réfrigérant à basse pression favorise l'entrée de davantage de fluide réfrigérant au sein de la boucle principale mais la sortie de fluide réfrigérant y est également possible.

Selon une caractéristique de l'invention, la branche de régulation est une première branche de régulation connectée à la boucle principale en aval du dispositif de

- compression et en amont de l'organe de compression du turbocompresseur, le circuit de refroidissement comprenant une deuxième branche de régulation connectée à la boucle principale en aval de la deuxième passe de l'échangeur de chaleur interne et en amont du dispositif de compression, la boucle principale comprenant un premier capteur de
- 5 pression configuré pour relever la pression au sein de la boucle principale entre le dispositif de compression et l'organe de compression du turbocompresseur et un deuxième capteur de pression configuré pour relever la pression au sein de la boucle principale entre la deuxième passe de l'échangeur de chaleur interne et le dispositif de compression.
- 10 Autrement dit, deux sections différentes de la boucle principale du circuit de refroidissement comprennent chacune une branche de régulation. Le circuit de refroidissement peut ainsi être configuré pour comprendre une branche de régulation dédiée à l'entrée de fluide réfrigérant et une branche de régulation dédiée à la sortie de fluide réfrigérant. Chacune des deux branches de régulation peut également contrôler
- 15 l'entrée et la sortie de fluide réfrigérant, respectivement au sein et hors de la boucle principale. Le circuit de refroidissement peut également comprendre deux capteurs de pression, chacun étant configuré pour mesurer une pression du fluide réfrigérant au niveau d'une section de la boucle principale où sont connectées chacune des branches de régulation. La présence de deux capteurs de pression permet par ailleurs de procéder à
- 20 deux vérifications afin de déterminer si l'un des seuils de pression a été franchi.
- Selon une caractéristique de l'invention, la première branche de régulation contrôle une sortie de fluide réfrigérant hors de la boucle principale et la deuxième branche de régulation contrôle une entrée du fluide réfrigérant au sein de la boucle principale. La première branche de régulation est disposée à une section haute pression de la boucle
- 25 principale tandis que la deuxième branche de régulation est disposée à une section basse pression de la boucle principale. En termes de différentiel de pression, il est plus aisé de contrôler la sortie de fluide réfrigérant au niveau d'une section haute pression de la boucle principale et l'entrée de fluide réfrigérant au niveau d'une section basse pression de la boucle principale.

Selon une caractéristique de l'invention, la première branche de régulation contrôle une entrée de fluide réfrigérant au sein de la boucle principale et la deuxième branche de régulation contrôle une sortie du fluide réfrigérant hors de la boucle principale. Il est en effet possible d'invertir l'entrée et la sortie de fluide réfrigérant de manière
5 indépendante au différentiel de pression, si le besoin s'en fait ressentir, par exemple pour des raisons d'aménagement du réservoir de fluide réfrigérant et/ou de la sortie vers l'atmosphère.

Selon une caractéristique de l'invention, le circuit de refroidissement comprend un échangeur additionnel, disposé entre l'organe de compression du turbocompresseur et la
10 première passe de l'échangeur de chaleur interne, l'échangeur additionnel étant configuré pour refroidir le fluide réfrigérant. Le refroidissement du fluide réfrigérant assure une meilleure détente de celui-ci par la turbine et vise ainsi à améliorer les performances du refroidissement du gaz contenu dans la cuve. Le fluide réfrigérant étant à haute pression et à haute température avant de traverser l'échangeur additionnel, le
15 refroidissement du fluide réfrigérant au sein de celui-ci peut se faire avec un fluide tiers tel que de l'eau de mer.

Selon une caractéristique de l'invention, le fluide réfrigérant peut être du diazote. Le diazote est régulièrement utilisé comme fluide réfrigérant et est compatible avec le circuit de refroidissement selon l'invention. Par ailleurs l'azote est un fluide facilement
20 accessible dans l'éventualité où l'ouvrage flottant est un navire pourvu de générateurs d'azote. Il est alors plus aisé et moins coûteux d'établir une connexion entre lesdits générateurs d'azote et une ou plusieurs branches de régulation du circuit de refroidissement.

L'invention couvre également un système d'alimentation et de refroidissement de gaz
25 d'un ouvrage flottant comprenant au moins une cuve configurée pour contenir le gaz à l'état liquide, un circuit d'alimentation destiné à être parcouru par du gaz provenant de la cuve et configuré pour alimenter en gaz au moins un appareil consommateur de gaz qui équipe l'ouvrage flottant, caractérisé en ce que le système d'alimentation et de refroidissement comprend un circuit de refroidissement tel que décrit précédemment.

Lors du transport d'une cargaison de gaz sous forme liquide, ce dernier peut partiellement se vaporiser au sein de la cuve, de manière naturelle ou de manière provoquée afin d'alimenter l'appareil consommateur de gaz. Afin d'abaisser la pression interne de la cuve, le gaz à l'état vapeur peut soit être évacué via le circuit d'alimentation, 5 soit être recondensé de manière indirecte via le circuit de refroidissement, tel que décrit précédemment. L'appareil consommateur de gaz relié à la cuve par le circuit d'alimentation peut par exemple être un moteur assurant la propulsion de l'ouvrage flottant ou un générateur alimentant l'ouvrage flottant en énergie électrique.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront encore au travers de la 10 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 :

[fig 1] représente un circuit de refroidissement selon l'invention comprenant une 15 branche de régulation d'un fluide réfrigérant circulant dans ledit circuit de refroidissement,

[fig 2] représente le circuit de refroidissement selon l'invention comprenant deux branches de régulation,

[fig 3] représente un premier mode de réalisation d'un système d'alimentation et de refroidissement de gaz comprenant le circuit de refroidissement,

20 [fig 4] représente un deuxième mode de réalisation du système d'alimentation et de refroidissement de gaz comprenant le circuit de refroidissement.

La figure 1 représente un circuit de refroidissement 4 pouvant être intégré au sein d'un système d'alimentation et de refroidissement d'un ouvrage flottant transportant et/ou stockant du gaz à l'état liquide et comprenant une cuve contenant ledit gaz et qui n'est 25 ici pas représentée.

Le circuit de refroidissement 4 comprend une boucle principale 22 au sein de laquelle circule un fluide réfrigérant, par exemple du diazote. La boucle principale 22 comprend un dispositif de compression 10, un turbocompresseur 13, un échangeur de chaleur

interne 18, un échangeur thermique 17 et un échangeur additionnel 38. L'objectif du circuit de refroidissement 4 est de faire circuler le fluide réfrigérant au sein de la boucle principale 22 de sorte à ce que celui-ci traverse l'échangeur thermique 17 à basse température. L'échangeur thermique 17 est également traversé par du gaz à l'état liquide circulant au sein d'un circuit de gaz à l'état liquide 8 partiellement représenté sur la figure 1. Tel que cela sera décrit en détails par la suite, le circuit de gaz à l'état liquide 8 permet la circulation de gaz à l'état liquide provenant de la cuve jusqu'à l'échangeur thermique 17. Le gaz à l'état liquide retourne ensuite dans la cuve après avoir traversé ledit échangeur thermique 17. Le fluide réfrigérant refroidit ainsi le gaz provenant de la cuve au sein de l'échangeur thermique 17. Le gaz à l'état liquide pompé dans la cuve est donc davantage refroidi par le fluide réfrigérant dans l'échangeur thermique 17 puis est renvoyé dans la cuve afin d'abaisser la température moyenne de celle-ci et ainsi de permettre la condensation du gaz évaporé et de gérer la pression interne de la cuve.

Le dispositif de compression 10 est chargé de mettre en circulation le fluide réfrigérant et de le comprimer à haute pression et à haute température. Le fluide circule ensuite jusqu'au turbocompresseur 13. Le turbocompresseur 13 comprend un organe de compression 14 et une turbine 15 mécaniquement reliés l'un à l'autre par un arbre 16. Ce dernier ne relie que l'organe de compression 14 à la turbine 15, le dispositif de compression 10 n'étant quant à lui pas relié à l'arbre 16. Cette configuration permet ainsi de mettre en rotation le dispositif de compression 10 et l'organe de compression 14 à une vitesse de rotation différente l'une de l'autre.

L'organe de compression 14 est disposé en amont d'une première passe 23 de l'échangeur de chaleur interne 18 tandis que la turbine 15 est disposée en aval de cette même première passe 23 de l'échangeur de chaleur 18. Selon l'exemple de la figure 1, la turbine 15 est mise en rotation par un organe d'entraînement, et entraîne ainsi l'arbre 16, qui lui-même entraîne l'organe de compression 14. Selon un autre exemple, l'organe d'entraînement peut mettre en rotation l'organe de compression 14 qui entraîne ainsi l'arbre 16, qui lui-même entraîne la turbine 15. L'échangeur additionnel 38 est quant à

lui interposé entre l'organe de compression 14 et la première passe 23 de l'échangeur de chaleur interne 18.

Le fluide réfrigérant est donc dans un premier temps comprimé par l'organe de compression 14 puis traverse l'échangeur additionnel 38 où il est refroidi par un fluide tiers, par exemple de l'eau de mer. Le refroidissement via l'échangeur additionnel 38 permet par la suite une détente plus efficace par la turbine 15. Le fluide réfrigérant traverse ensuite la première passe 23 de l'échangeur de chaleur interne 18 puis est par la suite détendu par la turbine 15. La détente permet une diminution de la température du fluide réfrigérant qui circule à travers l'échangeur thermique 17 à basse température afin de refroidir le gaz à l'état liquide provenant de la cuve, tel que décrit précédemment.

En sortie de l'échangeur thermique 17, le fluide réfrigérant traverse ensuite une deuxième passe 24 de l'échangeur de chaleur interne 18. Il s'opère donc un échange de chaleur entre le fluide réfrigérant circulant à une première pression au sein de la première passe 23 de l'échangeur de chaleur interne 18 et le fluide réfrigérant circulant à une deuxième pression inférieure à la première pression au sein de la deuxième passe 24 de l'échangeur de chaleur interne 18 afin de réguler la température de fluide réfrigérant circulant dans le circuit de refroidissement 4.

Au cours du fonctionnement du circuit de refroidissement, il est possible que le fluide réfrigérant circulant dans la boucle principale 22 soit présent en trop grande quantité ou en quantité trop faible, ce qui peut nuire au fonctionnement du circuit de refroidissement 3 et/ou à ses performances de refroidissement. La surveillance de la quantité de fluide réfrigérant dans la boucle principale 22 est assurée par un capteur de pression 27 disposé sur la boucle principale 22 et mesurant la pression du fluide réfrigérant en temps réel. La mesure de la pression est significative de la quantité de fluide réfrigérant présent dans la boucle principale 22, une pression trop élevée étant relative à un excès de fluide réfrigérant et une pression trop faible étant relative à une quantité trop faible de fluide réfrigérant.

Par ailleurs, afin d'ajuster la quantité de fluide réfrigérant circulant dans la boucle principale 22, le circuit de refroidissement 4 comprend une branche de régulation 25

connectée à la boucle principale 22. La branche de régulation 25 comprend une vanne 26 et s'étend jusqu'à un réservoir de fluide réfrigérant 28 et éventuellement à une sortie 29 vers l'atmosphère. En cas de quantité de fluide réfrigérant non conforme pour une performance optimale de refroidissement, la vanne 26 peut être ouverte pour entraîner
5 une circulation de fluide réfrigérant dans la branche de régulation 25 afin d'augmenter ou de diminuer la quantité de fluide réfrigérant dans la boucle principale 22.

Si le fluide réfrigérant est présent en excès dans la boucle principale 22, la vanne 26 s'ouvre afin qu'une quantité donnée de fluide réfrigérant sorte de la boucle principale 22 et circule dans la branche de régulation 25 jusqu'au réservoir de fluide réfrigérant 28 ou
10 à la sortie 29 vers l'atmosphère.

Si le fluide réfrigérant est présent en trop faible quantité dans la boucle principale 22, par exemple suite à un excès de fluide réfrigérant s'échappant par les jointures du dispositif de compression 10 ou du turbocompresseur 13, la vanne 26 s'ouvre afin qu'une quantité donnée de fluide réfrigérant provenant du réservoir de fluide réfrigérant
15 28 circule dans la branche de régulation 25 jusqu'à la boucle principale 22.

Dans les deux cas précédemment décrits, la vanne 26 se referme une fois que la quantité de fluide réfrigérant présent dans la boucle principale 22 a atteint une quantité optimale permettant de maximiser les performances du circuit de refroidissement 4.

L'ouverture et la fermeture de la vanne 26 peut dépendre d'un signal émis par le capteur de pression 27. Ce dernier peut ainsi être paramétré pour détecter si la pression mesurée
20 du fluide réfrigérant dépasse un premier seuil de pression, significatif d'un excès de fluide réfrigérant dans la boucle principale 22, afin d'envoyer un signal assurant l'ouverture de la vanne 26 et la sortie de fluide réfrigérant.

Le capteur de pression 27 peut également détecter si la pression mesurée du fluide réfrigérant est inférieure à un deuxième seuil de pression, lui-même inférieur au premier
25 seuil de pression. Dans cette configuration, cela signifie que le fluide réfrigérant n'est pas présent en quantité suffisante dans la boucle principale 22. Le capteur de pression 27 peut alors envoyer un signal assurant l'ouverture de la vanne 26 et l'entrée de fluide

réfrigérant au sein de la boucle principal 22, en provenance du réservoir de fluide réfrigérant 28.

5 D'une manière préférentielle, la branche de régulation 25 est connectée à une même section que celle où la pression du fluide réfrigérant est mesurée par le capteur de pression 27. Sur la figure 1, le capteur de pression 27 et la branche de régulation 25 sont positionnés entre le dispositif de compression 10 et l'organe de compression 14 du turbocompresseur 13. Le circuit de refroidissement 4 selon l'invention permet ainsi d'ajuster la quantité de fluide réfrigérant circulant dans la boucle principale 22 de manière à opérer un refroidissement optimal du gaz contenu dans la cuve grâce à l'échange de chaleur se déroulant dans l'échangeur thermique 17.

10 La figure 2 représente le circuit de refroidissement 4 mais avec deux branches de régulation 25. Il s'agit de la seule différence structurelle avec le circuit de refroidissement 4 illustré en figure 1. On se reportera donc à la description de celle-ci concernant l'ensemble des éléments communs aux deux représentations du circuit de refroidissement 4 selon l'invention.

15 Le circuit de refroidissement 4 représenté en figure 2 comprend ainsi une première branche de régulation 71 et une deuxième branche de régulation 72. Chacune de ces branches de régulation 25 comprend sa propre vanne 26, à savoir une première vanne 73 positionnée sur la première branche de régulation 71 et une deuxième vanne 74 positionnée sur la deuxième branche de régulation 72. La deuxième branche de régulation 72 est agencée au niveau d'une section basse pression de la boucle principale 22, plus précisément entre la deuxième passe 24 de l'échangeur de chaleur interne 18 et le dispositif de compression 10. La première branche de régulation 71 est quant à elle positionnée sur la même section que la branche de régulation 25 illustrée en figure 1. Il est à noter que lorsque le circuit de refroidissement 4 ne comporte qu'une seule branche de régulation 25, celle-ci peut également être positionnée sur la section de la boucle principale 22 où est disposée la deuxième branche de régulation 72 illustrée en figure 2 et assurer à elle seule l'entrée et/ou la sortie de fluide réfrigérant au sein ou hors de la boucle principale 22.

Le circuit de refroidissement 4 possède également deux capteurs de pression 27, dont un premier capteur de pression 75 mesurant la pression du fluide réfrigérant entre le dispositif de compression 10 et l'organe de compression 14 du turbocompresseur 13, et un deuxième capteur de pression 76 mesurant la pression du fluide réfrigérant entre la deuxième passe 24 de l'échangeur de chaleur interne 18 et le dispositif de compression 10. Le fait d'avoir deux capteurs de pression 27 permet de mieux contrôler la mesure de la pression du fluide réfrigérant au cours de temps et de vérifier si l'un des deux seuils de pression décrit précédemment sont franchis.

Sur la figure 2, la première branche de régulation 71 s'étend jusqu'à la sortie 29 vers l'atmosphère, tandis que la deuxième branche de régulation 72 s'étend jusqu'au réservoir de fluide réfrigérant 28. On comprend ainsi que la première branche de régulation 71 est dédiée à une éventuelle sortie de fluide réfrigérant hors de la boucle principale 22 alors que la deuxième branche de régulation 72 est dédiée à une éventuelle entrée de fluide réfrigérant au sein de la boucle principale 22. Cette configuration est avantageuse en ce qu'il est plus aisé d'évacuer le fluide réfrigérant hors de la boucle principale 22 lorsque celui-ci est à haute pression. Il est également plus aisé de faire entrer du fluide réfrigérant au sein de la boucle principale 22 lorsque le fluide réfrigérant circulant au sein de cette dernière est à basse pression. L'ouverture et la fermeture des vannes 26 fonctionne de manière identique à ce qui a été décrit en figure 1, en étant dépendantes de la pression du fluide réfrigérant mesurée par chacun des capteurs de pression 27.

La figure 3 représente un premier mode de réalisation d'un système d'alimentation et de refroidissement 1 comprenant le circuit de refroidissement 4 décrit précédemment. Le système d'alimentation et de refroidissement 1 peut être agencé au sein d'un ouvrage flottant apte à transporter et/ou à stocker du gaz sous forme liquide, par exemple au sein de la cuve 2. Ce gaz est par exemple du gaz naturel ou de l'éthane. Le gaz sous forme liquide est stocké dans la cuve 2 à très basse température. Pour des raisons diverses, par exemple de manière naturelle lors du transport, le gaz sous forme liquide peut partiellement s'évaporer au niveau du ciel 200 de la cuve 2.

Le système d'alimentation et de refroidissement 1 comprend un circuit d'alimentation 3. Ce circuit d'alimentation 3 est configuré pour aspirer le gaz évaporé s'étant formé dans le ciel 200 de la cuve 2. Le gaz peut par la suite être utilisé en tant que carburant pour un premier appareil consommateur de gaz 5 et/ou un deuxième appareil consommateur de gaz 6. A titre d'exemple, le premier appareil consommateur de gaz 5 peut être un moteur permettant la propulsion de l'ouvrage flottant et le deuxième appareil consommateur de gaz 6 peut être un moteur auxiliaire responsable de l'alimentation électrique de l'ouvrage flottant.

Sur la figure 3, il est possible d'observer que le dispositif de compression 10 assurant la mise en circulation du fluide réfrigérant au sein du circuit de refroidissement 4 peut également être utilisé au sein du circuit d'alimentation 3 pour comprimer le gaz évaporé afin d'envoyer celui-ci aux appareils consommateur de gaz. Si ces derniers ne nécessitent pas un apport en énergie via le gaz, celui-ci peut être éliminé, par exemple via un brûleur 7. Le dispositif de compression 10 peut donc être utilisé pour l'un ou l'autre des circuits. Si le fluide réfrigérant est du diazote, celui-ci n'est pas compatible pour l'alimentation des appareils consommateurs de gaz. Afin d'éviter des détériorations de ceux-ci en faisant basculer le dispositif de compression 10 du circuit de refroidissement 4 au circuit d'alimentation 3, le circuit de refroidissement 4 peut être purgé afin d'évacuer totalement le diazote, par exemple grâce aux branches de régulation 25, et ce avant d'utiliser le dispositif de compression 10 pour alimenter les appareils consommateur de gaz.

Afin d'isoler le dispositif de compression 10 au sein du circuit d'alimentation 3 ou au sein du circuit de refroidissement 4, le système d'alimentation et de refroidissement 1 comprend un agencement de valves. Ainsi, une première valve 41 est disposée sur le circuit d'alimentation 3 en amont du dispositif de compression 10 et de la connexion au circuit de refroidissement 4, une deuxième valve 42 est disposée sur le circuit d'alimentation 3 en aval du dispositif de compression 10 et de la connexion au circuit de refroidissement 4, une troisième valve 43 est disposée sur le circuit de refroidissement 4 en aval du dispositif de compression 10 et de la connexion au circuit d'alimentation 3, et

une quatrième valve 44 est disposée sur le circuit de refroidissement 4 en amont du dispositif de compression 10 et de la connexion au circuit d'alimentation 3.

5 Ainsi, lorsque la première valve 41 et la deuxième valve 42 sont en position ouverte et que la troisième valve 43 et la quatrième valve 44 sont en position fermée, le dispositif de compression 10 est intégré au circuit d'alimentation 3 dans le but de comprimer le gaz pour alimenter les appareils consommateur de gaz.

10 Lorsque la première valve 41 et la deuxième valve 42 sont en position fermée et que la troisième valve 43 et la quatrième valve 44 sont en position ouverte, le dispositif de compression 10 est intégré au circuit de refroidissement 4 dans le but de comprimer le fluide réfrigérant pour refroidir le gaz contenu dans la cuve 2.

15 Le système d'alimentation et de refroidissement 1 comprend également le circuit de gaz à l'état liquide 8 évoqué précédemment, au sein duquel circule du gaz à l'état liquide provenant de la cuve 2 et traversant l'échangeur thermique 17. Le circuit de gaz à l'état liquide 8 permet la condensation du gaz s'étant évaporé dans le ciel 200 de la cuve 2 et participe ainsi à la gestion de la pression de la cuve.

20 Le gaz à l'état liquide de la cuve 2 est aspiré au sein du circuit de gaz à l'état liquide 8 par le biais d'une pompe 19. Le gaz à l'état liquide circule ensuite jusqu'à traverser l'échangeur thermique 17. On comprend ainsi que l'échange de chaleur opéré au sein de l'échangeur thermique 17 est effectué entre le fluide réfrigérant circulant dans le circuit de refroidissement 4 et le gaz à l'état liquide circulant dans le circuit de gaz à l'état liquide 8. Le gaz à l'état liquide sort ainsi refroidi de l'échangeur thermique 17.

25 Après avoir été refroidi, le gaz à l'état liquide peut retourner en partie inférieure de la cuve 2 via un orifice de sortie 21. Une telle opération participe à baisser la température moyenne de la cuve 2, ce qui entraîne une baisse de la pression de saturation de la cuve 2 et ainsi une baisse de la pression dans la cuve 2.

Le gaz à l'état liquide refroidi peut également être pulvérisé sous la forme de spray dans le ciel 200 de la cuve 2. Pour ce faire, le circuit de gaz à l'état liquide comprend un organe de pulvérisation 20 assurant la pulvérisation du gaz à l'état liquide. La

pulvérisation du gaz à l'état liquide permet de condenser le gaz s'étant évaporé dans le ciel 200 de la cuve 2. La condensation du gaz diminue ainsi la quantité de gaz évaporé, ce qui entraîne donc une baisse de la pression interne de la cuve 2. Afin d'autoriser ou non la circulation du gaz à l'état liquide, le circuit de gaz à l'état liquide 8 comprend une
5 valve additionnelle 51.

Le circuit de refroidissement 4, plus particulièrement les branches de régulation 25 de celui-ci, est structurellement et fonctionnellement identique à ce qui a été décrit en figures 1 et 2. On se reportera donc à la description de ces figures pour le fonctionnement des branches de régulation 25.

10 La figure 4 représente un deuxième mode de réalisation du système d'alimentation et de refroidissement 1. Ce deuxième mode de réalisation se distingue du premier mode de réalisation notamment en ce qu'il comprend un premier dispositif de compression 11 et un deuxième dispositif de compression 12. Le premier dispositif de compression 11 est installé au niveau du circuit d'alimentation 3 tandis que le deuxième dispositif de
15 compression 12 est installé au sein du circuit de refroidissement 4. La fonction des deux dispositifs de compression n'est toutefois pas définie par leur emplacement, tel que cela sera décrit en détails par la suite.

La présence de deux dispositifs de compression permet par ailleurs de mettre en place une redondance au sein du système d'alimentation et de refroidissement 1. Ainsi, par
20 exemple si l'un des dispositifs de compression tombe en panne, l'autre dispositif de compression peut toujours assurer sa fonction et maintenir le système d'alimentation et de refroidissement 1 opérationnel.

Le circuit d'alimentation 3 et le circuit de refroidissement 4 comprennent tous deux une pluralité de valves permettant l'accès à chacun des circuits à chacun des dispositifs de
25 compression afin que ces derniers puissent tous deux répondre au besoin d'alimentation en gaz des appareils consommateurs de gaz ou au besoin d'alimentation en fluide réfrigérant du circuit de refroidissement. Ainsi, en plus des quatre valves déjà retrouvées dans le premier mode de réalisation, le deuxième mode de réalisation du système d'alimentation et de refroidissement 1 comprend une cinquième valve 45, une sixième

valve 46, une septième valve 47, une huitième valve 48, une neuvième valve 49 et une dixième valve 50.

La cinquième valve 45 et la sixième valve 46 permettent la connexion du premier dispositif de compression 11 au circuit de refroidissement 4 ou bien la connexion du deuxième dispositif de compression 12 au circuit d'alimentation 3 en fonction de la configuration du système d'alimentation et de refroidissement 1.

La septième valve 47 et la huitième valve 48 sont installées de part et d'autre du premier dispositif de compression 11 et permettent d'isoler celui-ci lorsqu'elles sont en position fermées. La fermeture de ces valves est utile en cas de panne du premier dispositif de compression 11. La neuvième valve 49 et de la dixième valve 50 permettent quant à elles d'isoler le deuxième dispositif de compression 12 du reste du système d'alimentation et de refroidissement 1.

L'ensemble de valves permet ainsi de dédier un dispositif de compression à chacun des circuits, ou bien de dédier les deux dispositifs de compression au circuit d'alimentation 3 ou au circuit de refroidissement 4. Le fait de dédier un dispositif de compression à chacun des circuits permet de faire fonctionner simultanément le circuit d'alimentation 3 afin d'alimenter en gaz les appareils consommateur de gaz et le circuit de refroidissement 4 afin de refroidir le gaz contenu dans la cuve 2 grâce au fluide réfrigérant. Lorsque les deux dispositifs de compression sont dédiés à seulement l'un ou l'autre de ces circuits, seule l'une des fonctions suscitées est assurée.

Tout comme pour le premier mode de réalisation, dans l'hypothèse où le fluide réfrigérant est du diazote, et afin d'éviter des détériorations des appareils consommateur de gaz en faisant basculer le premier dispositif de compression 11 et/ou le deuxième dispositif de compression 12 du circuit de refroidissement 4 au circuit d'alimentation 3, le circuit de refroidissement 4 peut être purgé afin d'évacuer totalement le diazote, par exemple grâce aux branches de régulation 25, et ce avant d'utiliser le ou les dispositifs de compression pour alimenter les appareils consommateur de gaz.

Le deuxième mode de réalisation se distingue également du premier mode de réalisation en ce que la première branche de régulation 71 est reliée au réservoir de fluide réfrigérant

28 et en ce que la deuxième branche de régulation 72 est reliée à la sortie 29 vers l'atmosphère. Cette configuration peut être mise en œuvre par exemple pour des raisons d'encombrement mécanique ou de contraintes de connexions de canalisations.

5 Le reste du système d'alimentation et de refroidissement 1 est structurellement et/ou fonctionnellement identique à ce qui a été décrit précédemment et on se reportera aux descriptions de la figure 3 concernant les détails structurels et fonctionnels du système d'alimentation et de refroidissement 1, et aux descriptions des figures 1 et 2 concernant les détails structurels et fonctionnels du circuit de refroidissement 4.

10 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 circuit de refroidissement apte à réguler une quantité de fluide réfrigérant circulant au sein dudit circuit de refroidissement afin d'optimiser les performances de refroidissement d'un gaz contenu dans une cuve d'un ouvrage flottant.

15 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 circuit de refroidissement conforme à l'invention.

REVENDEICATIONS

- 1- Circuit de refroidissement (4) pour système d'alimentation et de refroidissement (1) d'un gaz d'un ouvrage flottant comprenant au moins une cuve (2) configurée pour contenir le gaz à l'état liquide, le circuit de refroidissement (4) étant parcouru par un
- 5 fluide réfrigérant destiné à abaisser la température du gaz à l'état liquide contenu dans la cuve (2), le circuit de refroidissement (4) comprenant une boucle principale (22) comportant :
- au moins un dispositif de compression (10) assurant la compression du fluide réfrigérant,
 - 10 - au moins un échangeur thermique (17) configuré pour opérer un échange de chaleur entre le fluide réfrigérant et le gaz contenu dans la cuve (2),
 - au moins un échangeur de chaleur interne (18) comprenant une première passe (23) où circule le fluide réfrigérant à une première pression et une deuxième passe (24) où circule le fluide réfrigérant à une deuxième pression inférieure à la première pression,
 - 15 la première passe (23) étant disposée en aval du dispositif de compression (10) et en amont de l'échangeur thermique (17), la deuxième passe (24) étant disposée en aval de l'échangeur thermique (17) et en amont du dispositif de compression (10),
 - au moins un turbocompresseur (13) pourvu d'un organe de compression (14) disposé entre le dispositif de compression (10) et la première passe (23) de l'échangeur
 - 20 de chaleur interne (18) et une turbine (15) disposée entre la première passe (23) de l'échangeur de chaleur interne (18) et l'échangeur thermique (17), l'organe de compression (14) et la turbine (15) étant liés en rotation par un arbre (16),
- caractérisé en ce que le circuit de refroidissement (4) comprend une branche de régulation (25) connectée à la boucle principale (22), la branche de régulation (25)
- 25 comprenant au moins une vanne (26) configurée pour contrôler une circulation de fluide réfrigérant au sein de la branche de régulation (25), la boucle principale (22) comprenant au moins un capteur de pression (27), la vanne (26) contrôlant une

quantité de fluide réfrigérant présent dans la boucle principale (22) en fonction de la pression mesurée par le capteur de pression (27).

2- Circuit de refroidissement (4) selon la revendication 1, dans lequel la vanne (26) est configurée pour autoriser la sortie de fluide réfrigérant hors de la boucle principale (22) via la branche de régulation (25) lorsque la pression mesurée par le capteur de pression (27) est supérieure à un premier seuil de pression.

3- Circuit de refroidissement (4) selon la revendication précédente, dans lequel la vanne (26) est configurée pour autoriser l'entrée de fluide réfrigérant au sein de la boucle principale (22) via la branche de régulation (25) lorsque la pression mesurée par le capteur de pression (27) est inférieure à un deuxième seuil de pression, le deuxième seuil de pression étant inférieur au premier seuil de pression.

4- Circuit de refroidissement (4) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la branche de régulation (25) est connectée à la boucle principale (22) en aval du dispositif de compression (10) et en amont de l'organe de compression (14) du turbocompresseur (13), le capteur de pression (27) étant configuré pour relever la pression au sein de la boucle principale (22) entre le dispositif de compression (10) et l'organe de compression (14) du turbocompresseur (13).

5- Circuit de refroidissement (4) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la branche de régulation (25) est connectée à la boucle principale (22) en aval de la deuxième passe (24) de l'échangeur de chaleur interne (18) et en amont du dispositif de compression (10), le capteur de pression (27) étant configuré pour relever la pression au sein de la boucle principale (22) entre la deuxième passe (24) de l'échangeur de chaleur interne (18) et le dispositif de compression (10).

6- Circuit de refroidissement (4) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la branche de régulation (25) est une première branche de régulation (71) connectée à la boucle principale (22) en aval du dispositif de compression (10) et en amont de l'organe de compression (14) du turbocompresseur (13), le circuit de refroidissement (4) comprenant une deuxième branche de régulation (72) connectée à la boucle principale (22) en aval de la deuxième passe (24) de l'échangeur de chaleur

interne (18) et en amont du dispositif de compression (10), la boucle principale (22) comprenant deux capteurs de pression (27), dont un premier capteur de pression (75) configuré pour relever la pression au sein de la boucle principale (22) entre le dispositif de compression (10) et l'organe de compression (14) du turbocompresseur (13) et un
5 deuxième capteur de pression (76) configuré pour relever la pression au sein de la boucle principale (22) entre la deuxième passe (24) de l'échangeur de chaleur interne (18) et le dispositif de compression (10).

7- Circuit de refroidissement (4) selon la revendication précédente, dans lequel la première branche de régulation (71) contrôle une sortie de fluide réfrigérant hors de la
10 boucle principale (22) et la deuxième branche de régulation (72) contrôle une entrée du fluide réfrigérant au sein de la boucle principale (22).

8- Circuit de refroidissement (4) selon la revendication 6, dans lequel la première branche de régulation (71) contrôle une entrée de fluide réfrigérant au sein de la boucle principale (22) et la deuxième branche de régulation (72) contrôle une sortie du fluide
15 réfrigérant hors de la boucle principale (22).

9- Circuit de refroidissement (4) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un échangeur additionnel (38), disposé entre l'organe de compression (14) du turbocompresseur (13) et la première passe (23) de l'échangeur de chaleur interne (18), l'échangeur additionnel (38) étant configuré pour refroidir le fluide
20 réfrigérant.

10- Circuit de refroidissement (4) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le fluide réfrigérant est du diazote.

11- Système d'alimentation et de refroidissement (1) de gaz d'un ouvrage flottant comprenant au moins une cuve (2) configurée pour contenir le gaz à l'état liquide, un
25 circuit d'alimentation (3) destiné à être parcouru par du gaz provenant de la cuve et configuré pour alimenter en gaz au moins un appareil consommateur de gaz (5, 6) qui équipe l'ouvrage flottant, caractérisé en ce que le système d'alimentation et de refroidissement (1) comprend un circuit de refroidissement (4) selon l'une quelconque des revendications précédentes.