

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 07.04.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 13.10.23 Bulletin 23/41.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ
SA — FR.

72 Inventeur(s) : NARME ROMAIN, HOMSY CHARBEL
et AOUN BERNARD.

73 Titulaire(s) : GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ SA.

74 Mandataire(s) : EX MATERIA.

54 Système d'alimentation en gaz pour appareils consommateurs de gaz à haute et basse pression et procédé de contrôle d'un tel système.

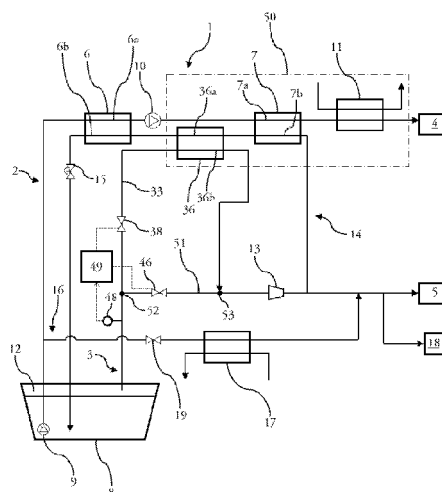
57 Système d'alimentation en gaz pour appareils
consommateurs de gaz à haute et basse pression et procé-
dé de contrôle d'un tel système

La présente invention concerne un système d'alimenta-
tion (1) d'un appareil consommateur de gaz à haute pres-
sion (4) et d'un appareil consommateur de gaz à basse
pression (5), le système d'alimentation (1) comprenant :

un premier circuit d'alimentation (2), un deuxième circuit
d'alimentation (3), une ligne de retour (14), un premier
échangeur de chaleur (6) et un deuxième échangeur de
chaleur (7),

le système d'alimentation (1) comprend une branche de
traitement thermique (33) raccordée au deuxième circuit
d'alimentation (3), le système d'alimentation (1) comprenant
un troisième échangeur de chaleur (36) configuré pour opé-
rer un échange de chaleur entre le gaz circulant dans la
branche de traitement thermique (33) et le gaz circulant
dans la ligne de retour (14).

(figure 1)



Description

Titre de l'invention : Système d'alimentation en gaz pour appareils consommateurs de gaz à haute et basse pression et procédé de contrôle d'un tel système

- [0001] 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, ainsi qu'un procédé de contrôle d'un tel système.
- [0002] 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 à 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 haute pression de type ME-GI. Afin d'alimenter ce type de moteur, le gaz doit être comprimé à très haute pression par des dispositifs de compression spéciaux aptes à comprimer le gaz jusqu'à 300 bars absolus, mais de tels dispositifs de compression sont chers, engendrent des frais de maintenance conséquents et induisent des vibrations au sein du navire.
- [0003] Une alternative à l'installation de ces dispositifs de compression à haute pression est de vaporiser le gaz sous forme liquide à 300 bars absolus, notamment à l'aide d'une pompe haute pression, avant que ce dernier ne soit envoyé au moteur de propulsion. 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, un moyen de compression basse pression peut être installé pour alimenter un moteur auxiliaire, capable de consommer le gaz à l'état vapeur à basse pression. L'excès de gaz sous forme vapeur peut également recirculer jusqu'à la cuve en étant recondensé.
- [0004] L'efficacité atteinte par un tel système est déjà élevée, mais il est encore possible d'augmenter le rendement global de ce système. L'une de ces améliorations réside dans l'utilisation du gaz à l'état vapeur pour améliorer la condensation de l'excès de gaz sous forme vapeur recirculant jusqu'à la cuve.
- [0005] La présente invention vise à mettre en œuvre une telle amélioration 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 au moins à l'état liquide, le système d'alimentation comprenant :
- [0006] – au moins un premier circuit d'alimentation en gaz de l'appareil consommateur

- de gaz à haute pression,
- au moins un évaporateur haute pression configuré pour évaporer le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation,
- au moins un deuxième circuit d'alimentation en gaz de l'appareil consommateur de gaz à basse pression, comprenant au moins un dispositif de compression 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 dispositif de compression 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 à l'état vapeur et le gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation,

[0007] caractérisé en ce que le système d'alimentation comprend une branche de traitement thermique du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour, la branche de traitement thermique étant raccordée au deuxième circuit d'alimentation en amont du dispositif de compression, le système d'alimentation comprenant un troisième échangeur de chaleur configuré pour opérer un échange de chaleur entre le gaz à l'état vapeur circulant dans la branche de traitement thermique et le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour.

[0008] Le système d'alimentation peut ainsi utiliser le gaz à l'état vapeur présent dans la cuve, plus particulièrement dans un ciel de la cuve, afin de participer à la condensation du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour. L'échange de chaleur opéré au sein du troisième échangeur de chaleur constitue un échange de chaleur supplémentaire impliquant le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour afin d'améliorer la condensation de celui-ci. L'échange de chaleur opéré au sein du troisième échangeur de chaleur est mis en œuvre sous réserve que le gaz à l'état vapeur prélevé dans la cuve est à une température adaptée, c'est-à-dire préférentiellement inférieure à la température du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour, à l'entrée du troisième échangeur de chaleur. Si cette condition est respectée, le gaz à l'état vapeur circule alors au sein de la branche de traitement thermique dans le but de traverser le troisième échangeur de chaleur.

[0009] Le premier circuit d'alimentation en gaz permet 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. Le gaz à l'état liquide peut être prélevé dans la cuve grâce à une pompe immergée installée en fond de cuve. La pompe immergée assure ainsi le pompage du gaz à l'état liquide afin que celui-ci puisse circuler dans le premier circuit d'alimentation.

- [0010] 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 calories entre le gaz à l'état liquide 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. Ce fluide caloporteur, quel que soit sa forme, 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.
- [0011] 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.
- [0012] Une telle fonction est assurée par le deuxième circuit d'alimentation en gaz de l'appareil consommateur de gaz à basse pression. Un tel 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 moteur à combustion interne d'un générateur électrique. Le dispositif de compression 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.
- [0013] En sortie du dispositif de compression, le gaz à l'état vapeur peut alimenter l'appareil consommateur de gaz à basse pression, et/ou circuler à travers la ligne de retour si l'appareil consommateur de gaz à basse pression ne nécessite pas ou peu d'apport en carburant. La ligne de retour étant connectée en aval du dispositif de compression, le gaz à l'état vapeur aspiré par le dispositif de compression peut donc y circuler.
- [0014] Le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour traverse dans un premier temps le deuxième échangeur de chaleur, puis le troisième échangeur de chaleur, puis le premier échangeur de chaleur, avant de retourner dans la cuve. Un échange de calories est opéré au sein des trois échangeurs de chaleur suscités, et ce afin de refroidir progressivement le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour. En traversant le premier échangeur de chaleur et le deuxième échangeur de chaleur, c'est le gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation qui permet le refroidissement du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour. En traversant le troisième

échangeur de chaleur, c'est le gaz à l'état vapeur circulant dans la branche de traitement thermique qui permet le refroidissement du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour.

- [0015] La température du gaz à l'état vapeur diminue alors en traversant les trois échangeurs de chaleur, jusqu'à ce que ledit gaz se condense et repasse à l'état liquide sensiblement en aval du premier échangeur de chaleur. Le gaz ainsi condensé, c'est-à-dire à l'état liquide, circule alors jusqu'à la cuve.
- [0016] La branche de traitement thermique étant connectée au deuxième circuit d'alimentation le système d'alimentation peut être configuré pour que le gaz à l'état vapeur en sortie de cuve puisse circuler directement au sein de la branche de traitement thermique et de traverser le troisième échangeur de chaleur avant d'être comprimé par le dispositif de compression et de poursuivre sa circulation jusqu'à l'appareil consommateur de gaz à basse pression ou au sein de la ligne de retour.
- [0017] Selon une caractéristique de l'invention, le troisième échangeur de chaleur comprend une première passe installée sur la ligne de retour entre le premier échangeur de chaleur et le deuxième échangeur de chaleur, et une deuxième passe installée sur la branche de traitement thermique. Autrement dit, lorsque le gaz à l'état vapeur circule au sein de la ligne de retour, celui-ci circule notamment au sein de la première passe du troisième échangeur de chaleur, ainsi qu'au sein d'une passe du premier échangeur de chaleur et d'une passe du deuxième échangeur de chaleur.
- [0018] Plus précisément, le gaz à l'état vapeur est pré refroidi en circulant dans un premier temps au sein de la passe du deuxième échangeur de chaleur. Le gaz à l'état vapeur est ensuite refroidi en circulant au sein de la première passe du troisième échangeur de chaleur, et est enfin condensé en traversant la passe du premier échangeur de chaleur. On comprend ainsi que les échanges de chaleur sont effectués dans un ordre précis afin d'optimiser la condensation du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour.
- [0019] Selon une caractéristique de l'invention, le deuxième circuit d'alimentation comprend une zone de divergence où se séparent la branche de traitement thermique et le deuxième circuit d'alimentation et une zone de convergence où se rejoignent la branche de traitement thermique et le deuxième circuit d'alimentation, la branche de traitement thermique s'étendant entre la zone de divergence et la zone de convergence. Le gaz à l'état vapeur circule hors de la cuve jusqu'à rejoindre la zone de divergence puis circule soit directement dans le deuxième circuit d'alimentation, soit dans la branche de traitement thermique avant de rejoindre le deuxième circuit d'alimentation via la zone de convergence. Cette dernière est agencée au niveau du deuxième circuit d'alimentation en amont du dispositif de compression, par lequel le gaz à l'état vapeur doit nécessairement passer.
- [0020] Selon une caractéristique de l'invention, le système d'alimentation comprend un

organe de contrôle de la circulation de gaz au sein du deuxième circuit d'alimentation, la branche de traitement thermique étant en parallèle de l'organe de contrôle. L'organe de contrôle peut par exemple être une vanne pouvant être ouverte ou fermée afin de respectivement autoriser ou interdire la circulation de gaz à l'état vapeur au sein du deuxième circuit d'alimentation. Lorsque l'organe de contrôle est fermé, le gaz à l'état vapeur contourne alors l'organe de contrôle en circulant au sein de la branche de traitement thermique. A titre d'exemple, l'organe de contrôle peut être une vanne tout ou rien.

[0021] Selon une caractéristique de l'invention, la branche de traitement thermique comprend un dispositif de contrôle configuré pour contrôler la circulation de gaz à l'état vapeur au sein de la branche de traitement thermique. Tout comme pour l'organe de contrôle, le dispositif de contrôle peut être ouvert ou fermé pour autoriser ou interdire la circulation du gaz à l'état vapeur au sein de la branche de traitement thermique. Le dispositif de contrôle peut également être une vanne.

[0022] Selon une caractéristique de l'invention, le système d'alimentation comprend un moyen de détermination de la température du gaz prélevé à l'état vapeur dans la cuve et un dispositif de gestion qui commande l'organe de contrôle et le dispositif de contrôle. Comme cela a été mentionné précédemment, la circulation du gaz à l'état vapeur à travers la branche de traitement thermique est notamment dépendante de la température dudit gaz. La température du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve doit donc être déterminée par le moyen de détermination, ce dernier pouvant par exemple être un capteur de température. En fonction de la température du gaz, le dispositif de gestion commande l'organe de contrôle et le dispositif de contrôle afin de faire circuler le gaz à l'état vapeur dans le deuxième circuit d'alimentation ou dans la branche de traitement thermique. La circulation du gaz à l'état vapeur est gérée par le dispositif de gestion qui ferme l'organe de contrôle et ouvre le dispositif de contrôle ou inversement.

[0023] Selon une caractéristique de l'invention, le troisième échangeur de chaleur est configuré pour opérer un échange de chaleur entre le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour, le gaz à l'état vapeur circulant dans la branche de traitement thermique et le gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation. Il s'agit d'une variante de la structure du troisième échangeur de chaleur qui permet d'optimiser davantage le refroidissement du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour. L'échange de chaleur opéré au sein du troisième échangeur de chaleur se fait donc ici entre trois passes où le gaz circule à l'état vapeur ou à l'état liquide, l'objectif étant toujours de refroidir le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour.

[0024] Selon une caractéristique de l'invention, le troisième échangeur de chaleur comprend une première passe installée sur la ligne de retour entre le premier échangeur de

chaleur et le deuxième échangeur de chaleur, une deuxième passe installée sur la branche de traitement thermique et une troisième passe installée sur le premier circuit d'alimentation entre le premier échangeur de chaleur et le deuxième échangeur de chaleur. L'échange de chaleur se fait donc entre les différentes passes du troisième échangeur de chaleur afin de refroidir le gaz à l'état vapeur circulant dans la première passe. La structure du troisième échangeur de chaleur peut être telle que les échanges de calories se font entre plusieurs groupes de passes rassemblées deux à deux ou entre les trois passes simultanément.

[0025] Selon une caractéristique de l'invention, au moins le deuxième échangeur de chaleur, le troisième échangeur de chaleur et l'évaporateur haute pression forment un module unitaire d'échange thermique. Autrement dit, deux ou trois éléments parmi le deuxième échangeur de chaleur, le troisième échangeur de chaleur et/ou l'évaporateur haute pression sont rassemblés en un seul échangeur de chaleur. Le nombre de passes au sein du module unitaire d'échange thermique est dépendant du nombre d'éléments rassemblés au sein de ce dernier. Une telle configuration peut être avantageuse par exemple afin de réduire l'encombrement mécanique du système d'alimentation.

[0026] Selon une caractéristique de l'invention, le système d'alimentation comprend au moins une branche de refroidissement du gaz prélevé à l'état vapeur dans la cuve raccordée au deuxième circuit d'alimentation en amont du dispositif de compression, le système d'alimentation comprenant au moins un échangeur thermique configuré pour opérer un échange de chaleur entre le gaz à l'état vapeur qui circule dans la branche de refroidissement et le gaz à l'état liquide qui circule dans le premier circuit d'alimentation. Il s'agit d'un deuxième mode de réalisation du système d'alimentation selon l'invention, le système d'alimentation décrit précédemment et comportant la branche de traitement thermique et non la branche de refroidissement correspondant à un premier mode de réalisation.

[0027] La branche de refroidissement a pour fonction de refroidir le gaz à l'état vapeur destiné à circuler au sein du deuxième circuit d'alimentation lorsque ledit gaz est à une température élevée. Le refroidissement du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve se fait grâce à l'échangeur thermique opérant l'échange de chaleur entre ledit gaz à l'état vapeur et le gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation.

[0028] La branche de refroidissement présente ainsi deux avantages. D'une part le gaz à l'état vapeur traversant l'échangeur thermique est refroidi, ce qui limite l'énergie nécessaire à sa compression par le dispositif de compression par la suite au sein du deuxième circuit d'alimentation. D'autre part le gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation est réchauffé, ce qui facilite son évaporation par la suite au sein de l'évaporateur haute pression en réduisant le débit de fluide caloporteur nécessaire pour évaporer entièrement le gaz à l'état liquide, ce qui limite également

l'énergie nécessaire au fonctionnement du système d'alimentation. Il a été estimé que jusqu'à 30% de la consommation d'énergie électrique du dispositif de compression peut être économisée quand le gaz à l'état vapeur circule dans la ligne de retour en vue d'être condensé, et jusqu'à 45% quand le gaz à l'état vapeur circule dans le deuxième circuit d'alimentation en vue d'être fourni à l'appareil consommateur de gaz à basse pression. On comprend ainsi que le système d'alimentation selon l'invention peut comprendre à la fois la branche de traitement thermique et la branche de refroidissement afin d'améliorer la polyvalence dudit système d'alimentation.

- [0029] Selon une caractéristique de l'invention, la branche de refroidissement comprend une vanne de contrôle configurée pour contrôler la circulation de gaz à l'état vapeur au sein de la branche de refroidissement. Tout comme l'organe de contrôle pour le deuxième circuit d'alimentation et le dispositif de contrôle pour la branche de traitement thermique, la vanne de contrôle peut être ouverte ou fermer pour respectivement autoriser ou interdire la circulation du gaz à l'état vapeur au sein de la branche de refroidissement.
- [0030] Selon une caractéristique de l'invention, au moins le deuxième échangeur de chaleur, l'échangeur thermique et l'évaporateur haute pression forment un module unitaire d'échange thermique. Rassembler ces trois échangeurs est particulièrement avantageux dans la mesure où ces trois échangeurs sont configurés pour opérer un échange de chaleur à haute pression et sont donc compatibles pour être rassemblés entre eux.
- [0031] Selon une caractéristique de l'invention, au moins le deuxième échangeur de chaleur, le troisième échangeur de chaleur, l'échangeur thermique et l'évaporateur haute pression forment un module unitaire d'échange thermique. Tel que cela a été décrit précédemment, deux, trois ou quatre éléments parmi le deuxième échangeur de chaleur, le troisième échangeur de chaleur, l'échangeur thermique et l'évaporateur haute pression peuvent être combinés et former un seul et même échangeur, par exemple dans le but de limiter l'encombrement mécanique et/ou les coûts de production desdits éléments.
- [0032] Selon une caractéristique de l'invention, le premier circuit d'alimentation comprend une pompe interposée entre le premier échangeur de chaleur et le deuxième échangeur de chaleur. La pompe est interposée entre le premier échangeur de chaleur et le deuxième échangeur de chaleur. C'est la pompe qui permet d'augmenter la pression du gaz à l'état liquide 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. La disposition optimale consiste à mettre en place la pompe entre les deux échangeurs de chaleur. Il est donc indispensable de veiller à ce que le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation et traversant le premier échangeur de chaleur demeure à l'état liquide en sortie de celui-ci.

- [0033] L'invention couvre également un procédé de contrôle d'un système d'alimentation en gaz tel que décrit précédemment, au cours duquel :
- [0034] – à une étape de détermination, on détermine la température du gaz à l'état vapeur prélevé dans la cuve, puis
- on fait circuler le gaz à l'état vapeur au sein du deuxième circuit d'alimentation si la température du gaz à l'état vapeur déterminée à l'étape de détermination est supérieure à un seuil de température, ou
- on fait circuler le gaz à l'état vapeur au sein de la branche de traitement thermique si la température du gaz à l'état vapeur déterminée à l'étape de détermination est inférieure au seuil de température.
- [0035] On comprend des différentes étapes du procédé de contrôle selon l'invention que la circulation du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve est dépendante de la température de celui-ci. C'est donc dans un premier temps la détermination de la température du gaz à l'état vapeur qui va conditionner la suite du déroulement du procédé de contrôle. La température peut être déterminée par le moyen de détermination évoqué précédemment.
- [0036] Une fois la température du gaz à l'état vapeur déterminée, celle-ci est comparée au seuil de température. Le seuil de température correspond à une valeur en fonction de laquelle le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve peut être utilisé ou non pour participer à la condensation du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour.
- [0037] Si la température du gaz à l'état vapeur est inférieure au seuil de température, cela signifie que le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve est à une température suffisamment basse pour refroidir le gaz à l'état vapeur circulant au sein de la ligne de retour. Le gaz à l'état vapeur est alors entraîné en circulation au sein de la branche de traitement thermique afin de traverser le troisième échangeur de chaleur et ainsi de refroidir le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour.
- [0038] Si la température du gaz à l'état vapeur est supérieure au seuil de température, cela signifie que le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve est à une température trop élevée pour participer au refroidissement du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour. Dans cette situation, envoyer le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve au sein de la branche de traitement thermique est inutile, voire contre-productif pour l'opération de condensation de gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour. Le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve est alors envoyé au deuxième circuit d'alimentation dans le but d'alimenter l'appareil de consommateur de gaz à basse pression ou d'être condensé en circulant au sein de la ligne de retour.
- [0039] L'envoi du gaz contenu dans la cuve vers le deuxième circuit d'alimentation ou vers la branche de traitement thermique est assuré par exemple par le dispositif de gestion qui ouvre et/ou ferme l'organe de contrôle et/ou le dispositif de contrôle en fonction de

la température déterminée par le moyen de détermination.

[0040] Selon une caractéristique du procédé, le seuil de température est de -110°C . Le gaz à l'état vapeur est donc entraîné en circulation au sein de la branche de traitement thermique si sa température est inférieure à -110°C ou au sein du deuxième circuit d'alimentation si sa température est supérieure à -110°C .

[0041] Selon une caractéristique du procédé :

- [0042] – on fait circuler le gaz à l'état vapeur au sein de la branche de traitement thermique si la température du gaz à l'état vapeur déterminée à l'étape de détermination est inférieure au seuil de température, ou
- on fait circuler le gaz à l'état vapeur au sein de la branche de refroidissement si la température du gaz à l'état vapeur déterminée à l'étape de détermination est supérieure à un seuil de référence, ledit seuil de référence étant supérieur au seuil de température, ou
- on fait circuler le gaz à l'état vapeur au sein du deuxième circuit d'alimentation si la température du gaz à l'état vapeur déterminée à l'étape de détermination est comprise entre le seuil de température et le seuil de référence.

[0043] Il s'agit du procédé de contrôle relatif au deuxième mode de réalisation du système d'alimentation selon l'invention, c'est-à-dire comprenant la branche de traitement thermique et la branche de refroidissement. Tout comme pour le premier mode de réalisation, la circulation du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve est dépendante de la température de celui-ci. La température du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve est déterminée et comparée au seuil de température et au seuil de référence qui correspond à une valeur de température supérieure à celle du seuil de température et qui au-delà de laquelle le gaz à l'état liquide contenu dans la cuve est à une température assez élevée pour entraîner une surconsommation d'énergie du dispositif de compression lors de la compression du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve.

[0044] Si la température du gaz à l'état vapeur est inférieure au seuil de température, cela signifie que le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve est à une température suffisamment basse pour refroidir le gaz à l'état vapeur circulant au sein de la ligne de retour. Le gaz à l'état vapeur est alors entraîné en circulation au sein de la branche de traitement thermique afin de traverser le troisième échangeur de chaleur et ainsi de refroidir le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour.

[0045] Si la température du gaz à l'état vapeur est supérieure au seuil de référence, cela signifie que le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve est à une température telle qu'il entraîne une surconsommation du dispositif de compression lors de l'opération de compression. Le gaz à l'état vapeur est alors entraîné en circulation au sein de la branche de refroidissement afin de traverser l'échangeur thermique pour être refroidi

par le gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation et ainsi être à une température correcte pour être comprimé par le dispositif de compression sans que ce dernier ne consomme trop d'énergie.

- [0046] Si la température du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve est supérieure au seuil de température et inférieure au seuil de référence, cela signifie que le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve est à une température trop élevée pour participer au refroidissement du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour mais également à une température suffisamment basse pour être comprimé par le dispositif de compression sans surconsommation d'énergie. Le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve est alors envoyé au deuxième circuit d'alimentation.
- [0047] Tout comme pour le premier mode de réalisation, c'est le dispositif de gestion qui gère la circulation du gaz à l'état liquide contenu dans la cuve en ouvrant ou fermant l'organe de contrôle, le dispositif de contrôle et la vanne de contrôle, et ce en fonction de la température déterminée du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve.
- [0048] Selon une caractéristique du procédé, le seuil de référence est de -90°C , le procédé de contrôle comprenant une étape de condensation du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour. Autrement dit, le gaz à l'état vapeur est entraîné en circulation au sein de la branche de traitement thermique si sa température est inférieure à -110°C , au sein de la branche de refroidissement si sa température est supérieure à -90°C , ou au sein du deuxième circuit d'alimentation si sa température est comprise entre -90°C et -110°C . Le seuil de référence de -90°C est utilisé lorsque le gaz à l'état vapeur comprimé circule par la suite au moins partiellement dans la ligne de retour.
- [0049] Lorsque le gaz à l'état vapeur est destiné à alimenter l'appareil consommateur à basse pression, le seuil de référence peut être supérieur ou égal à -150°C .
- [0050] 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 :
- [0051] [Fig.1] est une représentation schématique d'un premier mode de réalisation d'un système d'alimentation selon l'invention,
- [0052] [Fig.2] est une représentation schématique d'un premier exemple de fonctionnement du premier mode de réalisation du système d'alimentation,
- [0053] [Fig.3] est une représentation schématique d'un deuxième exemple de fonctionnement du premier mode de réalisation du système d'alimentation,
- [0054] [Fig.4] est une représentation schématique d'une variante du premier mode de réalisation du système d'alimentation,
- [0055] [Fig.5] est une représentation schématique d'un deuxième mode de réalisation du système d'alimentation selon l'invention,

- [0056] [Fig.6] est une représentation schématique d'un premier exemple de fonctionnement du deuxième mode de réalisation du système d'alimentation,
- [0057] [Fig.7] est une représentation schématique d'un deuxième exemple de fonctionnement du deuxième mode de réalisation du système d'alimentation,
- [0058] [Fig.8] est une représentation schématique d'un troisième exemple de fonctionnement du deuxième mode de réalisation du système d'alimentation.
- [0059] La [Fig.1] représente un premier mode de réalisation d'un système d'alimentation 1 en gaz embarqué 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, et ce 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 jusqu'à un appareil consommateur de gaz à basse pression 5, afin d'alimenter ces derniers en carburant.
- [0060] Ledit ouvrage flottant peut par exemple être un navire de type méthanier pouvant stocker et/ou transporter du gaz à l'état liquide, notamment du gaz naturel. 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.
- [0061] 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 immergée 9 disposée au sein de la cuve 8. La pompe immergée 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 le gaz à l'état liquide, la pompe immergée 9 élève la pression de celui-ci à une valeur comprise entre 6 et 17 bars absolus.
- [0062] Le gaz à l'état liquide, selon un sens de circulation allant de la cuve 8 vers l'appareil consommateur de gaz à haute pression 4, traverse un premier échangeur de chaleur 6 et est mis en pression par une pompe 10, autrement appelé pompe haute pression. Par la suite, le gaz à l'état liquide traverse un deuxième échangeur de chaleur 7, puis un évaporateur haute pression 11 avant de rejoindre le moteur haute pression 4. La pompe 10 est avantageusement disposée entre le premier échangeur de chaleur 6 et le deuxième échangeur de chaleur 7.
- [0063] 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 ou supercritique. Un tel état est un état compatible pour alimenter l'appareil consommateur de gaz à haute pression 4. L'évaporation du gaz à l'état liquide peut par exemple se faire par échange de chaleur entre le gaz à l'état liquide qui entre dans l'évaporateur haute

pression 11 et 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.

[0064] La hausse de la pression du gaz est assurée par la pompe 10 lorsque celle-ci pompe le gaz à l'état liquide. La pompe 10 permet d'élever la pression du gaz à l'état liquide à une valeur comprise entre 30 et 400 bars absolus, notamment pour un usage avec de l'ammoniaque ou de l'hydrogène, entre 30 et 70 bars absolus pour un usage avec du gaz de pétrole liquéfié, et de préférence entre 150 et 400 bars absolus pour un usage avec de l'éthane, de l'éthylène ou encore avec du gaz naturel liquéfié constitué majoritairement de méthane.

[0065] Grâce à la combinaison de la pompe 10 et de l'évaporateur haute pression 11, le gaz est à une pression et dans un état compatibles pour l'alimentation de l'appareil consommateur à haute pression 4. Une telle configuration permet d'éviter l'installation de dispositifs de compression haute pression sur le premier circuit d'alimentation 2 qui présentent des contraintes de coûts et génèrent de fortes vibrations.

[0066] Au sein de la cuve 8, une partie de la cargaison de gaz peut naturellement passer à l'état vapeur et être contenu 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.

[0067] 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 entre le ciel de cuve 12 et l'appareil consommateur de gaz à basse pression 5. Afin d'aspirer le gaz à l'état vapeur contenu dans le ciel de cuve 12, le deuxième circuit d'alimentation 3 comprend un dispositif de compression 13, notamment un compresseur. En plus d'aspirer le gaz à l'état vapeur, le dispositif de compression 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 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.

[0068] Le système d'alimentation 1 comprend par ailleurs une branche de traitement thermique 33 qui s'étend entre une zone de divergence 52 disposée sur le deuxième circuit d'alimentation en aval de la cuve 8, et une zone de convergence 53 disposée sur le deuxième circuit d'alimentation 3 en aval de la zone de divergence 52 et en amont du dispositif de compression 13. La branche de traitement thermique 33 est ainsi agencée en parallèle d'une portion 51 du deuxième circuit d'alimentation 3, ladite portion 51 s'étendant entre la zone de divergence 52 et la zone de convergence 53. Le

système d'alimentation 1 comprend par ailleurs un troisième échangeur de chaleur 36 dont l'une des passes fait partie de la branche de traitement thermique 33.

- [0069] La présence du gaz à l'état vapeur en quantité excessive au sein du ciel de cuve 12 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 ou, de façon non illustrée, rejeté dans l'atmosphère. Ces solutions engendrent une perte de cargaison. C'est pourquoi, 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.
- [0070] La ligne de retour 14 est raccordée sur le deuxième circuit d'alimentation 3 en aval du dispositif de compression 13 par rapport à un sens de circulation du gaz à l'état vapeur circulant dans le deuxième circuit d'alimentation 3. La ligne de retour 14 traverse dans un premier temps le deuxième échangeur de chaleur 7, puis poursuit son cheminement en passant au travers du troisième échangeur de chaleur 36, et enfin au travers du premier échangeur de chaleur 6.
- [0071] Le premier échangeur de chaleur 6 comprend une première passe 6a qui fait partie du premier circuit d'alimentation 2. Ce premier échangeur de chaleur 6 comprend une seconde passe 6b qui fait partie de la ligne de retour 14. Le sens de circulation au sein de la première passe 6a est opposé au sens de circulation au sein de la seconde passe 6b du premier échangeur de chaleur 6.
- [0072] Le deuxième échangeur de chaleur 7 est installé entre le premier échangeur de chaleur 6 et l'évaporateur haute pression 11, sur le premier circuit d'alimentation 2.
- [0073] Le deuxième échangeur de chaleur 7 comprend une première passe 7a qui fait partie du premier circuit d'alimentation 2. Ce deuxième échangeur de chaleur 7 comprend une seconde passe 7b qui fait partie de la ligne de retour 14. Le sens de circulation au sein de la première passe 7a est opposé au sens de circulation au sein de la seconde passe 7b du deuxième échangeur de chaleur 7.
- [0074] Le troisième échangeur de chaleur 36 est installé sur la ligne de retour 14, entre le premier échangeur de chaleur 6 et le deuxième échangeur de chaleur 7. Ce troisième échangeur de chaleur 36 comprend une première passe 36a qui fait partie de la ligne de retour 14 et une deuxième passe 36b qui fait partie de la branche de traitement thermique 33. La première passe 36a du troisième échangeur de chaleur 36 est agencée sur la ligne de retour 14 entre la seconde passe 7b du deuxième échangeur de chaleur 7 et la seconde passe 6b du premier échangeur de chaleur 6.
- [0075] La branche de traitement thermique 33 a donc pour fonction de participer au refroidissement du gaz à l'état vapeur qui circule dans la ligne de retour 14, de manière à faciliter sa condensation. Dans cette situation, la branche de traitement thermique 33 permet de collecter le froid du gaz à l'état vapeur prélevé dans la cuve 8 et de le

valoriser en le cédant à la ligne de retour 14. Une telle opération n'est appropriée que si le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 est à une température suffisamment faible, ou plus généralement à une température inférieure à la température du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour 14 à l'entrée de la première passe 36a du troisième échangeur de chaleur 36.

- [0076] Afin d'assurer correctement la gestion du deuxième circuit d'alimentation 3 et de la branche de traitement thermique 33 en fonction de la température du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8, la circulation de celui-ci est placée sous la dépendance d'un organe de contrôle 46. Ce dernier est par exemple une vanne. La circulation de gaz à l'état vapeur au sein de la branche de traitement thermique 33 est placée sous la dépendance d'un dispositif de contrôle 38. Cet organe de contrôle 46 et/ou ce dispositif de contrôle 38 est par exemple une vanne ou une valve tout ou rien.
- [0077] La branche de traitement thermique 33 est installée en parallèle de l'organe de contrôle 46. En d'autres termes, la zone de divergence 52 est positionnée en amont de l'organe de contrôle 46 de la circulation du gaz au sein du deuxième circuit d'alimentation 3, tandis que la zone de convergence 53 est positionnée en aval de ce même organe de contrôle 46.
- [0078] Le système d'alimentation 1 comprend également un dispositif de gestion 49 et au moins un moyen de détermination 48 de la température du gaz à l'état vapeur prélevé dans la cuve 8. Le moyen de détermination 48 de la température est par exemple un capteur de température positionné sur le deuxième circuit d'alimentation 3, entre la cuve 8 et la zone de divergence 52. Alternativement, le moyen de détermination 48 peut être installé dans le ciel de cuve 12. Ce moyen de détermination 48 de la température est électriquement connecté au dispositif de gestion 49 puisque que l'information relevée par le moyen de détermination 48 est utilisée dans un calcul mis en œuvre par le dispositif de gestion 49.
- [0079] Ce dispositif de gestion 49 est un module électronique de commande qui reçoit l'information du moyen de détermination 48 et qui commande l'ouverture ou la fermeture de l'organe de contrôle 46 et/ou du dispositif de contrôle 38. Le dispositif de gestion 49 met en œuvre le procédé et ses différentes étapes, à l'exception de l'étape de détermination de la température du gaz à l'état valeur prélevé dans la cuve 8.
- [0080] Le procédé objet de l'invention est illustré par la [Fig.2] et par la [Fig.3], représentant deux exemples de circulation du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 en fonction de la température de celui-ci. Dans les figures 2 et 3, les lignes pleines correspondent à des lignes où du gaz circule tandis que les lignes en pointillés correspondent à des lignes où il n'y a pas de circulation de gaz.
- [0081] Le dispositif de gestion 49 est apte à autoriser la circulation de gaz au sein de la branche de traitement thermique 33 quand la température du gaz à l'état vapeur prélevé

dans la cuve 8 et déterminée par le moyen de détermination 48 est inférieure à un seuil de température, un tel seuil de température étant par exemple égale à -110°C . Pour ce faire, le dispositif de gestion 49 commande une ouverture du dispositif de contrôle 38, autorisant ainsi le gaz à l'état vapeur prélevé dans la cuve 8 à rejoindre le troisième échangeur de chaleur 36, notamment sa deuxième passe 36b. Dans une telle situation, le dispositif de gestion 49 interdit le passage de gaz à l'état vapeur au sein d'une portion 51 du deuxième circuit d'alimentation 3 située entre la zone de divergence 52 et la zone de convergence 53. Pour ce faire, le dispositif de gestion 49 commande une fermeture de l'organe de contrôle 46 installé sur cette portion 51.

[0082] Tel que montré sur la [Fig.3], le dispositif de gestion 49 est également apte à interdire la circulation de gaz au sein de la branche de traitement thermique 33 quand la température déterminée par le moyen de détermination 48 est supérieure au seuil de température mentionné ci-dessus. Dans ce cas là il est contre-productif de faire circuler du gaz à cette température au sein de la branche de traitement thermique 33 car cela risque de réchauffer le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour au lieu de le refroidir. Dans cette configuration, le dispositif de gestion 49 commande une fermeture du dispositif de contrôle 38, et autorise la circulation de gaz à l'état vapeur au travers de la portion 51 du deuxième circuit d'alimentation 3, en commandant l'ouverture de l'organe de contrôle 46, autorisant ainsi le gaz à l'état vapeur prélevé dans la cuve 8 à rejoindre directement le dispositif de compression 13.

[0083] Bien entendu, le dispositif de gestion 49 peut être affecté à d'autres opérations de calcul nécessaires au fonctionnement du système d'alimentation 1 selon l'invention, comme par exemple le contrôle de l'organe de régulation de débit 15 ou le contrôle de la vanne 19 contrôlant la circulation de gaz au sein de la ligne d'alimentation auxiliaire 16, ou encore le contrôle du dispositif de compression 13 ou le contrôle de la pompe immergé 9 ou de la pompe 10.

[0084] Le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour 14 peut donc potentiellement être refroidi par le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve si la température de ce dernier le permet. Par la suite, c'est à l'entrée de la première passe 6a 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 fluide circulant dans la ligne de retour 14 est donc à l'état vapeur à l'entrée de la seconde passe 6b du premier échangeur de chaleur 6 et sort à l'état liquide suite à l'échange de calories se déroulant au sein du premier échangeur de chaleur 6.

[0085] La ligne de retour 14 comprend par ailleurs un organe de régulation de débit 15 qui contrôle le débit du fluide circulant dans la ligne de retour 14. Cet organe de régulation

de débit 15 présente une section de passage pouvant être modifiée. Une fois que le gaz est condensé, celui-ci circule jusqu'à la cuve 8. Le premier échangeur de chaleur 6 fait donc office de condenseur tandis que l'organe de régulation de débit 15 contrôle l'échange thermique ayant lieu dans le premier échangeur de chaleur 6, dans le deuxième échangeur de chaleur 7 et dans l'évaporateur haute pression 11.

- [0086] Le système d'alimentation 1 comprend également une ligne d'alimentation auxiliaire 16, s'étendant du premier circuit d'alimentation 2, par un piquage disposé entre la pompe immergée 9 et le premier échangeur de chaleur 6, jusqu'au deuxième circuit d'alimentation 3, en se raccordant à celui-ci entre le dispositif de compression 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.
- [0087] 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 immergée 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 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 d'alimenter l'appareil consommateur de gaz à basse pression 5.
- [0088] On comprend de ce qui 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 contrôlant la circulation de gaz au sein de la ligne d'alimentation auxiliaire 16 lorsque l'utilisation de celle-ci n'est pas nécessaire.
- [0089] On note que chaque échangeur décrit dans le présent document peut être un composant à deux passes. L'invention couvre également le cas où certains échangeurs sont rassemblés pour ne former qu'un seul échangeur, par exemple à trois ou quatre passes. Ainsi, une combinaison de deux ou trois des composants parmi le deuxième échangeur de chaleur 7, le troisième échangeur de chaleur 36 et l'évaporateur haute pression 11 peuvent former un module unitaire d'échange thermique 50. Le rassemblement en un module unitaire d'échange thermique 50 permet par exemple de réduire un encombrement spatial pouvant être causé par une pluralité d'échangeurs indépendants les uns des autres.

- [0090] La [Fig.4] représente une variante du premier mode de réalisation du système d'alimentation 1 selon l'invention. Par rapport à ce qui a été décrit sur les figures précédentes, la variante se distingue par la structure du troisième échangeur de chaleur 36. Ce dernier comprend toujours la première passe 36a faisant partie de la ligne de retour 14 et la deuxième passe 36b faisant partie de la branche de traitement thermique 33, mais comprend également une troisième passe 36c faisant partie du premier circuit d'alimentation 2. On comprend ainsi que le troisième échangeur de chaleur 36 selon la variante illustrée en [Fig.4] est configuré pour opérer un échange de chaleur entre le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour 14, le gaz à l'état vapeur prélevé dans la cuve 8 et circulant dans la branche de traitement thermique 33, et le gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation 2. Une telle variante permet d'optimiser le refroidissement du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour 14 et traversant la première passe 36a du troisième échangeur de chaleur 36, et ce en utilisant le froid du gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation 2 et traversant la troisième passe 36c du troisième échangeur de chaleur 36. Ce dernier est donc un échangeur à trois passes, pouvant être combiné avec le deuxième échangeur de chaleur 7 et/ou l'évaporateur haute pression 11 pour former le module unitaire d'échange thermique 50.
- [0091] L'ensemble des éléments structurels et fonctionnels à l'exception du troisième échangeur de chaleur 36 étant identique à ce qui a été décrit précédemment, on se reportera à la description de la [Fig.1] concernant les éléments communs au premier mode de réalisation et à sa variante.
- [0092] La [Fig.5] est un deuxième mode de réalisation du système d'alimentation 1 selon l'invention. Ce deuxième mode de réalisation correspond au premier mode de réalisation, auquel sont ajoutés des composants supplémentaires.
- [0093] Le deuxième mode de réalisation du système d'alimentation 1 comprend ainsi en plus une branche de refroidissement 40 du gaz prélevé à l'état vapeur dans la cuve. Une telle branche permet de faire circuler le gaz prélevé à l'état vapeur dans la cuve 8 en vue de le refroidir.
- [0094] La branche de refroidissement 40 est raccordée au deuxième circuit d'alimentation 3 en amont du dispositif de compression 13, via un point de divergence 44 et un point de convergence 45 propres à la branche de refroidissement 40. Alternativement, la branche de refroidissement 40 et la branche de traitement thermique 33 peuvent être toutes deux raccordées à la zone de divergence 52 et à la zone de convergence 53. Quel que soit le mode de raccordement, la branche de traitement thermique 33 et la branche de refroidissement 40 sont en parallèle l'une par rapport à l'autre, et par rapport à la portion 51 du deuxième circuit d'alimentation 3.
- [0095] Le système d'alimentation 1 illustré sur la [Fig.5] comprend également un échangeur

thermique 41 chargé de refroidir le gaz prélevé à l'état vapeur dans la cuve par échange de calories avec le gaz à l'état liquide qui circule dans le premier circuit d'alimentation 2.

- [0096] Cet échangeur thermique 41 comprend une première passe 42 qui échange des calories avec une deuxième passe 43 constitutive de cet échangeur thermique 41. La première passe 42 de l'échangeur thermique 41 fait partie du premier circuit d'alimentation 2 en étant parcouru par le gaz à l'état liquide, tandis que la deuxième passe 43 de l'échangeur thermique 41 fait partie de la branche de refroidissement 40 et se trouve parcouru par le gaz à l'état vapeur prélevé dans la cuve 8.
- [0097] De manière ingénieuse, la première passe 42 de l'échangeur thermique 41 est fluidiquement disposée entre la première passe 7a du deuxième échangeur de chaleur 7 et une première passe 11a de l'évaporateur haute pression 11.
- [0098] Une telle localisation permet de refroidir le gaz à l'état vapeur qui circule dans la branche de refroidissement 40 par échange de chaleur avec le gaz à l'état liquide qui circule dans le premier circuit d'alimentation 2, ce qui in fine permet de diminuer le débit volumique en entrée du dispositif de compression 13 et ainsi réduire sa consommation, notamment électrique.
- [0099] Cette localisation permet aussi de réduire le débit de fluide caloporteur qui parcourt une seconde passe 11b de l'évaporateur haute pression 11 en vue d'évaporer le gaz à l'état liquide qui provient de la cuve 8. Comme il s'agit d'une source chaude, l'invention permet de réduire la quantité de calories fournie par le fluide caloporteur puisqu'une partie des calories est fournie par le gaz à l'état vapeur qui circule dans la branche de refroidissement 40.
- [0100] La branche de refroidissement 40 comprend en outre une vanne de contrôle 47 configurée pour contrôler la circulation de gaz à l'état vapeur au sein de la branche de refroidissement 40. Cette vanne de contrôle 47 est placée sous la dépendance du dispositif de gestion 49 et est en position ouverte lorsque la température du gaz à l'état vapeur prélevé dans la cuve 8 détectée par le moyen de détermination 48 est supérieure à un seuil de référence, par exemple égal à -90°C lorsque le gaz à l'état vapeur parcourt majoritairement ou exclusivement la ligne de retour 14. Dans cette configuration, le seuil de référence est supérieur au seuil de température.
- [0101] Alternativement, le seuil de référence est supérieur ou égal à -150°C quand le gaz à l'état vapeur est majoritairement ou exclusivement envoyé à l'appareil consommateur de gaz à basse pression 5, via le deuxième circuit d'alimentation 3. Dans un tel cas, l'organe de régulation de débit 15 réduit le débit de gaz qui circule dans la ligne de retour 14, ou l'interrompt totalement le cas échéant.
- [0102] Quand la température du gaz à l'état vapeur déterminée par le moyen de détermination 48 est inférieure au seuil de référence, le dispositif de gestion 49 commande

la fermeture de la vanne de contrôle 47.

- [0103] Dans le cas du deuxième mode de réalisation, le module unitaire d'échange thermique 50 évoqué plus haut peut être complété avec l'échangeur thermique 41. Un tel module unitaire d'échange thermique 50 peut alors comprendre au moins cinq passes fluidiquement séparées les unes des autres. D'une manière avantageuse, le module unitaire d'échange thermique 50 peut regrouper le deuxième échangeur de chaleur 7, l'échangeur thermique 41 et l'évaporateur haute pression 11, ces trois échangeurs étant des échangeurs haute pression.
- [0104] Les figures 6 à 8 illustrent des exemples de circulation du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 au sein du deuxième circuit d'alimentation 3, de la branche de traitement thermique 33 ou de la branche de refroidissement 40, et ce en fonction de la température déterminée du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8. La circulation du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 est régie par le dispositif de gestion 49 qui ouvre ou ferme l'organe de contrôle 46, le dispositif de contrôle 38 ou la vanne de contrôle 47 en fonction de la température du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 mesurée par le moyen de détermination 48 de la température et de la comparaison avec cette température par rapport au seuil de température et au seuil de référence évoqués précédemment. Tout comme pour les figures 2 et 3, les lignes pleines correspondent à des lignes où du gaz circule tandis que les lignes en pointillés correspondent à des lignes où il n'y a pas de circulation de gaz.
- [0105] La [Fig.6] correspond ainsi à la circulation du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 lorsque la température déterminée du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 est inférieure au seuil de température, signifiant que le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 est à une température suffisamment basse pour participer au refroidissement du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour 14.
- [0106] En réponse à la température ainsi déterminée par le moyen de détermination 48, le dispositif de gestion 49 ferme l'organe de contrôle 46 et la vanne de contrôle 47 et ouvre le dispositif de contrôle 38 afin que le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 circule au sein de la branche de traitement thermique 33 et traverse la deuxième passe 36b du troisième échangeur de chaleur 36 afin de refroidir le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour 14 et traversant la première passe 36a du troisième échangeur de chaleur 36.
- [0107] La [Fig.7] correspond à la circulation du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 lorsque la température déterminée du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 est supérieure au seuil de référence, signifiant que le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 est à une température trop élevée pour que le dispositif de compression 13 puisse le comprimer sans entraîner une surconsommation d'énergie. Afin d'éviter ladite surconsommation d'énergie, le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 doit être refroidi

avant d'être comprimé. Pour ce faire, le dispositif de gestion 49 ferme l'organe de contrôle 46 et le dispositif de contrôle 38 et ouvre la vanne de contrôle 47 afin que le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 circule au sein de la branche de refroidissement 40 et traverse la deuxième passe 43 de l'échangeur thermique 41 afin d'être refroidi par le gaz à l'état liquide circulant dans le deuxième circuit d'alimentation 2 et traversant la première passe 42 de l'échangeur thermique 41. Le gaz à l'état vapeur refroidi au sein de l'échangeur thermique 41 peut par la suite circuler jusqu'au dispositif de compression 13 et être comprimé dans surconsommation d'énergie.

[0108] La [Fig.8] correspond à la circulation du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 lorsque la température déterminée du gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 est compris entre le seuil de température et le seuil de référence, c'est-à-dire supérieure au seuil de température et inférieure au seuil de référence.

[0109] Dans cette configuration, le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 est donc à une température suffisamment basse pour être comprimé par le dispositif de compression 13 sans surconsommation d'énergie, mais est néanmoins à une température trop élevée pour participer au refroidissement du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour 14. Il peut être contre-productif de faire circuler le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 au sein de la branche de traitement thermique 33.

[0110] Dans cette configuration, le dispositif de gestion 49 ferme le dispositif de contrôle 38 et la vanne de contrôle 47 et ouvre l'organe de contrôle 46 afin que le gaz à l'état vapeur contenu dans la cuve 8 circule directement au sein du deuxième circuit d'alimentation 3 en passant par la portion 51 afin d'être directement comprimé par le dispositif de compression 13 pour par la suite être consommé par l'appareil consommateur de gaz à basse pression 5 ou être recondensé en circulant au sein de la ligne de retour 14.

[0111] 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.

[0112] 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 exploitant le froid du gaz à l'état vapeur contenu dans une cuve afin de mettre en œuvre une condensation dudit gaz à l'état vapeur. 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

[Revendication 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 comprenant au moins une cuve (8) configurée pour contenir le gaz au moins à l'état liquide, le système d'alimentation (1) comprenant :

- au moins un premier circuit d'alimentation (2) en gaz de l'appareil consommateur de gaz à haute pression (4),
- au moins un évaporateur haute pression (11) configuré pour évaporer le gaz circulant dans le premier circuit d'alimentation (2),
- au moins un deuxième circuit d'alimentation (3) en gaz de l'appareil consommateur de gaz à basse pression (5), comprenant au moins un dispositif de compression (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 (5),
- au moins une ligne de retour (14) de gaz connectée au deuxième circuit d'alimentation (3) en aval du dispositif de compression (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 dans la ligne de retour (14) à l'état vapeur et le gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation (2),

caractérisé en ce que le système d'alimentation (1) comprend une branche de traitement thermique (33) du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour (14), la branche de traitement thermique (33) étant raccordée au deuxième circuit d'alimentation (3) en amont du dispositif de compression (13), le système d'alimentation (1) comprenant un troisième échangeur de chaleur (36) configuré pour opérer un échange de chaleur entre le gaz à l'état vapeur circulant dans la branche de traitement thermique (33) et le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour (14).

[Revendication 2]

Système d'alimentation (1) selon la revendication 1, dans lequel le

troisième échangeur de chaleur (36) comprend une première passe (36a) installée sur la ligne de retour (14) entre le premier échangeur de chaleur (6) et le deuxième échangeur de chaleur (7), et une deuxième passe (36b) installée sur la branche de traitement thermique (33).

[Revendication 3] Système d'alimentation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le deuxième circuit d'alimentation (3) comprend une zone de divergence (52) où se séparent la branche de traitement thermique (33) et le deuxième circuit d'alimentation (3) et une zone de convergence (53) où se rejoignent la branche de traitement thermique (33) et le deuxième circuit d'alimentation (3), la branche de traitement thermique (33) s'étendant entre la zone de divergence (52) et la zone de convergence (53).

[Revendication 4] Système d'alimentation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un organe de contrôle (46) de la circulation de gaz au sein du deuxième circuit d'alimentation (3), la branche de traitement thermique (33) étant en parallèle de l'organe de contrôle (46).

[Revendication 5] Système d'alimentation (1) selon la revendication précédente, dans lequel la branche de traitement thermique (33) comprend un dispositif de contrôle (38) configuré pour contrôler la circulation de gaz à l'état vapeur au sein de la branche de traitement thermique (33).

[Revendication 6] Système d'alimentation (1) selon la revendication précédente, comprenant un moyen de détermination (48) de la température du gaz prélevé à l'état vapeur dans la cuve (8) et un dispositif de gestion (49) qui commande l'organe de contrôle (46) et le dispositif de contrôle (38).

[Revendication 7] Système d'alimentation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le troisième échangeur de chaleur (36) est configuré pour opérer un échange de chaleur entre le gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour (14), le gaz à l'état vapeur circulant dans la branche de traitement thermique (33) et le gaz à l'état liquide circulant dans le premier circuit d'alimentation (2).

[Revendication 8] Système d'alimentation (1) selon la revendication précédente, dans lequel le troisième échangeur de chaleur (36) comprend une première passe (36a) installée sur la ligne de retour (14) entre le premier échangeur de chaleur (6) et le deuxième échangeur de chaleur (7), une deuxième passe (36b) installée sur la branche de traitement thermique (33) et une troisième passe (36c) installée sur le premier circuit d'alimentation (2) entre le premier échangeur de chaleur (6) et le deuxième échangeur de chaleur (7).

- [Revendication 9] Système d'alimentation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins le deuxième échangeur de chaleur (7), le troisième échangeur de chaleur (36) et l'évaporateur haute pression (11) forment un module unitaire d'échange thermique (50).
- [Revendication 10] Système d'alimentation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant au moins une branche de refroidissement (40) du gaz prélevé à l'état vapeur dans la cuve (8) raccordée au deuxième circuit d'alimentation (3) en amont du dispositif de compression (13), le système d'alimentation (1) comprenant au moins un échangeur thermique (41) configuré pour opérer un échange de chaleur entre le gaz à l'état vapeur qui circule dans la branche de refroidissement (40) et le gaz à l'état liquide qui circule dans le premier circuit d'alimentation (2).
- [Revendication 11] Système d'alimentation (1) selon la revendication précédente, dans lequel la branche de refroidissement (40) comprend une vanne de contrôle (47) configurée pour contrôler la circulation de gaz à l'état vapeur au sein de la branche de refroidissement (40).
- [Revendication 12] Système d'alimentation (1) selon la revendication 10 ou 11, dans lequel au moins le deuxième échangeur de chaleur (7), l'échangeur thermique (41) et l'évaporateur haute pression (11) forment un module unitaire d'échange thermique.
- [Revendication 13] Système d'alimentation (1) selon la revendication précédente, dans lequel au moins le deuxième échangeur de chaleur (7), le troisième échangeur de chaleur (36), l'échangeur thermique (41) et l'évaporateur haute pression (11) forment un module unitaire d'échange thermique (50).
- [Revendication 14] Système d'alimentation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le premier circuit d'alimentation (2) comprend une pompe (10) interposée entre le premier échangeur de chaleur (6) et le deuxième échangeur de chaleur (7).
- [Revendication 15] Procédé de contrôle d'un système d'alimentation (1) en gaz selon l'une quelconque des revendications précédentes, au cours duquel :
- à une étape de détermination, on détermine la température du gaz à l'état vapeur prélevé dans la cuve (8), puis
 - on fait circuler le gaz à l'état vapeur au sein du deuxième circuit d'alimentation (3) si la température du gaz à l'état vapeur déterminée à l'étape de détermination est supérieure à un seuil de température, ou

- on fait circuler le gaz à l'état vapeur au sein de la branche de traitement thermique (33) si la température du gaz à l'état vapeur déterminée à l'étape de détermination est inférieure au seuil de température.

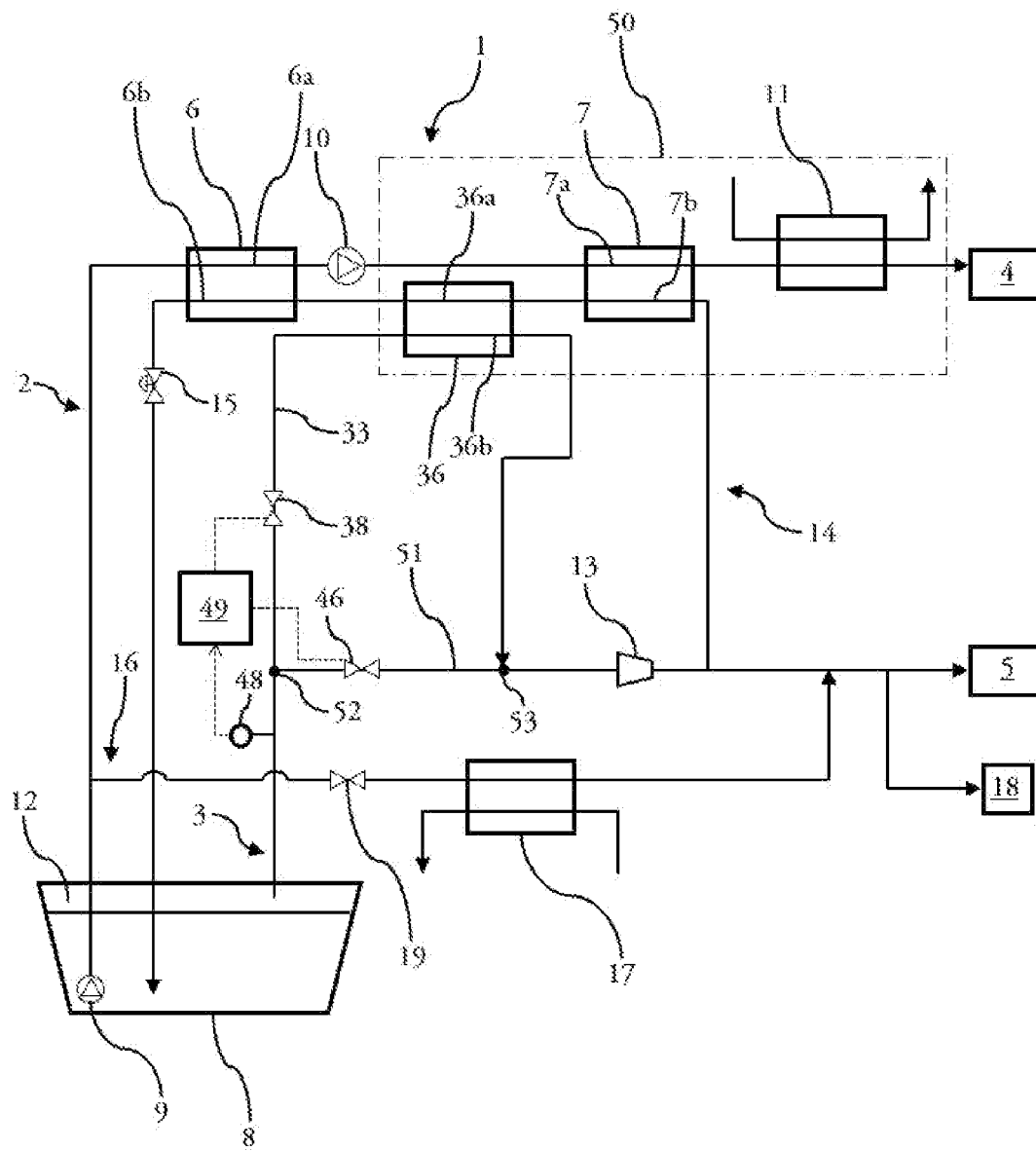
[Revendication 16] Procédé de contrôle selon la revendication précédente, au cours duquel le seuil de température est de -110°C .

[Revendication 17] Procédé de contrôle selon la revendication 15 ou 16, en combinaison avec l'une quelconque des revendications 10 à 13, au cours duquel :

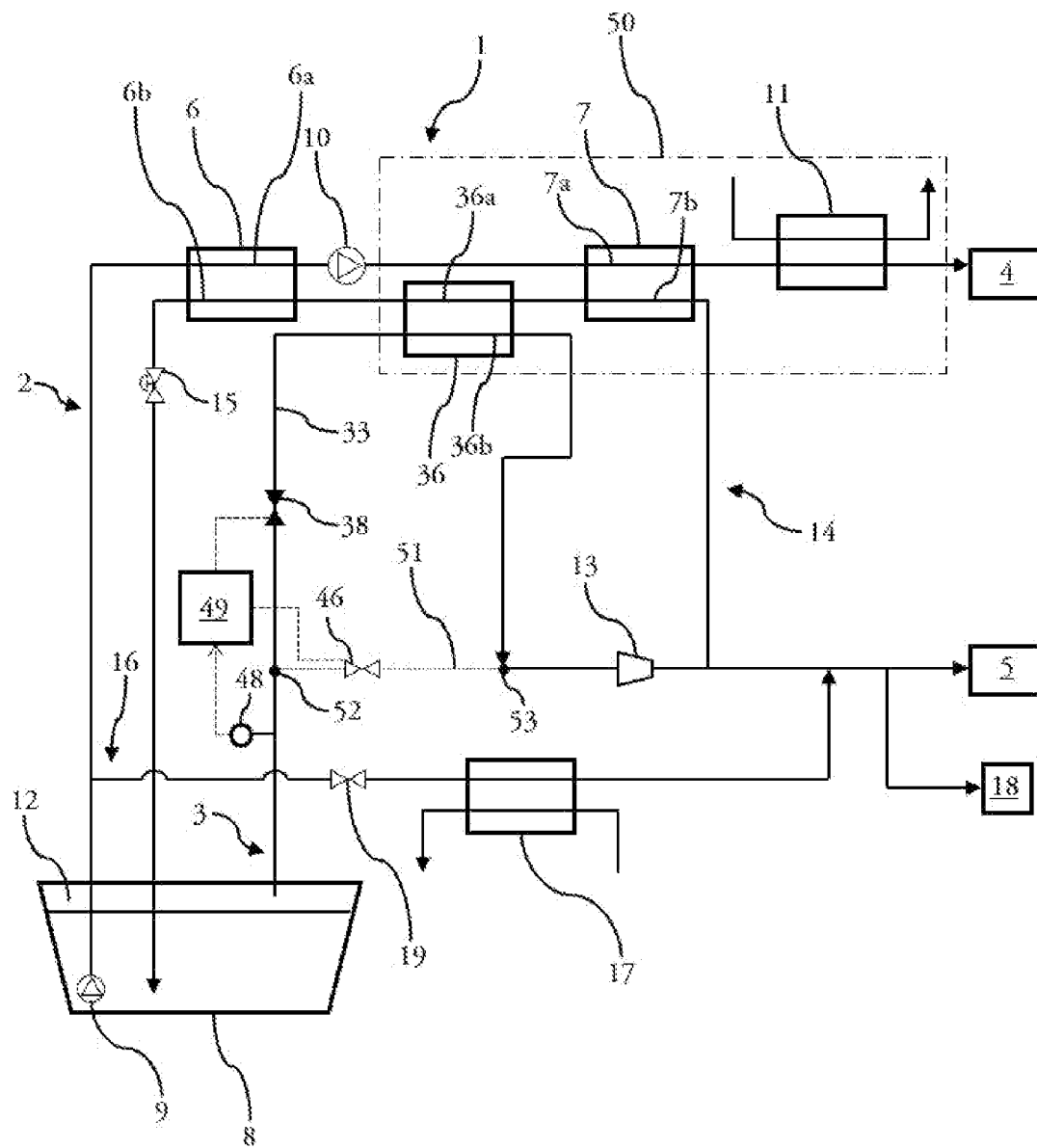
- on fait circuler le gaz à l'état vapeur au sein de la branche de traitement thermique (33) si la température du gaz à l'état vapeur déterminée à l'étape de détermination est inférieure au seuil de température, ou
- on fait circuler le gaz à l'état vapeur au sein de la branche de refroidissement (40) si la température du gaz à l'état vapeur déterminée à l'étape de détermination est supérieure à un seuil de référence, ledit seuil de référence étant supérieur au seuil de température, ou
- on fait circuler le gaz à l'état vapeur au sein du deuxième circuit d'alimentation (3) si la température du gaz à l'état vapeur déterminée à l'étape de détermination est comprise entre le seuil de température et le seuil de référence.

[Revendication 18] Procédé de contrôle selon la revendication précédente, au cours duquel le seuil de référence est de -90°C , le procédé de contrôle comprenant une étape de condensation du gaz à l'état vapeur circulant dans la ligne de retour (14).

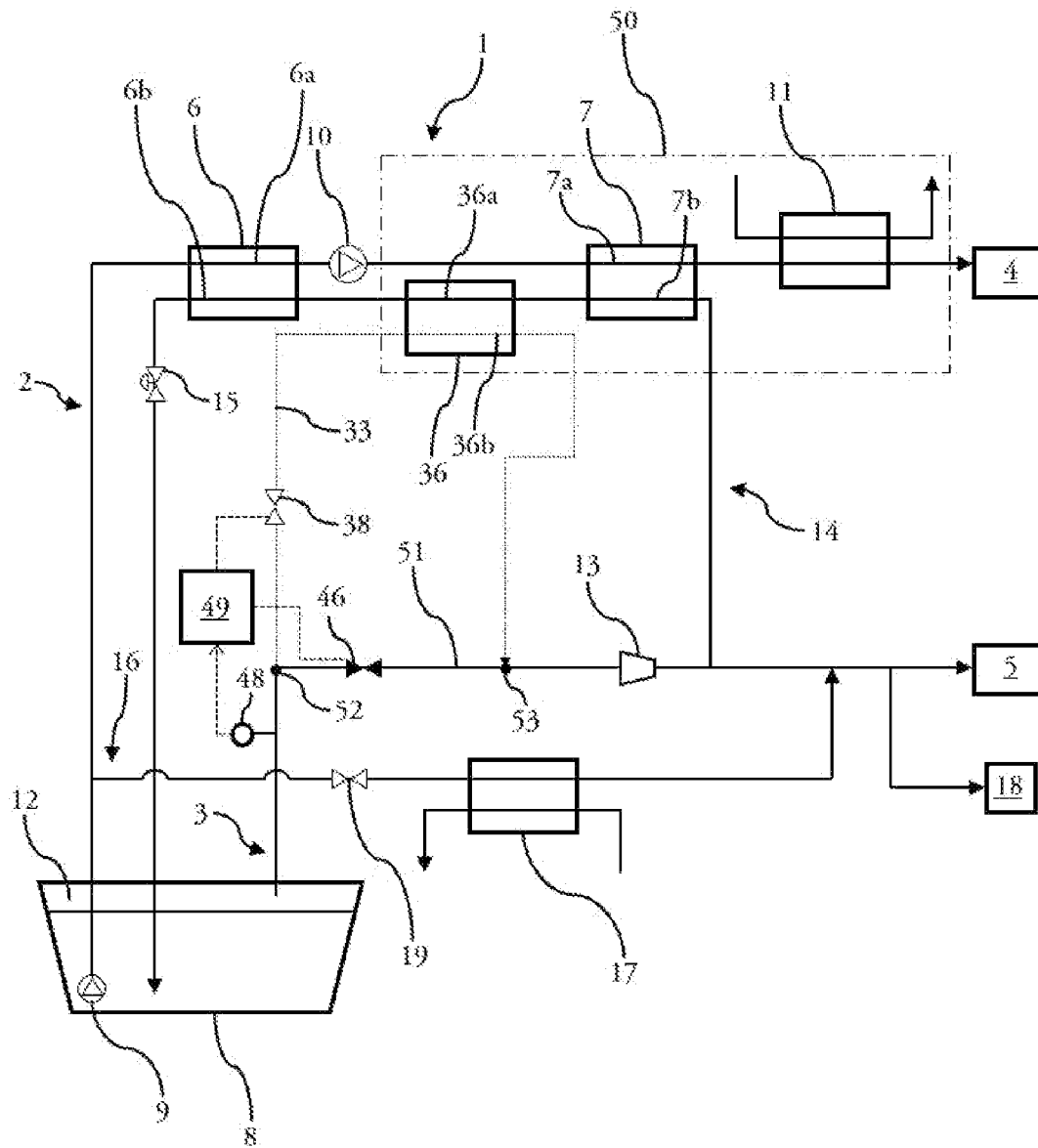
[Fig. 1]



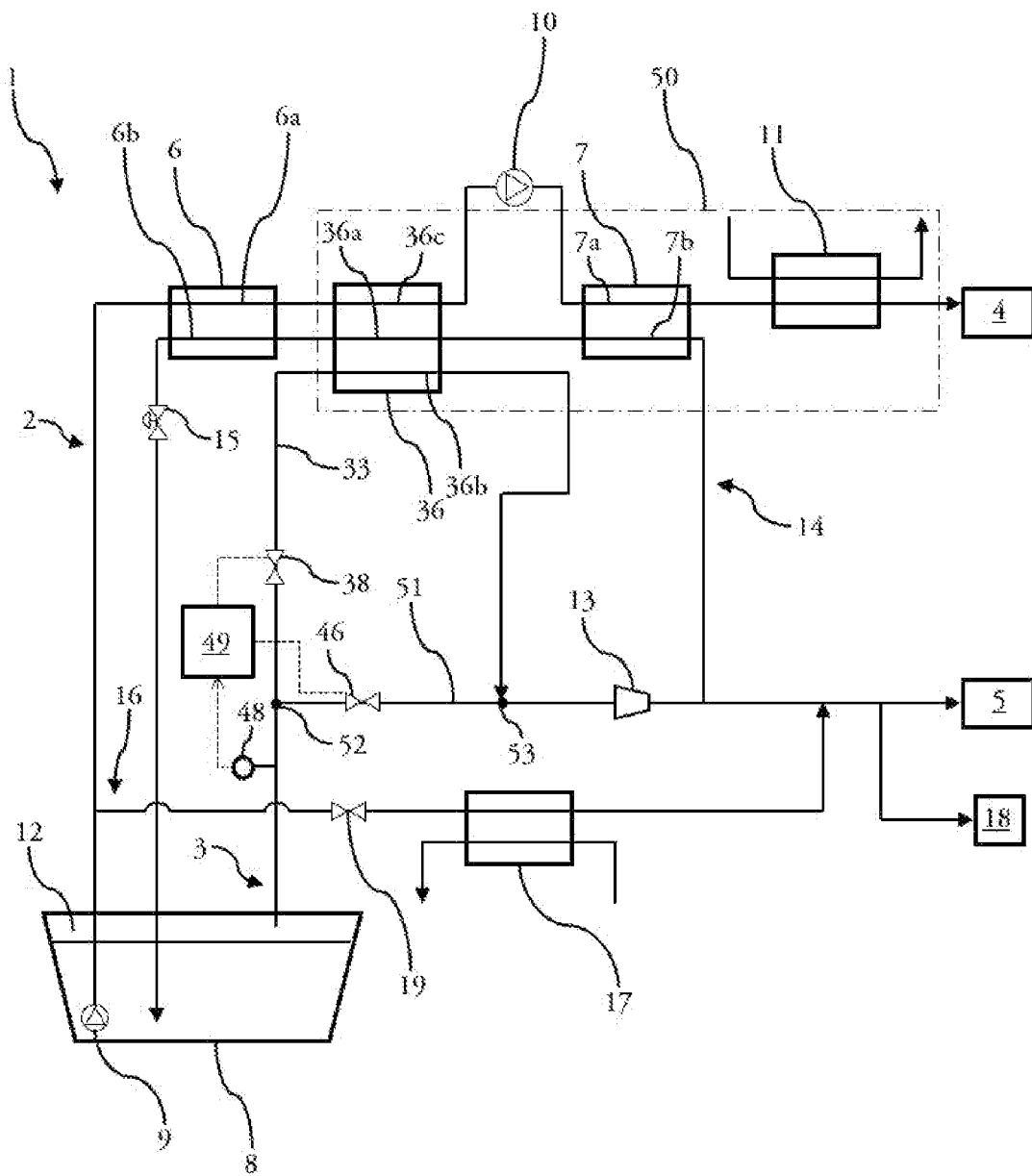
[Fig. 2]



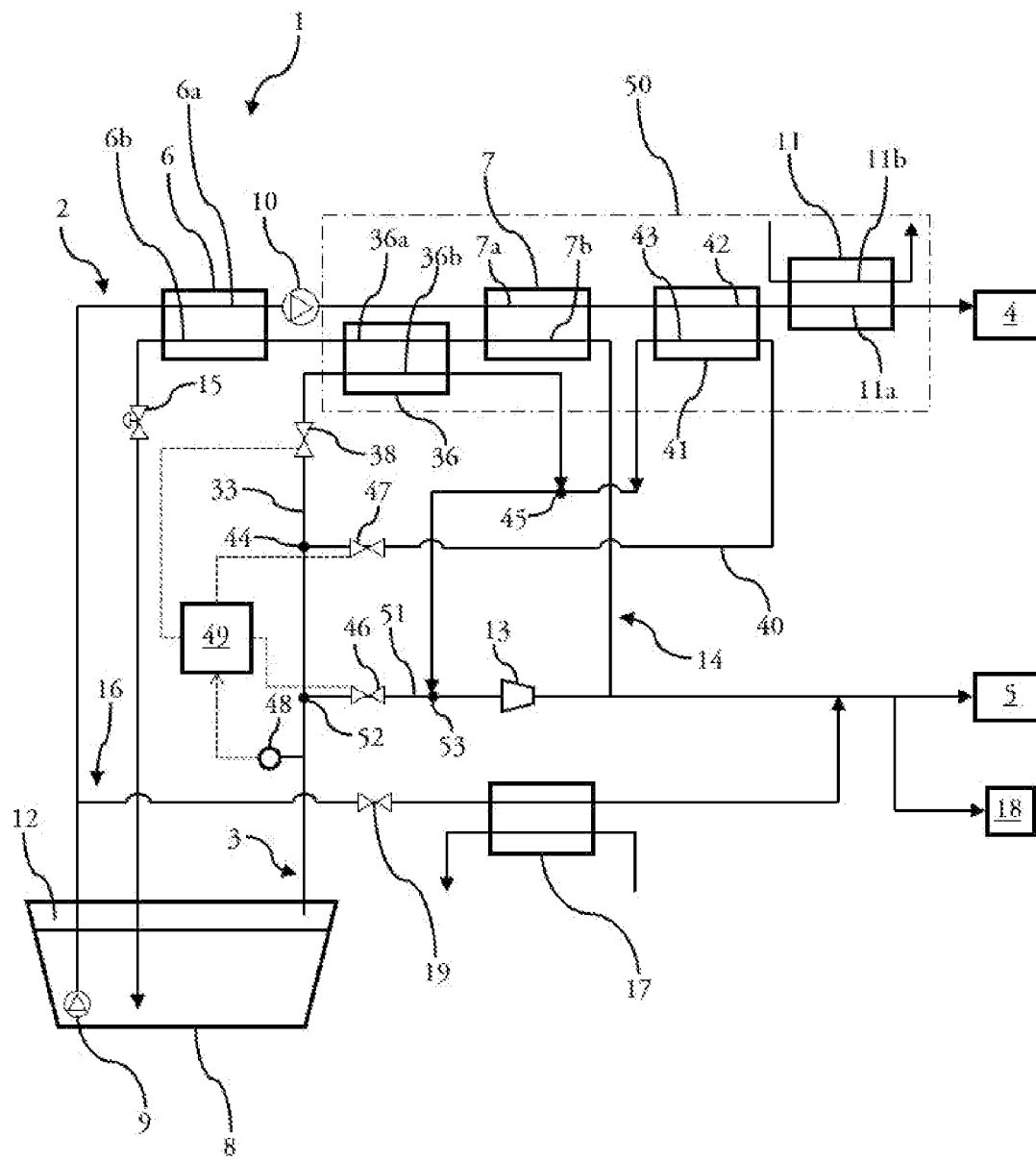
[Fig. 3]



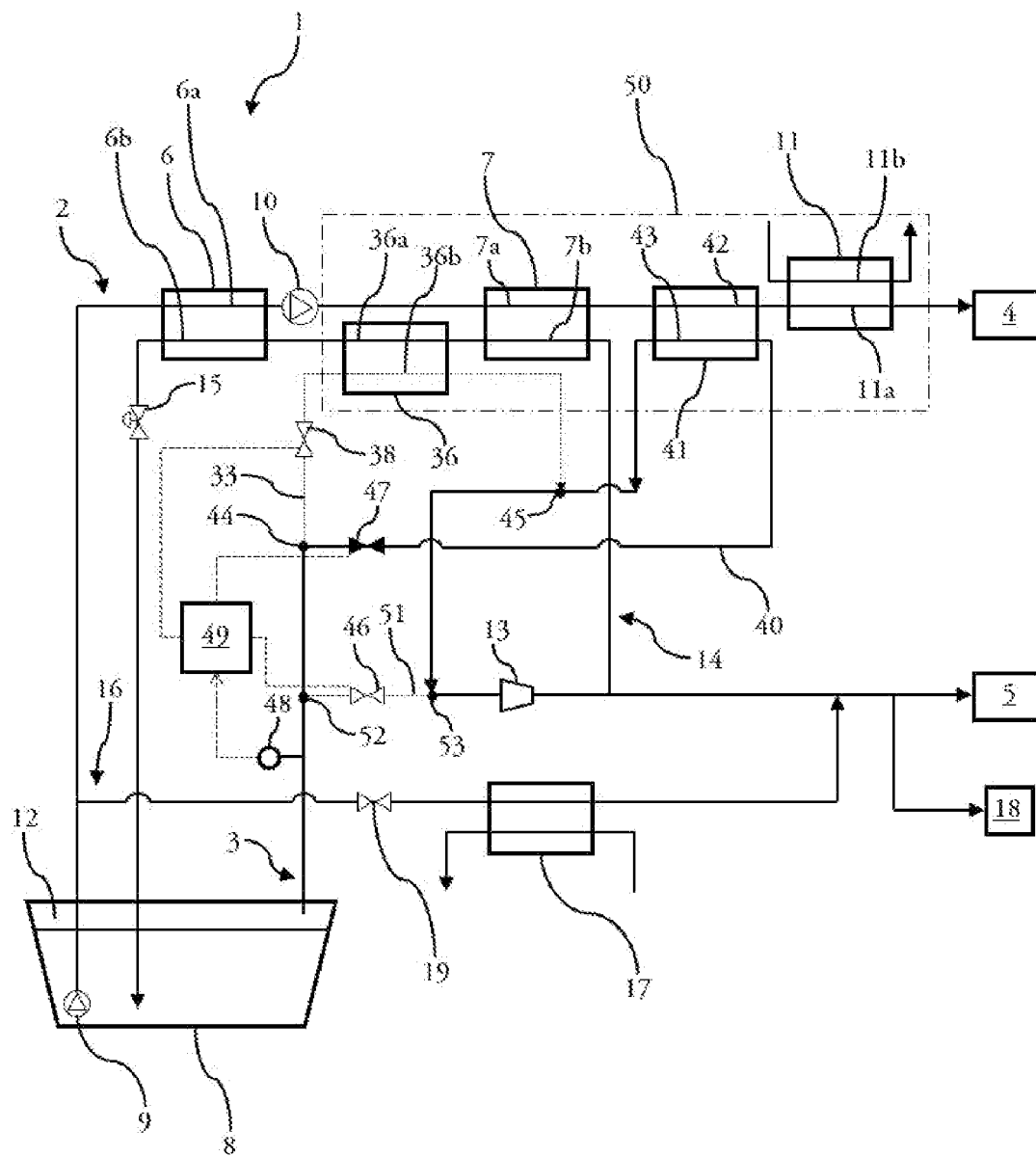
[Fig. 4]



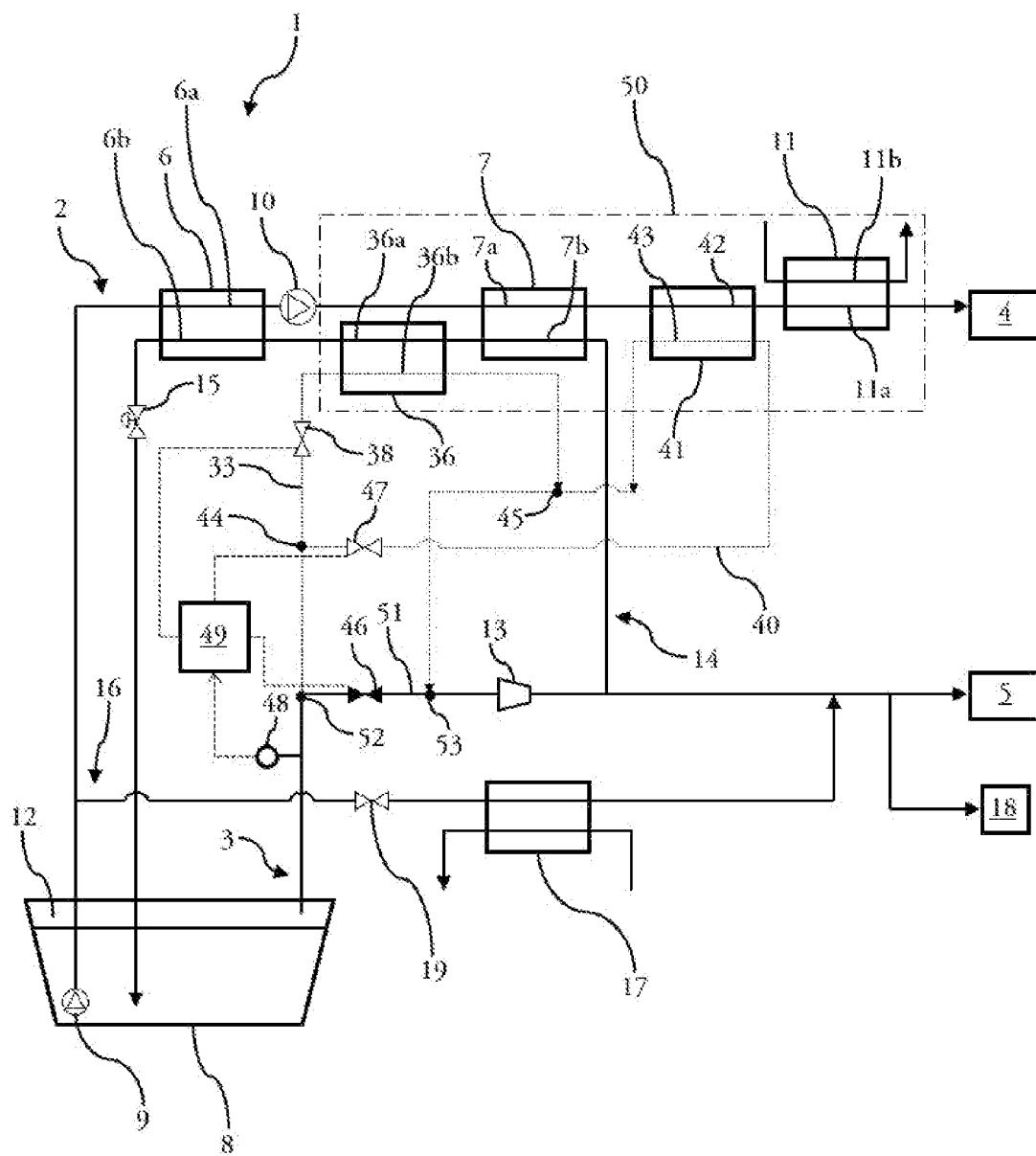
[Fig. 5]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 905692
FR 2203212

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 3 483 419 A1 (KAWASAKI HEAVY IND LTD [JP]) 15 mai 2019 (2019-05-15) * figures 5,7-8 * -----	1-18	F02M21/02 B63H21/38 B63B25/16
A	WO 2017/162984 A1 (CRYOSTAR SAS [FR]) 28 septembre 2017 (2017-09-28) * figures 1-8 * -----	1-18	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F17C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
25 octobre 2022		Nicol, Boris	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2203212 FA 905692**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **25-10-2022**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3483419	A1	15-05-2019	CN	109416002 A	01-03-2019
			EP	3483419 A1	15-05-2019
			JP	6757191 B2	16-09-2020
			JP	2018003728 A	11-01-2018
			KR	20190028447 A	18-03-2019
			WO	2018008684 A1	11-01-2018

WO 2017162984	A1	28-09-2017	CN	109154471 A	04-01-2019
			DK	3433557 T3	16-11-2020
			EP	3433557 A1	30-01-2019
			ES	2829266 T3	31-05-2021
			FR	3049341 A1	29-09-2017
			JP	6882322 B2	02-06-2021
			JP	2019510943 A	18-04-2019
			KR	20180122723 A	13-11-2018
			RU	2018134056 A	23-04-2020
			US	2019101329 A1	04-04-2019
WO	2017162984 A1	28-09-2017			
