

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
01 août 2019 (01.08.2019)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2019/145342 A1

(51) Classification internationale des brevets :
F17C 9/04 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2019/051590

(22) Date de dépôt international :

23 janvier 2019 (23.01.2019)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1850519	23 janvier 2018 (23.01.2018)	FR
1851136	09 février 2018 (09.02.2018)	FR

(71) Déposant : **GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ**
[FR/FR] ; 1 Route de Versailles, 78470 SAINT REMY LES
CHEVREUSE (FR).

(72) Inventeurs : **BORISEVICH, Pavel** ; GAZTRANSPORT
ET TECHNIGAZ, 1 route de Versailles, 78470 SAINT
REMY LES CHEVREUSE (FR). **AOUN, Bernard** ;
GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ, 1 route de Ver-
sailles, 78470 SAINT REMY LES CHEVREUSE (FR).
BUISSART, Martin ; GAZTRANSPORT ET TECHNI-
GAZ, 1 route de Versailles, 78470 SAINT REMY LES
CHEVREUSE (FR). **DELETRÉ, Bruno** ; GAZTRANS-
PORT ET TECHNIGAZ, 1 route de Versailles, 78470
SAINT REMY LES CHEVREUSE (FR).

(74) Mandataire : **BARBE, Laurent** et al. ; Gevers & Ores, 41
avenue de Friedland, 75008 PARIS (FR).

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR PROCESSING GAS IN A GAS STORAGE FACILITY FOR A GAS TANKER

(54) Titre : PROCEDE ET SYSTEME DE TRAITEMENT DE GAZ D'UNE INSTALLATION DE STOCKAGE DE GAZ POUR UN
NAVIRE DE TRANSPORT DE GAZ

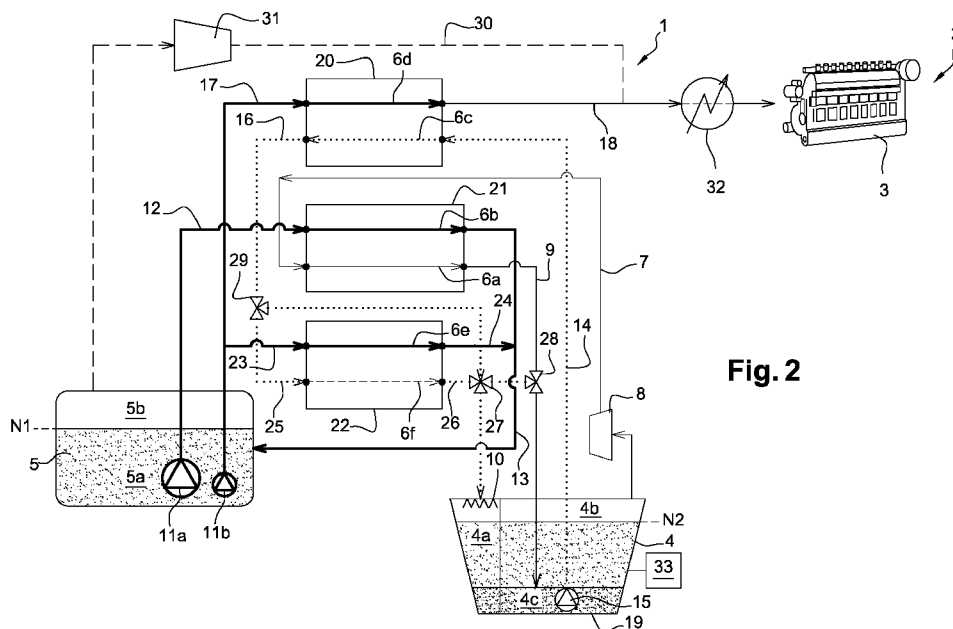


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a method and a system for processing gas in a gas storage facility (2), in particular on board a ship, the method comprising the following steps:- extracting a first gas (4a, 4b, 5a, 5b) in the liquid state from a first vessel (4) or first reservoir (5; 500), - initial subcooling of the first gas in the liquid state, and - storing the first gas in the subcooled liquid state in the lower portion of the first vessel (4) or of the first reservoir (5; 500) or of a second vessel or of a second reservoir so as to form a cold reserve layer (4c, 5c, 500c) of the first gas in the subcooled liquid state at the bottom of the first or second vessel (4) or at the bottom of the first or second reservoir (5; 500).

(81) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))

(57) **Abrége :** L'invention concerne un procédé et un système de traitement de gaz d'une installation (2) de stockage de gaz, en particulier embarquée sur un navire, le procédé comprenant les étapes suivantes: - une extraction d'un premier gaz (4a, 4b, 5a, 5b,) à l'état liquide d'une première cuve (4) ou premier réservoir (5; 500), - un premier sous-refroidissement du premier gaz à l'état liquide, et - un stockage du premier gaz à l'état liquide sous-refroidi en partie inférieure de la première cuve (4) ou du premier réservoir (5; 500) ou d'une seconde cuve ou d'un second réservoir de manière à constituer une couche de réserve de froid (4c, 5c, 500c) du premier gaz à l'état liquide sous refroidi au fond de la première ou seconde cuve (4) ou du premier ou second réservoir (5; 500).

**PROCEDE ET SYSTEME DE TRAITEMENT DE GAZ D'UNE
INSTALLATION DE STOCKAGE DE GAZ POUR UN NAVIRE DE TRANSPORT
DE GAZ**

5

1. DOMAINE TECHNIQUE

L'invention concerne un procédé et un système de traitement de gaz d'une installation de stockage de gaz, en particulier embarquée sur un navire, tel qu'un navire de transport de gaz liquéfié dont l'installation fonctionne au gaz provenant de la cargaison stockée sur le navire.

10

2. ETAT DE L'ART

Il est connu de transporter sur un navire plusieurs types de gaz sous forme liquéfiée afin de faciliter leurs transports sur de longues distances. Des exemples de gaz liquéfié sont le gaz naturel liquéfié (GNL) ou le gaz de pétrole liquéfié (GPL). Les gaz sont refroidis à très basses températures, voire à des températures cryogéniques afin qu'ils soient liquides à une pression proche de la pression atmosphérique et les charger sur les navires spécialisés. Le gaz naturel liquéfié et le gaz de pétrole liquéfié sont utilisés comme combustibles pour divers équipements dans tout type d'industrie. Depuis peu, le gaz naturel liquéfié est utilisé pour les besoins énergétiques du fonctionnement des navires, et notamment ceux transportant les gaz de pétrole liquéfié et le gaz naturel liquéfié de sorte à satisfaire les nouvelles réglementations environnementales contraignant les émissions d'oxyde de soufre (SOx) et d'oxyde d'azote (NOx) dans les zones dites ECA (pour Emission Control Area en anglais) et SECA (pour SOx Emission Control Area en anglais) par exemple.

15

20

25

Ces gaz naturels liquéfiés et les gaz de pétrole liquéfiés sont stockés dans des réservoirs isolés thermiquement à très basses températures sur les navires pour maintenir les gaz à l'état liquide. Les réservoirs absorbent de la chaleur à l'intérieur de ceux-ci, ce qui contribue à une évaporation d'une partie des gaz dans les réservoirs qui est connu sous l'acronyme NBOG en anglais pour *Natural Boil-Off Gas* (par opposition à l'évaporation forcée de gaz ou FBOG, acronyme de l'anglais *Forced Boil-Off Gas*). D'autres paramètres tels que les mouvements des gaz à l'intérieur des réservoirs dus à l'état de la mer lors de la navigation et les conditions ambiantes influent également sur l'évaporation des gaz. Ces vapeurs de gaz, qui sont stockées en partie supérieure des réservoirs dans un ciel gazeux au-dessus

30

35

des gaz liquéfiés, augmentent la pression dans le réservoir. Cette augmentation de pression peut induire la rupture des réservoirs.

Les vapeurs du gaz naturel liquéfié sont utilisées pour alimenter l'installation de production d'énergie susmentionnée. Dans le cas de l'évaporation naturelle où la quantité de gaz évaporé naturellement est insuffisante pour la demande en gaz combustible de l'installation, des moyens tels qu'une pompe immergée dans le réservoir sont actionnés pour fournir davantage de gaz combustible après une évaporation forcée. L'évaporation forcée est réalisée en particulier à partir d'eau chaude qui est réchauffée par de l'huile ou un brûleur de gaz. Tout le froid du gaz naturel liquéfié est perdu pendant cette opération. Quand la quantité de gaz évaporé est trop importante par rapport à la demande de l'installation, l'excédent de gaz est en général brûlé dans une unité de combustion de gaz, ce qui représente une perte de la cargaison.

Dans la technique actuelle, le perfectionnement des réservoirs de gaz naturels liquéfié sont tels que les taux d'évaporation naturelle (BOR – acronyme du *Boil-Off Rate*) des gaz liquéfiés sont de plus en plus faibles. Aussi, les machines d'un navire sont de plus en plus performantes. Ceci a pour conséquence, dans chacun des premier et second cas précités, que l'écart est très important entre la quantité de gaz naturellement produit par évaporation et celle demandée par l'installation d'un navire.

En ce qui concerne les gaz de pétrole liquéfiés, l'évaporation naturelle des gaz est inévitable et intervient par exemple lors des opérations de chargement dans leurs cuves de stockage, de voyage du navire ou du refroidissement des cuves suite aux échanges de chaleur entre les cuves et l'environnement extérieur. L'évaporation des gaz est gérée par un ou plusieurs système(s) de reliquéfaction permettant de limiter l'évaporation naturelle du gaz liquéfié tout en le conservant dans un état thermodynamique permettant son stockage de manière durable et en contrôlant la pression dans le réservoir de stockage. En effet, les navires transportant le gaz de pétrole liquéfié ne sont pas capables aujourd'hui de brûler les vapeurs du gaz de pétrole liquéfié. Les systèmes de reliquéfaction extraient les vapeurs de gaz des cuves, les reliquéfient, et les renvoient dans la cuve de stockage. Ce ou ces systèmes de reliquéfaction peu(ven)t représenter un investissement de l'ordre de 5 à 10% du prix du navire.

La présente invention propose de fournir une solution simple, efficace et économique permettant de gérer les évaporations naturelles ou forcées de gaz dans

les réservoirs ou cuves et les besoins énergétiques d'une installation de stockage en particulier sur un navire quelles que soient les conditions d'opération de voyage, de refroidissement des réservoirs ou cuves et de chargement des gaz liquéfiés dans les réservoir.

5 **3. EXPOSE DE L'INVENTION**

 Selon un premier aspect, l'invention propose un procédé de traitement de gaz d'une installation de stockage de gaz, l'installation comprenant une cuve dans laquelle est stocké un premier gaz et un réservoir dans lequel est stocké un deuxième gaz, le deuxième gaz ayant une température d'ébullition inférieure à celui
10 du premier gaz, le procédé comprenant une étape de reliquéfaction dans laquelle des vapeurs du premier gaz circulant dans un premier circuit depuis la cuve sont reliquéfiées par échange de chaleur avec le deuxième gaz à l'état liquide ayant une température d'entrée et circulant dans un deuxième circuit, les vapeurs du premier gaz reliquéfiées étant transférées dans la cuve et le deuxième gaz étant maintenu à
15 l'état liquide à une température de sortie après la reliquéfaction et reconduit dans le réservoir, l'échange de chaleur entre le premier gaz et le deuxième gaz étant réalisé de manière qu'une température de sortie des vapeurs du premier gaz reliquéfiées soit comprise entre une première valeur seuil et une deuxième valeur seuil.

 Ainsi, l'invention permet de gérer les vapeurs du premier gaz en utilisant le
20 froid du deuxième gaz qui est destiné à alimenter l'installation de stockage de gaz ce qui permet d'avoir un système efficace, économique tout en réduisant les émissions de NOx et SOx). En particulier, reliquéfier les vapeurs du premier gaz avec le deuxième gaz à l'état liquide destiné à retourner dans le réservoir permet de reliquéfier toutes les vapeurs de gaz générées dans la cuve du premier gaz et à la
25 bonne température. La reliquéfaction des vapeurs de premier gaz est indépendante de la consommation de l'installation. Le deuxième gaz est chauffé suite à cet échange de chaleur mais est maintenu liquide de manière à pouvoir être renvoyé dans le réservoir.

 Le procédé peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques ou
30 étapes suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes des autres :

- la différence de température entre la température d'entrée du deuxième gaz avant l'étape de reliquéfaction et la température de sortie du deuxième gaz après l'étape de reliquéfaction est comprise entre 20°C et 30°C,

- la température de sortie du deuxième gaz est inférieure à la température de vaporisation du deuxième gaz à une pression inférieure ou égale à une valeur de pression maximale autorisée de stockage du réservoir,
- les vapeurs du premier gaz reliquifiées sont transférées dans la cuve à une température supérieure ou égale à une valeur de température minimale devant être supportée par la cuve,
- la pression de sortie du deuxième gaz après la reliqufaction du premier gaz est de 8 bars,
- la température de sortie du deuxième gaz est comprise entre -155°C et -105°C à une pression comprise entre 2 et 20 bars,
- la première valeur seuil de température de sortie du premier gaz est sensiblement proche de la température de liquéfaction du premier gaz à pression atmosphérique et la deuxième température seuil est inférieure à la première valeur seuil de 10°C à 40°C à pression atmosphérique,
- la première valeur seuil est de l'ordre de -40°C et la deuxième valeur seuil est de l'ordre de -50°C,
- les vapeurs du premier gaz sont comprimées avant l'échange de chaleur,
- le deuxième gaz est extrait du fond du réservoir,
- l'échange de chaleur pendant l'étape de reliqufaction est réalisé pendant une opération de chargement du premier gaz ou pendant une opération de refroidissement de la cuve,
- le premier gaz est un gaz de pétrole liquéfié,
- le deuxième gaz est un gaz naturel liquéfié.

L'invention concerne également un système de traitement de gaz d'une installation de stockage de gaz, le système comprenant :

- une cuve dans laquelle est stocké un premier gaz,
- un réservoir dans lequel est stocké un deuxième gaz, le deuxième gaz ayant une température d'ébullition inférieure à celui du premier gaz,
- un premier circuit dans lequel circule au moins une partie des vapeurs du premier gaz depuis la cuve,
- un deuxième circuit dans lequel circule au moins une partie du deuxième gaz à l'état liquide à une température d'entrée depuis le réservoir, et
- un échangeur de chaleur configuré pour reliquéfier au moins une partie des vapeurs du premier gaz par échange de chaleur avec le deuxième gaz à l'état liquide, les vapeurs du premier gaz reliquifiées étant transférées dans

la cuve et le deuxième gaz étant maintenu à l'état liquide à une température de sortie après la reliquéfaction et reconduit dans le réservoir, et pour qu'une température de sortie des vapeurs du premier gaz soit comprise entre une première valeur seuil et une deuxième valeur seuil.

5 Le dispositif selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes des autres :

- l'échangeur de chaleur est configuré pour que la différence de température entre la température d'entrée du deuxième gaz avant l'étape de reliquéfaction et la température de sortie après l'étape de reliquéfaction, est comprise entre 5°C et 55 °C,
- le système comprend un compresseur installé en amont du premier circuit de manière à comprimer la vapeur du premier gaz à extraire de la cuve avant l'échange de chaleur,
- le deuxième circuit forme avec des conduits connectés chacun au réservoir et au deuxième circuit un circuit fermé,
- le premier gaz est un gaz de pétrole liquéfié,
- le deuxième gaz est un gaz naturel liquéfié.

15 L'invention concerne également un navire de transport de gaz liquéfié, comportant au moins un système présentant l'une quelconque des caractéristiques susmentionnées.

Selon un deuxième aspect, l'invention propose un procédé de traitement de gaz d'une installation de stockage de gaz, en particulier embarquée sur un navire, le
25 procédé comprenant les étapes suivantes:

- une extraction d'un premier gaz à l'état liquide d'une première cuve ou d'un premier réservoir,
- un premier sous-refroidissement du premier gaz à l'état liquide extrait, et
- un stockage du premier gaz à l'état liquide sous-refroidi en partie inférieure de la première cuve ou du premier réservoir ou d'une seconde cuve ou d'un second réservoir de manière à constituer une couche de réserve de froid du premier gaz à l'état liquide, à l'état liquide sous-refroidi, au fond de la première ou seconde cuve ou du premier ou second réservoir.

30 Ainsi, le premier gaz sous-refroidi qui est stocké au fond de la cuve ou du réservoir permet de créer une puissance frigorifique qui pourra être utilisée

ultérieurement, la réserve de froid étant conservée au fond de la cuve ou du réservoir de manière durable. Cette réserve de froid pourra être utilisée par exemple pour reliquéfier des vapeurs du premier gaz dans la cuve et/ou réduire la pression dans la cuve et dès que nécessaire. Cette réserve de froid peut également être utilisée sans avoir besoin d'alimenter l'installation ou de faire fonctionner des échangeurs de chaleur.

Le procédé peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques ou étapes suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes des autres :

- 10 - le premier gaz est sous-refroidi à une température supérieure ou égale à une valeur de température minimale devant être supportée par la cuve ou le réservoir,
- la couche de réserve de froid est située dans la première ou seconde cuve ou premier ou second réservoir en-dessous d'une quantité du premier gaz en formant une interface liquide-liquide,
- 15 - le premier gaz, à l'état liquide sous-refroidi, est transféré dans la première ou seconde cuve ou premier ou second réservoir via une canalisation qui débouche dans le fond de la première ou seconde cuve ou premier ou second réservoir,
- 20 - le premier gaz stocké dans la couche de réserve de froid de la première ou seconde cuve ou premier ou second réservoir est utilisé pour refroidir un gaz à l'état de vapeur,
- le gaz à l'état de vapeur est le premier gaz à l'état de vapeur situé en partie supérieure de la cuve ou réservoir et du premier gaz à l'état liquide,
- 25 - le premier gaz stocké dans la couche de réserve de froid est pulvérisé dans la première ou seconde cuves ou premier ou second réservoirs et dans la couche du premier gaz à l'état de vapeur,
- le premier gaz stocké dans la couche de réserve de froid est extrait du fond d'une des cuves ou réservoir et reliquéfie le premier gaz à l'état de vapeur à travers un échangeur de chaleur,
- 30 - le premier gaz, à l'état liquide, sous-refroidi est stocké dans la couche de réserve de froid lorsqu'une pression mesurée dans la cuve ou réservoir est inférieure à une première valeur seuil de pression prédéterminée de la cuve ou du réservoir,

- la première valeur seuil prédéterminée est par exemple comprise entre 1 et 1,05 bar absolu,
- ladite partie inférieure s'étend sur environ moins de 30% de la hauteur de la cuve ou réservoir mesurée depuis son fond, ledit fond étant l'extrémité la plus inférieure de la cuve ou réservoir,
- le premier gaz, à l'état liquide, sous-refroidi est stocké dans la couche de réserve de froid à une température comprise entre une température de liquéfaction du premier gaz moins environ 5°C à pression atmosphérique et une température de liquéfaction moins environ 10°C, le premier gaz à l'état liquide restant dans la première ou deuxième cuve ou premier ou second réservoir étant à une température supérieure à la température de liquéfaction du premier gaz,
- le premier gaz sous-refroidi, à l'état liquide, est stocké dans la couche de réserve de froid à une température comprise entre -45° et -55°C, le premier gaz à l'état liquide restant dans la première ou deuxième cuve ou premier ou second réservoir étant à une température supérieure ou égale à -42°C,
- le premier gaz sous-refroidi est stocké dans la couche de réserve de froid à une température comprise -160° et -170°C, le premier gaz à l'état liquide restant dans la cuve ou réservoir étant à une température supérieure ou égale à -160°C,
- le premier sous-refroidissement du premier gaz est réalisé avec un deuxième gaz au moins à l'état liquide extrait d'un réservoir, le deuxième gaz ayant une température d'ébullition inférieure ou égale à celui du premier gaz,
- le procédé comprend une vaporisation ou chauffage du deuxième gaz qui est chauffé ou vaporisé par échange de chaleur lors du premier sous-refroidissement du premier gaz de manière à alimenter l'installation,
- l'installation commande un débit du deuxième gaz devant être vaporisé ou chauffé lors de la vaporisation,
- le premier sous-refroidissement du premier gaz est réalisé avec le premier gaz extrait du réservoir qui est détendu et partiellement vaporisé,
- le deuxième gaz extrait du réservoir est détendu et partiellement vaporisé avant l'échange de chaleur lors du premier sous-refroidissement,
- le deuxième gaz extrait du réservoir est sous-refroidi par échange de chaleur avec le deuxième gaz détendu et partiellement vaporisé,

- un deuxième sous-refroidissement du premier gaz est réalisé après le premier sous-refroidissement,
- le deuxième gaz utilisé pour le deuxième sous refroidissement est extrait du fond du réservoir, ou est sous-refroidi,
- 5 - le premier et/ou deuxième sous-refroidissement est effectué à l'extérieur des première et deuxième cuves et/ou premier et second réservoirs,
- l'échange de chaleur lors du premier sous-refroidissement ou du deuxième sous-refroidissement entre le premier gaz et le deuxième gaz est réalisé de manière qu'une température de sous-refroidissement du premier gaz soit comprise entre une première valeur seuil et une deuxième valeur seuil,
- 10 - la température de sortie du deuxième gaz après le deuxième sous-refroidissement est comprise entre -155° et -105°C à une pression comprise entre 2 et 20 bars,
- le deuxième gaz chauffé, vaporisé ou partiellement vaporisé est réchauffé pour alimenter l'installation,
- 15 - le procédé comprend en outre une étape de reliquéfaction dans laquelle des vapeurs du premier gaz circulant dans un premier circuit depuis la cuve sont reliquéfiées par échange de chaleur avec le deuxième gaz à l'état liquide ayant une température d'entrée et circulant dans un deuxième circuit , les vapeurs du premier gaz reliquéfiées étant transférées dans la cuve et le deuxième gaz étant maintenu à l'état liquide à une température de sortie après la reliquéfaction et reconduit dans le réservoir, l'échange de chaleur entre le premier gaz et le deuxième gaz étant réalisé de manière qu'une température de sortie des vapeurs du premier gaz reliquéfiées soit comprise entre une première valeur seuil et une deuxième valeur seuil,
- 20 - les vapeurs du premier gaz sont reliquéfiées lorsqu'une pression mesurée dans la cuve ou réservoir est supérieure à une deuxième valeur seuil de pression prédéterminée de la cuve ou réservoir,
- la deuxième valeur seuil est par exemple comprise entre 1 et 1,05 bar absolu,
- 30 - le deuxième gaz réchauffé est comprimé de manière à alimenter l'installation,
- le premier gaz est un gaz naturel liquéfié ou un gaz de pétrole liquéfié,
- le deuxième gaz est un gaz naturel liquéfié,

La présente invention concerne également un système de traitement de gaz d'une installation de stockage de gaz, en particulier embarquée sur un navire, le système comprenant :

- 5 - une cuve ou réservoir dans laquelle est stocké un premier gaz à l'état liquide;
- un premier échangeur de chaleur configuré pour réaliser un premier sous-refroidissement du premier gaz extrait de la cuve, à l'état liquide, ou réservoir, par une première canalisation, et
- 10 - une deuxième canalisation connectée au premier échangeur de chaleur débouche en partie inférieure de la cuve ou réservoir ou d'une autre cuve ou réservoir de manière à stocker le premier gaz sous-refroidi au fond de la cuve ou réservoir pour constituer une couche de réserve de froid du premier gaz à l'état liquide.

Le dispositif selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes des autres :

- le premier gaz est stocké dans la même cuve ou le même réservoir duquel celui-ci est extrait,
- le dispositif comprend un réservoir dans lequel est stocké un deuxième gaz à l'état liquide, le deuxième gaz ayant une température d'ébullition inférieure ou égale à celui du premier gaz,
- 20 - le deuxième gaz à l'état liquide circule dans une deuxième canalisation connectée avec le premier échangeur de chaleur de manière à réaliser le premier sous-refroidissement du premier gaz,
- 25 - le dispositif comprend un deuxième échangeur de chaleur configuré pour réaliser un deuxième sous-refroidissement du premier gaz avec le deuxième gaz à l'état liquide,
- le fond de la cuve ou réservoir comprend une sortie connectée à une première extrémité d'une tuyauterie, la tuyauterie comprenant une deuxième extrémité couplée à une rampe de pulvérisation installée en partie supérieure de la cuve ou réservoir,
- 30 - un dispositif de chauffage dans lequel circule le deuxième gaz réchauffé, vaporisé ou partiellement vaporisé dans le premier échangeur de chaleur,
- des moyens de dépressurisation sont montés en amont du premier
- 35 échangeur de chaleur,

- le deuxième échangeur de chaleur est configuré de manière à fournir le deuxième gaz à une température de sortie comprise entre -155° et -105°C à une pression comprise entre 2 et 20 bars,
- le dispositif comprend un troisième échangeur de chaleur configuré pour reliquéfier au moins une partie des vapeurs du premier gaz par échange de chaleur avec le deuxième gaz à l'état liquide, les vapeurs du premier gaz reliquéfiées étant transférées dans la cuve et le deuxième gaz étant maintenu à l'état liquide à une température de sortie après la reliquéfaction et reconduit dans le réservoir, et pour qu'une température de sortie des vapeurs du premier gaz soit comprise entre une première valeur seuil et une deuxième valeur seuil,
- le dispositif comprend un quatrième échangeur de chaleur configuré pour vaporiser partiellement le deuxième gaz circulant dans un circuit primaire et pour sous-refroidir le deuxième gaz circulant dans un circuit secondaire,
- le circuit primaire est agencé en aval du moyen de dépressurisation et en amont du premier échangeur de chaleur (selon le sens de la circulation du fluide dans l'échangeur de chaleur),
- le circuit secondaire est agencé en amont du deuxième échangeur de chaleur (selon le sens de la circulation du fluide dans l'échangeur de chaleur),
- un compresseur est destiné à comprimer le deuxième gaz chauffé ou vaporisé,
- le premier gaz est un gaz naturel liquéfié ou un gaz de pétrole liquéfié,
- le deuxième gaz est un gaz naturel liquéfié,

L'invention concerne également un navire de transport de gaz liquéfié, comportant au moins un système présentant l'une quelconque des caractéristiques susmentionnées.

4. LISTE DES FIGURES

- L'invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- La figure 1 représente un mode de réalisation d'un système de traitement de gaz selon l'invention, qui équipe ici une installation de stockage de gaz, en particulier sur un navire,
- La figure 2 représente un autre mode de réalisation d'un système de traitement de gaz selon l'invention,
- La figure 3 représente un autre mode de réalisation d'un système de traitement de gaz selon l'invention,
- La figure 4 illustre un autre mode de réalisation d'un système de traitement de gaz selon l'invention,
- La figure 5 est une variante du mode de réalisation de la figure 4, et
- La figure 6 illustre un autre mode de réalisation d'un système de traitement de gaz selon l'invention.

5. DESCRIPTION DETAILLE DE L'INVENTION

La figure 1 montre un premier mode de réalisation d'un système de traitement des gaz 1 d'une installation 2 de stockage de gaz selon l'invention. Ce système de traitement permet le refroidissement d'un ou de plusieurs gaz et/ou une reliquéfaction de vapeurs d'un ou de plusieurs gaz et/ou la vaporisation ou réchauffement d'un ou de plusieurs gaz.

Nous entendons dans la présente invention par le terme « reliquéfaction » la condensation des vapeurs d'un gaz permettant de le ramener à un état liquide.

Dans la présente invention, le système 1 est installé sur un navire, tel qu'un navire de transport de gaz, en particulier du type VLGC (pour l'expression anglaise Very Large Gas Carrier). Les navires de ce type ont une capacité de l'ordre de 80000 m³.

Dans un navire de transport de gaz, par exemple du type méthanier, une installation de production d'énergie est prévue pour pourvoir aux besoins énergétiques du fonctionnement du navire, notamment pour la propulsion du navire et/ou la production d'électricité pour les équipements de bord.

L'installation de stockage de gaz 2 peut être l'installation de production d'énergie. Une telle installation comprend couramment des machines thermiques 3, telles que le moteur du navire consommant du gaz provenant de la cargaison de gaz transportée dans le ou les réservoirs/cuves du navire.

Sur ce navire, le ou les gaz sont stockés à l'état liquide dans plusieurs cuves 4 ou réservoirs 5 à très basse température, voire à des températures cryogéniques. Les cuves 4 et les réservoirs 5 peuvent contenir chacun un gaz sous

forme liquéfié ou à l'état liquide à une pression et une température prédéterminées. Un ou plusieurs cuves 4 et/ou réservoirs 5 du navire peuvent être relié(e)s à l'installation 2 par le système 1 selon l'invention. Chaque cuve et réservoir comprennent pour cela une enveloppe destinée à isoler les gaz stockés à leur

5 température de stockage de l'environnement extérieur.

Le navire est chargé avec du gaz naturel (GN) stocké dans un réservoir 5 et des gaz de pétrole (GP) stockés dans une ou plusieurs cuves 4. Chaque cuve et/ou réservoir 4, 5 peut avoir une capacité comprise entre 1 000 à 50 000 m³. Le nombre de cuves 4 et de réservoirs 5 n'est pas limitatif. Il est par exemple compris

10 entre 1 et 6. Dans la suite de la description, les termes « le réservoir » et « la cuve » devront être interprétés respectivement comme « le ou chaque réservoir » et « le ou chaque cuve ».

Le gaz naturel (GN) est par exemple du méthane ou un mélange de gaz comportant du méthane. Le gaz naturel est stocké à l'état liquide 5a dans le

15 réservoir par exemple à une température cryogénique de l'ordre de -160°C à pression atmosphérique. Le gaz naturel à l'état liquide ou gaz naturel liquéfié 5a est siglé « GNL ». Le réservoir 5 comprend également des vapeurs de gaz 5b résultant d'une évaporation, en particulier naturelle, du GNL dans le réservoir. L'évaporation ou vapeur 5b est désignée par le signe « BOG » ou « NBOG » pour l'évaporation

20 naturelle au contraire de « FBOG » pour l'évaporation forcée. Le GNL 5a est stocké, naturellement, au fond du réservoir 5 tandis que les BOG 5b de GNL sont situées au-dessus du niveau N1 de GNL 5a dans le réservoir, appelé ciel gazeux. Le BOG 5b de GNL dans le réservoir est dû aux entrées de chaleur de l'environnement extérieur à l'intérieur du réservoir 5 et à des mouvements du GNL 5a au sein du

25 réservoir 5 dus aux mouvements de la mer par exemple.

Le gaz de pétrole (GP) comprend le propane, le butane, le propylène, l'ammoniac, l'éthane, le propylène, l'éthylène, ou un mélange de gaz comportant ces compositions. Le gaz de pétrole est stocké à l'état liquide 4a dans la cuve 4 à une température de l'ordre de -42°C à pression atmosphérique. Le gaz de pétrole à

30 l'état liquide 4a ou gaz de pétrole liquéfié est siglé « GPL ». La cuve 4 comprend également des vapeurs de gaz 4b qui résulte d'une évaporation, en particulier naturelle, du GPL dans la cuve. De même, le GPL 4a est stocké, naturellement, au fond de la cuve 4 tandis que les vapeurs de gaz de GPL sont situées au-dessus du niveau N2 du GPL 4a dans la cuve, dans le ciel gazeux. Comme cela a été expliqué

35 précédemment pour le GNL, l'évaporation de GPL (BOG ou NBOG) dans la cuve 4

est due également aux entrées de chaleur de l'environnement extérieur à l'intérieur de la cuve, aux mouvements de fluide lors des voyages (mer, GPL), lors du chargement du GPL dans la cuve 4 et lors du refroidissement de la cuve pour ramener la température de la cuve à une température d'équilibre.

5 Lors du refroidissement, ici de la cuve 4 qui consiste à ramener la température ambiante de l'enveloppe de la cuve à une température d'équilibre, le gaz liquéfié est pulvérisé sur les parois de la cuve quasiment vide. L'évaporation du gaz génère le froid nécessaire au refroidissement de l'enveloppe. Lors de cette opération qui dure environ 10h, il y a très peu de vapeurs de GPL produites par
10 l'évaporation naturelle (NBOG) puisque la cuve est quasiment vide. En revanche, la pulvérisation du GPL sur les parois pour leur refroidissement génère une grande quantité de vapeurs de GPL de l'ordre de 10900 kg/h. Cette opération de refroidissement des cuves de GPL peut s'appliquer au refroidissement de réservoir de GNL.

15 Lors du chargement du GPL, la cuve comprend une quantité importante de BOG qui provient du refroidissement de la cuve et aussi du NBOG généré par le GPL qui se réchauffe dans la cuve. Les vapeurs dues au refroidissement ne sont pas reliquéfiées par le GPL chargé dans la cuve. L'opération de chargement dure environ 18h. Environ 13900 kg/h de BOG est généré dans la cuve. La pression dans
20 la cuve est maintenue au-dessus de la pression atmosphérique lors du chargement de la cuve.

Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 1, le système 1 représenté comprend quatre cuves 4 de GPL et un réservoir 5 de GNL. Le système
25 1 comprend également un échangeur de chaleur 6 qui permet des échanges thermiques entre les vapeurs 5b de GNL, les vapeurs 4b de GPL, le GPL 4a liquide et le GNL 5a liquide. Dans le présent exemple, l'échangeur de chaleur 6 comprend plusieurs circuits ou conduits, ici au moins un premier circuit 6a, un deuxième circuit 6b, un premier conduit 6c, et un deuxième conduit 6d, dans lesquels circulent du
30 GN ou du GP à l'état liquide ou de vapeurs.

L'échangeur de chaleur 6 est configuré de manière que le premier circuit 6a échange de la chaleur avec le deuxième circuit 6b pour maintenir le GNL issu du réservoir à l'état liquide et reliquéfier des vapeurs 4b de GPL issues de la cuve 4 simultanément. Le GNL en sortie de l'échangeur de chaleur 6, en particulier du

deuxième circuit 6b, est envoyé dans le réservoir 5 et les vapeurs de GPL reliquifiées sont envoyées dans la cuve 4.

Pour cela, la cuve 4 comprend une sortie qui est reliée à une première extrémité d'une première canalisation 7 dans laquelle circule des vapeurs 4b de GPL. La sortie de la cuve 4 est située en partie supérieure de la cuve 4 où se trouve le ciel gazeux avec les vapeurs 4b (NBOG) de GPL. La première canalisation 7 est reliée à une entrée d'un compresseur 8 qui assure la circulation des vapeurs 4b de GPL dans la première canalisation 7. Cette dernière comprend une deuxième extrémité qui est reliée à une entrée du premier circuit 6a. Les vapeurs de GPL sont destinées à être reliquifiées par échange de chaleur avec le froid du GNL et pour maintenir le GNL à l'état liquide. Une sortie du premier circuit 6a est reliée à une première extrémité d'une deuxième canalisation 9 dans laquelle circulent les vapeurs de GPL reliquifiées. La deuxième canalisation 9 comprend une deuxième extrémité qui est immergée dans le GPL ou qui est connectée à un plongeur 9a immergé dans la cuve. De manière alternative, la deuxième canalisation 9 est connectée à une rampe 10 de pulvérisation de GPL. La rampe 10 est agencée dans la cuve 4 et en partie supérieure de celle-ci, suivant un axe vertical dans le plan de la figure 1, de manière à pulvériser les vapeurs de GPL reliquifiées dans le ciel gazeux du GPL. Ceci permet de forcer la recondensation du NBOG dans la cuve.

Le système 1 comprend des pompes qui sont installées dans le réservoir 5 pour extraire le GNL de celui-ci. En particulier, une première pompe 11a et une deuxième pompe 11b sont immergées dans le GNL, et sont de préférence situées au fond du réservoir 5 afin de s'assurer qu'elles ne soient alimentées qu'en GNL. La première pompe 11a est reliée à une première extrémité d'une troisième canalisation 12. La première pompe 11a permet de forcer la circulation du GNL dans la troisième canalisation 12. Le débit volumique du GNL de cette première pompe 11a est de l'ordre de 130 m³/h. La deuxième extrémité de cette troisième canalisation 12 est reliée à une entrée du deuxième circuit 6b dans lequel circule du GNL 5a issu du réservoir 5. Le deuxième circuit 6b comprend une sortie connectée à une première extrémité d'une quatrième canalisation 13 dans laquelle circule également du GNL 5a. La quatrième canalisation 13 comprend une deuxième extrémité qui est connectée au réservoir 5. La troisième et la quatrième canalisations 12, 13 permettent une recirculation du GNL du réservoir vers le réservoir à travers l'échangeur de chaleur 6. Plus précisément encore, le deuxième circuit 6b, la troisième et la quatrième canalisation 12, 13 forment un circuit fermé.

Le GNL est extrait du réservoir à une température de -160°C . La température de sortie du GNL et/ou la pression de sortie du GNL sont contrôlées pour que le GNL ne se vaporise pas lors de l'échange de chaleur avec les vapeurs de GPL. Pour cela, un capteur de température est prévu, par exemple sur la quatrième

5 canalisation 13, pour contrôler la température du GNL renvoyé vers le réservoir. De manière avantageuse, la température de sortie prédéterminée du GNL est inférieure, par exemple de 5°C , de la température d'évaporation du GNL à une valeur de pression autorisée de stockage du réservoir, par exemple de l'ordre de 8 bars. La pression de stockage du réservoir 5 pour contenir le GNL est comprise

10 entre 2 et 20 bars. La pression de sortie du GNL de l'échangeur de chaleur 6 doit être inférieure à la pression maximale de stockage du réservoir. Le GNL est ainsi chauffé sans être vaporisé. La température de sortie des vapeurs de GPL reliquifiées est comprise entre une première valeur seuil et une deuxième valeur seuil. La première valeur seuil de température de sortie du GPL gaz est

15 sensiblement proche de sa température de liquéfaction, à pression atmosphérique et, la deuxième température seuil est inférieure à la première valeur seuil de 10°C à 40°C à pression atmosphérique. Dans le présent exemple, la première valeur seuil est de -40° alors que la deuxième valeur seuil est de l'ordre de -55°C . De manière avantageuse, la température de sortie des vapeurs de gaz reliquifiées est de l'ordre

20 de -42°C . Cet échange de chaleur permet que les vapeurs de GPL soient reliquifiées à une température adéquate qui ne soit pas trop froide, notamment qui soit supérieure ou égale à une valeur de température minimale devant être supportée par la cuve 4. Les valeurs de température susmentionnées pour le GPL dans cet exemple et dans la suite de la description, sont des exemples de

25 températures liés au propane. Il est entendu que les valeurs de température des autres composés du GPL s'appliquent à l'invention.

L'échangeur de chaleur 6 est également configuré de manière que le premier conduit 6c échange de la chaleur avec le deuxième conduit 6d pour réaliser une évaporation forcée du GNL issu du réservoir et un sous-refroidissement du GPL

30 issu de la cuve 4 simultanément. Nous entendons dans la présente invention par le terme sous-refroidissement un abaissement de la température du gaz liquéfié en dessous de sa température de liquéfaction. Le gaz liquéfié est par exemple sous-refroidi d'environ 5°C à 20°C en-dessous de sa température de liquéfaction. Il est entendu que le stockage du gaz liquéfié sous-refroidi, dans la présente invention,

35 dépend de la pression de stockage du gaz liquéfié. Le GNL vaporisé (FBOG) est

destiné à alimenter l'installation 2, et en particulier ici le moteur du navire. Le GPL sous-refroidi (à l'état liquide) est envoyé dans la cuve 4. En particulier, le premier conduit 6c est configuré pour faire circuler du gaz de pétrole, et en particulier du GPL 4b dans l'échangeur de chaleur 6. Le premier conduit 6c comprend une entrée
5 qui est reliée à une des extrémités d'une cinquième canalisation 14 dans laquelle circule du GPL extrait du réservoir. L'autre extrémité de la cinquième canalisation 14 est connectée à une troisième pompe 15 immergée dans le GPL. Cette troisième pompe 15 est également installée dans le fond de la cuve 4 pour ne prélever que du GPL et faire circuler le GPL dans cette canalisation 14. Le premier conduit 6c
10 comprend une sortie qui est reliée à une sixième canalisation 16 qui est destinée à renvoyer du GPL sous-refroidi (à l'état liquide) dans la cuve 4. La sixième canalisation 16 peut être connectée à la rampe 10 de pulvérisation ou à la deuxième canalisation 9, ou encore au plongeur 9a pour renvoyer le GPL dans la cuve. De préférence, le GPL sous-refroidi est stocké au fond de la cuve 4 dans une couche
15 de réserve de froid 4c située dans l'espace intérieur de la cuve et en partie inférieure de la cuve. Cette couche 4c pourra être utilisée ultérieurement. De préférence, mais non limitativement, la deuxième extrémité de la canalisation 9 ou celle du plongeur est située en partie inférieure de la cuve 4, suivant un axe vertical dans le plan de la figure 1 pour y stocker le GPL sous-refroidi. Le sous-
20 refroidissement a lieu à l'extérieur de la cuve ou de tout autre cuve ou réservoir. Le sous-refroidissement n'est pas immergé dans un gaz liquéfié par exemple. De plus, la couche de réserve de froid 4c est située dans l'espace intérieur de la cuve, au fond de la cuve. La couche de réserve de froid est en-dessous du GPL de la cuve, suivant un axe vertical par rapport à la figure 1, en formant une interface liquide-
25 liquide. En d'autres termes, il n'y a pas de cloison, de sous cuve ou de compartiment dans la cuve qui sépare le GPL restant/déjà dans la cuve et le GPL sous-refroidi stocké dans cette couche de réserve.

Le deuxième conduit 6d permet une vaporisation du GNL 5a issu du réservoir 5. Pour cela, la deuxième pompe 11b, qui est immergée dans le GNL, est
30 reliée à une première extrémité d'une septième canalisation 17 dans laquelle circule le GNL vers, l'installation 2, ici le moteur du navire. La deuxième pompe 11b permet la circulation du GNL dans la septième canalisation 17 à un débit volumique inférieur à celui de la première pompe 11a. Dans le présent exemple, le débit volumique du GNL dans la septième canalisation 17 est de l'ordre de 4 m³/h. Une
35 deuxième extrémité de la septième canalisation 17 est connectée à une entrée du

deuxième conduit 6d. Ce dernier comprend une sortie qui est connectée à une huitième canalisation 18 dans laquelle circulent des vapeurs 5a de GNL formée par échange de chaleur avec le GPL pour alimenter, par exemple le moteur du navire. Lors de cet échange de chaleur vaporisation-sous-refroidissement, la température du GNL est relevée. C'est-à-dire que sa température est au-dessus de sa température de liquéfaction à pression atmosphérique. La température du GNL est rectifiée par un dispositif de chauffage, non représenté ici, selon les spécifications du moteur. La pression de sortie du GNL, par exemple requise par le moteur du navire, est de l'ordre de 17 bars. En ce qui concerne, le GPL, sa température d'entrée dans le circuit 6c est d'environ 1 bar. La température de sortie du GPL sous-refroidi est supérieure ou égale à une valeur de température minimale devant être supportée par la cuve ou réservoir. Ici, la température de sortie est de l'ordre de -52 °C (à pression de stockage dans la cuve).

Sur la figure 1, les vapeurs de GPL sont extraites d'une cuve et les vapeurs de GPL reliquifiées sont envoyées dans une autre cuve adjacente. De même, le GPL extrait d'une cuve et sous-refroidi est renvoyée dans la même cuve. Bien entendu, d'autres agencements sont possibles.

Sur la figure 1, l'échangeur de chaleur 6 est séparé des cuves ou réservoir. L'échangeur de chaleur 6 est disposé à l'extérieur des cuves et des réservoirs. L'échangeur de chaleur ne se trouve pas dans une autre cuve ou un autre réservoir où est stocké du gaz liquéfié.

De manière avantageuse, l'échangeur de chaleur est un échangeur à tubes, à plaques ou à serpentins.

Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 2, le système 1 comprend plusieurs échangeurs de chaleur qui permettent des échanges thermiques entre les vapeurs de GNL, les vapeurs de GPL, les GNL et/ou les GPL. Ce système diffère notamment du premier mode de réalisation par le nombre d'échangeurs de chaleur. En particulier, dans le présent exemple, le système comprend au moins deux échangeurs de chaleur dénommés ci-après échangeur de chaleur 20 d'évaporation, échangeur de chaleur 21 principal. Sur la figure 2, un seul réservoir 5 et une seule cuve 4 sont représentés. Bien entendu, le système peut comprendre d'autres réservoirs et cuves. Le système 1 comprend également les pompes 11a, 11b et 15 qui sont installées dans le réservoir 5 et dans la cuve 4. En particulier, une première pompe et une deuxième pompe sont immergées dans le GNL, et sont de préférence

situées au fond du réservoir afin de s'assurer qu'elles ne soient alimentées qu'en GNL. Le débit de la première pompe est également d'environ 130 m³/h et le débit de la deuxième pompe est d'environ 4 m³/h.

L'échangeur de chaleur 21 principal est configuré pour reliquéfier les vapeurs 4b de GPL par échange de chaleur avec le froid du GNL 5a et pour
5 maintenir le GNL à l'état liquide simultanément. Le GNL est renvoyé vers le réservoir 5 sans être vaporisé et les vapeurs de GPL reliquéfiées sont renvoyées dans la cuve 4. L'échangeur de chaleur 21 principal comprend le premier circuit 6a et le deuxième circuit 6b. Le premier circuit 6a est connecté, d'une part à la
10 première canalisation 7 couplée à la cuve 4, et d'autre part à la deuxième canalisation 9 couplée également à la cuve 4. Un premier compresseur 8 est également prévu sur la première canalisation 7 pour assurer la circulation des vapeurs 4b de GPL dans celle-ci vers l'échangeur de chaleur 21.

L'échangeur de chaleur 20 est configuré pour vaporiser le GNL issu du réservoir et pour sous-refroidir le GPL issu de la cuve 4 simultanément. Le GNL doit
15 subir une évaporation forcée pour élever la température du GNL à la température requise, par exemple pour le moteur du navire devant être alimenté avec les vapeurs de GNL. L'échangeur de chaleur 20 comprend le premier conduit 6c et le deuxième conduit 6d. Le deuxième conduit 6d est connecté d'une part à la septième
20 canalisation 17 connectée au réservoir et d'autre part à la huitième canalisation 18 qui transfère le GNL vers le moteur du navire. Le premier conduit 6c est connecté, d'une part à la première canalisation 14 couplée à la cuve 4, et d'autre part à la sixième canalisation 16 couplée à la cuve 4, et en particulier au fond de la cuve 4.

Sur la figure 2, le système 1 comprend également un troisième échangeur de chaleur dénommé échangeur de chaleur 22 auxiliaire. Ce dernier permet un
25 deuxième sous-refroidissement du GPL avec le froid du GNL et de maintenir le GNL à l'état liquide. Le GNL à l'état liquide est renvoyé vers le réservoir et le GPL sous-refroidi est renvoyé vers la cuve.

De manière avantageuse, mais non limitativement, les échangeurs de chaleur 20, 21, 22 sont séparés des cuves et des réservoirs.
30

Avantageusement, mais non limitativement, les échangeurs de chaleur 20, 21, 22 sont des échangeurs à tubes, à plaques ou à serpentins.

L'échangeur de chaleur auxiliaire 22 comprend un troisième circuit 6e dans lequel circule du GNL et un quatrième circuit 6f dans lequel circule du GPL, en
35 particulier sous-refroidi. Le troisième circuit 6e comprend une entrée couplée à une

neuvième canalisation 23 qui est connectée au réservoir 5. Comme nous pouvons le voir sur la figure 2, la neuvième canalisation 23 est une portion dérivation de la septième canalisation 17 qui extrait le GNL du fond du réservoir 5 au moyen de la pompe 11b. Le troisième circuit 6e comprend une sortie qui est connectée à une dixième canalisation 24 qui renvoie le GNL maintenu à l'état liquide vers le réservoir 5. Dans cet exemple de réalisation, la dixième canalisation 24 est couplée à une portion de la quatrième canalisation 13 renvoyant le GNL vers le réservoir 5, par exemple par une vanne, telle qu'une vanne trois voies. Le quatrième circuit 6f comprend une entrée qui est couplée à une onzième canalisation 25 dans lequel circule du GPL extrait du fond du réservoir. La onzième canalisation est ici couplée à la canalisation 16 dans laquelle circule du GPL sous-refroidi et par une vanne 29, telle qu'une vanne trois voies. Le quatrième circuit 6f comprend une sortie qui est couplée à une douzième canalisation 26 qui est reliée à la cuve. Suivant cet exemple de réalisation, la douzième canalisation 26 est couplée à une portion de la dixième canalisation ou à la canalisation 9. Le GPL sous-refroidi par échange de chaleur avec le GNL est pulvérisé dans le ciel gazeux ou est stocké au fond de la cuve 4 dans la couche de réserve de froid 4c. La neuvième canalisation 23 peut être reliée à la canalisation 16 par une vanne 27. De même, la canalisation 23 peut être reliée à la canalisation 9 par une vanne 28. De préférence, mais de manière non limitative, la ou les vannes 27, 28 sont des vannes trois voies. La canalisation 16 est reliée à une rampe 10 de pulvérisation de GPL pour pulvériser des gouttelettes de GPL dans le ciel gazeux de la cuve 4 et forcer la recondensation du NBOG dans la cuve 4. La troisième pompe 15 est configurée pour forcer la circulation de GPL dans la ou les canalisations 14, 16, 25 depuis le fond de la cuve jusqu'à la rampe 10 de pulvérisation. De part cette configuration, le GPL sous-refroidi est transféré directement dans la cuve ou vers la rampe 10 ou est transféré vers l'échangeur de chaleur 22 auxiliaire pour un deuxième sous-refroidissement avec du GNL.

Sur la figure 2, le système comprend en outre une conduite 30 pour extraire les vapeurs 5b de GNL dans le réservoir 5 de manière à contrôler la pression du réservoir 5 et à alimenter l'installation 2 en gaz combustible. Un deuxième compresseur 31 est monté sur cette conduite 30 pour assurer la circulation des vapeurs 5a de GNL vers le moteur et maintenir la pression dans le réservoir. Cette conduite 30 est raccordée à la portion de canalisation 18 où circule du GNL réchauffé ou vaporisé vers le moteur du navire.

De manière avantageuse, mais non limitativement, un dispositif de chauffage 32 est disposé en amont de l'installation de manière à ajuster la température du GNL à la température requise et à s'assurer que tout le GNL est vaporisé. Le dispositif de chauffage 32 est ici un réchauffeur.

5

Dans un troisième mode de réalisation de l'invention illustré sur la figure 3, le système 1 comprend également plusieurs échangeurs de chaleur. En particulier, le système 1 comprend :

- l'échangeur de chaleur principal 21 qui est configuré pour reliquéfier les vapeurs 4b de GPL par échange de chaleur avec le froid du GNL 5a et pour
10 maintenir le GNL à l'état liquide,
- l'échangeur de chaleur 20 d'évaporation qui est configuré pour vaporiser le GNL issu du réservoir 5 et pour sous-refroidir le GPL issu de la cuve 4, et
- l'échangeur de chaleur auxiliaire 22' qui est configuré pour sous-refroidir du
15 GPL et maintenir le GNL à l'état liquide.

Le système 1 de ce mode de réalisation diffère du mode de réalisation illustré sur la figure 2 en ce qu'il comprend un quatrième échangeur de chaleur 40 agencé en amont de l'échangeur de chaleur 20. L'échangeur de chaleur 40 est de préférence, mais non limitativement, un évaporateur sous vide (ESV) destiné à
20 générer du froid. L'évaporateur sous vide 40 comprend un circuit primaire 42 qui comprend une entrée et une sortie. L'entrée est reliée à la septième canalisation 17 dans laquelle circule du GNL issu du réservoir. La sortie du circuit primaire 42 est connectée à une première extrémité d'une canalisation 44. Cette dernière comprend une deuxième extrémité qui est reliée à l'entrée du circuit 6d de
25 l'échangeur de chaleur 20. Des moyens de dépressurisation 41 sont prévus sur la canalisation 17 et en amont de l'évaporateur sous vide 40. Les moyens de dépressurisation 41 permettent d'obtenir un gaz dans un état diphasique liquide-vapeur en abaissant la pression et la température du gaz. Les moyens de dépressurisation 41 comprennent ici une vanne de détente, telle qu'une vanne
30 Joules-Thomson. Le GNL qui entre dans les moyen de dépressurisation 41 est à une température de l'ordre de -134°C et à une pression de l'ordre de 8 bars. En sortie de la vanne de détente, le GNL est refroidi à une température d'environ -160°C et à une pression de l'ordre de 1 bar. Le GNL diphasique entre dans l'évaporateur sous vide 40 où est réalisé un échange de chaleur avec du GNL
35 extrait du réservoir. Plus précisément, l'évaporateur sous vide 40 comprend un

circuit secondaire 43 qui comprend une entrée et une sortie. L'entrée du circuit secondaire 43 est reliée à une canalisation de dérivation 45 dans laquelle circule du GNL issu du réservoir 5. Cette canalisation de dérivation 45 est issue de la septième canalisation 17 couplée à la pompe 11b. Bien entendu, la canalisation 45 pourrait être reliée à une autre pompe immergée au fond du réservoir. La sortie du circuit secondaire est reliée à la canalisation 23 renvoyant le GNL au fond du réservoir 5. Dans ce mode de réalisation, la canalisation 23 est couplée à l'entrée du circuit 6e de l'échangeur de chaleur 22. Dans cet évaporateur sous vide 40, le GNL circulant dans le circuit secondaire 43 est sous-refroidi en récupérant la chaleur latente du GNL diphasique et circulant dans le circuit 42. Le GNL sous-refroidi (à l'état liquide) est transféré dans le réservoir. Le GNL diphasique circulant dans le circuit primaire 42 est chauffé ou vaporisé puis transféré vers l'échangeur d'évaporation 20. La température de sortie du GNL en sortie du circuit primaire 42 est comprise entre -160 et -134°C et une pression de l'ordre de 1 bar. La température de sortie du GNL sous-refroidi est de l'ordre de -160°C à une pression comprise entre 2 et 20 bars. Lorsque le GNL sous-refroidi circule à travers l'échangeur de chaleur 22, celui-ci est configuré pour maintenir le GNL issu de l'évaporateur sous vide 40 à l'état liquide. En effet, le GNL issu du circuit 43 peut échanger de la chaleur avec du GPL sous-refroidi issu de l'échangeur de chaleur 20 selon un mode de fonctionnement du système décrit ci-après. Dans ce cas, le GNL traversant le circuit 6e est chauffé mais pas vaporisé.

Sur la figure 3, le système 1 comprend en outre un compresseur 46 qui est installé en aval du dispositif de chauffage 32. Ce compresseur 46 permet de comprimer le GNL vaporisé à la pression requise par l'installation 2.

Dans cet exemple de réalisation, le sous-refroidissement est effectué à l'extérieur des cuves et du réservoir. En d'autres termes, les échangeurs de chaleur sont séparés des cuves et du réservoir.

Dans un premier mode de fonctionnement (REFROIDISSEMENT) du système 1 de traitement des gaz pour l'installation 2 de production d'énergie tel qu'illustré sur la figure 2, le GNL est utilisé pour reliquéfier les vapeurs 4b de GPL. Du GNL est également utilisé pour alimenter l'installation 2, en particulier le moteur du navire et les autres machines thermiques pour les besoins de production d'énergie. Ce premier mode de fonctionnement est opéré lors du refroidissement de

la cuve de GPL. En effet, comme nous l'avons expliqué précédemment, une très grande quantité de vapeur 4b de GPL est générée lors de cette opération (environ 10900 kg/h). Cette quantité de vapeur 4b générées est supérieure à la quantité de vapeurs 4b (NBOG) générées lors du voyage du navire pour transporter le GPL.

5 Dans le cadre du refroidissement des parois de la cuve, les besoins en énergie du moteur avec du gaz combustible sont très basses. La consommation de l'installation 2 est de l'ordre de 500kg/h en vapeur de GNL. Le système utilise l'échangeur de chaleur 21 principal pour gérer les vapeurs 4b de GPL générées lors du refroidissement. Les vapeurs 4b de GPL sont extraites de la cuve 4 par le

10 compresseur 8 qui assure leurs circulations dans la première canalisation 7. Les vapeurs 4b de GPL circulant dans le premier circuit 6a sont reliquéfiées par le froid du GNL circulant dans le deuxième circuit 6b via la troisième canalisation 12 depuis le fond du réservoir 5. Il est entendu que le GNL qui se trouve au fond de la cuve est plus froid que le GNL proche de la surface N1, soit à l'interface entre le GNL et le

15 ciel gazeux. Suite à la reliquéfaction, les vapeurs de GPL reliquéfiées sont transférées dans la cuve 4 et le GNL est maintenu à l'état liquide puis reconduit dans le réservoir 5. Les vapeurs 4b de GPL entrent dans l'échangeur de chaleur 21 principal à une température de l'ordre de 0°C et à une pression proche de la pression atmosphérique. L'échange de chaleur 21 principal est réalisé de manière

20 que la température de sortie des vapeurs de GPL reliquéfiées soit comprise entre une première valeur seuil et une deuxième valeur seuil. La première et la deuxième valeur seuil sont considérées à pression égale ou supérieure à la pression atmosphérique. Ces valeurs seuils de températures sont supérieures ou égales à une valeur de température minimale supportée par la cuve 4. De manière

25 avantageuse, la première valeur seuil de température de sortie des vapeurs 4b de GPL est de -40°C à une pression égale ou supérieure à la pression atmosphérique et la deuxième valeur seuil de température de sortie des vapeurs de GPL reliquéfiées est de l'ordre de -50°C à une pression égale ou supérieure à la pression atmosphérique. De préférence, mais non limitativement, la température de sortie de

30 vapeurs de GPL reliquéfiées est de -42°C à pression égale ou supérieure à la pression atmosphérique. De la sorte, l'échange de chaleur est contrôlé pour que les vapeurs de GPL reliquéfiées ne soient pas trop froides.

De même, l'échange de chaleur est réalisé de manière que la température de sortie du GNL après la reliquéfaction soit comprise entre une première valeur

35 seuil et une deuxième valeur seuil de température à une pression comprise entre 6

et 20 bars. Comme nous l'avons vu lors du premier mode de réalisation en relation avec la figure 1, le GNL doit être chauffé mais pas vaporisé. L'échangeur de chaleur 21 principal est configuré pour que la différence de température entre la température d'entrée du GNL avant la reliquéfaction et la température de sortie du GNL après la reliquéfaction soit comprise entre 5°C et 55°C. De préférence, mais non limitativement, cette différence de température est de 26°C. Ici, le GNL entre dans l'échangeur de chaleur 21 principal, avant la reliquéfaction, à une température d'entrée de l'ordre de -160°C et à une pression comprise entre 2 et 20 bars. La première valeur seuil est de l'ordre de -155°C et la deuxième valeur seuil est de l'ordre de -105°C. De préférence, mais non limitativement la température de sortie du GNL est inférieure à sa température de vaporisation et à une pression inférieure à une pression maximale autorisée de stockage du réservoir. La température est de l'ordre de -134 °C. De telles valeurs permettent de transférer un maximum de froid de GNL aux vapeurs de GPL pour la reliquéfaction tout en évitant que le GNL qui retourne dans le réservoir ne soit trop chaud et que les vapeurs de GPL reliquéfiées ne soient trop froides. Un GNL trop chaud pourrait induire une augmentation de pression de GNL dans le réservoir et dépasser les limites autorisées. Ainsi, l'échangeur de chaleur 21 principal est ajusté pour que le GNL et les vapeurs de GPL reliquéfiées sortent respectivement à la température requise dans le réservoir ou la cuve. Lors de l'échange de chaleur, le débit de GNL et le débit de vapeur de GPL sont respectivement constant.

Les températures d'entrées et de sorties du GNL et du GPL étant connues et/ou prédéterminées, les paramètres tels que le flux massique du GNL et du GPL permettent de configurer l'échangeur de chaleur 21 pour l'échange de chaleur.

Le système peut fonctionner de sorte que la reliquéfaction des vapeurs de GPL soit effectué lorsque la pression mesurée dans la cuve est supérieure à une valeur de pression prédéterminée dans la cuve.

Dans ce premier mode de fonctionnement, le système 1 utilise également l'échangeur d'évaporation 20 dans lequel circule du GPL issu de la cuve 4 et du GNL issu du réservoir 5 pour alimenter l'installation 2. L'échange de chaleur entre le GPL et le GNL permet le sous-refroidissement du GPL et la vaporisation ou chauffage du GNL destiné à alimenter l'installation 2. Le GPL sous-refroidi (à l'état liquide) est stocké en partie inférieure de la cuve de manière à constituer une couche de réserve de froid 4c ultérieure. Cela permet d'obtenir une puissance frigorifique disponible plus importante et donc d'améliorer l'efficacité du

refroidissement du gaz, liquéfié et/ou sous forme de gaz, contenu dans la cuve. Dans la présente invention, la partie inférieure de la cuve 4 s'étend sur environ moins de 30% de la hauteur de la cuve 4 mesurée depuis son fond 19. Le fond 19 est l'extrémité la plus inférieure de la cuve, par exemple plus proche de la coque du navire lorsque la cuve est transportée sur le navire méthanier. En particulier, le GPL 5 extrait du fond de la cuve par la pompe passe par l'échangeur de chaleur 20 où sa température d'entrée est d'environ -42°C. La température d'entrée du GNL extrait du réservoir est d'environ -160°C à une pression d'environ 17 bars. Après l'échange de chaleur où le GPL récupère la chaleur latente du GNL qui se vaporise, la 10 température de sortie du GPL est comprise entre -45°C et -55°C. Le GPL sous-refroidi est transféré au fond de la cuve ou celui-ci est donc stocké dans la couche 4c à une température comprise entre -45° et -55°C. De manière avantageuse, le GPL sous-refroidi est d'environ -52°C (pression de stockage dans la cuve). Après l'échange de chaleur, le GNL vaporisé ou chauffé est à une température de sortie 15 d'environ 0°C où il peut encore être chauffé par le dispositif de chauffage 32.

De manière alternative, le stockage du GPL sous-refroidi est fonction de la pression dans la cuve. En particulier, lorsque la pression dans la cuve est inférieure à une première valeur de pression prédéterminée, par exemple entre 1 et 1, 05 bar absolu, le système commande le stockage du GPL sous-refroidi dans la couche de 20 réserve de froid. Pour cela, des moyens de détermination de pression 33 permettent de déterminer la pression à l'intérieur de la cuve 4. Les moyens de détermination de pression 33 comprennent ici un capteur de pression installé dans ou à proximité de la cuve 4.

Le GPL dans la cuve 4 qui est au-dessus de cette couche de réserve de 25 froid 4c, par exemple restant dans la cuve, est à une température supérieure à -42°C. Nous considérons que la cuve de GPL comprend plusieurs couches dans lesquelles le GPL se trouve à des températures différentes, les couches les plus froides étant au fond de la cuve.

30

Dans un deuxième mode de fonctionnement (VOYAGE) du système de traitement des gaz pour l'installation 2 de production d'énergie, tel qu'illustré sur la figure 2, le GNL est utilisé pour alimenter l'installation 2 telle que le moteur du navire et le GPL est sous-refroidi de manière à former une réserve de GPL froid qui sera 35 utilisé ultérieurement pour refroidir les vapeurs de GPL dans la cuve. Ce mode de

fonctionnement est opéré lors du voyage du navire où une quantité moins importante de vapeurs de GPL doit être gérée. En effet, les vapeurs de gaz de GPL (NBOG) générées sont de l'ordre de 2700 kg/h alors que le moteur du navire par exemple consomme une faible quantité de gaz combustible, de l'ordre de 2000 kg/h.

5 Dans ce mode de fonctionnement, le système utilise au moins l'échangeur de chaleur 20 d'évaporation dans lequel circule du GPL issu de la cuve et du GNL issu du réservoir pour réaliser une évaporation forcée de GNL devant alimenter le moteur du navire, et l'échangeur de chaleur 22 auxiliaire pour constituer la réserve de froid. Le GNL est extrait du réservoir via la deuxième pompe 11b. La température d'entrée du GNL dans le deuxième conduit 6d est de l'ordre de -160°C. Le GPL est
10 extrait de la cuve contenant le GPL au moyen de la pompe 15. Ce dernier circule dans la deuxième canalisation vers l'échangeur d'évaporation et entre dans celui-ci à une température d'environ -42°C. Le GPL subit un premier sous refroidissement du GPL en récupérant le froid du GNL qui se vaporise par échange de chaleur dans l'échangeur 20. L'échange de chaleur entre le GPL et le GNL est réalisé de manière
15 que la température de sous-refroidissement du GPL soit comprise entre une première valeur seuil et une deuxième valeur seuil à pression atmosphérique. L'échangeur d'évaporation 20 est configuré pour transférer une quantité maximum de chaleur mais est limité par la différence de température entre le GNL et le GPL. De manière avantageuse, mais non limitativement, la première valeur seuil est de
20 l'ordre de -40°C et la deuxième valeur seuil est de l'ordre de -55°C. Le GPL sous-refroidi est stocké en partie inférieure de la cuve de manière à constituer la couche de réserve de froid de GPL ou pulvérisé dans le ciel gazeux par la rampe 10. En voyage, la température de sortie du GPL de l'échangeur de chaleur 20 est de l'ordre de -52°C.
25

Bien entendu, comme nous avons vu pour le premier mode de fonctionnement, lorsque la pression dans la cuve est inférieure à la première valeur seuil de pression prédéterminée, par exemple entre 1 et 1.05 bar absolu, le GPL sous-refroidi est stocké dans la couche de réserve de froid.

30 Nous considérons qu'une couche de réserve de froid s'est déjà constituée, par exemple, lors du refroidissement de la cuve. Alors ce GPL sous-refroidi, est utilisé pour refroidir ou condenser les vapeurs de GPL dans la cuve. Pour cela, le GPL sous-refroidi est extrait de la couche de réserve de froid 4c et est pulvérisé dans le ciel gazeux via la rampe 10. De manière alternative, le GPL de la couche de
35 réserve de froid 4c est extrait d'une sortie de la cuve qui est couplée à une

tuyauterie qui est connectée à la rampe ou à un échangeur de chaleur traversée par les vapeurs de GPL. Il n'est donc pas nécessaire de démarrer l'échangeur de chaleur auxiliaire pour créer une réserve de froid.

Le GNL en sortie de l'échangeur 20, est vaporisé ou chauffé par l'échange
5 de chaleur entre le GPL et le GNL. Ce GNL vaporisé ou chauffé est transféré vers le moteur pour son alimentation. Les vapeurs de GNL qui sont extraites du réservoir permettent également d'alimenter le moteur. Le GNL vaporisé ou chauffé et les vapeurs de GNL sont réchauffés de manière que tout le GNL soit vaporisé avant d'alimenter le moteur.

10

Dans un troisième mode de fonctionnement (CHARGEMENT) du système de traitement des gaz pour l'installation de production d'énergie, tel qu'illustré sur la figure 2, le GNL est utilisé pour alimenter le moteur du navire et pour les besoins de
15 production d'énergie, ainsi que pour reliquéfier les vapeurs de GPL. Ce mode de fonctionnement est opéré en particulier lors du chargement du GPL dans la cuve où une grande quantité de vapeurs de GPL est produite, par exemple environ 13900 kg/h. Les besoins énergétique de l'installation 2 sont faibles, environ 500kg/h. Dans ce mode de fonctionnement au moins deux échangeurs de chaleur sont sollicités
20 pour traiter toutes les vapeurs de GPL. En particulier, le système utilise l'échangeur de chaleur 21 principal pour gérer les vapeurs de GPL générées lors du chargement du GPL et l'échangeur de chaleur 20 d'évaporation pour vaporiser ou chauffer le GNL destiné à alimenter l'installation 2. Les échangeurs de chaleur 20, 21 fonctionnent donc de manière similaire au premier mode de fonctionnement dans le
25 cas du refroidissement de la cuve.

Dans ce mode de fonctionnement, il se peut que l'échangeur de chaleur 21 principal ne permette pas de gérer la pression dans la cuve 4 du fait de la grande quantité de vapeur de GPL générées. Dans ce cas de figure, lorsque la pression mesurée (grâce aux moyens de détermination de la pression 33) à l'intérieur de la
30 cuve atteint ou est supérieure à une deuxième valeur de pression seuil prédéterminée, l'échangeur de chaleur 22 auxiliaire est activé. Ainsi, l'échangeur de chaleur 22 auxiliaire a pour but de gérer la pression à l'intérieur de la cuve 4. Du GNL est prélevé du réservoir de manière à échanger avec le GPL sous-refroidi. Le GPL sous-refroidi après le premier sous-refroidissement est à une température de
35 l'ordre de -42°C. Cette température de -42°C est dû au fait qu'une petite quantité de

GNL circule dans l'échangeur de chaleur 20, notamment dans le deuxième conduit 6d. En effet, c'est le moteur ou l'installation 2 qui détermine le débit de GNL devant être vaporisé dans le deuxième conduit 6d. Etant donné que les besoins de l'installation 2 sont faibles, une très faible quantité de GNL est disponible pour

5 réaliser le sous-refroidissement du GPL. L'installation commande le débit du deuxième gaz devant être vaporisé ou chauffé lors de la vaporisation. Cela implique que la quantité de chaleur de GNL ne suffit pas pour réduire sensiblement la température du GPL. La température du GPL en sortie de l'échangeur de chaleur 20 n'étant pas assez froide l'échangeur de chaleur 22 effectue un deuxième sous-

10 refroidissement du GPL. Le GNL est extrait du réservoir, à une température d'environ -160°C , et échange de la chaleur avec du GPL ayant subi un premier sous-refroidissement, ici dans l'échangeur de chaleur 20. La température d'entrée du GPL sous-refroidi est de l'ordre de -42°C . La température de sortie du GPL sous-refroidi une deuxième fois est inférieure ou égale à une valeur de température seuil

15 devant être supportée par la cuve 4. La température de sortie du GPL est de l'ordre de -52°C . Ce GPL est stocké dans la couche de réserve de froid pour une utilisation ultérieure ou est pulvérisé dans le ciel gazeux de la cuve pour condenser ou refroidir les vapeurs 4b de GPL dans la cuve. La température de sortie du GNL est d'environ -134°C à une pression de l'ordre de 8 bars. Le GNL est donc chaud mais pas

20 vaporisé.

Dans un quatrième mode de fonctionnement (GNL chaud dans le réservoir), le système 1 de traitement des gaz pour l'installation de production

25 d'énergie, tel qu'illustré sur la figure 2, le système permet de gérer le risque de chauffage du GNL dans le réservoir dans le cas où l'échangeur de chaleur 21 principal a fonctionné (lors du chargement de GPL dans la cuve ou lors du refroidissement de la cuve). En effet, le GNL en sortie de l'échangeur principal et ou en sortie de l'échangeur de chaleur auxiliaire est chaud, soit à une température de

30 sortie de l'ordre de -134°C . Ce mode de fonctionnement emploie le système tel que représenté sur la figure 3 et principalement en mode voyage pour refroidir le GNL dans le réservoir à sa température cryogénique. Le système 1 utilise au moins l'échangeur de chaleur 40 où le GNL partiellement vaporisé permet de sous-refroidir du GNL qui est transféré vers le réservoir. Nous considérons alors que le GNL

35 stocké dans le réservoir est à une température d'environ -134°C à une pression de

l'ordre de 8 bars. Le GNL est extrait du réservoir par la deuxième pompe 11b. Le GNL circule dans le circuit 42 où il a été dépressurisé puis partiellement vaporisé. La température d'entrée du GNL partiellement vaporisé dans l'échangeur de chaleur 40 est de l'ordre de -160°C à pression atmosphérique. La température de sortie du GNL vaporisé est comprise entre -134 et -160°C à pression atmosphérique. La température d'entrée du GNL dans l'échangeur de chaleur, dans le deuxième conduit 43, est de l'ordre de -134°C et sa température de sortie est de l'ordre de -160°C. Le GNL sous-refroidi est transféré dans une couche de réserve de froid 4c en partie inférieure du réservoir 5. L'échangeur de chaleur 20 sous-refroidit le GPL et vaporise le GNL en sortie de l'échangeur de chaleur 40.

Lorsque la pression mesurée dans la cuve 4 est supérieure ou égale à la valeur de pression seuil, l'échangeur de chaleur 22' est activé pour sous-refroidir une deuxième fois le GPL qui a été refroidi dans l'échangeur 20. Le GPL est sous-refroidi avec le GNL qui a été sous-refroidi dans l'échangeur de chaleur et passe à travers l'échangeur de chaleur 22'. La température de sortie du GNL après l'échange de chaleur dans l'échangeur 22' est de l'ordre de -134°C et à pression atmosphérique.

Ces modes de fonctionnement ci-dessus ont été décrits sur la base de la figure 2. Il est bien entendu possible que la figure 1 s'applique à ces modes de fonctionnement.

La figure 4 illustre un autre mode de réalisation du système 1 de traitement de gaz selon l'invention. Le système comprend des réservoirs de GNL comprenant chacun des vapeurs 5b de GNL et du GNL. Ici, sont représentés deux réservoirs de GNL. Des pompes sont également immergées dans le GNL d'un réservoir principal et une seule pompe est immergée dans le GNL du réservoir adjacent. Chaque pompe est de préférence installée au fond du réservoir. Le système 1 comprend un échangeur de chaleur 50 qui est configuré pour sous-refroidir du GNL issu du réservoir de GNL, ici premier réservoir 500A, destiné à être stocké au fond 190 du même premier réservoir 500A de manière à constituer une couche de réserve de froid 500c au fond du réservoir 500A. La couche 500c est située dans l'espace intérieur du réservoir. L'échangeur de chaleur comprend au moins un premier conduit 50a et un deuxième conduit 50b. Le premier conduit 50a comprend une

entrée qui est couplée à la première extrémité d'une canalisation 54. La deuxième extrémité de la canalisation 54 est reliée à une première pompe 51 montée au fond du premier réservoir 500A. Cette canalisation 54 est également reliée à une rampe de pulvérisation 60 montée dans le réservoir 500A via une vanne trois voies 67. La

5 rampe 60 est agencée en partie supérieure du réservoir et de préférence dans le ciel gazeux de GNL. Le premier conduit 50a comprend une sortie qui est couplée à une canalisation 56 qui est connectée au fond du réservoir 500A. La canalisation 56 est également reliée à la rampe de pulvérisation 60 par une vanne trois voies 75a. Comme cela est illustré sur la figure 4, la canalisation 56 débouche dans le fond du

10 réservoir adjacent, deuxième réservoir 500B par une voie vanne trois voies 75b ainsi qu'à une autre rampe 60 de ce deuxième réservoir 500B par une vanne trois voies 75c. Le deuxième conduit 50b comprend une entrée reliée au réservoir 500A par une canalisation 57. Une des extrémités de la canalisation 57 est reliée à une deuxième pompe 52 montée au fond du réservoir 500A. La sortie du deuxième

15 conduit 50b est connectée ici à une entrée d'un ballon 70 via une canalisation 58. La sortie du ballon 70 est reliée à la canalisation 56 par une première sortie à une conduite 71. La conduite 71 comprend par exemple une vanne 72 et une pompe 73. Des moyens de dépressurisation 53 sont montés sur la canalisation 57, en amont de l'échangeur de chaleur 50. Cet échangeur, comme dans le mode de réalisation

20 illustré sur la figure 3, est un évaporateur sous vide. Les moyens de dépressurisation 53 comprennent par exemple une vanne de détente (vanne Joule-Thomson).

Le deuxième conduit 50b est un circuit froid, le GNL dépressurisé étant destiné à être réchauffé par circulation dans ce circuit de manière à réaliser une

25 évaporation forcée (en FBOG). Le premier conduit 50a est un circuit chaud, le GNL provenant du réservoir 500A étant destiné à être refroidi par circulation dans ce circuit. Le premier conduit 50a peut ne pas permettre cependant de vaporiser les composants les plus lourds (éthane, propane, etc.). Nous comprenons que la dépressurisation en amont du deuxième conduit 50b permet d'abaisser la

30 température de vaporisation, ce qui permet de générer du FBOG à partir d'un échange de chaleur avec le GNL prélevé du réservoir 500A et circulant dans le premier conduit 50a. La vaporisation en FBOG nécessite un apport de chaleur fourni par le GNL circulant dans le premier conduit 50a, c'est donc une source

35 frigorifique en vue du sous-refroidissement du GNL circulant dans le premier conduit 50a.

Du GNL provenant du réservoir 500A est ainsi acheminé par la pompe 52 jusqu'aux moyens de dépressurisation 53 puis circule dans le deuxième conduit 50b ou froid de l'échangeur 50. Le GNL en aval des moyens de dépressurisation est à une température de -168° et à une pression absolue de 400 mbar. Dans l'intervalle, du GNL du réservoir 500A est acheminé par la pompe 51 jusqu'au premier conduit 50a ou chaud de l'échangeur 50. Par conséquent, l'échange de chaleur entre ces circuits entraîne :

- le chauffage de GNL dépressurisé et partiellement vaporisé, en vue de poursuivre sa vaporisation, qui est ensuite acheminé jusqu'au ballon 70 dans le présent exemple, et
- le sous-refroidissement de GNL qui alimente le fond du premier réservoir et ou du deuxième réservoir pour y être stocké en vue d'une utilisation ultérieure ou qui est pulvérisé dans le ciel gazeux de GNL via la rampe 60.

La température de sortie du GNL après l'échange de chaleur dans le conduit 50a est de l'ordre de -168°C .

Le stockage du GNL dans la couche de réserve de froid peut être fonction de la pression à l'intérieur du réservoir. Par exemple, lorsque la pression mesurée (avec un capteur de pression 330) dans le réservoir est inférieure à une valeur seuil de pression prédéterminée dans le réservoir, la GNL sous-refroidi (à l'état liquide) est stocké dans cette couche de réserve de froid 500c.

Le ballon 70 est ainsi destiné à être alimenté en GNL dans un état diphasique liquide-vapeur provenant du réservoir 500A via l'échangeur de chaleur 50. La pression de fonctionnement à l'intérieur du ballon 70 est inférieure à la pression de stockage du GNL à l'intérieur du réservoir 500A. L'alimentation du ballon 70 en GNL peut entraîner une vaporisation complémentaire du GNL, se traduisant d'une part par la génération de FBOG dans le ballon 70, ainsi que le sous-refroidissement du GNL restant dans le ballon. Le ballon permet d'opérer une séparation des phases avec le GNL stocké en partie inférieure du ballon et les vapeurs de GNL en partie supérieure de celui-ci. Le GNL sous-refroidi en sorti du ballon est à une température de sortie de l'ordre de -168°C . Le ballon 70 comprend une deuxième sortie qui est agencée en partie supérieure de celui-ci où sont stockées naturellement les vapeurs de gaz (FBOG) de GNL. La sortie du ballon 70 est reliée à l'installation 2 via ici deux compresseurs 61, 62.

L'échangeur de chaleur 50 comprend également un troisième conduit 50c qui comprend une entrée et une sortie. L'entrée du troisième conduit 50c est reliée à

une première extrémité d'une canalisation 63 dans laquelle circule des vapeurs de gaz de GNL reliquifiées. En particulier, la sortie du compresseur 62 est reliée à l'installation 2 en vue de son alimentation en gaz combustible. Une partie du gaz combustible sortant du compresseur 62 peut être prélevée et réacheminée par une canalisation 64 qui peut être reliée à la sortie du compresseur 62 par une vanne trois voies 65. Le compresseur 62 est configuré pour comprimer le gaz (tel que le NBOG provenant du premier réservoir et/ou deuxième réservoir) à une pression de service adaptée à son utilisation dans l'installation 2. La canalisation 64 est reliée à une entrée d'un circuit primaire 66a d'un échangeur de chaleur 66. Le circuit primaire comprend une sortie qui est reliée à une deuxième extrémité de la canalisation 63. Chaque réservoir 500A, 500B comprend une sortie 68 de vapeurs 5a de GNL qui est reliée à une entrée d'un circuit secondaire 66b de l'échangeur de chaleur 66. Le circuit secondaire 66b comprend une sortie qui est reliée à l'entrée ou à une des entrées du compresseur 62. Le troisième conduit 50c comprend une sortie qui est reliée à la canalisation 56 par une autre canalisation 69. Une vanne de détente 74 est installée sur cette canalisation 56 pour diminuer la température du gaz par expansion adiabatique.

Les vapeurs de GNL issues d'un réservoir 500A, 500B sont chauffées dans le circuit secondaire 66b de sorte à alimenter l'installation 2, et les vapeurs de GNL en sortie du compresseur 62 sont reliquifiées pour être acheminées vers l'échangeur de chaleur 50. Dans cet échangeur de chaleur 50, les vapeurs de gaz reliquifiées sont sous-refroidies avec le froid du GNL circulant dans le conduit 50a pour alimenter le fond du ou des réservoirs 500A, 500B ou la rampe 60 de pulvérisation. Les vapeurs de GNL issues du ou des réservoirs 500A, 500B peuvent être réacheminées dans la canalisation 64 si du FBOG est produit en excès de manière à être reliquifiées également

Dans cet exemple de réalisation, le sous-refroidissement est effectué à l'extérieur des réservoirs. En d'autres termes, l'échangeur de chaleur 50 est séparé des réservoirs.

30

La figure 5 représente une variante de réalisation du système 1 de traitement de gaz illustré sur la figure 5. Ce système 1 diffère de celui de la figure 4 en ce qu'il comprend une deuxième pompe 52 installée dans le deuxième réservoir 500B adjacent au premier réservoir, principal (qui est à droite de la figure 5). Cette deuxième pompe 52 est à une première extrémité d'une canalisation 80 dans

35

laquelle circule du GNL extrait du fond du deuxième réservoir 500B. La deuxième extrémité de la canalisation est couplée à la canalisation 57 qui est reliée à l'entrée du deuxième conduit 50b. En d'autres termes, le GNL est extrait depuis les deux réservoirs 500A, 500B et avec deux pompes 52. Cette deuxième pompe 52 permet
5 de réduire le niveau de dépressurisation en aval des moyens de dépressurisation en augmentant la pression et la température. Par exemple, avec les deux deuxième pompes, la pression absolue en aval des moyens de dépressurisation est de 600 mbar et la température du GNL est de -164°C.

10 La figure 6 représente un autre mode de réalisation de l'invention d'un système de traitement de gaz selon l'invention. Ce système est similaire au mode de réalisation illustré sur la figure 5. Il en diffère en ce qu'il comprend deux échangeurs de chaleur 150, 150' au lieu d'un seul échangeur de chaleur 50. Un premier échangeur 150 est configuré pour vaporiser le GNL issu du premier
15 réservoir 500A et pour sous-refroidir du GNL issu du premier réservoir 500A simultanément. Le premier échangeur 150 comprend le premier conduit 150a et le deuxième conduit 150b agencé comme cela a été décrit dans le mode de réalisation de la figure 4.

Le deuxième échangeur de chaleur 150' est configuré pour utiliser le GNL sous-refroidi (à l'état liquide) stocké dans la couche de réserve de froid 500c issu ici du premier réservoir 500A pour reliquéfier des vapeurs de GNL. Ces vapeurs de GNL sont issues d'une évaporation naturelle (NBOG) du GNL non utilisé par l'installation de production d'énergie 2, c'est-à-dire du BOG en excès. Le deuxième échangeur de chaleur 150' comprend le troisième conduit 150c et un deuxième
25 conduit auxiliaire 150b'. Le troisième conduit 150c comprend une entrée qui est reliée à la canalisation 163 par laquelle est acheminée des vapeurs de GNL produites en excès. En particulier, le NBOG recircule via le compresseur 62 dans l'échangeur de chaleur 166 et par l'intermédiaire de la canalisation 164. Le troisième conduit 150c comprend une sortie qui est reliée à la canalisation 169 qui débouche
30 au fond du réservoir ou de chaque réservoir 500A, 500B par une vanne trois voies 175b. La canalisation 169 est également reliée à une rampe 160 de pulvérisation via une vanne trois voies 175a, 175c.

Le deuxième conduit 150b' comprend une entrée qui est reliée à la conduite 154 via une vanne trois voies. La deuxième conduite 150b' comprend une
35 sortie qui rejoint la conduite 156 via la vanne 3 voies 180. Un échange de chaleur

est réalisé entre le NBOG en excès et le GNL sous-refroidi issu du réservoir. Le NBOG reliquéfié est transféré au fond du premier et/ou deuxième réservoir(s). Le GNL en sortie du deuxième conduit 150b' est réchauffé mais pas vaporisé et est renvoyé au fond du premier et/ou deuxième réservoir(s).

- 5 Dans cet exemple de réalisation, le sous-refroidissement est effectué à l'extérieur des réservoirs. En d'autres termes, les échangeurs de chaleur sont séparés des réservoirs.

REVENDEICATIONS

- 5 1. Procédé de traitement de gaz d'une installation (2) de stockage de gaz, en particulier embarquée sur un navire, le procédé comprenant les étapes suivantes:
- une extraction d'un premier gaz (4a, 4b, 5a, 5b,) à l'état liquide d'une première cuve (4) ou premier réservoir (5 ; 500),
 - 10 - un premier sous-refroidissement du premier gaz à l'état liquide, et
 - un stockage du premier gaz à l'état liquide sous-refroidi en partie inférieure de la première cuve (4) ou du premier réservoir (5 ; 500) ou d'une seconde cuve ou d'un second réservoir de manière à constituer une couche de réserve de froid (4c, 5c, 500c) du premier gaz à l'état liquide au fond de la
 - 15 première ou seconde cuve (4) ou du premier ou second réservoir (5 ; 500).
2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le premier gaz est transféré dans la première ou seconde cuve (4) ou premier ou second réservoir (5, 500) via une canalisation (16, 56, 156) qui débouche dans le
- 20 fond (19 ; 190) de la première ou seconde cuve (4) ou premier ou second réservoir (5, 500).
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier gaz stocké dans la couche de réserve de froid (4c, 5c, 500c) de la
- 25 première ou seconde cuve (4) ou premier ou second réservoir (5, 500) est utilisé pour refroidir un gaz à l'état de vapeur.
4. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le gaz à l'état de vapeur est le premier gaz à l'état de vapeur situé en partie supérieure
- 30 d'une des cuves (4) ou réservoirs (5 ; 500).
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier gaz stocké dans la couche de réserve de froid (4c, 5c, 500c) est pulvérisé dans la première ou seconde cuves (4) ou premier ou seconds réservoirs
- 35 (5, 500) et dans la couche du premier gaz à l'état de vapeur.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le premier gaz stocké dans la couche de réserve de froid (4c, 5c, 500c) est extrait du fond d'une cuve des cuves (4, 5 ; 500) ou réservoirs et reliquéfie le premier gaz à l'état de vapeur à travers un échangeur de chaleur.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier gaz sous-refroidi est stocké dans la couche de réserve de froid (4c, 5c, 500c) lorsqu'une pression mesurée dans la cuve ou réservoir est inférieure à une première valeur seuil de pression prédéterminée de la cuve ou du réservoir.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite partie inférieure s'étend sur environ moins de 30% de la hauteur de la cuve ou réservoir mesurée depuis son fond (19, 190), ledit fond (19, 190) étant l'extrémité la plus inférieure de la cuve ou réservoir.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier gaz sous-refroidi est stocké dans la couche de réserve de froid (4c, 5c, 500c) à une température comprise entre une température de liquéfaction du premier gaz moins environ 5°C à pression atmosphérique et une température de liquéfaction moins environ 10°C, le premier gaz à l'état liquide restant dans la cuve ou dans le réservoir étant à une température supérieure à la température de liquéfaction du premier gaz.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier gaz sous-refroidi est stocké dans la couche de réserve de froid à une température comprise entre -45°C et -55°C ou entre -160° et -170°C, le premier gaz à l'état liquide restant dans l'une des cuves ou réservoirs étant respectivement à une température supérieure ou égale à -42°C ou -160°C.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier sous-refroidissement du premier gaz (4a, 4b) est réalisé avec un deuxième gaz (5a, 5b) au moins à l'état liquide extrait d'un réservoir (5), le deuxième gaz ayant une température d'ébullition inférieure ou égale à celui du premier gaz.

12. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend une vaporisation ou chauffage du deuxième gaz qui est chauffé ou vaporisé par échange de chaleur lors du premier sous-refroidissement du premier gaz de manière à alimenter l'installation (2).

13. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'installation (2) commande un débit du deuxième gaz devant être vaporisé ou chauffé lors de la vaporisation.

14. Procédé selon l'une des revendications 11 à 13, caractérisé en ce que le deuxième gaz extrait du réservoir (5) est détendu et partiellement vaporisé avant l'échange de chaleur lors du premier sous refroidissement.

15. Procédé selon l'une des revendications 11 à 14, caractérisé en ce que le deuxième gaz extrait du réservoir est sous-refroidi par échange de chaleur avec le deuxième gaz détendu et partiellement vaporisé.

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend un deuxième sous-refroidissement du premier gaz après le premier sous-refroidissement.

17. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le deuxième gaz utilisé pour le deuxième sous- refroidissement est extrait du fond du réservoir, ou est sous refroidi.

18. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier et/ou deuxième sous-refroidissement est effectué à l'extérieur des première et deuxième cuves et/ou premier et second réservoirs.

19. Procédé selon l'une des revendications précédentes ou l'une des revendications 16 à 18, caractérisé en ce que l'échange de chaleur lors du premier sous-refroidissement ou du deuxième sous-refroidissement entre le premier gaz et le deuxième gaz est réalisé de manière qu'une température de sortie de sous-

refroidissement du premier gaz soit comprise entre une première valeur seuil et une deuxième valeur seuil.

20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 16 à 19, caractérisé en ce que la température de sortie du deuxième gaz après le deuxième sous refroidissement est comprise entre -155° et -105°C à une pression comprise entre 2 et 20 bars.

21. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 20, caractérisé en ce que le deuxième gaz chauffé, vaporisé ou partiellement vaporisé est réchauffé pour alimenter l'installation (2).

22. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 21, caractérisé en ce qu'elle comprend une étape de reliqufaction dans laquelle des vapeurs (4b) du premier gaz circulant dans un premier circuit (6a) depuis la cuve (4) sont reliquifiées par échange de chaleur avec le deuxième gaz à l'état liquide ayant une température d'entrée et circulant dans un deuxième circuit (6b), les vapeurs du premier gaz reliquifiées étant transférées dans la cuve (4) et le deuxième gaz étant maintenu à l'état liquide à une température de sortie après la reliqufaction et reconduit dans le réservoir (5), l'échange de chaleur entre le premier gaz (4b) et le deuxième gaz (5a) étant réalisé de manière qu'une température de sortie des vapeurs (4b) du premier gaz reliquifiées soit comprise entre une première valeur seuil et une deuxième valeur seuil.

23. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les vapeurs du premier gaz sont reliquifiées lorsqu'une pression mesurée dans la cuve ou réservoir est supérieure à une deuxième valeur seuil de pression prédéterminée de la cuve ou réservoir.

24. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier gaz est un gaz naturel liquéfié ou un gaz de pétrole liquéfié.

25. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 24, caractérisé en ce que le deuxième gaz est un gaz naturel liquéfié.

26. Système (1) de traitement de gaz d'une installation de stockage de gaz, en particulier embarquée sur un navire, le système comprenant :

- une cuve ou réservoir (4, 5, 500) dans laquelle est stocké un premier gaz à l'état liquide;
- 5 - un premier échangeur de chaleur (6, 20, 40, 50, 150) configuré pour réaliser un premier sous-refroidissement du premier gaz extrait de la cuve ou réservoir (4, 5, 500) par une première canalisation (14, 54, 154), et
- 10 - une deuxième canalisation (16, 56, 156) connecté au premier échangeur de chaleur débouche en partie inférieure de la cuve ou réservoir (4, 5, 500) ou d'un autre cuve ou réservoir de manière à stocker le premier gaz sous-refroidi au fond de la cuve ou réservoir ou de l'autre cuve ou réservoir pour constituer une couche de réserve de froid du premier gaz à l'état liquide.

27. Système selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il
15 comprend un réservoir (5) dans lequel est stocké un deuxième gaz à l'état liquide, le deuxième gaz ayant une température d'ébullition inférieure ou égale à celui du premier gaz.

28. Système (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le
20 deuxième gaz à l'état liquide circule dans une deuxième canalisation (14) connectée avec le premier échangeur de chaleur (6 ; 20) de manière à réaliser le premier sous-refroidissement du premier gaz.

29. Système (1) selon l'une des revendications 26 à 28, caractérisé en ce
25 qu'il comprend un deuxième échangeur (22) de chaleur configuré pour réaliser un deuxième sous-refroidissement du premier gaz avec le deuxième gaz à l'état liquide.

30. Système (1) selon l'une des revendications 26 à 29, caractérisé en ce
30 que le fond de la cuve ou réservoir comprend une sortie connectée à une première extrémité d'une tuyauterie, la tuyauterie comprenant une deuxième extrémité couplée à une rampe (10, 60, 160) de pulvérisation installée en partie supérieure de la cuve (4) ou réservoir (5, 500).

31. Système (1) selon l'une des revendications 26 à 30, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de chauffage (32) dans lequel circule le deuxième gaz réchauffé, vaporisé ou partiellement vaporisé dans le premier échangeur de chaleur (20).

5

32. Système (1) selon l'une des revendications 26 à 31, caractérisé en qu'il comprend des moyens de dépressurisation (41, 53, 153) montés en amont du premier échangeur de chaleur (20 ; 50 ; 150).

10

33. Système selon l'une des revendications 26 à 32, caractérisé en ce que , le deuxième échangeur de chaleur (22) est configuré de manière à fournir le deuxième gaz à une température de sortie comprise entre -155° et -105°C à une pression comprise entre 2 et 20 bars.

15

34. Système (1) selon l'une des revendications 26 à 33, caractérisé en ce que le premier gaz est un gaz naturel liquéfié ou de pétrole liquéfié.

35. Système (1) selon l'une des revendications 26 à 34, caractérisé en ce que le deuxième gaz est un gaz naturel liquéfié.

20

36. Navire, en particulier de transport de gaz liquéfié, comportant au moins un système selon l'une quelconque des revendications 26 à 35.

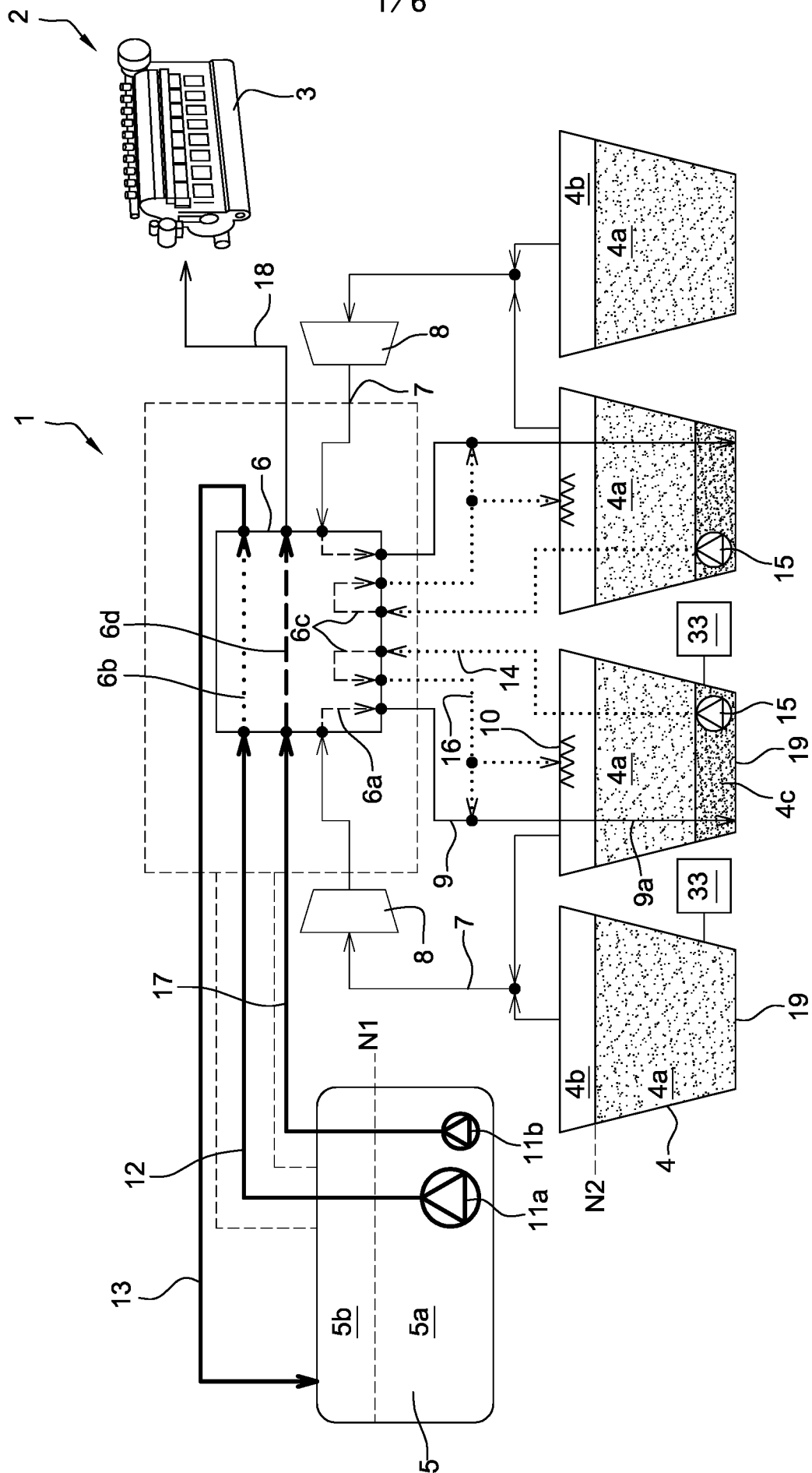


Fig. 1

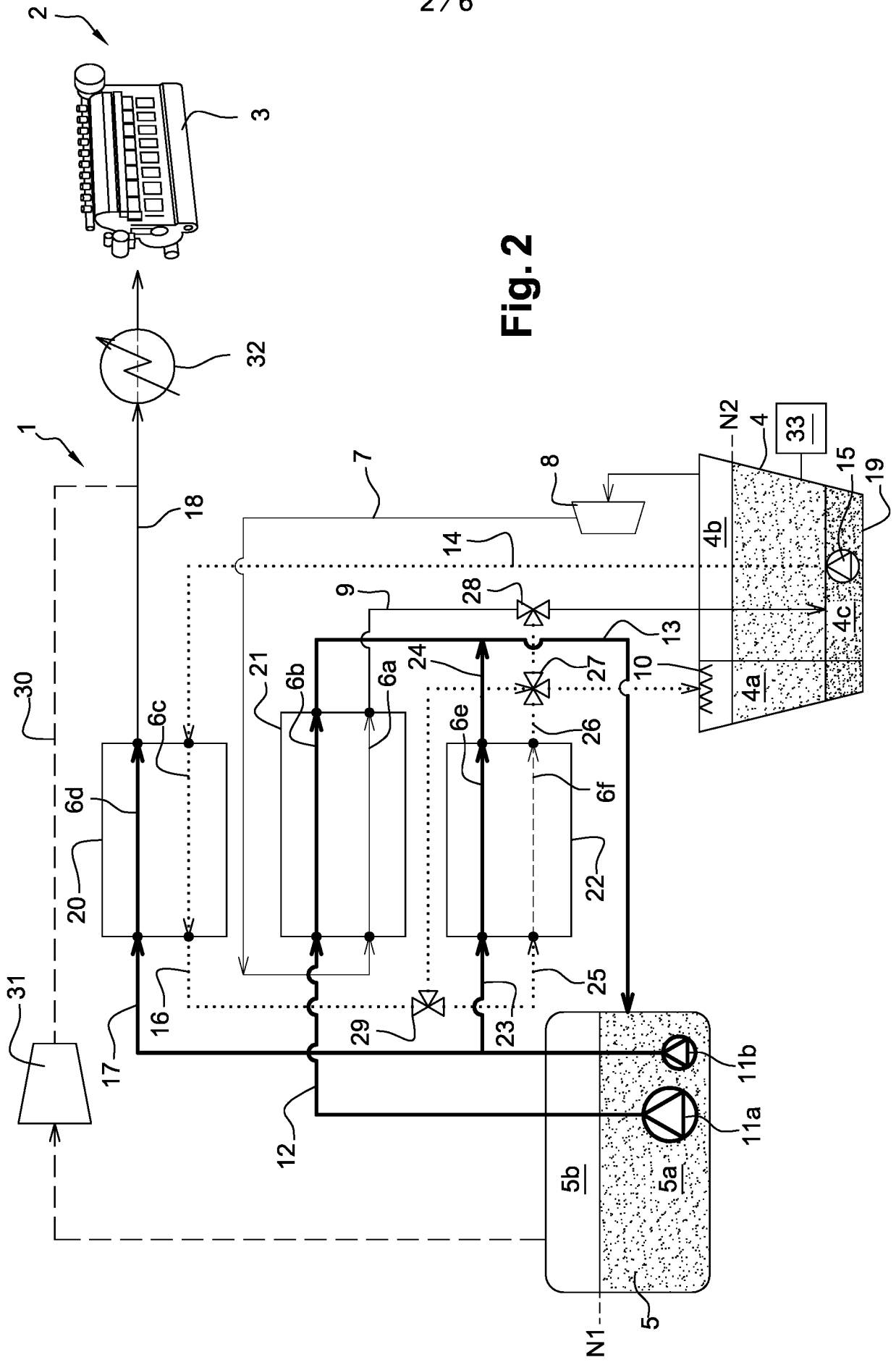


Fig. 2

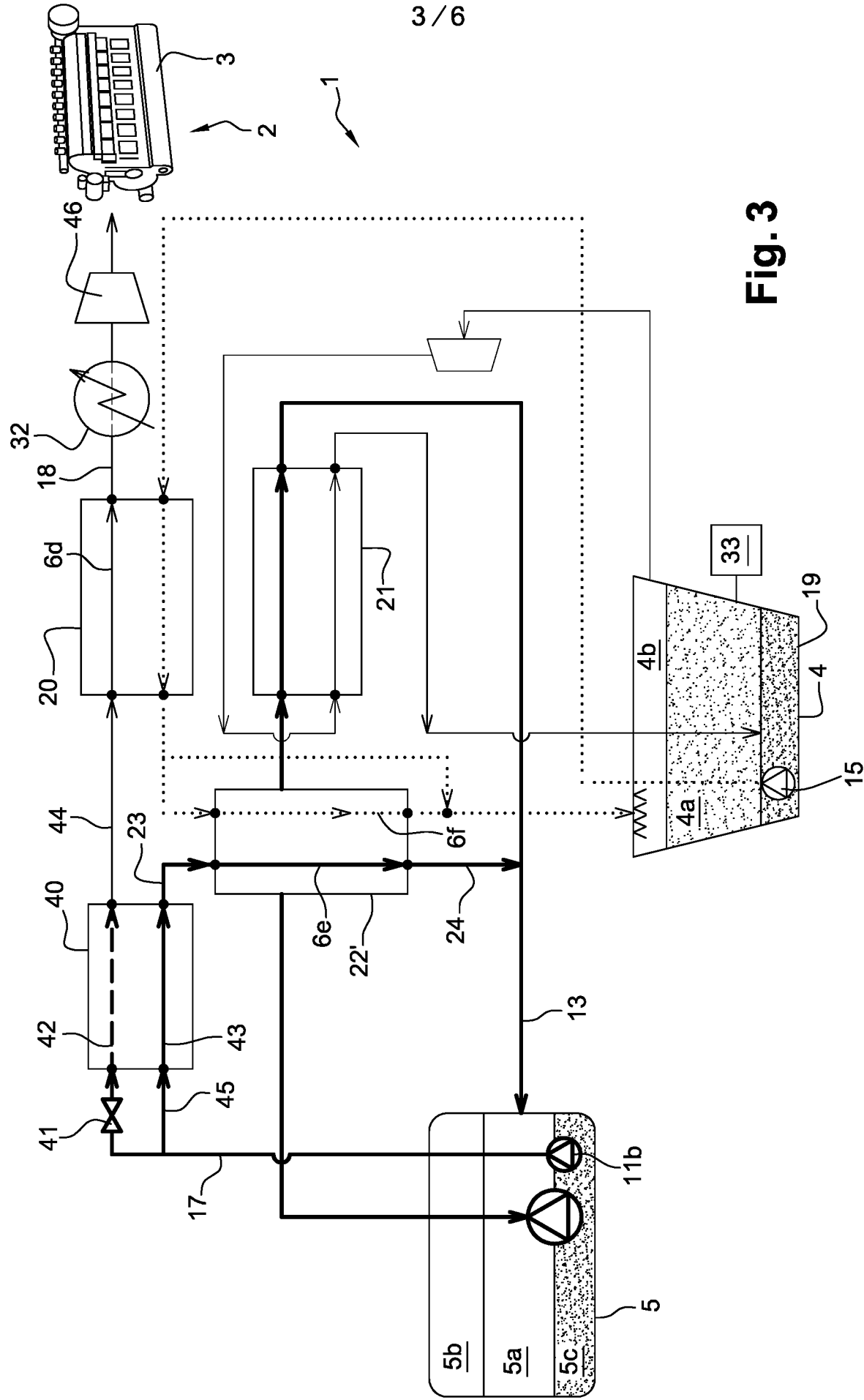


Fig. 3

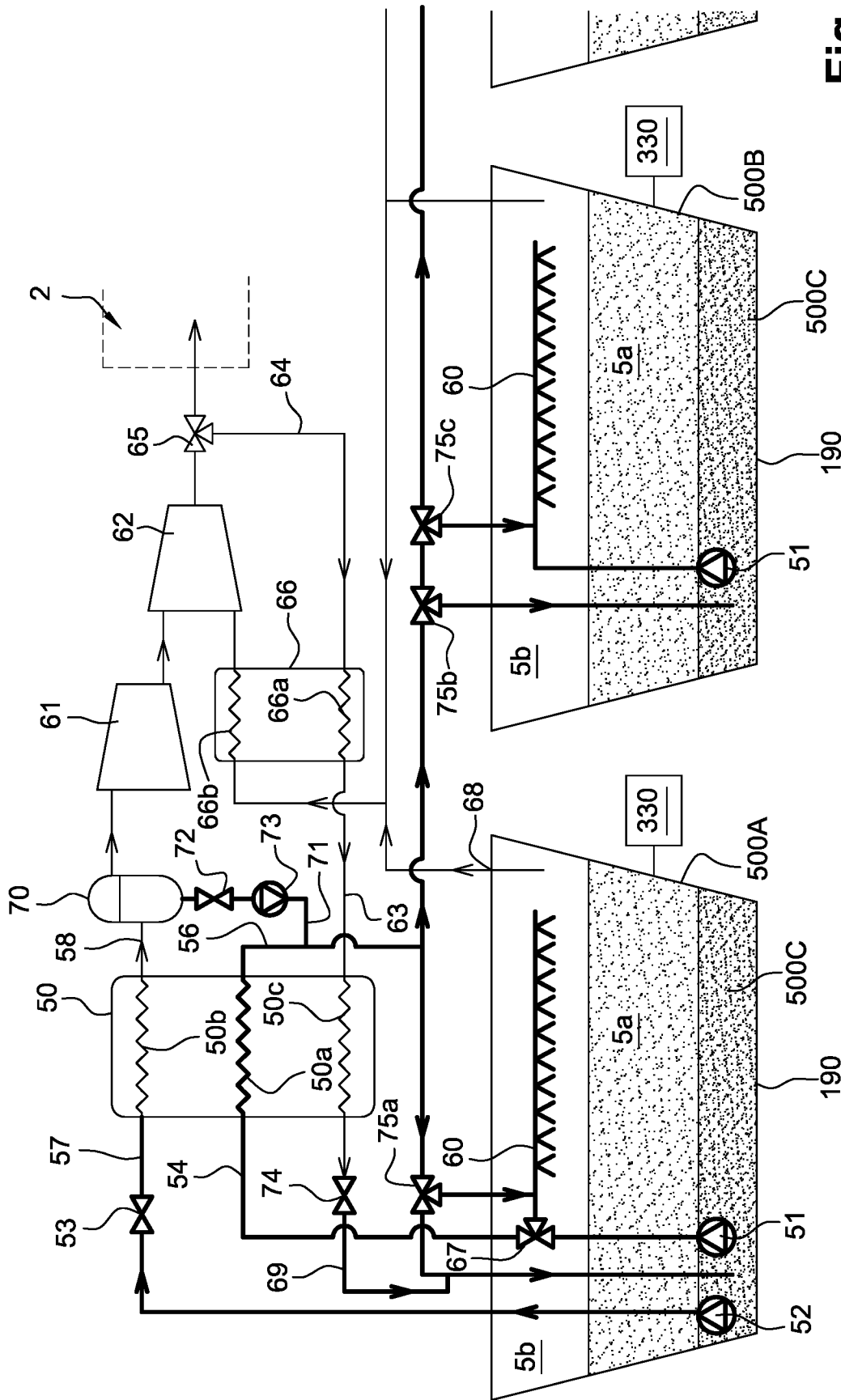


Fig. 4

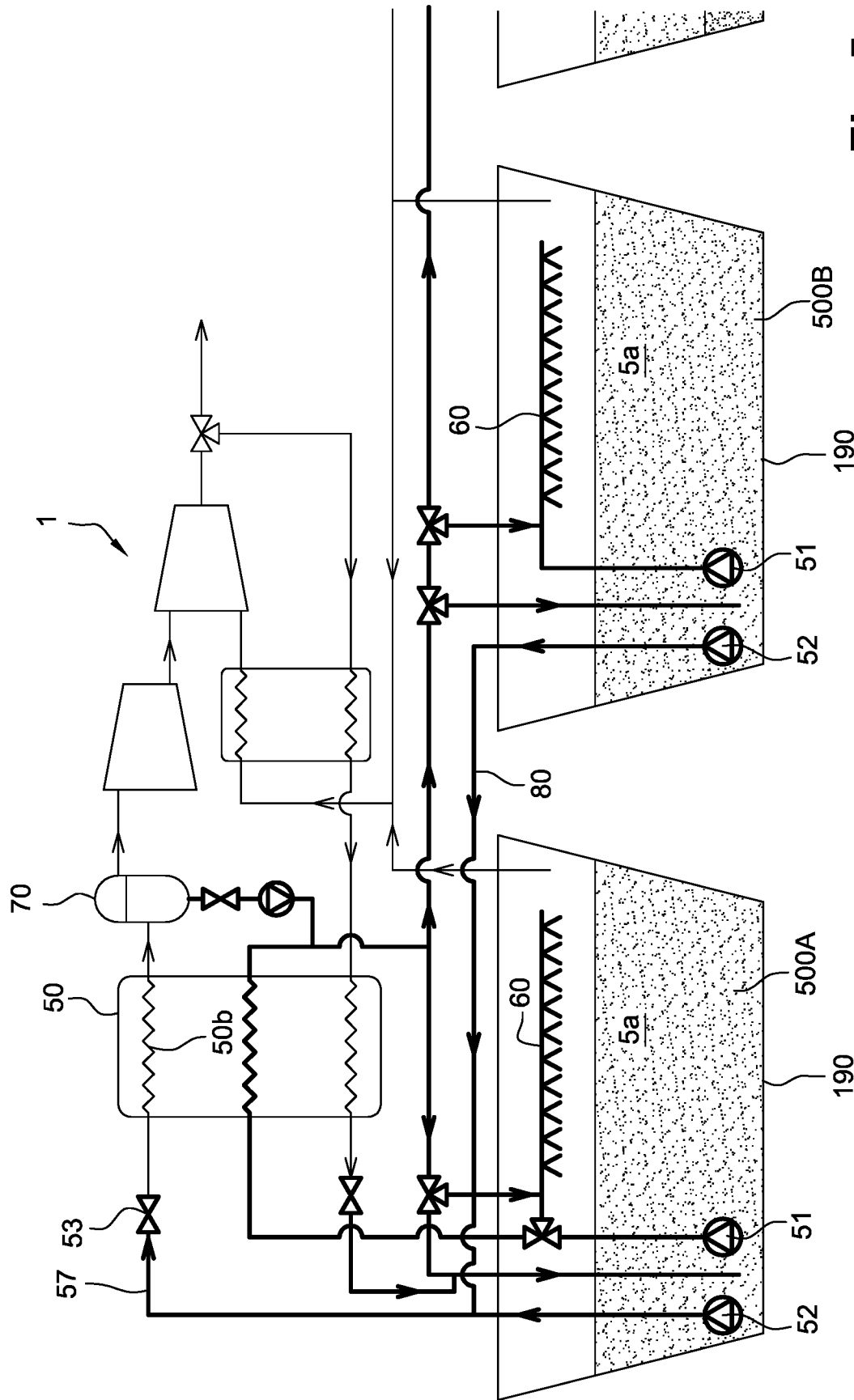


Fig. 5

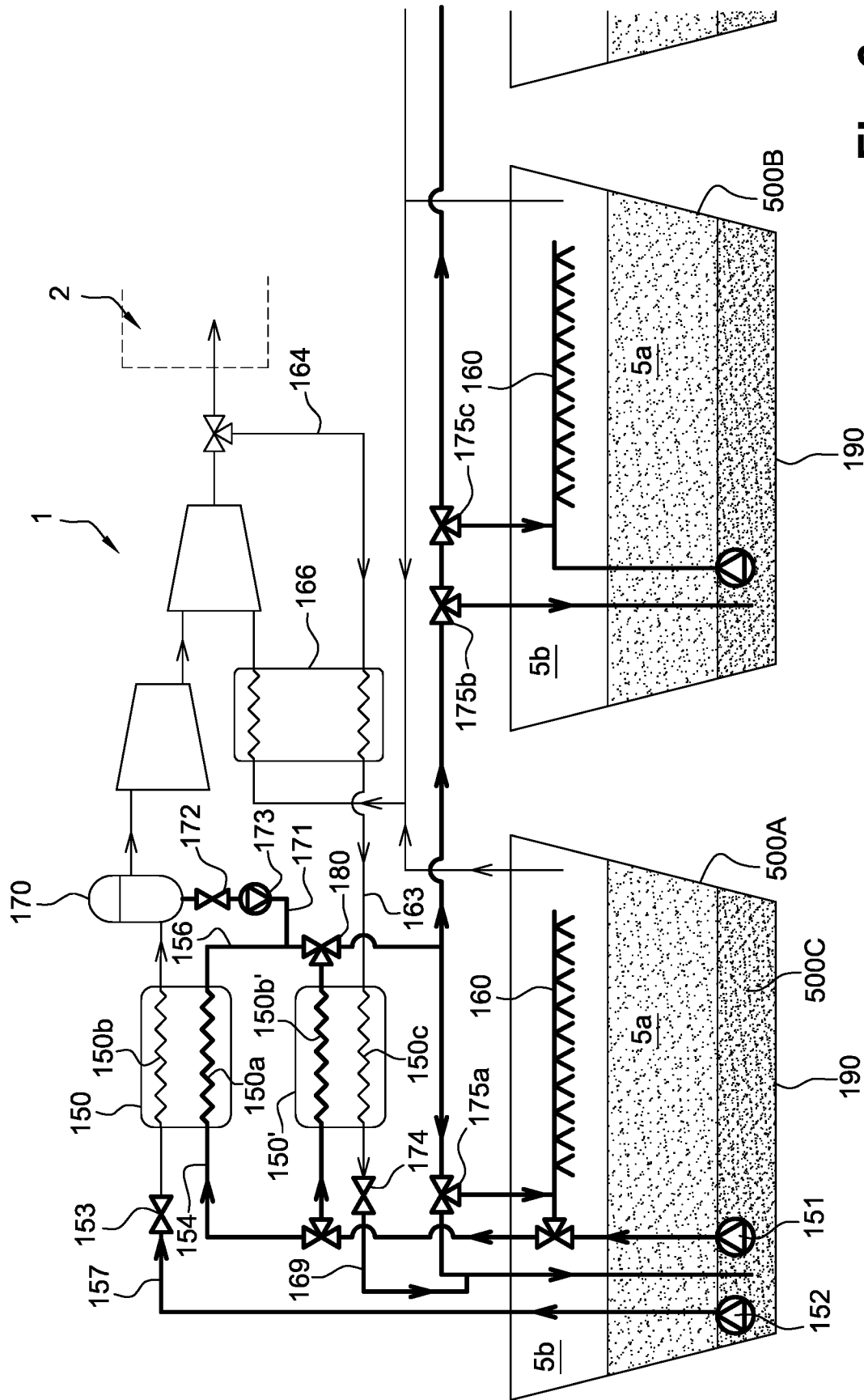


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/051590**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****F17C 9/04**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F17C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2015219280 A1 (BRAITHWAITE DAVID C [US] ET AL) 06 August 2015 (2015-08-06)	1,2,8-21,24-29,31,32,34-36
Y	paragraphs [0037], [0038], [0041] - [0045]; figure 1	1,2,8-21,24,25,28,29,31-36
X	FR 2880942 A1 (DAEWOO SHIPBUILDING & MARINE [KR]) 21 July 2006 (2006-07-21)	26-28,32,34-36
Y	page 4 - page 6; figures 1,2	1,2,8-21,24,25,28,29,31-36

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

05 April 2019

Date of mailing of the international search report

06 June 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Nicol, Boris

Telephone No.

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1, 2, 8-21, 24-29, 31-36

Creating a cold heel section in the lower part of the reservoir.

2. claims: 3-7, 30

Preventing the formation of BOG inside the reservoir using a cold reserve re-injected into the reservoir itself.

3. claims: 22, 23

Treating the BOG formed in the reservoir, outside of the reservoir.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: **1, 2, 8-21, 24-29, 31-36**

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/051590

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2015219280	A1	06 August 2015	US	2015219280	A1	06 August 2015
				US	2015219391	A1	06 August 2015
				US	2015219393	A1	06 August 2015
FR	2880942	A1	21 July 2006	FR	2880942	A1	21 July 2006
				JP	2006200735	A	03 August 2006
				US	2006156758	A1	20 July 2006
				US	2008120993	A1	29 May 2008
				US	2010139316	A1	10 June 2010
				WO	2006078104	A1	27 July 2006

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2019/051590

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. F17C9/04
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
F17C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2015/219280 A1 (BRAITHWAITE DAVID C [US] ET AL) 6 août 2015 (2015-08-06)	1,2, 8-21, 24-29, 31,32, 34-36
Y	alinéas [0037], [0038], [0041] - [0045]; figure 1	1,2, 8-21,24, 25,28, 29,31-36
X	FR 2 880 942 A1 (DAEWOO SHIPBUILDING & MARINE [KR]) 21 juillet 2006 (2006-07-21)	26-28, 32,34-36
Y	page 4 - page 6; figures 1,2	1,2, 8-21,24, 25,28, 29,31-36



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

5 avril 2019

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

06/06/2019

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Nicol, Boris

Cadre n° II Observations - lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 2 de la première feuille)

Le rapport de recherche internationale n'a pas été établi en ce qui concerne certaines revendications conformément à l'article 17.2)a) pour les raisons suivantes :

1. ☐ Les revendications n^{os} se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration chargée de la recherche internationale n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir :
2. ☐ Les revendications n^{os} parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier :
3. ☐ Les revendications n^{os} parce qu'elles sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

Cadre n° III Observations - lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 3 de la première feuille)

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

voir feuille supplémentaire

1. ☐ Comme toutes les taxes additionnelles exigées ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.
2. ☐ Comme toutes les revendications qui se prêtent à la recherche ont pu faire l'objet de cette recherche sans effort particulier justifiant des taxes additionnelles, l'administration chargée de la recherche internationale n'a sollicité le paiement d'aucunes taxes de cette nature.
3. ☐ Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n^{os} :
4. ☒ Aucune taxes additionnelles demandées n'ont été payées dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n^{os} :
1, 2, 8-21, 24-29, 31-36

- Remarque quant à la réserve**
- ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant et, le cas échéant, du paiement de la taxe de réserve.
- ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant mais la taxe de réserve n'a pas été payée dans le délai prescrit dans l'invitation.
- ☐ Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDICUES SUR PCT/ISA/ 210

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs (groupes d') inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. revendications: 1, 2, 8-21, 24-29, 31-36

Créer un talon froid en partie basse du réservoir.

2. revendications: 3-7, 30

Empêcher la formation de BOG à l'intérieur du réservoir en utilisant une réserve de froid réinjectée dans le réservoir lui même.

3. revendications: 22, 23

Traitement du BOG formé dans le réservoir à l'extérieur du réservoir.

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2019/051590

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2015219280 A1	06-08-2015	US 2015219280 A1	06-08-2015
		US 2015219391 A1	06-08-2015
		US 2015219393 A1	06-08-2015

FR 2880942 A1	21-07-2006	FR 2880942 A1	21-07-2006
		JP 2006200735 A	03-08-2006
		US 2006156758 A1	20-07-2006
		US 2008120993 A1	29-05-2008
		US 2010139316 A1	10-06-2010
		WO 2006078104 A1	27-07-2006
