

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 149 676**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **23 05700**

⑤1 Int Cl⁸ : **F 25 B 9/06 (2023.01), F 25 J 1/02**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 Réfrigérateur à gaz de cycle et installation de liquéfaction.

②2 Date de dépôt : 07.06.23.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 13.12.24 Bulletin 24/50.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 25.04.25 Bulletin 25/17.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

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

⑦2 Inventeur(s) : BARJHOUX Pierre, MARTIN Florian,
ROIG Mathieu et DELCAYRE Franck.

⑦3 Titulaire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES
PROCEDES GEORGES CLAUDE SOCIETE
ANONYME.

⑦4 Mandataire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE
ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION
DES PROCEDES GEORGES CLAUDE.

FR 3 149 676 - B1



Description

Titre de l'invention : Réfrigérateur à gaz de cycle et installation de liquéfaction.

- [0001] L'invention concerne un réfrigérateur à gaz de cycle ainsi qu'une installation de liquéfaction.
- [0002] L'invention concerne plus particulièrement un réfrigérateur à gaz de cycle, comprenant un circuit de cycle contenant un gaz de cycle comprenant au moins l'un parmi : de l'azote, de l'hélium, de l'hydrogène, le circuit de cycle étant configuré pour soumettre le fluide de cycle à un cycle thermodynamique pour amener le fluide de cycle à une température cryogénique déterminée à au moins une extrémité du circuit de cycle, le circuit de cycle comprenant un mécanisme de compression du fluide de cycle, un mécanisme de refroidissement du fluide de cycle, un mécanisme de détente du fluide de cycle, dans lequel le mécanisme de détente du fluide de cycle comprend au moins deux turbines montées en rotation sur des arbres tournants respectifs, le mécanisme de compression comprenant au moins trois compresseurs rotatifs disposés en parallèle dans le circuit de cycle et montés respectivement sur trois arbres tournants, au moins deux des arbres tournants étant accouplés respectivement, aux turbines pour récupérer du travail de détente du fluide de cycle pour la compression du fluide de cycle.
- [0003] Un aspect important dans les réfrigérateurs/liquéfacteurs à hydrogène et/ou hélium est de minimiser la consommation d'énergie. Un des moyens pour réduire cette consommation est de récupérer de l'énergie de détente du gaz de cycle pour la compression de ce gaz de cycle via une machine appelée « turbo-booster » (c'est-à-dire « turbo-compresseur », c'est-à-dire accouplement d'une turbine et d'un compresseur). Cf. par exemple US2015168057A ou WO2009130466A. Les turbo-compresseurs permettent à la fois de diminuer la consommation d'énergie électrique apportée au cycle et de diminuer la taille du compresseur de cycle.
- [0004] Les turbo-compresseurs peuvent être mis en amont ou en aval d'un compresseur de cycle en fonction des conditions du procédé. Cet arrangement se retrouve le plus fréquemment dans les cycles. En effet, cet arrangement est le plus simple pour le contrôle du procédé car chaque compresseur est indépendant les uns des autres. Cette configuration en série est rendue possible par des conditions de fonctionnement favorables à une bonne efficacité de compression et à des fluides de travail adéquats
- [0005] La fonction turbo-compresseur suppose d'accorder les paramètres du fluide détendu au fluide comprimé pour que les deux fonctions soient réalisées avec le maximum d'efficacité. Il faut aussi que les turbo-compresseurs puissent fonctionner sur

l'ensemble des configurations rencontrés par le réfrigérateur/liquéfacteur. Les paramètres de fonctionnement du turbo-compresseur peuvent contraindre les arrangements possibles de turbines, rendant le processus moins efficace ou plus complexe.

- [0006] Dans le cas de turbo-compresseurs arrangés en parallèle, ces compresseurs réaliseront le même taux de compression. La variation de puissance d'une turbine aura alors un impact direct sur les autres turbo-compresseurs et donc un impact sur l'efficacité et l'opérabilité de l'ensemble du réfrigérateur.
- [0007] Un but de la présente invention est de pallier tout ou partie des inconvénients de l'art antérieur relevés ci-dessus.
- [0008] A cette fin, le réfrigérateur selon l'invention, par ailleurs conforme à la définition générique qu'en donne le préambule ci-dessus, est essentiellement caractérisé en ce qu'il comprend au moins un moteur d'entraînement de l'un au moins des arbres tournants portant un turbine et un compresseur et en ce qu'au moins les deux compresseurs en parallèle accouplés à une turbine sont associés chacun un organe respectif de mesure du débit passant par le compresseur concerné et à un organe respectif de régulation de débit admis dans le compresseur, par exemple un ou des organes directeurs mobiles en amont ou en aval tel qu'un « IGV », les au moins deux turbines accouplées aux compresseurs comprenant chacune un capteur respectif de mesure de la vitesse de rotation de la turbine et un système respectif de contrôle de la vitesse de rotation de la turbine, le réfrigérateur comprenant un organe électronique de contrôle et de commande comprenant un microprocesseur et configuré recevoir des mesures des organes de mesure du débit et des capteurs de mesure de la vitesse et commander les organes de régulation de débit.
- [0009] Selon la solution proposée, le réfrigérateur utilise au moins un moto-turbo-compresseur (en lieu et place du turbo-compresseur précédemment décrit) afin d'opérer ce contrôle actif entre des compresseurs accouplés en parallèle via un ajustement des puissances électriques injectées dans le moteur. Ce contrôle pourrait être effectué par un variateur de fréquence de rotation du ou desdits moteurs électriques.
- [0010] Bien que l'ajout de moteur(s) augment l'investissement en matériel du réfrigérateur, ceci permet de contrôler la fréquence de rotation du moteur pour améliorer l'efficacité de détente des turbines et/ou de compression en parallèle et la puissance de compression. C'est à dire que, par rapport à l'art antérieur il est ainsi possible d'augmenter la pression de sortie par rapport à un turbo-booster classique, ou il est possible de réduire la taille du compresseur de cycle.
- [0011] Le fait de prévoir au moins un moteur permet de contrôler la vitesse de rotation des roues correspondantes (compresseur et turbine) et de stabiliser le fonctionnement du ou

des ensembles compresseur et turbine accouplés, notamment si plusieurs sont installés en parallèle. En effet, en cas d'agencement en parallèle une moindre perturbation peut déstabiliser l'ensemble et rendre le fonctionnement non optimal. Cela peut même conduire à faire fonctionner un des compresseurs dans une zone de fonctionnement non sécurisée comme la zone de pompage. Cet inconvénient est supprimé ou diminué grâce au(x) moteur(s). Ceci permet également d'optimiser le point de fonctionnement des machines (compresseurs/turbines).

[0012] Par ailleurs, des modes de réalisation de l'invention peuvent comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- les compresseurs en parallèle sont identiques, l'organe électronique de contrôle et de commande étant configuré pour appliquer une consigne de débit admis dans les compresseur qui est identique pour tous les compresseurs en parallèle,
- l'organe électronique de contrôle et de commande est configuré pour appliquer une consigne de vitesse de rotation identique pour les turbines accouplées aux compresseurs,
- l'organe de régulation de débit admis dans le compresseur comprend, au moins l'un parmi : un ou des organes directeurs mobiles, une vanne guide d'entrée « IGV » disposée en amont, un diffuseur à aubages variables en aval de la roue du compresseur, un système de bypass du compresseur,
- le réfrigérateur comporte un organe de régulation de débit admis dans le compresseur commun à au moins plusieurs des compresseurs en parallèle,
- le système de contrôle de la vitesse de rotation de la turbine comprend au moins l'un parmi : une vanne guide d'entrée «IGV», une vanne de laminage, un système de bypass de la turbine,
- le réfrigérateur comprend trois moteurs d'entraînement ou plus configurés pour assurer l'entraînement respectivement des trois arbres tournants des trois compresseurs rotatifs disposés en parallèle dans le circuit de cycle,
- l'organe électronique de contrôle et de commande est configuré pour piloter les vitesses du ou des moteurs,
- le ou les moteurs sont du type électrique et l'organe électronique de contrôle et de commande est configuré pour commander la vitesse de rotation du ou des moteurs pour réaliser le même taux de compression dans chaque compresseur.

[0013] L'invention concerne également une installation de liquéfaction d'un flux de gaz d'alimentation comprenant une conduite d'alimentation configurée pour être reliée à une source de gaz d'alimentation à liquéfier, par exemple de l'hydrogène, un ensemble d'échangeurs de chaleur en échange thermique avec le flux de gaz d'alimentation

véhiculé par la conduite d'alimentation, l'installation comprenant un réfrigérateur en échange thermique avec l'ensemble d'échangeurs de chaleur et configuré pour refroidir le flux de gaz d'alimentation, le réfrigérateur est conforme à l'une quelconque des caractéristiques ci-dessus ou ci-dessous.

[0014] 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.

[0015] 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

[0016] 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 :

[0017] [Fig.1] est une vue schématique et partielle d'un exemple de structure et de fonctionnement d'une installation de liquéfaction comprenant un exemple réfrigérateur selon l'invention.

[0018] [Fig.2] est une vue schématique et partielle illustrant un exemple de fonctionnement d'un organe électronique de contrôle et de commande du réfrigérateur.

Description détaillée

[0019] Sur toutes les figures, les mêmes références se rapportent aux mêmes éléments.

[0020] 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 interchangées pour fournir d'autres réalisations.

[0021] Le réfrigérateur 2 à gaz de cycle illustré comprenant un circuit 3 de cycle contenant un gaz de cycle comprenant au moins l'un parmi : de l'azote, de l'hélium, de l'hydrogène.

[0022] Le circuit 3 de cycle est configuré pour soumettre le fluide de cycle à un cycle thermodynamique pour amener le fluide de cycle à une température cryogénique déterminée à au moins une extrémité du circuit 3 de cycle. Comme illustré à la [Fig.1], cette puissance froide produite peut être utilisée pour refroidir un flux 18 de gaz d'alimentation tel que de l'hydrogène par exemple via un ensemble d'échangeurs 19 de chaleur. Le flux de gaz d'alimentation peut être fourni à une première extrémité d'une conduite 18 d'alimentation par une source 19. Une seconde extrémité de la conduite d'alimentation peut être reliée à un stockage de récupération du gaz d'alimentation refroidi (liquéfié).

[0023] Dans une autre variante non représentée, la puissance froide produite peut être

utilisée pour liquéfier le gaz de cycle lui-même qui peut être récupéré.

- [0024] Le circuit 3 de cycle comprend, de préférence disposés en série dans le circuit 3 de cycle, un mécanisme 4 de compression du fluide de cycle, un système 5, 6, 7, 8 de refroidissement du fluide de cycle, un mécanisme 10 de détente du fluide de cycle et un système de réchauffage du fluide de cycle.
- [0025] Le mécanisme 10 de détente du fluide de cycle comprend au moins deux turbines 10 montées en rotation sur des arbres 11 tournants respectifs, de préférence disposés en série dans le circuit 3 de cycle.
- [0026] Le mécanisme de compression comprend au moins trois compresseurs 4 rotatifs disposés en parallèle dans le circuit 3 de cycle et montés respectivement sur trois arbres tournants. Au moins deux des arbres tournants des compresseurs 4 sont accouplés respectivement, aux turbines 10 pour récupérer du travail de détente du fluide de cycle pour la compression du fluide de cycle. Le système de refroidissement et le système de réchauffage du gaz de cycle peut comprendre un ou plusieurs échangeurs de chaleur, notamment un ou plusieurs échangeurs de chaleur à contre-courant assurant un échange thermique entre des flux relativement froid et chaud du cycle.
- [0027] De plus, le réfrigérateur 2 comprend au moins un moteur 12 d'entraînement de l'un au moins des arbres 11 tournants portant un turbine 10 et un compresseur 4. C'est-à-dire que l'un au moins des couples de compresseur accouplé à une turbine (turbo-compresseur) est un moto-turbo-compresseur.
- [0028] De plus, au moins les deux compresseurs 4 en parallèle accouplés à une turbine 11 sont associés chacun un organe 9 respectif de mesure du débit passant par le compresseur 4 concerné (par exemple un débitmètre) et à un organe 14 respectif de régulation de débit admis dans le compresseur 4.
- [0029] L'organe 14 respectif de régulation de débit admis dans le compresseur 4 est par exemple un ou des organes directeurs mobiles disposés en amont et/ou en aval tel qu'un « IGV » (Inlet Guide Vane). En variante ou en combinaison, l'organe 14 respectif de régulation de débit admis dans le compresseur 4 peut être un by-pass (dérivation contrôlée du flux alimentant le compresseur ou étage de compression concerné).
- [0030] De plus, les turbines 10 accouplées aux compresseurs 4 comprennent chacune de préférence un capteur 17 respectif de mesure de la vitesse de rotation de la turbine 10 et un système 15, 16 respectif de contrôle de la vitesse de rotation de la turbine 10.
- [0031] Le réfrigérateur 1 comprenant un organe 20 électronique de contrôle et de commande comprenant un microprocesseur et configuré recevoir des mesures des organes 9 de mesure du débit et des capteurs 17 de mesure de la vitesse et commander les organes 14, 16 de régulation de débit et/ou moteur(s) 12. Cf. [Fig.2].

- [0032] Ceci permet de contrôler le débit de gaz de cycle dans les compresseurs 4 en parallèle. Il est ainsi possible d'appliquer une consigne de débit pour un des compresseurs 4 et de recopier la même consigne pour les autres compresseurs 4 en parallèle (tous les étages de compression peuvent être composés de compresseurs montés en parallèle).
- [0033] Le contrôle du débit peut être réalisé à l'aide d'un actionneur externe, par exemple un « IGV » disposé en amont compresseur, un « IGV » disposé en aval du compresseur, un diffuseur à aubages contrôlés, une conduite et vanne de bypass du compresseur 4.
- [0034] Un organe 14 de régulation de débit admis peut être commun à plusieurs des compresseurs en parallèle.
- [0035] Le système 15, 16 de contrôle de la vitesse de rotation de la turbine 10 peut comporter par exemple : un « IGV » qui peut être variable en entrée et/ou une vanne de laminage et/ou une vanne de bypass de la turbine. Ce système de contrôle de la vitesse peut réguler une vitesse de rotation qui est de préférence la même cible pour chaque machine.
- [0036] Ceci permet de définir des paramètres d'ajustement des vitesses pour chaque ensemble turbo-compresseur. Ceci permet par exemple de décaler les vitesses des turbo-compresseurs par rapport à une consigne s'il est constaté un comportement inadapté (par exemple oscillation des pressions, comportement hydraulique instable, pompage d'un compresseur...).
- [0037] L'utilisation d'au moins un moteur pour entraîner un compresseur accouplé à une turbine des ensembles en parallèle permet de contrôler la vitesse de rotation de l'ensemble compresseur(s)/turbine(s), quelles que soient les conditions opératoires autour de la turbine et du compresseur. La puissance du moteur peut être adaptée en fonction de la puissance de la turbine et de celle requise par le compresseur. Ceci permet de stabiliser le fonctionnement des machines tournantes (compresseurs/turbines). Ceci est particulièrement intéressant par rapport à un arrangement de turbo-compresseurs en parallèle (sans moteurs), qui peut vite être déstabilisé. L'agencement proposé permet en outre d'ajuster la vitesse de rotation de manière à optimiser le fonctionnement des machines. De plus le ou les moteurs permettent d'augmenter la puissance du compresseur concerné en regard de celle de la turbine associée. Ceci procure un meilleur fonctionnement (selon la configuration du cycle).
- [0038] Le débit de gaz passant par chaque turbine peut être déterminé par sa géométrie de distributeur, sauf si un système de régulation (type IGV/Vanne de détente à l'amont de l'équipement par exemple) peut l'ajuster dans une certaine mesure.
- [0039] Le débit total de cycle peut être déterminé par le débit des turbines (avec éventuellement également en outre un éventuel débit envoyé à un bout froid du cycle). Ce

débit total est comprimé dans le mécanisme de compression. La répartition de ce débit total entre des compresseurs en parallèle peut être réalisée soit de manière passive (typiquement via un circuit hydraulique très similaire) soit de façon "active" (par exemple via un IGV, vanne de laminage...). Au final la totalité du débit de gaz cycle est comprimée.

- [0040] De préférence, le circuit fluide qui mène à chaque compresseur est configuré pour avoir les mêmes caractéristiques en terme de perte de charge notamment (reproduction des obstacles pour le gaz : même nombre de coudes/longueurs développées de tuyaux...).
- [0041] Cette configuration est particulièrement avantageuse ou efficace lorsque les vitesses des compresseurs/turbines et puissances mécaniques des compresseurs sont identiques pour chaque compresseur.
- [0042] La puissance mécanique du compresseur qui est par exemple soit :
- [0043] - celle de la turbine accouplée en cas de turbo-compresseur,
- [0044] - celle de la turbine suppléée par / additionnée à celle du moteur en cas de moto-turbo-compresseur.
- [0045] Du fait que la puissance du moteur est égale à la puissance du compresseur moins la puissance de la turbine, si tous les compresseurs et toutes les turbines ont la même puissance, les moteurs délivreront la même puissance. La configuration peut également être avantageuse lorsque les compresseurs sont pilotés avec des vitesses différentes mais des diamètres de compresseur (diamètre de roue) ajustés pour fournir le taux de compression optimal. Dans l'exemple illustré, le circuit de cycle comprend trois moteurs 12 d'entraînement configurés pour assurer l'entraînement respectivement de trois arbres 11 tournants de trois compresseurs 4 rotatifs disposés en parallèle dans le circuit 3 de cycle. Les trois compresseurs 4 en parallèle sont accouplés respectivement à trois turbines 11.
- [0046] Bien entendu, cette configuration n'est pas limitative. Ainsi il est possible d'envisager toute autre configuration, par exemple : plus de deux compresseurs, des turbines en série et/ou en parallèle (l'architecture étant adaptée pour équilibrer les puissances des turbines sur chacun des arbres qui les relient aux compresseurs). Par exemple, au moins une roue (compresseur/ turbine) est disposée à chaque extrémité d'arbre entraînement du moteur. Le nombre de moteurs entraînant les compresseurs est de préférence supérieur à deux. Les compresseurs 4 disposés en parallèle présentent des différentiels de pression (entre leur entrée et leur sortie) identique. Cependant, les débits au sein de ces compresseurs 4 en parallèle peuvent fluctuer et être différents. Ceci peut générer des problèmes et instabilités lorsque les compresseurs 4 en parallèle sont identiques.
- [0047] Le contrôle décrit ci-dessus permet de corriger ce problème. Le contrôle permet en

outre de réguler la vitesse de rotation des turbines 10 accouplées à un point de fonctionnement déterminé, en particulier le point de fonctionnement optimal de la turbine, c'est-à-dire à son rendement maximal.

[0048] L'organe 20 électronique de contrôle et de commande peut être configuré pour piloter en outre les vitesses du ou des moteurs 12 des moto-turbo-compresseurs en parallèle, par exemple via un variateur de fréquence (moteur électrique). Cette vitesse des moteur permet de caler le point de fonctionnement optimal des turbines et compresseurs.

[0049] L'organe 20 électronique de contrôle et de commande peut être configuré pour appliquer une consigne de vitesse de rotation identique pour les turbines 10 accouplées aux compresseurs 4.

Revendications

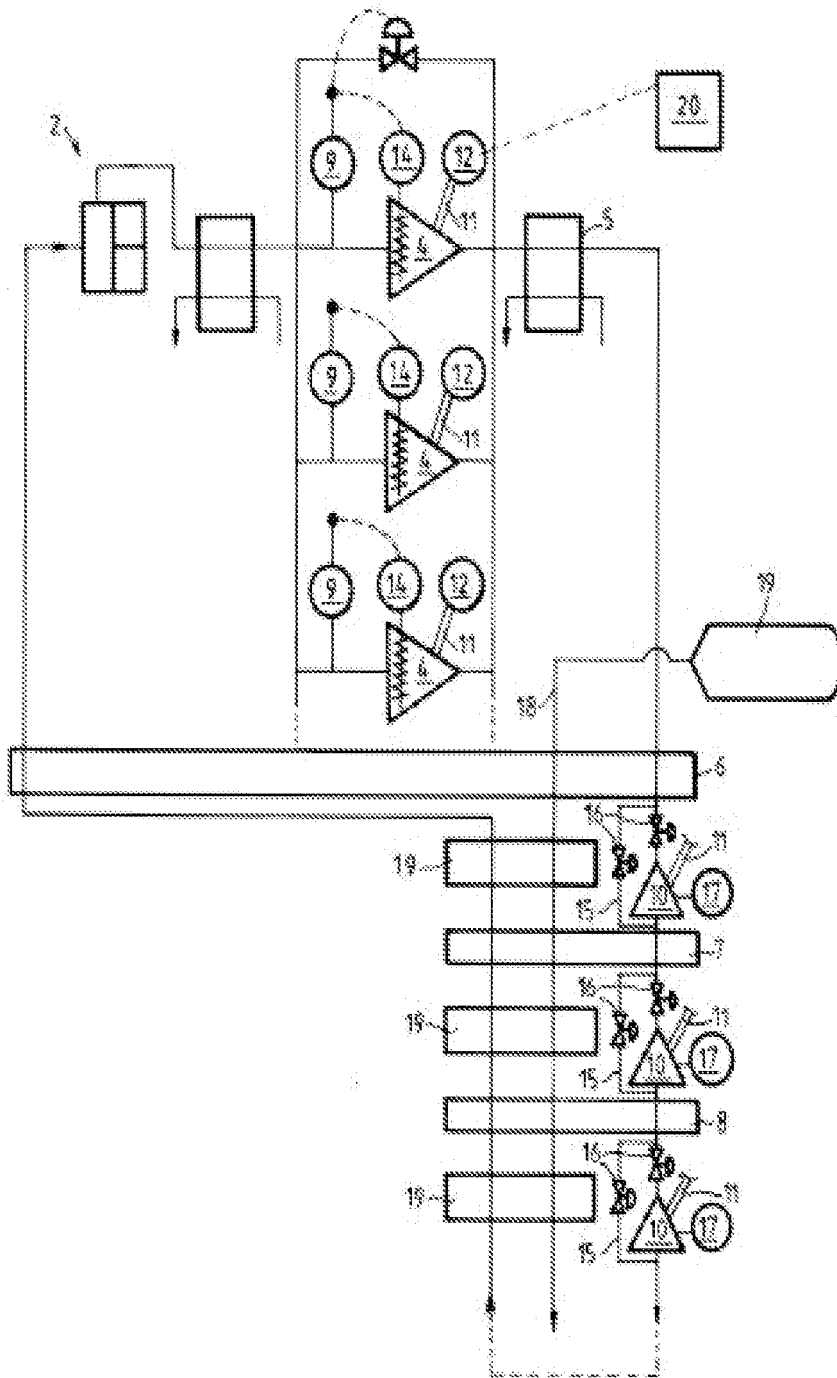
[Revendication 1]

Réfrigérateur (2) à gaz de cycle, comprenant un circuit (3) de cycle contenant un gaz de cycle comprenant au moins l'un parmi : de l'azote, de l'hélium, de l'hydrogène, le circuit (3) de cycle étant configuré pour soumettre le fluide de cycle à un cycle thermodynamique pour amener le fluide de cycle à une température cryogénique déterminée à au moins une extrémité du circuit (3) de cycle, le circuit (3) de cycle comprenant un mécanisme (4) de compression du fluide de cycle, un mécanisme (5, 6, 7, 8) de refroidissement du fluide de cycle, un mécanisme (10) de détente du fluide de cycle, dans lequel le mécanisme (10) de détente du fluide de cycle comprend au moins deux turbines (10) montées en rotation sur des arbres (11) tournants respectifs, le mécanisme de compression comprenant au moins trois compresseurs (4) rotatifs disposés en parallèle dans le circuit (3) de cycle et montés respectivement sur trois arbres tournants, au moins deux des arbres tournants étant accouplés respectivement, aux turbines (10) pour récupérer du travail de détente du fluide de cycle pour la compression du fluide de cycle, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un moteur (12) d'entraînement de l'un au moins des arbres (11) tournants portant un turbine (10) et un compresseur (4) et en ce qu'au moins les deux compresseurs (4) en parallèle accouplés à une turbine (10) sont associés chacun un organe (9) respectif de mesure du débit passant par le compresseur (4) concerné et à un organe (14) respectif de régulation de débit admis dans le compresseur (4), par exemple un ou des organes directeurs mobiles en amont ou en aval tel qu'un « IGV », les au moins deux turbines (10) accouplées aux compresseurs (4) comprenant chacune un capteur (17) respectif de mesure de la vitesse de rotation de la turbine (10) et un système (15, 16) respectif de contrôle de la vitesse de rotation de la turbine (10), le réfrigérateur (1) comprenant un organe (20) électronique de contrôle et de commande comprenant un microprocesseur et configuré recevoir des mesures des organes (9) de mesure du débit et des capteurs (17) de mesure de la vitesse et commander les organes (14) de régulation de débit et en ce que les compresseurs en parallèle sont identiques, l'organe (20) électronique de contrôle et de commande étant configuré pour appliquer une consigne de débit admis dans les compresseur (4) qui est identique pour tous les compresseurs (4) en parallèle.

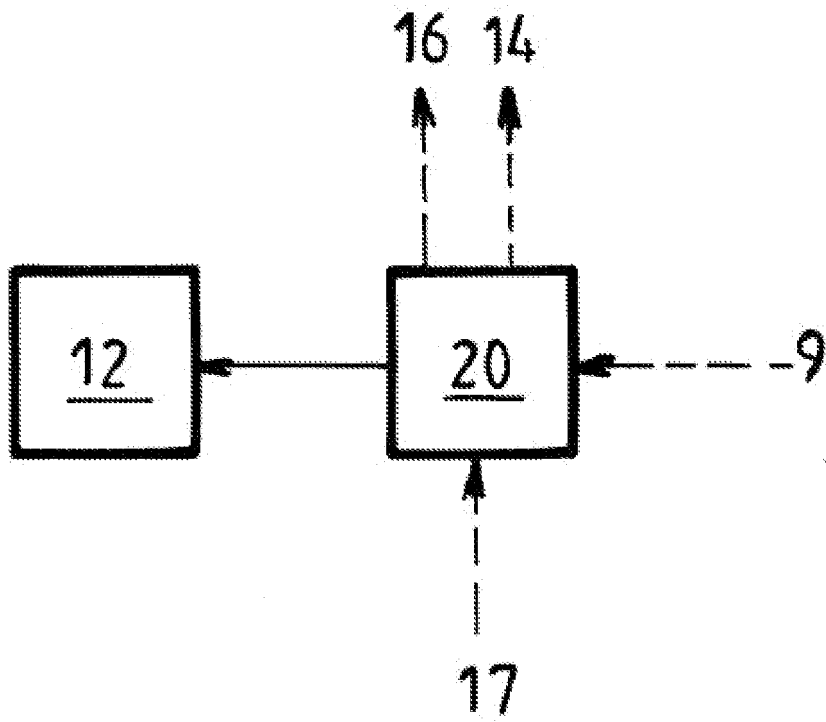
- [Revendication 2] Réfrigérateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe (20) électronique de contrôle et de commande est configuré pour appliquer une consigne de vitesse de rotation identique pour les turbines (10) accouplées aux compresseurs (4).
- [Revendication 3] Réfrigérateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que l'organe (14) de régulation de débit admis dans le compresseur (4) comprend, au moins l'un parmi : un ou des organes directeurs mobiles, une vanne guide d'entrée «IGV» disposée en amont, un diffuseur à aubages variables en aval de la roue du compresseur, un système de bypass du compresseur.
- [Revendication 4] Réfrigérateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte un organe (14) de régulation de débit admis dans le compresseur (4) commun à au moins plusieurs des compresseurs en parallèle.
- [Revendication 5] Réfrigérateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le système (15, 16) de contrôle de la vitesse de rotation de la turbine (10) comprend au moins l'un parmi : une vanne guide d'entrée «IGV», une vanne de laminage, un système de bypass de la turbine.
- [Revendication 6] Réfrigérateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce qu'il comprend trois moteurs (12) d'entraînement ou plus configurés pour assurer l'entraînement respectivement des trois arbres (11) tournants des trois compresseurs (4) rotatifs disposés en parallèle dans le circuit (3) de cycle.
- [Revendication 7] Réfrigérateur selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'organe (20) électronique de contrôle et de commande est configuré pour piloter les vitesses du ou des moteurs (12).
- [Revendication 8] Réfrigérateur selon la revendication 7 caractérisé en ce que le ou les moteurs (12) sont du type électrique et l'organe (20) électronique de contrôle et de commande est configuré pour commander la vitesse de rotation du ou des moteurs (12) pour réaliser le même taux de compression dans chaque compresseur.
- [Revendication 9] Installation de liquéfaction d'un flux de gaz d'alimentation comprenant une conduite (18) d'alimentation configurée pour être reliée à une source (19) de gaz d'alimentation à liquéfier, par exemple de l'hydrogène, un ensemble d'échangeurs (19) de chaleur en échange thermique avec le flux de gaz d'alimentation véhiculé par la conduite (18) d'alimentation, l'installation (2) comprenant un réfrigérateur (2) en

échange thermique avec l'ensemble d'échangeurs (19) de chaleur et configuré pour refroidir le flux de gaz d'alimentation, caractérisée en ce que le réfrigérateur (2) est conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

JP H01 102289 A (KOBE STEEL LTD)
19 avril 1989 (1989-04-19)

WO 2022/171485 A1 (AIR LIQUIDE [FR])
18 août 2022 (2022-08-18)

US 2011/318160 A1 (MARIOTTI GABRIELE [IT]
ET AL) 29 décembre 2011 (2011-12-29)

US 2009/232663 A1 (MIRSKY SAUL [US] ET AL)
17 septembre 2009 (2009-09-17)

KR 2011 0084749 A (AJOU UNIV IND ACAD COOP
FOUND [KR]) 26 juillet 2011 (2011-07-26)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT