

(19)



(11)

EP 4 506 613 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
12.02.2025 Bulletin 2025/07

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F17C 9/02 ^(2006.01) **F17C 13/02** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **24179577.2**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F17C 9/02; F17C 13/026; F17C 2201/0157;
F17C 2201/052; F17C 2205/0326; F17C 2205/0329;
F17C 2205/0341; F17C 2221/033; F17C 2223/0161;
F17C 2223/0169; F17C 2223/033; F17C 2223/043;
F17C 2223/047; F17C 2225/0123; F17C 2225/0169;
(Cont.)

(22) Date de dépôt: **03.06.2024**

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Etats d'extension désignés:
BA
Etats de validation désignés:
GE KH MA MD TN

(30) Priorité: **08.08.2023 FR 2308554**

(71) Demandeur: **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET
L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES
CLAUDE
75007 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:
• **NICOLAS, Rémi**
38360 Sassenage (FR)
• **DURAND, Fabien**
38360 Sassenage (FR)
• **BERNHARDT, Jean-Marc**
38360 Sassenage (FR)
• **GONDRAND, Cécile**
38360 Sassenage (FR)

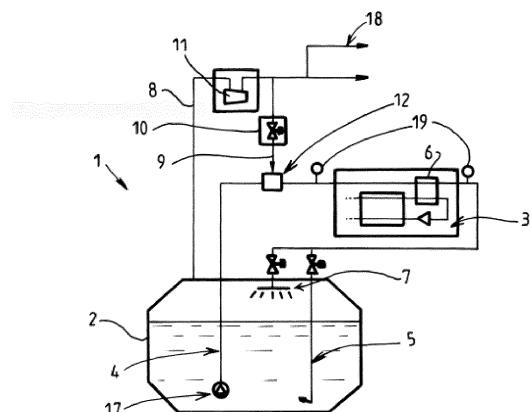
(74) Mandataire: **Air Liquide**
L'Air Liquide S.A.
Direction de la Propriété Intellectuelle
75, Quai d'Orsay
75321 Paris Cedex 07 (FR)

(54) **DISPOSITIF, INSTALLATION ET PROCÉDÉ DE MAINTIEN EN FROID D'UN STOCKAGE DE GAZ LIQUÉFIÉ**

(57) L'invention concerne un dispositif et procédé de maintien en froid d'un stockage (2) de gaz liquéfié comprenant un réfrigérateur (3) cryogénique, un circuit (4, 5) de sous-refroidissement comprenant une extrémité (4) d'aspiration destinée à être logée dans un stockage (2) de gaz liquéfié, un échangeur (6) de chaleur assurant un échange thermique entre le circuit (4, 5) de sous-refroidissement et le réfrigérateur (3), le circuit (4, 5) de sous-refroidissement comprenant au moins une extrémité (5, 7) d'injection configurée pour injecter dans le stockage (2) le fluide refroidi dans l'échangeur (6) de chaleur, le dispositif (1) comprenant en outre une conduite (8) de récupération des gaz de vaporisation ayant une extrémité amont destinée à être reliée au stockage (2) pour récupérer du gaz de vaporisation, la conduite (8) de récupération comprenant une extrémité aval (18) destinée à être reliée à un consommateur, le dispositif (1) comprenant une conduite (9) de dérivation et un ensemble de vanne(s) (10) configurés pour permettre le transfert de gaz de vaporisation de la conduite (8) de récupération vers le circuit (4, 5) de sous-refroidissement, la conduite (9) de dérivation ayant une première extrémité reliée à la conduite (8) de récupération et

une seconde extrémité reliée au circuit (4, 5) de sous-refroidissement, la seconde extrémité de la conduite (9) de dérivation étant reliée au circuit (4, 5) de sous-refroidissement en amont de l'échangeur (6) de chaleur

[Fig. 1]



- (52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
(Cont.) F17C 2225/033; F17C 2225/035;
F17C 2225/044; F17C 2225/047; F17C 2227/0135;
F17C 2227/0178; F17C 2227/0341;
F17C 2227/0353; F17C 2227/0388;
F17C 2250/032; F17C 2250/0434;
F17C 2250/0439; F17C 2250/0631;
F17C 2260/032; F17C 2260/056; F17C 2265/022;
F17C 2265/033; F17C 2265/037; F17C 2265/066;
F17C 2270/0105

Description

[0001] L'invention concerne un dispositif, une installation et un procédé de maintien en froid d'un stockage de gaz liquéfié.

[0002] L'invention concerne en particulier un dispositif et un procédé de maintien en froid et/ou de maintien en pression d'un stockage de gaz liquéfié, par exemple du gaz naturel liquéfié.

[0003] L'invention concerne plus particulièrement un dispositif de maintien en froid d'un stockage de gaz liquéfié, par exemple du gaz naturel liquéfié, comprenant un réfrigérateur cryogénique, un circuit de sous-refroidissement comprenant un ensemble de conduite(s), le circuit de sous-refroidissement comprenant une extrémité d'aspiration destinée à être logée dans une portion inférieure d'un stockage de gaz liquéfié configurée pour aspirer du gaz liquéfié, un échangeur de chaleur assurant un échange thermique entre le circuit de sous-refroidissement aspiré et le réfrigérateur, le circuit de sous-refroidissement comprenant au moins une extrémité d'injection configurée pour injecter dans le stockage le fluide refroidi dans l'échangeur de chaleur, le dispositif comprenant en outre une conduite de récupération des gaz de vaporisation ayant une extrémité amont destinée à être reliée à une portion supérieure du stockage pour récupérer du gaz de vaporisation, la conduite de récupération comprenant une extrémité aval destinée à être reliée à un consommateur du gaz de vaporisation, par exemple un brûleur et/ou un moteur, le dispositif comprenant une conduite de dérivation et un ensemble de vanne(s) configurés pour permettre le transfert de gaz de vaporisation de la conduite de récupération vers le circuit de sous-refroidissement, la conduite de dérivation ayant une première extrémité reliée à la conduite de récupération et une seconde extrémité reliée au circuit de sous-refroidissement.

[0004] Les gaz de vaporisation d'un fluide cryogénique dans un stockage peuvent être récupérées par reliqufaction directe. La solution consiste en une compression cryogénique de ces évaporations, mise à température ambiante puis envoi vers un liquéfacteur.

[0005] Une autre fonctionnalité consiste en la reliqufaction des gaz d'évaporation effectuée grâce au transfert de puissance froide d'un réfrigérateur vers le liquide cryogénique par sous-refroidissement de celui-ci, qui est ensuite renvoyé dans le stockage.

[0006] Le document WO2019020742 A1 décrit une installation assurant le traitement de gaz de vaporisation ou le refroidissement du gaz liquéfié.

[0007] L'échangeur de refroidissement peut être sujet à un encrassement dû à la précipitation des composants les plus lourds (plus on refroidit, moins il y a de solubilité). En effet, le fluide cryogénique n'est pas nécessairement un composé pur et peut être sous-forme de mélange. Ainsi certains des composants du mélange peuvent être solidifiés au cours du sous-refroidissement. Ces particules solides peuvent encrasser l'échangeur du réfrigéra-

teur et ainsi dégrader les performances du système.

[0008] Diverses solutions sont connues pour résorber ou limiter cet encrassement. Cependant ces solutions ne sont pas satisfaisantes pour à la fois traiter les gaz de vaporisation et/ou de sous-refroidir un gaz liquéfié stocké.

[0009] Un but de la présente invention est de pallier tout ou partie des inconvénients de l'art antérieur relevés ci-dessus.

[0010] A cette fin, le dispositif selon l'invention, par ailleurs conforme à la définition générique qu'en donne le préambule ci-dessus, est essentiellement caractérisé en ce que la seconde extrémité de la conduite de dérivation est reliée au circuit de sous-refroidissement en amont de l'échangeur de chaleur.

[0011] Par ailleurs, des modes de réalisation de l'invention peuvent comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- l'ensemble de vanne(s) comprend une vanne de régulation de débit sur la conduite de dérivation,
- la vanne de régulation de débit est une vanne pilotée configurée pour transférer un débit de gaz de vaporisation vers le circuit de sous-refroidissement pour augmenter la température du fluide qui entre dans l'échangeur de chaleur d'une valeur déterminée, par exemple entre 5 et 25°C,
- la vanne de régulation de débit est une vanne pilotée configurée pour transférer un débit de gaz de vaporisation vers le circuit de sous-refroidissement pour maintenir la température du fluide qui entre dans l'échangeur de chaleur en-dessous de la température de saturation du gaz liquéfié,
- la vanne de régulation de débit est une vanne pilotée configurée pour transférer un débit de gaz de vaporisation vers le circuit de sous-refroidissement pour maintenir la température du fluide qui sort de l'échangeur de chaleur au-dessus d'une valeur déterminée, par exemple au-dessus de -160°C et/ou à une valeur égale à la température du gaz liquéfié dans le stockage et/ou à une valeur égale à la température du gaz liquéfié aspiré dans l'extrémité d'aspiration,
- la conduite de récupération comprenant au moins un compresseur, la première extrémité de la conduite de dérivation est reliée à la conduite de récupération en aval du compresseur,
- la conduite de récupération comprend plusieurs compresseurs en série, la première extrémité de la conduite de dérivation est reliée à la conduite de récupération en aval d'un compresseur intermédiaire, c'est-à-dire en amont du dernier compresseur en série,
- le compresseur est configuré pour fournir un flux de gaz à la conduite de dérivation ayant une pression supérieure à la pression du liquide aspiré au niveau de l'extrémité d'aspiration et fourni au circuit de sous-refroidissement,
- le dispositif comporte un organe de mélange du gaz

de vaporisation dans le circuit de sous-refroidissement, l'organe de mélange étant situé par exemple au niveau de la jonction entre la seconde extrémité de la conduite de dérivation et le circuit de sous-refroidissement, l'organe de mélange comprenant au moins l'un parmi : un échangeur de chaleur indirect avec injection, un injecteur de gaz dans du liquide, un mélangeur statique, un injecteur en amont, un système de filtration, un pot condenseur avec garnissage de type vrac ou structuré,

- la conduite de dérivation comprend un organe de pré-refroidissement en échange thermique avec le gaz de vaporisation transféré vers le circuit de sous-refroidissement, l'organe de pré-refroidissement étant configuré par exemple pour refroidir le flux le gaz de vaporisation transféré à une température intermédiaire entre la température du gaz de vaporisation de la conduite de récupération et la température du gaz liquéfié,
- la conduite de récupération comprend un échangeur de chaleur permettant un échange thermique entre le gaz de vaporisation de la conduite de récupération et du gaz de vaporisation de la conduite de dérivation,
- la conduite de dérivation comprend une conduite de détour et ensemble de vanne(s) permettant de contrôler le flux de gaz de vaporisation de la conduite de dérivation admis à circuler dans l'échangeur de chaleur de la conduite de récupération,
- l'extrémité d'aspiration comprend une pompe d'aspiration.

[0012] L'invention concerne également une installation de stockage de gaz liquéfié, par exemple du gaz naturel liquéfié, par exemple bateau, de transport de gaz liquéfié, comprenant au moins un stockage de gaz liquéfié et un dispositif de maintien en froid du fluide contenu dans le stockage, le dispositif de maintien en froid étant conforme à l'une quelconque des caractéristiques précédentes ou ci-dessous.

[0013] L'invention concerne également un procédé de maintien en froid d'un stockage de gaz liquéfié utilisant un dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes comprenant un pompage de gaz liquéfié dans un stockage cryogénique, un refroidissement du gaz liquéfié pompé et une réinjection du gaz liquéfié refroidi dans le stockage, le procédé comprenant une récupération de gaz de vaporisation du stockage et une étape d'injection et de mélange de gaz de vaporisation dans le gaz liquéfié pompé avant son refroidissement.

[0014] Ceci permet d'augmenter la température du fluide en entrée du circuit de sous-refroidissement par injection de gaz de vaporisation afin de permettre de pas cristalliser d'hydrocarbures lourds dans l'échangeur 6 de chaleur puisque le sous-refroidisseur (réfrigérateur) est de préférence configuré pour ne jamais descendre la température du fluide à refroidir plus bas que la température initiale du liquide sous-refroidi.

[0015] Selon d'autres particularités possibles, l'étape d'injection et de mélange est configurée pour remonter la température du gaz liquéfié pompé avant refroidissement d'une valeur déterminée et/ou pour maintenir la température du gaz liquéfié refroidi en-dessous d'un seuil déterminé et/ou au niveau de la température du gaz liquéfié dans le stockage ou pompé.

[0016] L'invention peut concerner également tout dispositif ou procédé alternatif comprenant toute combinaison des caractéristiques ci-dessus ou ci-dessous dans le cadre des revendications. D'autres particularités et avantages apparaîtront à la lecture de la description ci-après, faite en référence aux figures dans lesquelles :

Brève description des figures

[0017] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

[Fig. 1] est une vue schématique illustrant un exemple de structure et de fonctionnement d'une installation selon un premier mode de réalisation de l'invention,

[Fig. 2] est une vue schématique illustrant un exemple de structure et de fonctionnement d'une installation selon un deuxième mode de réalisation de l'invention,

[Fig. 3] est une vue schématique illustrant un exemple de structure et de fonctionnement d'une installation selon un troisième mode de réalisation de l'invention,

[Fig. 4] est une vue schématique illustrant un exemple de structure et de fonctionnement d'une installation selon un quatrième mode de réalisation de l'invention.

Description détaillée

[0018] Sur toutes les figures, les mêmes références se rapportent aux mêmes éléments.

[0019] Dans cette description détaillée, les réalisations suivantes sont des exemples. Bien que la description se réfère à un ou plusieurs modes de réalisation, cela ne signifie pas que les caractéristiques s'appliquent seulement à un seul mode de réalisation. De simples caractéristiques de différents modes de réalisation peuvent également être combinées et/ou interchangeables pour fournir d'autres réalisations.

[0020] Le dispositif 1 de maintien en froid d'un stockage 2 de gaz liquéfié illustré peut assurer le maintien en froid et/ou le maintien en pression par exemple d'un réservoir de gaz naturel liquéfié, par exemple sur un bateau.

[0021] Ce dispositif 1 comprend un réfrigérateur 3 cryogénique et un circuit 4, 5 de sous-refroidissement comprenant un ensemble de conduite(s).

[0022] Le circuit 4, 5 de sous-refroidissement comprend au moins une extrémité 4 d'aspiration destinée logée dans une portion inférieure d'un stockage 2 de gaz liquéfié et configurée pour aspirer du gaz liquéfié. Comme illustré, l'extrémité 4 d'aspiration comprend de préférence une pompe 17 d'aspiration.

[0023] Le circuit 4, 5 de sous-refroidissement comprend en outre un échangeur 6 de chaleur assurant un échange thermique entre le circuit 4, 5 de sous-refroidissement aspiré et le réfrigérateur 3. De préférence, cet échangeur 6 de chaleur est situé en dehors du stockage 2.

[0024] Le réfrigérateur peut en particulier comprendre ou être constitué d'un réfrigérateur ou liquéfacteur cryogénique dans lequel un gaz de cycle (hélium, azote, ou autre gaz pur ou mélange) subit un cycle thermodynamique (compression, refroidissement, détente, réchauffage) produisant une puissance froide à au moins une extrémité qui peut être transférée par échange thermique. Par exemple le réfrigérateur est du type à cycle Brayton inverse et plus particulièrement de type Turbo Brayton mettant en oeuvre des turbomachines (attelage sur un même axe d'au moins un compresseur et une turbine sur paliers et moteur magnétique). Le circuit 4, 5 de sous-refroidissement comprend au moins une extrémité 5, 7 d'injection configurée pour injecter dans le stockage 2 le fluide refroidi dans l'échangeur 6 de chaleur. Dans l'exemple illustré, le circuit 4, 5 de sous-refroidissement comprend deux extrémités 5, 7 d'injection. Une première extrémité débouche en partie supérieure du stockage sous forme de buse(s) pour permettre d'injecter le fluide refroidi dans la phase gazeuse du stockage 2 en vue de recondenser des vapeurs et/ contrôler la pression dans le stockage 2.

[0025] Une deuxième extrémité débouche par exemple en partie inférieure du stockage 2 pour refroidir la phase liquide.

[0026] Selon l'invention l'éjecteur en fond de stockage 2 (injecteur) renvoie de préférence le gaz liquéfié et le mélange à la phase liquide. Le liquide injecté n'est plus sous-refroidi mais à la même température que le liquide dans le stockage 2.

[0027] Le dispositif 1 comprend en outre une conduite 8 de récupération des gaz de vaporisation ayant une extrémité amont reliée à une portion supérieure du stockage 2 configurée pour récupérer du gaz de vaporisation. La conduite 8 de récupération comprend de préférence au moins un organe 11 de compression du gaz de vaporisation récupéré (typiquement au moins un compresseur). La conduite 8 de récupération comprend en aval au moins une extrémité aval 18 destinée à être reliée à un consommateur du gaz de vaporisation, par exemple un brûleur et/ou un moteur. Cette compression 11 permet de maintenir une pression constante dans le stockage 2 et d'alimenter en gaz des moteurs, l'excès de gaz de vaporisation combustible peut être dirigé vers une torche de combustion par exemple.

[0028] Le dispositif 1 comprend une conduite 9 de

dérivation et un ensemble de vanne(s) 10 configurés pour permettre le transfert de gaz de vaporisation de la conduite 8 de récupération vers le circuit 4, 5 de sous-refroidissement. Cette conduite 9 de dérivation possède une première extrémité reliée à la conduite 8 de récupération, de préférence en aval de l'organe 11 de compression, et une seconde extrémité aval reliée au circuit 4, 5 de sous-refroidissement, en amont de l'échangeur 6 de chaleur. Par exemple, l'ensemble de vanne(s) comprend une vanne 10 de régulation de débit sur la conduite 9 de dérivation.

[0029] Ceci permet de prévenir les phénomènes d'encrassement par injection de gaz de vaporisation prélevé, par exemple en sortie de la compression, par exemple à température ambiante.

[0030] Ceci permet d'injecter du gaz relativement plus chaud en amont du refroidissement par le réfrigérateur/liquéfacteur. Ce gaz apporté par la conduite 9 de dérivation peut être mélangé au sein d'un flux de liquide cryogénique prélevé dans le stockage via la conduite 4 d'aspiration du circuit de sous-refroidissement.

[0031] Le gaz prélevé et mélangé au flux de liquide est de préférence à une pression au moins supérieure à la pression de refoulement de la pompe 17 d'aspiration de liquide située au fond du stockage 2 du fluide cryogénique.

[0032] Comme illustré, le dispositif 1 peut comporter un organe 12 de mélange du gaz de vaporisation dans le circuit 4, 5 de sous-refroidissement. Cet organe 12 de mélange configuré pour réaliser un mélange partiel ou total du gaz dans le liquide est situé par exemple au niveau de la jonction entre l'extrémité aval de la conduite 9 de dérivation et le circuit 4, 5 de sous-refroidissement. Cet organe 12 de mélange comprend par exemple au moins l'un parmi : un échangeur de chaleur indirect avec injection, un injecteur de gaz dans du liquide, un mélangeur statique, un injecteur en amont, un système de filtration, un pot condenseur avec garnissage de type vrac ou structuré ou tout autre organe approprié ou combinaison de plusieurs de ces technologies.

[0033] La vanne 10 de régulation de débit est par exemple une vanne pilotée qui peut être configurée pour transférer un débit de gaz de vaporisation vers le circuit 4, 5 de sous-refroidissement pour augmenter la température du fluide qui entre dans l'échangeur 6 de chaleur d'une valeur déterminée, par exemple entre 5 et 25°C.

[0034] Par exemple, la vanne 10 de régulation de débit peut être configurée pour transférer un débit de gaz de vaporisation vers le circuit 4, 5 de sous-refroidissement pour maintenir la température du fluide qui entre dans l'échangeur 6 de chaleur en-dessous de la température de saturation du gaz liquéfié. Ceci permet au mélange de rester en phase liquide. Il est possible de prévoir une marge de température, par exemple 2°C sous la saturation, afin de garantir qu'aucune bulle de gaz n'entre dans l'échangeur 6 de chaleur.

[0035] La régulation du débit de gaz mélangé en amont de l'échangeur 6 de chaleur peut être réalisée par exem-

ple en calculant une température de saturation du fluide (la température du point de bulle étant la température à laquelle il y a création de la première bulle de vapeur).

[0036] Cette température de saturation peut être basée sur une composition type du fluide stocké.

[0037] Cette température de saturation peut éventuellement être ajustée selon une corrélation via un paramètre de pression par exemple. Il est ainsi possible de contrôler l'injection de gaz de vaporisation par la vanne 10 de régulation de débit jusqu'à obtenir comme température de sortie du mélangeur 10 une température avec un écart de sécurité par rapport à la température de saturation (température en sortie de mélangeur 12 étant égale à la température de saturation du fluide moins la marge de sécurité).

[0038] Alternativement ou en combinaison, la vanne 10 de régulation de débit peut être pilotée pour maintenir la température du fluide qui sort de l'échangeur 6 de chaleur au-dessus d'une valeur déterminée, par exemple au-dessus de -160°C et/ou à une valeur égale à la température du gaz liquéfié dans le stockage et/ou à une valeur égale à la température du gaz liquéfié aspiré dans l'extrémité 4 d'aspiration.

[0039] Par exemple, il est possible de mesurer la température du fluide en sortie de pompe 17 et/ou dans le stockage 2. Le débit peut être ajusté par la vanne 10 de régulation de débit pour que la température du fluide en sortie de l'échangeur 6 de refroidissement soit égale à la température du liquide dans le stockage 2.

[0040] L'augmentation de pression du liquide pompé permet d'élever son point de saturation. Cela a pour conséquence de permettre une solubilité totale ou partielle du gaz dans le liquide cryogénique en amont du liquéfacteur.

[0041] Cette dissolution du gaz de vaporisation dans le liquide se fait par élévation de température du liquide cryogénique.

[0042] La quantité de gaz injecté via la conduite 9 de dérivation peut donc permettre au choix de régler une température en entrée et/ou en sortie du réfrigérateur (en entrée et/ou en sortie de l'échangeur 6 de chaleur). Ce contrôle peut être opéré par une simple vanne 10 de régulation de débit. La température du fluide à refroidir peut donc être mesurée en entrée et/ou en sortie de l'échangeur 6 de chaleur par un ou des capteurs 19 de température appropriés.

[0043] Le réfrigérateur 3 diminue la température du liquide ou du mélange gaz/liquide obtenu avant de le renvoyer dans le stockage 2 (en fond de stockage et/ou en partie supérieure via une ou des rampes ou buse(s)).

[0044] La température du fluide en sortie de l'échangeur 6 de chaleur de refroidissement est ainsi contrôlée telle qu'elle ne génère pas ou moins de solidification au sein de l'échangeur 6 de chaleur. Cette température est donc au moins égale à la température initiale du liquide cryogénique pompé dans le stockage 2. La quantité de gaz injecté via la conduite 9 de dérivation peut également permettre de réguler la perte de charge au sein de l'é-

changeur 6 de chaleur. Le dispositif 1 peut également être utilisé en mode "mixte", c'est-à-dire en combinant d'une part, une liquéfaction du gaz de vaporisation récupéré et comprimé et réinjecté et, d'autre part, un sous-refroidissement partiel du liquide cryogénique avant retour vers le stockage 2.

[0045] Le dispositif 1 peut alternativement fonctionner en mode de sous-refroidissement dans lequel on arrête l'injection de gaz de vaporisation relativement plus chaud via la conduite 9 de dérivation (vanne 10 fermée) ou en mode de liquéfaction par injection de gaz de vaporisation via la conduite 9 de dérivation (vanne 10 ouverte).

[0046] Ceci permet un système flexible proposant les deux modes de fonctionnement. La bascule d'un mode à l'autre peut être décidée par exemple arbitrairement par un opérateur selon le risque de bouchage de l'échangeur 6 de chaleur et/ou automatiquement via une détection ou prévision (intelligence) détectant l'occurrence d'un bouchage (augmentation de la différence de pression au bornes de l'échangeur 6 de chaleur, baisse des températures,...).

[0047] Le mode de réalisation de la [Fig. 2] se distingue de celui de la [Fig. 1] en ce que la conduite 9 de dérivation comprend un organe 13 de pré-refroidissement en échange thermique avec le gaz de vaporisation transféré vers le circuit 4, 5 de sous-refroidissement. Cet organe 13 de pré-refroidissement peut être configuré par exemple pour refroidir le flux le gaz de vaporisation transféré à une température intermédiaire entre la température du gaz de vaporisation de la conduite 8 de récupération et la température du gaz liquéfié pompé dans le stockage 2.

[0048] Ceci permet d'optimiser ou augmenter la quantité de gaz comprimé injectable via le pré-refroidissement 13 externe ayant une température intermédiaire entre la température du liquide cryogénique et la température ambiante. Par exemple, cet organe 13 de pré-refroidissement peut comprendre ou être constitué de l'un au moins parmi: un cycle de réfrigération utilisant un fluide réfrigérant, un système de compression et un système de détente de type vanne, orifice ou turbine.

[0049] Le mode de réalisation de la [Fig. 3] se distingue de celui de la [Fig. 1] en ce que la conduite 8 de récupération comprend un échangeur 16 de chaleur permettant un échange thermique entre le gaz de vaporisation de la conduite 8 de récupération et du gaz de vaporisation de la conduite 9 de dérivation. Par exemple, la conduite 9 de dérivation comprend une conduite 14 de détournement et ensemble de vanne(s) 15 permettant de contrôler le flux de gaz de vaporisation de la conduite 9 de dérivation admis à circuler dans l'échangeur 16 de chaleur de la conduite 8 de récupération. Ceci permet de réaliser un pré-refroidissement du gaz de vaporisation en récupérant de la puissance froide sur le gaz de vaporisation prélevé du stockage 2, en amont de la compression. Une ou des vannes de régulation peuvent permettre de contrôler au choix la température du gaz en entrée de l'organe de compression, la température du fluide en entrée du réfrigérateur (en entrée de l'échangeur 6 de chaleur) ou la

température du fluide à la sortie de l'échangeur 6 de chaleur. Ce contrôle peut être réalisé pour maximiser la puissance froide récupérée tout en garantissant un bon fonctionnement de la compression 11 et en empêchant la formation de solide dans l'échangeur 6 de chaleur du réfrigérateur 3. Ceci permet d'optimiser/augmenter la quantité de gaz de vaporisation comprimé injectable via la conduite 9 de dérivation.

[0050] Le mode de réalisation de la [Fig. 4] se distingue de celui de la [Fig. 1] en ce que la conduite 8 de récupération comprend plusieurs compresseurs 11 en série et la première extrémité amont de la conduite 9 de dérivation est reliée à la conduite 8 de récupération en aval d'un compresseur 11 intermédiaire, c'est-à-dire en amont du dernier compresseur en série.

[0051] C'est-à-dire que le gaz de vaporisation est récupéré en sortie du premier ou d'un étage de compression ultérieur plutôt qu'à la sortie du dernier compresseur. La pression du gaz récupéré est cependant de préférence supérieure à la pression du liquide pompé dans le stockage auquel il est mélangé. La température de ce gaz de vaporisation à un stade de compression intermédiaire est relativement plus froide qu'à la sortie du dernier compresseur. La quantité de gaz de vaporisation pouvant être mélangé au liquide pourra ainsi être plus importante que dans le mode de réalisation de la [Fig. 1]. Ce mode de réalisation peut en outre remplacer l'organe 13 de pré-refroidissement du mode de réalisation de la [Fig. 2].

[0052] Le dispositif permet ainsi une gestion optimale des gaz de vaporisation et de maintien en froid (sous-refroidissement notamment) d'un stockage de gaz liquéfié, par exemple du méthane sans générer un dépôt solide dans l'échangeur 6 de chaleur de refroidissement. L'invention permet d'éviter ou de limiter une dégradation de la performance du dispositif

[0053] Le gaz de vaporisation injecté en amont de l'échangeur 6 de chaleur du réfrigérateur 3 réchauffe le liquide avant son refroidissement. Le réfrigérateur 3 ramène ensuite ce mélange par exemple la température du fluide dans le stockage 2.

[0054] Le gaz de vaporisation prélevé 9 et mélangé est totalement ou partiellement liquéfié à son retour dans le stockage 2. La température la plus froide atteinte par le fluide dans l'échangeur 6 de chaleur ne permet pas d'atteindre les conditions de solidification.

[0055] La solution décrite permet de convertir par adaptation un système de sous-refroidissement classique en reliquéfacteur direct en cas de présence de polluants type hydrocarbures lourds. La solution permet d'empêcher les phénomènes de cristallisation des hydrocarbures lourds lors du refroidissement.

Revendications

1. Dispositif de maintien en froid d'un stockage (2) de gaz liquéfié, par exemple du gaz naturel liquéfié,

comprenant un réfrigérateur (3) cryogénique, un circuit (4, 5) de sous-refroidissement comprenant un ensemble de conduite(s), le circuit (4, 5) de sous-refroidissement comprenant une extrémité (4) d'aspiration destinée à être logée dans une portion inférieure d'un stockage (2) de gaz liquéfié configurée pour aspirer du gaz liquéfié, un échangeur (6) de chaleur assurant un échange thermique entre le fluide aspiré par le circuit (4, 5) de sous-refroidissement et le réfrigérateur (3), le circuit (4, 5) de sous-refroidissement comprenant au moins une extrémité (5, 7) d'injection configurée pour injecter dans le stockage (2) le fluide refroidi dans l'échangeur (6) de chaleur, le dispositif (1) comprenant en outre une conduite (8) de récupération des gaz de vaporisation ayant une extrémité amont destinée à être reliée à une portion supérieure du stockage (2) pour récupérer du gaz de vaporisation, la conduite (8) de récupération comprenant une extrémité aval (18) destinée à être reliée à un consommateur du gaz de vaporisation, par exemple un brûleur et/ou un moteur, le dispositif (1) comprenant une conduite (9) de dérivation et un ensemble de vanne(s) (10) configurés pour permettre le transfert de gaz de vaporisation de la conduite (8) de récupération vers le circuit (4, 5) de sous-refroidissement, la conduite (9) de dérivation ayant une première extrémité reliée à la conduite (8) de récupération et une seconde extrémité reliée au circuit (4, 5) de sous-refroidissement, **caractérisé en ce que** la seconde extrémité de la conduite (9) de dérivation est reliée au circuit (4, 5) de sous-refroidissement en amont de l'échangeur (6) de chaleur.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'ensemble de vanne(s) (10) comprend une vanne de régulation de débit sur la conduite (9) de dérivation.

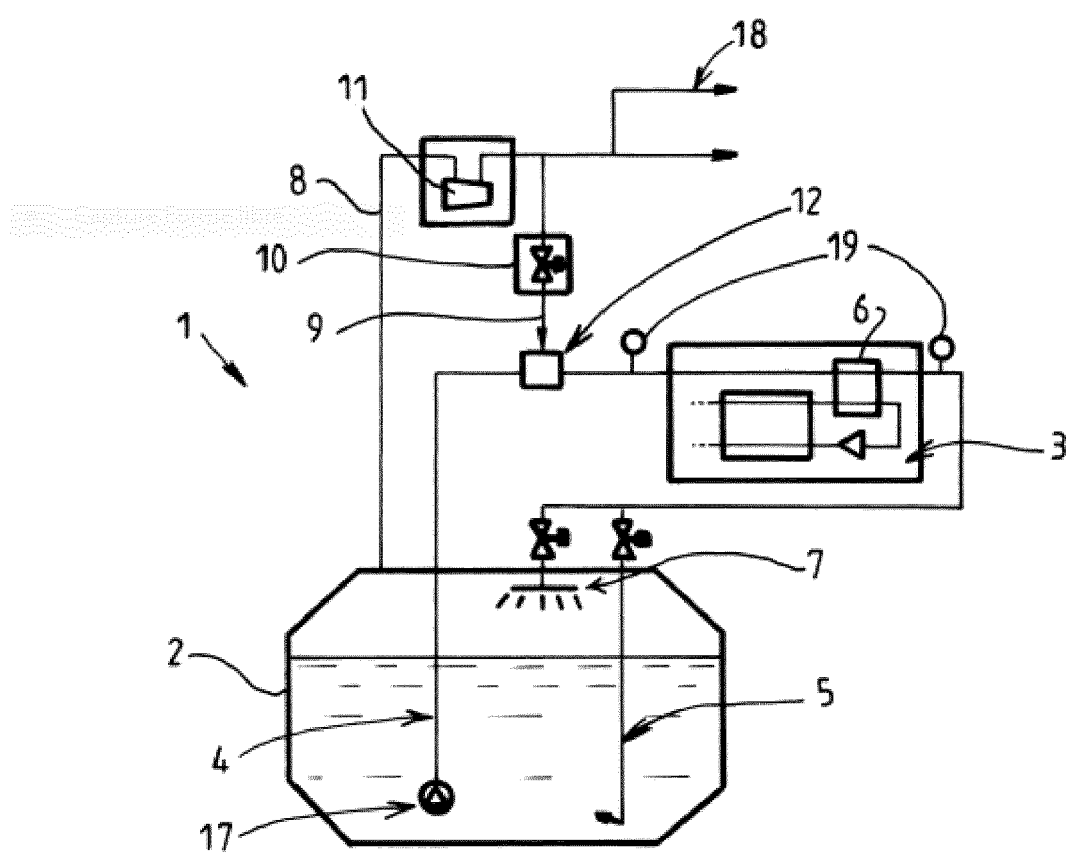
3. Dispositif selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la vanne (10) de régulation de débit est une vanne pilotée configurée pour transférer un débit de gaz de vaporisation vers le circuit (4, 5) de sous-refroidissement pour augmenter la température du fluide qui entre dans l'échangeur (6) de chaleur d'une valeur déterminée, par exemple entre 5 et 25°C.

4. Dispositif selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** la vanne (10) de régulation de débit est une vanne pilotée configurée pour transférer un débit de gaz de vaporisation vers le circuit (4, 5) de sous-refroidissement pour maintenir la température du fluide qui entre dans l'échangeur (6) de chaleur en-dessous de la température de saturation du gaz liquéfié.

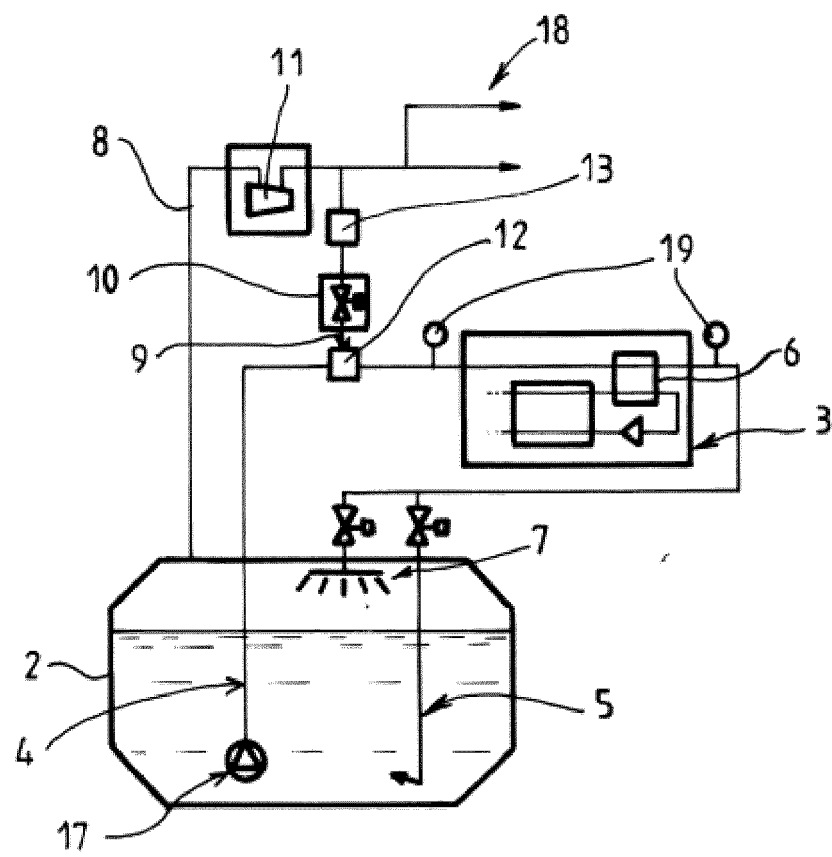
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications

- 2 à 4, **caractérisé en ce que** la vanne (10) de régulation de débit est une vanne pilotée configurée pour transférer un débit de gaz de vaporisation vers le circuit (4, 5) de sous-refroidissement pour maintenir la température du fluide qui sort de l'échangeur (6) de chaleur au-dessus d'une valeur déterminée, par exemple au-dessus de -160°C et/ou à une valeur égale à la température du gaz liquéfié dans le stockage et/ou à une valeur égale à la température du gaz liquéfié aspiré dans l'extrémité (4) d'aspiration. 10
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la conduite (8) de récupération comprenant au moins un compresseur (11) et **en ce que** la première extrémité de la conduite (9) de dérivation est reliée à la conduite (8) de récupération en aval du compresseur (11). 15
7. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la conduite (8) de récupération comprend plusieurs compresseurs (11) en série et **en ce que** la première extrémité de la conduite (9) de dérivation est reliée à la conduite (8) de récupération en aval d'un compresseur (11) intermédiaire, c'est-à-dire en amont du dernier compresseur en série. 20 25
8. Dispositif selon la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce que** le compresseur (11) est configuré pour fournir un flux de gaz à la conduite (9) de dérivation ayant une pression supérieure à la pression du liquide aspiré au niveau de l'extrémité (4) d'aspiration et délivré au circuit (4, 5) de sous-refroidissement. 30
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'il** comporte un organe (12) de mélange du gaz de vaporisation dans le circuit (4, 5) de sous-refroidissement, l'organe (12) de mélange étant situé par exemple au niveau de la jonction entre la seconde extrémité de la conduite (9) de dérivation et le circuit (4, 5) de sous-refroidissement, l'organe (12) de mélange comprenant au moins l'un parmi : un échangeur de chaleur indirect avec injection, un injecteur de gaz dans du liquide, un mélangeur statique, un injecteur en amont, un système de filtration, un pot condenseur avec garnissage de type vrac ou structuré. 35 40 45
10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** la conduite (9) de dérivation comprend un organe (13) de pré-refroidissement en échange thermique avec le gaz de vaporisation transféré vers le circuit (4, 5) de sous-refroidissement, l'organe (13) de pré-refroidissement étant configuré par exemple pour refroidir le flux le gaz de vaporisation transféré à une température intermédiaire entre la température du gaz de vaporisation de la conduite (8) de récupération et la 50 55
- température du gaz liquéfié.
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** la conduite (8) de récupération comprend un échangeur (16) de chaleur permettant un échange thermique entre le gaz de vaporisation de la conduite (8) de récupération et du gaz de vaporisation de la conduite (9) de dérivation.
12. Dispositif selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** la conduite (9) de dérivation comprend une conduite (14) de détour et ensemble de vanne(s) (15) permettant de contrôler le flux de gaz de vaporisation de la conduite (9) de dérivation admis à circuler dans l'échangeur (16) de chaleur de la conduite (8) de récupération.
13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** l'extrémité (4) d'aspiration comprend une pompe (17) d'aspiration.
14. Installation de stockage de gaz liquéfié, par exemple du gaz naturel liquéfié, par exemple bateau, de transport de gaz liquéfié, comprenant au moins un stockage (2) de gaz liquéfié et un dispositif de maintien en froid du fluide contenu dans le stockage, le dispositif (1) de maintien en froid étant conforme à l'une quelconque des revendications précédentes.
15. Procédé de maintien en froid d'un stockage (2) de gaz liquéfié utilisant un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 comprenant un pompage de gaz liquéfié dans un stockage cryogénique, un refroidissement du gaz liquéfié pompé et une réinjection du gaz liquéfié refroidi dans le stockage, le procédé comprenant une récupération de gaz de vaporisation du stockage et une étape d'injection et de mélange de gaz de vaporisation dans le gaz liquéfié pompé avant son refroidissement.
16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** l'étape d'injection et de mélange est configurée pour remonter la température du gaz liquéfié pompé avant refroidissement d'une valeur déterminée et/ou pour maintenir la température du gaz liquéfié refroidi en-dessous d'un seuil déterminé et/ou au niveau de la température du gaz liquéfié dans le stockage ou pompé.

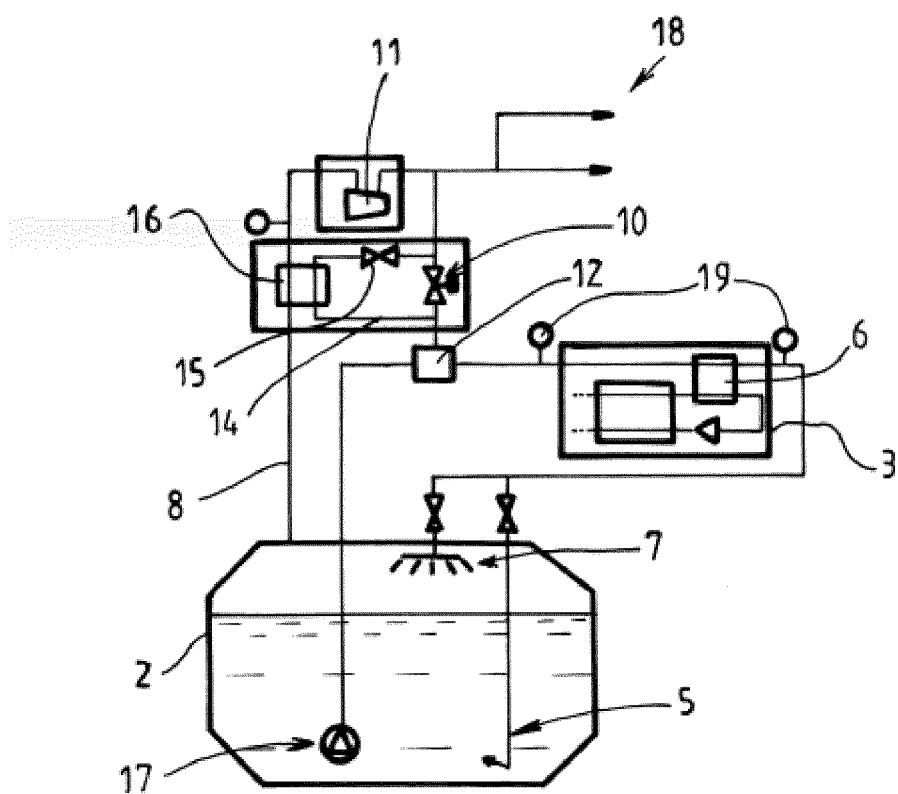
[Fig. 1]



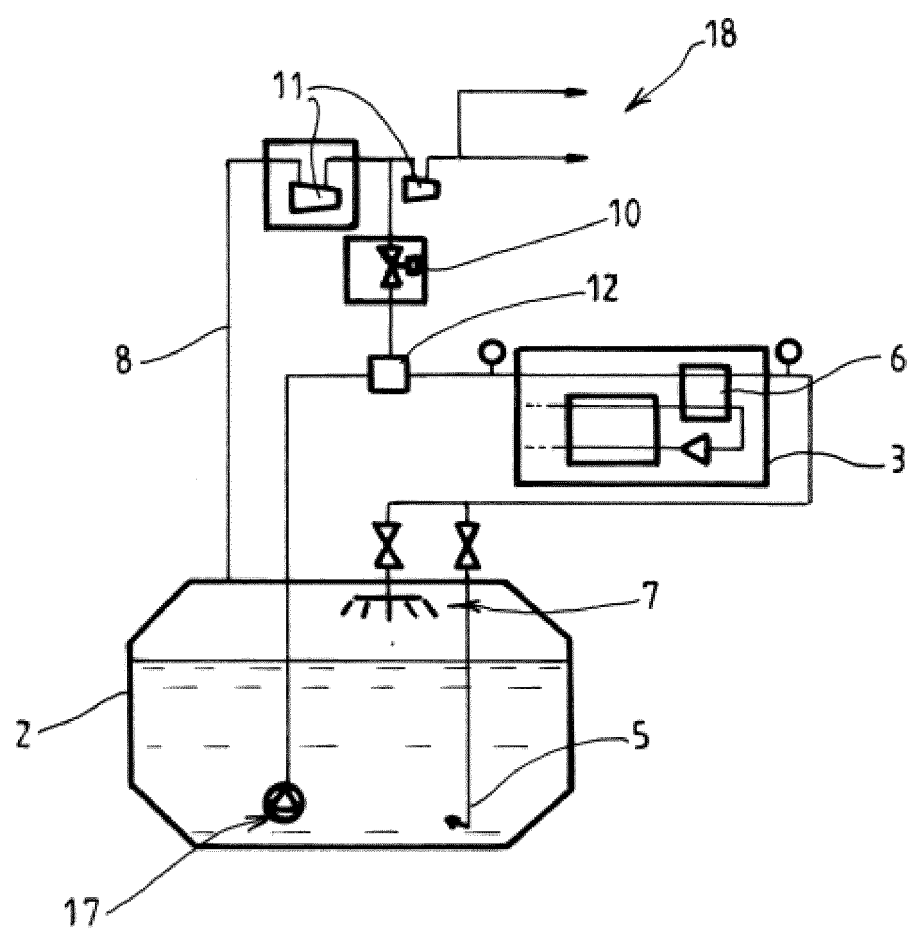
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 24 17 9577

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A,D	WO 2019/020742 A1 (CRYOSTAR [FR]) 31 janvier 2019 (2019-01-31) * figures 1-6 *	1-16	INV. F17C9/02
A	FR 3 066 257 A1 (GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ [FR]) 16 novembre 2018 (2018-11-16) * figures 1-26 *	1	ADD. F17C13/02
A	FR 3 093 785 A1 (GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ [FR]) 18 septembre 2020 (2020-09-18) * figures 1-5 *	1	
A	WO 2022/129755 A1 (GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ [FR]) 23 juin 2022 (2022-06-23) * figures 1-9 *	1	
A	WO 2005/022027 A1 (CRYOSTAR FRANCE SA [FR]; POZIVIL JOSEF [FR]) 10 mars 2005 (2005-03-10) * figure 1 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F17C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 18 novembre 2024	Examineur Nicol, Boris
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 24 17 9577

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

18-11-2024

	Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
10	WO 2019020742 A1	31-01-2019	CN	110945277 A	31-03-2020
15			EP	3434959 A1	30-01-2019
			EP	3658815 A1	03-06-2020
			ES	2941710 T3	25-05-2023
			JP	7119063 B2	16-08-2022
			JP	2021507178 A	22-02-2021
20			KR	20200037226 A	08-04-2020
			US	2021156517 A1	27-05-2021
			US	2024183495 A1	06-06-2024
			WO	2019020742 A1	31-01-2019

25	FR 3066257 A1	16-11-2018	CN	111758003 A	09-10-2020
			EP	3743652 A1	02-12-2020
			FR	3066257 A1	16-11-2018
			KR	20200113222 A	06-10-2020
			RU	2020125198 A	31-01-2022
			WO	2019145643 A1	01-08-2019

30	FR 3093785 A1	18-09-2020	CN	113767246 A	07-12-2021
			FR	3093785 A1	18-09-2020
			KR	20210141572 A	23-11-2021
			WO	2020188199 A1	24-09-2020

35	WO 2022129755 A1	23-06-2022	CN	116710695 A	05-09-2023
			EP	4264114 A1	25-10-2023
			FR	3118103 A1	24-06-2022
			JP	2023553727 A	25-12-2023
			KR	20230117451 A	08-08-2023
			US	2024101241 A1	28-03-2024
			WO	2022129755 A1	23-06-2022

45	WO 2005022027 A1	10-03-2005	AT	E519064 T1	15-08-2011
			CN	1871474 A	29-11-2006
			CN	103090180 A	08-05-2013
			EP	1660806 A1	31-05-2006
			JP	4796491 B2	19-10-2011
			JP	2007504414 A	01-03-2007
			KR	20070019636 A	15-02-2007
			PL	1660806 T3	30-12-2011
			US	2007068176 A1	29-03-2007
			WO	2005022027 A1	10-03-2005

50					
55					

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 2019020742 A1 [0006]